

先进制造管理技术 及其应用

东南大学经济管理学院 高晓平 主编



先进制造管理技术及其应用

主编 高晓平
参编 杨江河 吴 陵
主审 达庆利



机械工业出版社

本书主要讲述了制造技术与制造业, 先进制造技术, 先进制造管理技术, 制造业信息化概述, 企业信息化的实施, 企业信息化实施案例, 企业EPR系统实施工作程序, 现代质量管理技术, 质量管理体系的实施, 质量管理实施案例, 精益生产的基本理论, 精益生产的实施程序, 制造系统管理技术, 现代物流技术等。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造管理技术及其应用/高晓平主编. —北京: 机械工业出版社,
2004.10

ISBN 7-111-15354-5

I. 先… II. 高… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 100233 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱 华 版式设计: 张世琴 责任校对: 李汝庚

封面设计: 王伟光 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 · 24.75 印张 · 612 千字

定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面防伪标均为盗版

序

制造业是经济发展与社会发展的物质基础,随着人类工业文明的不断进步,它已成为国家经济和综合国力的基础,是一个国家综合国力的具体体现。无论是实现农业现代化、工业现代化、科技现代化还是国防现代化,都离不开强大的制造业。它占我国国民生产总值的 34%,其增加值占整个工业产业的 78%,从业人员占 82%。国内生产总值的 40%、财政收入的 50%、外贸出口的 80% 来源于制造业。

制造业一方面直接创造价值,成为社会财富的主要创造手段和国民经济收入的重要来源;另一方面,它为国民经济各部门,包括国防和科学技术的进步及发展提供先进的手段和装备。制造业的发达与先进程度是国家工业化的重要表征。在工业化国家中,约 1/4 的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门中,约半数人的工作性质与制造业密切相关。如果一个国家的制造业发达,它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没,例如日本、中国台湾、中国香港、新加坡和韩国等。

进入 21 世纪,随着国际关系多极化、经济全球化、贸易自由化、消费个性化和多样化、科学技术进步和信息社会的到来,以及国际社会对人类赖以生存的资源和环境的高度重视都促使世界各国政府更加重视制造业的社会地位,重新评估其价值和作用,重新审视其生产方式,对制造业的发展提出了更高的要求 and 更严厉的制约。制造业正面临着新的历史性发展机遇和更加严峻的挑战。这种机遇和挑战使先进制造技术进入了更加快速的发展时期。特别是随着我国加入 WTO,我国即将成为世界级制造基地,许多先进的制造技术也纷纷登台,并发挥着很大的作用,如计算机辅助生产管理、制造资源计划、柔性制造、并行工程、数控技术、CAD/CAPP/CAM/CAE、计算机集成制造等。

先进制造技术的概念源于 20 世纪 80 年代,它是指在制造过程和制造系统中不断吸收机械、电子、信息、管理以及新工艺、新材料等最新技术成果,并综合运用于产品开发与设计、制造、检测及售后服务的制造全过程,使原材料转换为产品的过程更有效、成本更低,更及时满足市场需求的前沿工程技术的总称。

先进制造技术大体可分为三大部分,即先进制造管理技术、先进加工技术以及计算机辅助和综合自动化技术。先进制造管理技术包括与制造企业的生产经营和组织管理相关的各种技术,是应用和推广先进生产技术的组织方式,其核心在于组织的创新和人的因素的发挥,以保证生产的有效性。它主要包括企业资源计划(ERP)、精益生产、现代质量管理、敏捷制造、虚拟制造等,它们之间也存在着内在的联系,在各行各业中发挥着很大的作用。

以制造业信息化为例,在 2002 年,国家把制造业信息化作为一个国家项目来推进,并提出“以信息化带动工业化”,制造业信息化就被许多企业提上日程,并且迅速铺开。2003 年及今后一段时期,企业信息化将逐步实施,并以应用为主导。而目前制造业信息化的核心应是 ERP 的实施,据信息产业部统计,在近 20 多年来,已有 1 000 多家实施了 MRP-II/ERP,涵盖了机械、汽车、电子、电器、制药、轻工、石油化工、食品等行业,其中包括国有大中型企业、民营和合资企业多种类型,且在 ERP 方面的投入巨大。但从产出看,ERP

