



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育机械设计制造类专业教学用书

先进制造技术

邓三鹏 马苏常 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育机械设计制作类专业教学用书

先进制造技术

主 编	邓三鹏	马苏常	
副主编	魏 伟	李国琴	
编 写	何永利	刘桂涛	岳红新
主 审	章 青	王健民	



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是教育部职业教育与成人教育司推荐教材。全书共分六章,主要内容包括先进制造哲理及生产模式(计算机集成制造、并行工程、敏捷制造、智能制造、虚拟制造、绿色制造、精益生产)、先进设计技术(CAX技术、模块化设计、全寿命周期设计、反求工程、创新设计)、先进制造工艺技术(快速成型、超精密加工技术、特种加工技术、高速加工技术、微型机械加工技术)、先进管理技术与质量工程(制造资源计划、企业资源计划、全面质量管理与ISO9000、六西格玛质量管理理念)、先进制造技术的支撑技术(计算机网络技术、数据库技术、多媒体技术、人工智能技术、模拟仿真与虚拟现实技术)。

本书精选教材内容,拓宽知识面,反映学科新成就,注重实用性,体现先进性,内容通俗易懂,同时难度适中,篇幅不大,充分体现了先进制造技术的前沿性、综合性、交叉性和适用性。

本书可作为机械类和近机类各专业高职高专的教材,也可作为成人教育和继续教育的教材,同时可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/邓三鹏主编. —北京:中国电力出版社, 2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7 - 5083 - 4552 - 5

I. 先... II. 邓... III. 机械制造工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第076845号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

三河德利印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006年9月第一版 2006年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17印张 359千字

印数 0001—3000册 定价 22.10元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据教育部审定的机械设计制造类专业主干课程的教学大纲编写而成的,并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》,供高等职业教育机械设计制造类专业教学使用。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本教材充分体现了先进制造技术的前沿性、综合性、交叉性和适用性。对满足新世纪制造技术向系统化、集成化发展的需要,培养复合型人才、制造业的高级技术应用人才等具有一定的指导意义。针对高职高专职业教育以能力为本,突出职业技能培养的特点,力求使教材编写具有以下特点:

1. 基础理论贯彻了以“实用为主、够用为度”的原则,筛选并精选内容,删除了不必要的数学推导过程,增加实例和图片等来帮助学生理解。

2. 注重国内外新成果、新技术的采用,对我国制造业优先发展的关键技术作重点介绍;注重学科之间的交叉融合,较系统地阐明了先进制造技术的各项关键技术的内涵、特征、技术发展前沿和关键技术及其在我国的应用等。

目 录

前言	
第一章 概 述	1
第一节 工业化国家制造业的发展战略	1
第二节 先进制造技术的构成及分类	3
第三节 先进制造技术的特色和发展趋势	5
小 结	7
思考题	7
第二章 先进制造哲理及生产模式	8
第一节 制造业生产模式的演变及产生背景	8
第二节 先进制造生产模式创立基点及战略目标	10
第三节 计算机集成制造系统 (CIMS)	12
第四节 并行工程 (CE)	19
第五节 敏捷制造 (AM)	24
第六节 智能制造系统 (IMS)	28
第七节 虚拟制造 (VM)	32
第八节 精益生产 (LP)	38
第九节 绿色制造 (GM)	42
小 结	47
思考题	48
第三章 先进设计技术	50
第一节 CAX 技术 (CAD, CAE, CAPP)	50
第二节 模块化设计	58
第三节 全周期寿命设计	62
第四节 反求工程	68
第五节 创新设计	73
小 结	76
思考题	77
第四章 先进制造工艺技术	78
第一节 先进制造工艺技术概述	78
第二节 快速成形制造技术	82
第三节 超精密加工技术	99
第四节 特种加工技术	110
第五节 超高速加工技术	122

第六节 微型机械加工技术	146
第七节 其他先进制造工艺	153
小 结	160
思考题	161
第五章 先进管理技术与质量工程	162
第一节 制造资源计划	162
第二节 企业资源计划	173
第三节 全面质量管理与 ISO 9000	181
第四节 六西格玛 (6Sigma) 质量管理理念	187
小 结	191
思考题	191
第六章 先进制造技术的支撑技术	192
第一节 计算机网络技术	192
第二节 数据库技术	199
第三节 多媒体技术	206
第四节 人工智能技术	211
第五节 模拟仿真与虚拟现实技术	221
参考文献	229

