



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造类专业教学用书

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械类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。

3. 为了便于自学、教学和应用能力的提高，书中增加了针对性强的实例，每章末还配备了联系实际的习题。

本书由邓三鹏、马苏常担任主编。参与本书编写工作的有天津工程师范学院邓三鹏（第一、二章）、马苏常（第四章）、何永利（第六章），烟台大学刘桂涛（第三章），河北工程技术高等专科学校岳红新（第五章）。本书承蒙天津大学的章青教授和天津工程师范学院的王健民教授细心审阅，提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2006年6月

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

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, 供求关系变化频繁, 产品更新日新月异, 各国经济与国际市场纵横交错, 竞争对手林立等, 这些都促使当局和企业界寻求对策, 以获取全球范围内的竞争优势。传统的制造技术已变得越来越不适应当今快速变化的环境, 先进的制造技术, 尤其是计算机技术和信息技术在制造业中的广泛应用, 使人们正在或已经摆脱传统观念的束缚, 跨入制造业的新纪元。

先进制造技术 AMT (Advanced Manufacturing Technology) 正是在这种大环境下, 美国根据本国制造业的挑战与机遇, 对制造业存在的问题进行了深刻反省, 为了加强其制造业的竞争能力和促进国民经济增长而提出来的。从技术角度来看, 以计算机为中心的新一代信息技术的发展, 使制造业技术达到了从未有过的新高度, 先进制造技术的提出也是这种进程的反映。因此, “先进制造技术” 这个专有名词一经提出, 立即得到欧洲各国、日本及亚洲新兴工业化国家的响应。

第一节 工业化国家制造业的发展战略

一、美国制造业的竞争策略

制造业是美国经济的主要支柱, 因为美国财富的 68% 来源于制造业。但近 20 年里, 领先地位已被动摇。除民用飞机和化学制品等少数产品的产值还基本维持不变外, 汽车、机床、纺织品、民用电子、钢材等均为负增长, 其中汽车产量下降幅度最大。

美国通过大量研究报告为美国制造业的发展勾画蓝图, 并通过立法, 促进制造业和制造技术的发展与进步。如国会设立“国家研究委员会”(NRC), 其中包括制造专委会, 为政府制定发展战略和提供资助计划。政府提出了“新的制造工程研究规划”, 为制造研究专拨了经费, 资助在制造研究与开发关键技术方面能够取得突破的课题。1993 年, 美国前总统克林顿批准将“先进制造技术计划”列为 1994 年预算重点扶持的唯一科技项目, 政府投入 14 亿美元的巨款。美国先进制造技术计划的目标是: ①为美国工人创造更多高技术、高工资的就业机会, 促进美国经济增长; ②不断提高能源效益, 减少污染, 创造更加清洁的环境; ③使美国的私人制造业在世界市场上更具有竞争力, 保持美国的竞争优势; ④使教育系统对每位学生进行更富有挑战性的教育; ⑤鼓励科技界把确保国家安全以及提高全民生活质量作为核心目标。

二、日本制造业的发展对策

美国曾以福特方法赢得全世界制造技术的优势, 而日本人却在福特方法的基础上, 不断更新技术以适应市场需求。20 世纪 70 年代, 日本汽车大举进入美国市场, 以其价廉质优和多品种将美国三大汽车公司推向倒闭的边缘。1990 年, 仅日本 FANUC 公司生产的数控系统数量就占世界市场的一半。

日本制造业的巨大成功, 固然有政治因素, 但主要是和日本人在技术上善于吸收他国成

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,为国民经济发展所需各类机械产品的制造提供基本的工艺技术,并取得了重要成就。虽然与国外工业发达国家相比,仍存在着阶段性的差距,但近几年来,我国政府及有关领导人对先进制造技术的发展给予了高度的关注。

(1) 1995年5月《中共中央、国务院关于加速科技进步的决定》中提出:为提高工业增长的质量和效益,要重点开发推广电子信息技术、先进制造技术、节能降耗技术、清洁生产和环保技术等共性技术。