应用的成功率一直是令业界尴尬的话题，据估计成功率大约只有 10% ~ 15%，这就使得很多人对 ERP 是谈虎色变。时至今日，我国仍有一大批继续在“泥潭”中跋涉的企业还不明白其中的缘由。

精益生产、现代质量管理的推动情况也大概如此。精益生产技术来源于日本的丰田汽车公司，为战后日本的崛起发挥了关键的作用，后来美国人通过吸收、引进其核心思想，形成精益生产理论，为其制造业重新兴旺奠定了理论基础。但自 1991 年传到我国后，不少企业花费了巨大的人力和物力，却收效甚微。又如现代质量管理的 ISO9000 认证，国内目前拥有 ISO9000 证书的企业不少，但真正达到其水准的却很少。

造成这些状况的原因固然很多，但缺乏系统的理论指导和有效的实施方法论、无法整体提高企业人员素质却是最根本的原因。目前的图书市场上，许多这类书籍作理论探讨的多，而这些理论探讨真正能有效指导企业实施先进制造技术的少。

本书的作者在企业资源计划、精益生产和现代质量管理的实施上有着丰富的理论和实践经验。本书是他们在多年从事这方面的研究、实施工作的基础上总结深化撰写而成的。全书努力贯彻“如何做”的思想，并公开了许多实施细节和经验，可以帮助企业提高项目的成功率，以获得更大的收益。

本书系统地详细论述了先进制造管理技术中几个关键的管理技术的有关基本理论、实施方法和操作程序。本书内容充实，重点突出，同时也尽可能地反映了该领域内的新成果和新的应用方案；在注重理论系统性的同时，强调如何利用理论解决实际问题，如介绍了各种具体的作业程序等。

相信本书的出版能对相关的企业、管理者和理论界有一定的帮助！

达庆利 教授 博士生导师

2004 年元月 6 日于东南大学



2004.元.6

前 言

随着我国加入 WTO, 中国即将成为世界级制造中心, 同时许多先进的制造管理技术纷纷登台, 并发挥着重大的作用, 如企业资源计划 (ERP)、精益生产、现代质量管理等在各行各业中已有很大的影响。目前一些行业的领头羊实施了 ERP、CRM (客户关系管理) 等系统, 而且新的管理模式, 如 LP (精益生产)、ISO9000、AM (敏捷制造)、SCM (供应链管理) 等也开始广泛应用。

但是, 目前这些管理工程技术的实施并不理想。以 ERP 为例, 虽然其涵盖了机械、汽车、电子、电器、制药、轻工、石油化工、食品等行业近千家制造企业, 其中包括国有大中型企业、私营和合资企业多种类型, 且在 ERP 方面的投入巨大。但从产出看, ERP 应用的成功率一直是令业界尴尬的话题, 据估计成功率大约只有 10%~15%, 这就使得很多人对待 ERP 是“谈虎色变。”

其他如精益生产、现代质量管理的情况也大抵如此。精益生产技术来源于日本的丰田汽车公司, 为战后日本的崛起立下了汗马功劳, 也为后来美国的制造业重新兴旺奠定了理论基础。传到中国后, 不少企业花费了巨大的人力和物力, 但收效甚微。又如现代质量管理的 ISO9000 认证, 国内目前拥有 ISO9000 证书的企业不少, 但真正达到其水准的却很少。

造成这种状况的原因固然很多, 但缺乏有效的实施方法论和实践操作的培训、无法整体提高企业人员素质是最根本的原因。目前市场上与此相关的理论上的研究与探讨的书籍很多, 但真正具有实践性和指导性的书籍比较少, 也无法从根本上提高人员的整体素质, 无法有效指导企业实施先进制造技术和提高企业竞争力。所以, 我们根据多年的实施 ERP、精益生产和质量管理的经验编成此书, 结合相关的先进制造管理理论, 充分考虑这些管理工程的实施的特点, 从具体的实施方法论和实用工作程序入手, 从选材内容到实例分析精心安排, 力求做到内容简明扼要, 通俗易懂。通过此书, 我们希望能和广大读者共享我们的实践经验。