第一章

概 述

20 世纪 80 年代以来，各国制造业面临复杂多变的外部环境：科学技术突飞猛进，供求

功的经验,注重研究开发,又能根据市场需求的变化及本国情况,研究出一套套灵活的生产系统有关。比如美国麻省理工学院(MIT)的J. Womack等人在1990年出版的《The Machine That Changed the World》一书中提出的“精益(良)生产”(lean production),即起源于20世纪50年代日本丰田汽车公司创造的丰田生产方式。在这一模式中,能以低成本快速生产出高质量的让用户满意的产品;受到良好训练的工人能在心情舒畅、健康的环境下工作;更少强调等级制度,更多强调分担责任、人人参与管理的合作伙伴关系。日本公司注重了解和满足客户的需求,供应商和各级承包商都是生产的组成部分,并尽量使其了解计划,鼓励技术上的竞争。管理是精良生产的关键所在,日本人的这种模式已对全球制造业产生了深远的影响。

三、西欧制造业寻找与美日抗衡的途径

西欧制造业已明显感受到来自美国和日本的压力,就连一向以产品质量和技术高超而自豪的德国也不得不承认与日本存在着不小的差距。仅以美国而言,美国三大汽车公司就占有1/4的西欧市场;美国计算机公司(IBM、DEC、HP和Apple等)已拥有很大一部分西欧计算机市场。西欧清楚地知道:如果欧洲共同体成员保持各自分离的市场,那将无法与美日抗衡。正如德国前总理科尔所说:“任何一个欧洲国家都不可能仅靠自身的力量有效地对付美国和日本的技术挑战,欧洲只有把财力和人力集中起来,才能保持自己在未来世界上的经济地位。”法国前总统密特朗提出,要使欧洲不致落后太多,一个统一的欧洲是激发国家创造力的重要支柱。欧洲必须团结在一项伟大工程的周围才能拯救欧洲。1992年由一群显赫的企业家和政治家共同掀起了一场旨在通过“欧共体统一市场法案”(SMAEC)的运动,并得到多数公众的支持。

四、先进制造技术在我国的发展

我国制造技术经建国以来50余年的发展已形成较完整的技术体系,为国民经济发展所

组织性能质量优化控制”、“CIMS”以及智能机器人等项目已全面实施。

(4) 国家计委也十分重视先进制造技术的发展,在“九五”期间实施了一批发展先进制造技术项目。如:数控系统及装备研究、自动测试系统及设备技术研究、现场总线、智能化仪表研究、传感器技术研究、30万辆轿车规模生产关键技术及装备研究等。

(5) 国家自然科学基金会已将不少经费投入先进制造技术发展的基础性研究,组织开展了“先进制造技术基础优先领域战略研究”。在此基础上,加大了对先进制造技术的支持,以加强发展先进制造技术的后劲,提出了先进制造技术重大项目,并已付诸实施。

(6) 2005年10月中国共产党第十六届中央委员会第五次全体会议通过的《国民经济和社会发展的第十一个五年规划的建议》中指出:加快发展先进制造业。坚持以信息化带动工业化,广泛应用高新技术和先进适用技术改造提升制造业,形成更多拥有自主知识产权的知名品牌,发挥制造业对经济发展的重要支撑作用。

第二节 先进制造技术的构成及分类

一、先进制造技术的定义

先进制造技术是为了适应时代要求提高竞争能力,对制造技术不断优化及推陈出新而形成的。它是一个相对的、动态的概念。先进制造技术作为一个专有名词提出后,至今没有一个明确的、一致公认的定义,经过近来对发展先进制造技术方面开展的工作,通过对其内涵、特征的分析研究,可以定义为:“先进制造技术是制造业不断吸收机械、电子、信息