(2) 1995年9月《中共中央关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标的建议》中明确要大力采用先进制造技术。2001年3月第九届全国人代会第四次会议批准的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十个五年计划纲要》中指出:研究制定振兴装备制造业的政策措施,依托重大工程,大力振兴装备制造业,提高先进技术装备的设计、制造和成套水平,增强能力。把发展数控机床、仪器仪表和基础零部件放到重要位置,努力提高质量和技术水平。2003年3月,在第十届全国人民代表大会第一次会议上通过的《政府工作报告》中强调,要走新型工业化道路,加快产业结构调整,积极发展对经济有重大带动作用的高新技术企业,广泛采用先进适用技术改造传统产业。

(3) 在“九五”计划的实施中,国家科学技术部的“国家科技攻关计划”、“国家高新技术研究发展计划”、“国家基础研究重大项目计划(攀登计划预选项目)”都列入有关项目并付诸实施,其中“精密成形与加工研究开发和应用示范”、“金属材料热成形过程动态模拟及

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(计算机与通信、控制理论、人工智能等)、能源及现代系统管理等方面的成果,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、清洁、灵活生产,提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。”

二、先进制造技术的内涵及技术构成

先进制造技术在不同发展水平的国家和同一国家的不同发展阶段,有不同的技术内涵和构成,对我国而言,它是一个多层次的技术群。先进制造技术的内涵和层次及其技术构成见图1-1。

1. 基础技术

第一层次是优质、高效、低耗、少无污染基础制造技术。铸造、锻压、焊接、热处理、表面保护、机械加工等基础工艺至今仍是生产中大量采用、经济适用的技术,这些基础工艺经过优化而形成的优质、高效、低耗、少无污染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

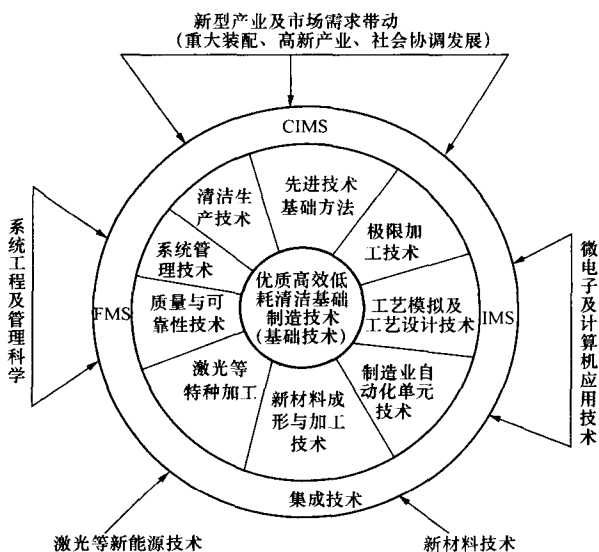


图1-1 先进制造技术的内涵和层次及其技术构成

下料、精密成形、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、少无氧化热处理、气体保护焊及埋弧

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。

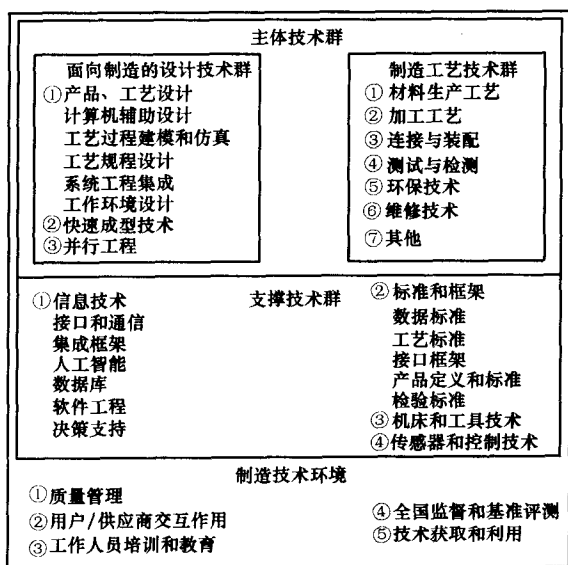


图 1-2 先进制造技术的体系结构

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。

设计技术主要包括计算机辅助设计技术、优化设计基础技术、竞争优势创建技术、可持续性发展产品设计技术和设计试验技术。

(2) 先进制造工艺。

先进制造工艺包括快速成形、精密洁净铸造成形工艺、精确高效塑性成形工艺、优质高效焊接及切割技术、优质低耗洁净热处理技术、高效高精机械加工工艺、现代特种加工工艺、新型材料成形与加工工艺、优质清洁表面工程新技术、快速模具制造技术和虚拟制造成形加工技术等。