本书的主要内容为先进制造管理技术中内在联系较强的, 也是目前应用得比较成熟、影响较大的三个部分: 企业资源计划 (ERP)、精益生产和现代质量管理。书中有许多典型的实施案例和具有参考价值的操作程序, 可操作性强, 对企业在相关项目的实施有很强的借鉴和指导价值, 对那些正在从事或准备从事该项工作的企业和管理人员也有很大的帮助。

本书主要适合企业的各层管理人员、业务骨干人员, 同时也适合作为一些高校与中等职业学校理工科及管理学科师生的参考读物。

本书在编撰过程中参考了大量的资料和书籍, 作者在此一并感谢。读者在使用本书过程中如有任何问题、意见或建议, 可以通过电子邮件 nts@vip.sina.com 与作者联系。

由于作者水平有限, 不妥之处在所难免, 欢迎广大读者批评赐教。

作 者

目 录

序	
前言	
第一章 概论	1
第一节 制造技术与制造业	1
一、基本概念	1
二、制造业的发展及地位	2
三、制造技术的变革	2
四、入世后我国制造业面临的挑战和机遇	3
第二节 先进制造技术	5
一、先进制造技术的发展	5
二、先进制造技术的体系	10
三、先进制造技术与企业竞争力	12
第三节 先进制造管理技术	14
一、先进制造管理技术的特点	14
二、当代经济新趋势及企业管理新特征	16
三、产品特征及市场分析	16
四、21 世纪组织措施及生产模式	18
五、21 世纪制造企业的特征	20
第二章 制造业信息化工程	22
第一节 制造业信息化概述	22
一、关于制造业信息化	22
二、ERP 的基本原理	27
三、PLM 及 PDM 简介	68
第二节 企业信息化的实施	77
一、ERP 实施方法	77
二、计划	87
三、实施	91
四、监控	99
五、评估	108
第三节 企业信息化实施案例	118
一、MRP-Ⅱ/ERP 系统实施案例	118
二、PLM/PDM 系统解决方案实例	127
第四节 企业 ERP 系统实施	
一、ERP 系统评估程序	149
二、销售系统 ERP 工作程序	150
三、采购系统 ERP 工作程序	154
四、制造系统 ERP 工作程序	157
五、产品工艺路线工作程序	161
六、财务系统 ERP 工作程序	164
第三章 现代质量管理技术	172
第一节 概述	172
一、质量管理概论	172
二、全面质量管理与 ISO9000	178
三、八项质量管理原则	180
四、六西格玛 (6Sigma) 管理理念	188
五、计算机集成质量系统	192
第二节 质量管理体系的实施	194
一、质量管理体系简介	194
二、向新版标准转化的策划	198
三、质量管理体系的认证	203
四、企业贯标与认证程序	206
五、质量管理体系的审核	212
第三节 质量管理实施案例	216
一、质量手册	216
二、质量管理体系程序	233
第四章 现代生产组织模式	291
第一节 精益生产的基本理论	291
一、21 世纪生产模式的特点	291
二、准时生产技术 (JIT)	291
三、看板管理	295
四、精益生产技术	298

五、丰田汽车公司精益生产实施案例	311	二、敏捷制造 (AM)	365
第二节 精益生产的实施程序	314	三、并行工程技术 (CE)	369
一、制造系统实施指南	314	四、制造系统工程 (MSE)	373
二、流动制造工作程序	344	五、成组技术	375
第五章 其他先进制造系统		第二节 现代物流技术	377
管理技术简介	358	一、物流技术的发展趋势及前景	378
第一节 制造系统管理技术	358	二、物流系统自动化	380
一、计算机集成制造系统 (CIMS)	358	三、清洁化生产技术 (绿色制造)	384
		参考文献	387