焊、功能性防护涂层等。

2. 新型单元技术

第二个层次是新型的先进制造单元技术。这是在地场需求及新兴产业的带动下，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的制造技术。如制造业自动化单元技术、极限加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、现代设计基础与方法、清洁生产技术、新材料成形与加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及设计优化技术等。

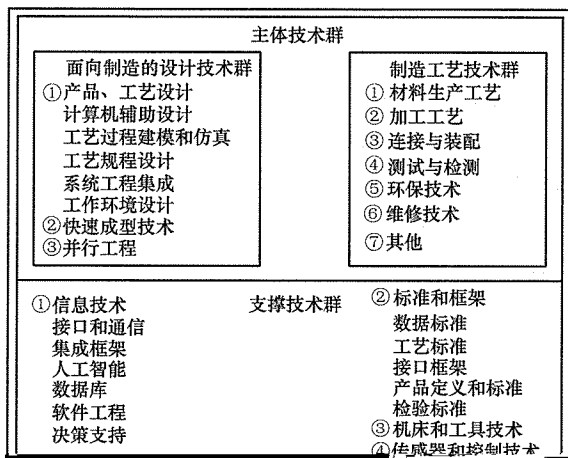
3. 集成技术

第三个层次是先进制造集成技术。这是应用信息、计算机和系统管理技术对上述两个层次的技术局部或系统集成而形成的先进制造技术的高级阶段。如 FMS、CIMS、IMS 等。

三、先进制造技术的体系结构及分类

1. 先进制造技术的体系结构

1994 年，美国联邦科学、工程和技术协调委员会（FCCSET）下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组提出将先进制造技术分为三个技术群：①主体技术群；②支撑技术群；③制造技术环境。



这三个技术群相互联系、相互促进，组成一个完整的体系，每个部分均不可缺少，否则就很难发挥预期的整体功能效益。图 1-2 所示先进制造技术的体系结构。

2. 先进制造技术的分类

将目前各国掌握的制造技术系统化，对先进制造技术的研究分为下述四大领域，它们横跨多个学科，并组成一个有机整体。

（1）先进设计技术。

系统管理技术包括先进制造生产模式、集成管理技术和生产组织方法等。

第三节 先进制造技术的特色和发展趋势

制造业是永远不落的太阳，是现代文明的支柱之一。它是工业的主体，是提供生产工具、生活资料、科技手段、国防装备等的手段以及它们进步的依托，是现代化的动力源之一。制造业绝不是夕阳产业，但制造技术中确有夕阳技术，这些技术同信息化大潮格格不入，同高科技发展不相适应，缺乏市场竞争力，甚至还可能危害生态环境。而与制造技术中的夕阳技术相对应的先进制造技术，则是制造技术同信息技术、管理科学等有关科学技术交融而形成的新型技术，可以说，它是高技术的载体，无一工业发达国家不予高度关注。它有如下八个方面的特色和发展趋势：

一、数是发展的核心

数是指制造领域的数字化。它包括以设计为中心的数字制造、以控制为中心的数字制造和以管理为中心的数字制造。对数字化制造设备而言，其控制参数均为数字化信号；对数字化制造企业而言，各种信息（如图形、数据、知识、技能等等）均以数字形式通过网络在企业内传递，在多种数字化技术的支持下，企业对产品信息、工艺信息与资源信息进行分析、规划与重组，实现对产品设计和产品功能的仿真，对加工过程与生产组织过程的仿真或完成原型制造，从而实现生产过程的快速重组和对市场的快速反应。对全球制造业而言，在数字

军事武器中,用于精确制导技术、精确打击技术、微型惯性平台、微光学设备;航空航天领域中,用于微型飞机、微型卫星、纳米卫星(0.1kg以内);微型机器人领域中,用于各种医疗手术、管道内操作、窃听与收集情报;此外,还用于微型测试仪器,微传感器、微显微镜、微温度计、微仪器等等。微机电系统可以完成特种动作与实现特种功能,乃至可以沟通微观世界与宏观世界,其深远意义难以估量。