(3) 自动化技术。

自动化技术主要包括数控技术、工业机器人技术、柔性制造技术、计算机集成制造技术、自动检测及信号识别技术和过程设备工况监测与控制技术等。

(4) 系统管理技术。

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，在数字制造环境下，用户借助网络发布信息，各类企业通过网络应用电子商务，实现优势互补，形成动态联盟，迅速协同设计并制造出相应的产品。

二、精是发展的关键

精是指加工精度及其发展。20 世纪初，超精密加工的误差是 10 微米，70~80 年代为 0.01 微米，现在仅为 0.001 微米，即 1 纳米。从海湾战争、科索沃战争，到阿富汗战争、伊拉克战争，武器的命中率越来越高，其实质就是武器越来越精，也可以说，关键就是打精度战。在现代超精密机械中，对精度要求极高，如人造卫星的仪表轴承，其圆度、圆柱度、表面粗糙度等均达到纳米级；基因操作机械其移动距离为纳米级，移动精度为 0.1 纳米；细微加工、纳米加工技术可达纳米以下的要求，如果借助于扫描隧道显微镜与原子力显微镜的加工，则可达 0.1 纳米。至于微电子芯片的制造，有所谓的三超：①超净，加工车间尘埃颗粒直径小于 1 微米，颗粒数少于每立方英尺 0.1 个；②超纯，芯片材料有害杂质，其含量要小于十亿分之一；③超精，加工精度达纳米级。显然，没有先进制造技术，就没有先进电子技术装备；当然，没有先进电子技术与信息技术，也就没有先进制造装备。先进制造技术与先进信息技术是相互渗透、相互支持、紧密结合的。

三、极是发展的焦点

极就是极端条件，是指生产特需产品的制造技术，必须达到极的要求。例如，能在高温、高压、高湿、强冲击、强磁场、强腐蚀等条件下工作，或有高硬度、大弹性等特点，或极大、极小、极厚、极薄、奇形怪状的产品等，都属于特需产品。微机电系统就是其中之一。这是工业发达国家高度关注的一项前沿科技，亦即所谓微系统微制造。微机电系统用途十分广泛。在信息领域中，用于分子存储器、原子存储器、芯片加工设备；生命领域中，用于克隆技术、基因操作系统、蛋白质追踪系统、小生理器官处理技术、分子组件装配技术；

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。这是一个崭新的充满活力的领域,作用难以估量。

六、网是发展的道路

网就是网络化。制造技术的网络化是先进制造技术发展的必由之路。制造业在市场竞争中,面临多方的压力:采购成本不断提高,产品更新速度加快,市场需求不断变化,全球化所带来的冲击日益加强等等。企业要避免这一系列问题,就必须在生产组织上实行某种深刻的变革,抛弃传统的小而全与大而全的夕阳技术,把力量集中在自己最有竞争力的核心业务上。科学技术特别是计算机技术、网络技术的发展,使这种变革的需要成为可能。制造技术的网络化会导致一种新的制造模式,即虚拟制造组织,这是由地理上异地分布的、组织上平等独立的多个企业,在谈判协商的基础上,建立密切合作关系,形成动态的虚拟企业或动态的企业联盟。此时,各企业致力于自己的核心业务,实现优势互补,实现资源优化动态组合与共享。

七、智是发展的前景

智就是智能化。制造技术的智能化是制造技术发展的前景。近20年来,制造系统正在由原先的能量驱动型转变为信息驱动型,这就要求制造系统不但要具备柔性,而且还要表现出某种智能,以便应对大量复杂信息的处理、瞬息万变的市场需求和激烈竞争的复杂环境,因此智能制造越来越受到重视。与传统的制造相比,智能制造系统具有以下特点:①人机一体化;②自律能力强;③自组织与超柔性;④学习能力与自我维护能力;⑤在未来,具有更