第一章 概 论

第一节 制造技术与制造业

一、基本概念

1. 制造

国际权威学术机构——国际生产工程协会给“制造”下的定义为：制造是人类按照所需目的，运用主观掌握的知识和技能，借助于手工或可以利用的客观物质工具，采用有效的方法，将原材料转化为最终物质产品，并投放市场的全过程。简单地说，制造是利用制造资源（设计方法、工艺、设备和人力等）将材料“转变”为有用的物品的过程。

目前，人们对制造的概念又加以扩充，将体系管理和服务也纳入其中，因此，制造是一个很大的概念。制造不是指单独的加工过程，而要包括市场调研和预测、产品设计、选材和工艺设计、生产加工、质量保证、生产过程管理、营销、售后服务等产品寿命周期内一系列相互关联的活动。按制造的连续性，可分为连续制造（如化工产品的制造）和离散制造（如家电产品的制造）；按行业分类，可分为机械制造、食品制造、化工制造、IT产品制造等。

2. 制造技术

制造技术是完成制造活动所涉及到的技术总称。健康发达的高质量的制造业必然有先进的制造技术作为后盾，传统的制造技术仅强调工艺方法和加工设备，现代制造技术不仅重视工艺方法和设备，还强调设计方法、生产组织模式、制造与环境的和谐统一、制造的可持续性及其制造技术与其他科学技术的交叉和融合，甚至还涉及制造技术与制造全球化、贸易自由化、军备竞争等。

3. 制造业

制造业是指以制造技术为主导技术进行产品制造的行业，是所有与制造有关的企业机构的总体。它是国民经济的支柱产业，一方面创造价值，生产物质财富和新的知识，成为社会财富的主要创造者和国民经济收入的重要来源；另一方面，为国民经济各个方面，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。制造业的发达与先进程度是国家工业化的表征。在工业化国家中，约 1/4 的人口从事各种形式的制造活动，在非制造业部门中，约半数人的工作性质与制造业密切相关。如果一个国家的制造业发达，它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞，制造业功不可没。例如日本、中国台湾、中国香港、新加坡和韩国等。在工业发达国家中，制造业的产值占国民经济生产总值（GDP）的比例平均为 20%，而日本、德国和韩国分别为 29%、31% 和 32%。

制造活动是人类的主要活动之一，社会的进步和发展，离不开制造业的革新和发展。可以说，制造业是整个工业及国民经济、国防的基石。而制造技术则是制造业的技术支柱，是一个国家科技水平的综合体现。制造技术的发展是一个国家经济持续增长的根本

动力。为了赢得激烈的市场竞争，在世界经济中占一席之地，就必须对制造技术进行研究，不断用新技术充实并改造制造业，使所制造的产品达到功能适用（Function）、交货期短（Time to Market）、质量好（Quality）、价格低（Cost）和服务优良（Service），五个要素缺一不可。

二、制造业的发展及地位

制造业是经济发展与社会发展的物质基础，是一个国家综合国力的具体体现，无论是实现农业现代化、工业现代化、科技现代化还是国防现代化，都离不开强大的制造业。制造业对国民经济的增长有巨大的拉动效应。国家统计局最近公布的一份资料显示，近 10 年来，我国国民生产总值的 40%、财政收入的 50%、外贸出口的 80% 都来自于制造业。制造业还解决了大量人员的就业问题。

1. 制造业的发展

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。从工业革命历程可以看出，每次工业革命的形和发生都与制造技术的发展密不可分。

（1）石器时代。在石器时代，人类利用天然石料制作劳动工具，以采集利用自然资源作为主要的生活手段。到青铜器、铁器时代，人们开始采矿、冶炼、铸造工具、织布、打造工具，满足以农业为主的自然经济的需要，采取的是作坊式手工业的生产方式。生产用的原动力主要是人力，局部利用水力和风力。直到 1765 年，瓦特发明蒸汽机，纺织业、机器制造业才取得革命性的变化，引发了第一次工业革命，近代工业化大生产开始出现。

（2）电气化时代。1820 年奥斯特发现电磁效应，安培提出电流相互作用定律，1831 年法拉第提出电磁感应定律，1864 年麦克斯韦电磁场理论的建立，为发电机的发明奠定了科学基础，从而迎来电气化时代。以电作为动力源，改变了机器的结构，开拓了机电制造技术的新局面。