四、自是发展的条件

自就是自动化。它是减轻、强化、延伸、取代人的有关劳动的技术或手段。自动化总是伴随有关机械或工具来实现的。可以说,机械是一切技术的载体,也是自动化技术的载体。第一次工业革命,以机械化这种形式的自动化来减轻、延伸或取代人的有关体力劳动,第二次工业革命即电气化进一步促进了自动化的发展。据统计,从1870~1980年,加工过程的效率提高为20倍,即体力劳动得到了有效的缓解,但管理效率只提高1.8~2.2倍,设计效率只提高1.2倍,这表明脑力劳动远没有得到有效的解放。信息化、计算机化与网络化,不但可以极大地解放人的身体,而且可以有效提高人的脑力劳动水平。今天的自动化的内涵与水平已远非昔比,从控制理论、控制技术到控制系统、控制元件等等,都有着极大的发展。自动化已成为先进制造技术发展的前提条件。

五、集是发展的方法

集就是集成化。目前,集主要指:①现代技术的集成。机电一体化是个典型,它是高技术装备的基础。②加工技术的集成。特种加工技术及其装备是个典型,如激光加工、高能束加工、电加工等等。③企业的集成,即管理的集成,包括生产信息、功能、过程的集成,也包括企业内部的集成和企业外部的集成。从长远看,还有一点很值得注意,即由生物技术与制造技术集结而成的微制造的生物方法,或所谓的生物制造。它的依据是,生物是由内部生长而成器件,而非同一般制造技术那样由外加作用以增减材料而成器件。这是一个崭新的方

高级的类人思维的能力。可以说智能制造作为一种模式，是集自动化、集成化和智能化于一身，并具有不断向纵深发展的高技术含量和高技术水平的先进制造系统，也是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化系统。它的突出之处，是在制造诸环节中，以一种高度柔性、与集成的方式，借助计算机模拟的人类专家的智能活动，进行分析、判断、推理、构思和决策，取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动，同时收集、存储、处理、完善、共享、继承和发展人类专家的制造智能。尽管智能化制造道路还很漫长，但是必将成为未来制造业的主要生产模式之一，潜力极大，前景广阔。

八、绿是发展的必然

绿就是绿色制造。人类必须从各方面促使自身的发展与自然界和谐一致，制造技术也不例外。制造业的产品从构思开始，到设计、制造、销售、使用与维修，直到回收、再制造等各阶段，都必须充分顾及环境保护与改善。不仅要保护与改善自然环境，还要保护与改善社会环境、生产环境以及生产者的身心健康。其实，保护与改善环境，也是保护与发展生产力。在此前提下，制造出价廉、物美、供货期短、售后服务好的产品。作为绿色制造，产品必须力求同用户的工作、生活环境相适应，给人以高尚的精神享受，体现物质文明与精神文明的高度交融。因此，发展与采用一项新技术时，必须树立科学的发展观，使制造业不断迈向绿色制造。

三 结 束

先进制造哲理及生产模式

第一节 制造业生产模式的演变及产生背景

一、制造业生产模式的演变

人类制造业及制造系统生产模式的发展已有了漫长的历史。但长期以来，人类社会处于手工技术和手工业的水平，制造业及制造生产模式的真正形成与发展，还只有近两百年的历

柔性制造单元、柔性生产线和自动化工厂。

以上这些技术进步和发展,标志着柔性生产的开始。与刚性自动化的工序分散、固定节拍和流水生产的特征相反,柔性自动化的共同特征是:工序相对集中,没有固定的节拍,物料的非顺序输送;将高效率和高柔性融于一体,生产成本低;具有较强的灵活性和适应性。

4. 高效、敏捷与集成经营生产方式

自 70 年代以来,不同时期不同国家的经济增长、繁荣与停滞、衰退交替出现,企业所处的外部环境日趋复杂多变,使得世纪之交的企业面临一系列前所未有的挑战。

(1) 市场需求波动,消费者更加具有选择性,产品需求朝多样化发展。开放——自由表达——多样化潮流的发展,是消费者价值观念结构性变化的必然结果,消费者不仅要求产品体现个性,且其需求的变化十分迅速。