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。

小 结

1. 面对复杂多变的外部环境,先进的制造技术,尤其是计算机技术和信息技术在制造业中的广泛应用,使人们正在或已经摆脱传统观念的束缚,跨入制造业的新纪元。

2. 美国为了捍卫其制造业的霸主地位,通过大量研究报告为美国制造业的发展勾画蓝图,并通过立法,促进制造业和制造技术的发展与进步;日本通过大力发展先进制造技术,获得了巨大的成功;西欧制造业为了能与美日抗衡,推进欧洲统一进程,发展先进制造技术。先进制造技术,无一工业发达国家不予高度关注。我国政府及有关领导人对先进制造技术的发展给予了高度的关注。

3. 先进制造技术由基础技术、新型单元技术和集成技术构成;可分为先进设计技术、先进制造工艺、自动化技术和系统管理技术。

4. 先进制造技术的发展趋势和特色集中在数、精、极、自、集、网、智、绿八个方面。

思 考 题

1. 试述美、日、欧洲制造业的发展战略。
2. 试述先进制造技术在我国的发展。
3. 简要论述先进制造技术的技术构成和分类。
4. 试述先进制造技术的特色和发展趋势。

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史。回顾历史，人类制造业的生产方式的发展大致经历了四个主要阶段。

1. 手工与单件生产方式

1765 年瓦特蒸气动力机的发明，促使制造业取得了革命性的变化，引发了工业革命，出现了工场式的制造厂，从手工业到机器作业，从作坊到批量生产，生产率有了较大提高，揭开了近代工业化大生产的序幕。其基本特征是：

(1) 采用手动操作的通用机床，按用户要求进行生产，生产的产品可靠性和一致性不能得到保证。

(2) 生产效率低，生产成本低。

(3) 生产者是整个机器的作坊业主。

(4) 工厂组织结构松散，管理层次简单。

2. 大批量生产方式

从 19 世纪中叶到 20 世纪中叶，由于 E. Whitney 提出“互换性”与大批量生产，Oliver Evons 将传送带引入生产系统，F. W. Taylor 的“科学管理”，H. Ford 开创的汽车装配自动流水线，使制造业开始了第一次生产方式的转换，这种模式推动了工业化进程，为社会提供了大量的经济产品，促进了市场经济的高度发展，成为各国仿效的生产方式。其主要特征是：

(1) 实行从产品设计、加工制造到管理的标准化和专业化生产。

(2) 采用移动式的装配线和高效的专用设备。

(3) 实行纵向一体化管理。把一切与最终产品相关的工作都归并到厂内自制。

3. 柔性自动化生产方式

从 20 世纪 50 年代开始，人们逐渐认识到刚性自动化的不足：劳动分工过细，导致了大量功能障碍；对市场 and 用户需求的应变能力较低；纵向一体化的组织结构形成了臃肿官僚的“大而全”的塔形多层体制。

面对市场的多变性和顾客需求的个性化、产品品种和工艺过程的多样化以及生产计划与调度的动态性，迫使人们寻找新的生产方式，提高工业企业的柔性和生产率。

1952 年美国麻省理工学院试制成功世界上第一台数控铣床，揭开了柔性自动化的序幕；1958 年研制成功自动换刀镗铣加工中心；1962 年在数控技术基础上，研制成功第一台工业机器人、自动化仓库和自动导引小车；1966 年出现了用一台大型通用计算机集中控制多台数控机床的 CNC 系统；1968 年英国莫林公司和美国辛辛那提公司建造了第一条由计算机集中控制的自动化制造系统，定名为柔性制造系统；70 年代，出现了各种微型机数控系统、

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之中,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,科技内部的交叉和联系,以及科学技术与社会相互作用的进一步增强,使技术、知识及产品的更新速度加快,特别是计算机技术、信息技术的发展,将引起人类生产力的飞跃和社会生产方式的巨变,是推动企业全面变革的主导力量。

近些年来,在日本、美国有关制造模式的新概念层出不穷,例如并行工程、敏捷制造、智能制造、精益生产等,这些新方法的出现彻底动摇了原有的管理理论和生产方式,以“专业化分工”和“科层递阶控制”为特征的传统管理方式已经过时。这些新概念、新思想的出发点和目标并不一致,但它们共同的特点是:

(1) 以技术为中心向以人中心转变,使技术的发展更加符合人类社会发展的需要。

(2) 企业的组织结构将从金字塔式的多层次生产管理结构向分布式扁平的网络结构转变。

(3) 从传统的顺序工作方式向并行工作方式转变。

(4) 制造系统的策略将集中在灵活组织社会资源,企业从按功能划分部门的固定组织形式向动态的、自主管理的小组工作组织形式转变。

(5) 质量是企业尊严和品牌价值的起点,快速响应市场的竞争策略是制胜的法宝。

(6) 企业从单纯竞争走向既有竞争、又有结盟之路。

(7) 技术创新将成为 21 世纪企业竞争的焦点。

两百多年来的历程,充分显示了技术推动与市场牵引两项因素对制造生产模式发展的作用。

二、制造业生产模式产生的背景

为使制造业摆脱困境,人们仍沿传统思路希望依靠制造技术的改进和管理方法的创新来解决问题。抓住由于计算机的普及应用所提供的有利契机,以单项的先进技术(如 CAD、

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现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、组织与人因三大资源构成了现代企业制造生产方式的基石。以此为基石的关键性支撑模式,目前普遍受到重视的主要有三类:①智能制造与柔性生产;②精益生产;③敏捷制造。为实现制造企业的战略目标,制造企业采用先进制造生产模式可从几种途径入手:制造技术、人的作用和制造组织;所依赖的手段主要是投资和创新。由图2-1可以看出它们的特点与区别。

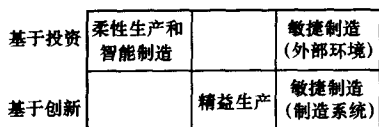


图2-1 先进制造生产模式创立的基点与途径

二、制造系统的工程属性和经济属性

从工程角度看,制造系统是一个由硬件、软件和人员构成的动态技术系统。它在物料、信息和能量的流动过程中,将原材料转变成产品,见图2-2。

从经济角度看,制造系统作为一个企业,是一个由固定资产、流动资产和无形资产构成的动态经济系统。它在资金的流动过程中,使资产增值并获得收益,见图2-3。

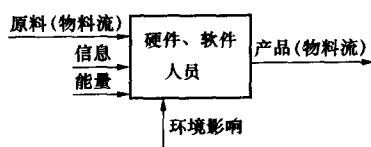


图2-2 制造系统的工程模型

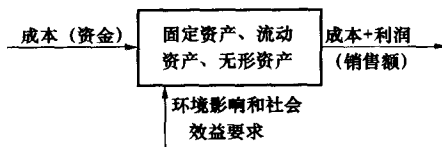


图2-3 制造系统的经济模型

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。由此可概括出先进制造生产模式的主要战略目标及共性。

表 2-1 传统制造生产模式和先进制造生产模式主要特征的对比

主要特征	制造模式					
	大批量生产	制造自动化	柔性生产	精益生产	敏捷制造	LAF 生产系统
制造企业定向	产品	产品	顾客	顾客	顾客	顾客
制造战略重点	成本	质量	品种	质量	时间	时间
制造指导思想	技术指导	技术指导	技术指导	组织精益	组织变革	组织创新,人因发挥
竞争优势	低成本	高效率	柔性	精益性	敏捷	精益、敏捷柔性
手段或动因	机器	技术	技术进步	人因发挥	组织创新	技术——人因—— 组织集成
原则或机制	分工与专业化	自动化	高技术集成	生产过程管理	资源快速集成	资源快速集成
制造经济性	规模经济性	规模经济性	范围经济性	范围经济性	集成经济性	集成经济性

1. 获取生产有效性为首要目标

卖方市场的特征使大批量制造生产模式的生产有效性成为既定满足的条件,致力于生产效率的提高成为大批量制造生产模式的中心任务。当今复杂多变的市场环境,特别是消费者需求的主体化与多样化倾向使得制造生产的有效性问题的突现出来。先进制造生产模式不得不将生产有效性置于首位,由此导致制造价值定向(从面向产品到面向顾客)、制造战略重点(从成本、质量到时间)、制造原则(从分工到集成)、制造指导思想(从技术主导到组织创新和人因发挥)等出现一系列的变化。