（3）大批量生产时代。19 世纪末 20 世纪初，内燃机的发明，使汽车进入欧美家庭，引发了制造业的又一次革命。流水生产线及泰勒管理方法应运而生，进入大批量生产时代（特别是汽车工业和兵器工业），并为二次世界大战的大规模军工生产准备了物质基础/技术基础和管理经验。

（4）电子时代。二战后，人类迎来了电子时代，通信的迅速普及和计算机的出现，尤其是半导体大规模集成电路的出现，引发了制造业的又一场新的革命，迎来了机械电子学和机电一体化（NC、CAD、CAM、CIMS）的时代。

2. 制造业的地位

制造业在国民经济中所占的地位，可以从下面的几个简单的数据来说明：美国 68% 的财富来源于制造业；在日本，国民经济总产值的 49% 是由制造业提供的；在我国，制造业在工业总产值中所占的比例为 40%。因此，没有发达的制造业，就不可能有国家真正的繁荣和强大。

三、制造技术的变革

自 18 世纪初瓦特发明蒸汽机而导致工业革命以来，制造技术经历了三个主要发展阶段：

1. 作坊式单件生产（Craft Production）

这个阶段从 19 世纪初到 20 世纪 20 年代，主要是用机器代替人力进行生产，采用的是

作坊式单件化生产。工厂的组织结构分散，管理层次简单，由业主直接与所有的顾客、雇员和协作者联系。在这种生产方式下，从业者在产品设计、机械加工和装配方面都有高度的技艺，所以又称为“技艺”性生产方式（发明地在欧洲）。这种方式的最大缺点是产品价格高、生产周期长。

2. 流水线大批大量生产（Mass Production）

这个阶段从第一次世界大战后一直持续到目前。创造这种生产方式的是美国人福特（Henry Ford）和通用汽车公司的斯隆（Alfred Sloan），他们将由欧洲人创造的技艺性生产方式改变为大批大量生产方式，使美国很快变成世界一流经济强国。这种生产方式实行严格的劳动分工，由于机器精度的提高，工艺的技艺变得不那么重要了，再加上互换性原理的推行，汽车装配时不再使用锉刀，工人只进行诸如拧螺丝、焊接、涂装这些基本操作。装配线按一定的节拍运转，每个工人只承担一种操作的很小一部分，不必关心别人在做什么、如何做，他的全部工作只是机械地将螺丝拧紧到由传送带送到面前的汽车上即可。与技艺生产相反，这种工作不需要多高的技术水平，只需经过简单的培训即可。这种生产方式大大缩短了生产周期，降低了成本，提高了产品质量，使生产力得到巨大的飞跃。

大量生产方式的特点是库存多、占用资金多、人员多、设备多、空间大。由于设备和生产组织的刚性大，变化困难，这种生产方式总是试图在尽可能长的时间内生产同一种产品，虽然可以降低成本，但不能满足“多样化”的需求。

3. 精益生产（Lean Production）

二战以后，丰田汽车公司建立了一套新的生产管理体制，采用精益生产方式组织生产和管理，使丰田汽车的质量、产量和效益都跃上一个新台阶。同时，其他企业也采用这种生产方式，使日本经济得到飞速发展。后来美国对此进行了研究，在此基础上提出了精益生产的理论，另外国际上所说的准时化生产（Just-In-Time, JIT）也是丰田生产方式的扩展。

与精益生产相应的生产技术是柔性制造，主要有始于20世纪70年代的数控技术和流行于80年代的集成制造技术。与技艺性生产和大批量生产不同，精益生产组合了前两者的优点，避免了技艺性生产的高费用和大批量生产的高刚性。为此目的，精益生产采用的是由多能工人组成的工作小组和柔性很高的自动化设备。

与大批量生产不同，精益生产的一切都是“精简”的；与大批大量生产相比，只需要一半的劳动强度、一半的制造空间、一半的工具投资、一半的产品开发时间、库存大量的减少、废品大量减少和品种大量的增加。两者的最大区别在于它们的最终目标上；大量生产强调“足够”好的质量，因此总是存在着缺陷；而精益生产则追求完美性（不断降低价格、零缺陷、零库存和无限多的品种）。