(2) 市场对产品性能、质量要求更高,产品寿命缩短。

(3) 国际合作成为科学发展的强大势头。科学技术、经济、生产及市场的全球化、一体化、社会化已成为必然趋势,国家间的市场界线即将消失,企业经营处于全球化竞争环境中,科技的发展对经济和社会的影响将空前广泛,愈加深刻。

(4) 竞争日趋激烈。技术的迅速发展,市场的用户化、经济的全球化及基于不同基础上的企业竞争行为等组合作用的结果,使竞争形势瞬息万变,其速度远远超过了现有企业内部因素变化的速度,使得企业的生存与发展愈来愈取决于对市场变化的响应速度。

(5) 技术的迅猛发展。大量新技术的不断涌现,并向各个领域渗透,科技内部的交叉和

CAM、CAPP、MRP、GT、CE、FMS等)和全面质量管理(TQC)作为工具与手段,来全面提高产品质量和赢得供货时间。单项先进制造技术和TQC的应用确实取得了很大成效,但在响应市场的灵活性方面并没有实质性的改观,而且巨额投资和实际效果形成了强烈反差,其中以国内外应用FMS的教训最为深刻。至此人们才意识到问题不在具体制造技术和管理方法本身,而是因为它们仍在大批量生产模式的旧框架之中。先进制造生产模式就是在对大批量生产模式的质疑、反思和扬弃中应运而生的。

第二节 先进制造生产模式创立基点及战略目标

一、先进制造生产模式的创立基点

为适应市场竞争新形势的需要,加上科学技术发展提供的可能性,工业发达国家进一步重视制造系统理论研究,相继提出了一系列制造系统的新概念、新模式。诸如计算机集成制造(CIM)、并行工程(CE)、精益生产(LP)、敏捷制造(AM)、全能制造系统(HMS)、经营程序再造(BPR)、分形(fractal)制造和仿生(bionic)制造等等。

根据相似工程的观点,制造系统的各种模式,既然有其相同的目标或目的,必然具备相似的功能或能力。制造系统的功能要求相似,其哲理或方法,其机理或行为,其组织结构,其内部与外部要素之间的关系以及其表观的性质便会有诸多的相似。而在研究或借鉴制造系统诸模式的相似性时,又必须同时注意研究其所依赖的条件,并根据自身条件的不同而有所变异。

先进制造生产模式,其本质就是集成经营。集成经营是在新的市场环境下,将企业经营所涉及的各种资源、过程与组织进行一体化的并行处理。通过集成使企业获得精细、敏捷、优质与高效的特征,以适应环境变化对质量、成本、服务及速度的新要求。

联合国在关于50年代西欧经济增长的决定因素的报告中,首次指出并分析了技术、组织、人因三种资源对企业经营的关键作用。事实上技术、组织与人因三种资源构成了现代企

图 2-2 和图 2-3 所示的工程模型和经济模型分别描述了制造系统的工程和经济的两方面属性。在市场经济条件下,其经济属性是最根本的属性。也就是说,工程属性服从于经济属性的要求,一个从工程属性来看技术性能虽好,但从经济属性来看是亏损的制造系统,绝不是一个成功的制造系统。

制造系统作为一个企业,其运营的主要形式,是实现资金与产品的相互转化。通过这种相互转化,使制造系统的工程和经济两方面属性紧密联系起来。

制造系统作为企业,其运营的根本目标,是在经济、政策、法规以及社会效益等环境的约束条件下(见图 2-3),持续地、最快最多地获得利润。为此,必须尽量增加销售额,同时尽力降低成本。

三、运营目标对制造系统的功能要求

先进制造生产方式的新模式在考虑问题的层次、范围、角度和具体实施等方面有很大差别,但就目标而言,其根本的运营目标是最大限度地获取利润。为实现此目标,力图使企业提高并具备下述四种能力:

- (1) 时间竞争能力。产品上市快,生产周期短,交货及时。
- (2) 质量竞争能力。产品不仅可靠性高,而且用户满意。
- (3) 价格竞争能力。产品生产成本低。销售价格适中。
- (4) 创新竞争能力。产品有特色,生产有柔性,竞争有策略。

四、先进生产模式的战略目标

表 2-1 对比了传统制造生产模式和先进制造生产模式的主要特征。由此可概括出先进