四、入世后我国制造业面临的挑战和机遇

1. 我国制造业的现状

我国的制造业借改革开放的东风，已经取得了长足的发展。产品的外观和包装，产品的花样和品种都有了很大的提高，已经有不少产品已经成功地打入国际市场。目前我国制造业的增加值已经居世界第四位，仅次于美国、日本和德国。

但是我们应该清醒地认识到，我们还不是制造强国。这是因为，虽然我国的制造业的总量已经名列世界第四，但是总体规模尚不到世界的5%，我国的劳动生产率只有美国的1/23、

日本的 1/25、德国的 1/18，而且我国的制造业主要集中在制造链的低端，加工、装配和来料加工占的比重比较大，大部分企业技术创新能力薄弱，不少关键技术和设备仍然依赖国外。在全球 500 强企业中，我国仅有上汽等少数制造业企业入围。

另外，与先进国家相比，我们除了价格优势外，在功能、质量、投放市场时间和售后服务等方面均存在较大差距。例如，在机械制造业，我国拥有 400 多万台套机床，2 000 多万从业人员，堪称世界数一数二，但产品结构落后，劳动生产力低下。汽车工业 200 多万职工，目前每年产量约 325 万辆车；而日本汽车工业 50 万从业人员，产量为 1 600 多万辆。

2. 面临的挑战和机遇

一个国家要发展，首先应发展经济，加入世界经济大循环。面对越来越激烈的国际市场竞争，我国制造业将面临的挑战是严峻的。在国外先进、高质量产品的冲击面前，我们应发奋图强，大力发展民族工业，提高产品竞争力，逐步占领国际市场。

当前，随着我国加入 WTO，将会有更多的国外制造企业转到中国来，我国的制造业将会面临严重的挑战，同时也意味着更多的机遇。挑战与机遇并存，我们应该面对挑战，抓住机遇，组织力量研究和开发先进的制造技术，并将之推广应用到实践中去，提高我国产品的国际竞争力，创造良好的经济效益和社会效益。

目前，中国是世界的制造工厂，世界各地都能见到中国的产品。随着中国制造业的发展，世界制造业战略重心的转移已经引起了世界制造业市场格局的变化。这为我国制造业提供了很好的机遇。同时，我们应看到在技术方面和发达国家还存在很大的差距。首先是产品创新能力低，开发周期长。我们的产品大部分档次低、品种单一。第二，我国制造工艺装备落后，成套能力不强。很多大型出口企业仅仅是世界的加工车间，还不是完整的制造企业。虽然打着“中国制造”的标签，但制造装备、设计和管理手段还采用国外产品。第三，生产自动化和优化水平不高，资源的综合利用率非常低。我国的制造设备大量闲置，数控装备利用率只有 25%。第四，企业管理粗犷，协作能力较差，对国际市场的开拓能力较弱，技术集成和创新能力不足。所以，如何提高企业的竞争力就相当重要。

竞争力是企业持续发展的能力，企业制造一个产品并不难，只要引进生产线就可以了，但是要维持企业持续发展，不断增加产值、提高利润，就要靠企业自身的素质和生产能力。即提高企业竞争力的过程就是提高企业综合素质和能力的过程。就目前国情来说，提高企业竞争力应该从三个方面入手：第一，以高新技术改造传统的制造业，提高制造业竞争力。实施制造业信息化工程，可以从整体上用信息化手段改造现有的制造业，制造业信息化是当今世界发展的一个大趋势，信息技术和制造技术的密切结合是世界制造业的潮流；第二，积极发展新兴的制造业，如生物医学工程、软件业等新兴高新技术制造业；第三，大力发展民营制造业，推动制造业体制的创新，使制造业焕发出青春活力。

3. 制造技术研究的发展趋势

21 世纪的制造业是以信息为主导，采用先进生产模式、先进制造系统、先进制造技术和先进组织管理形式的全新的机械制造业。它的特征是全球化、网络化、虚拟化、智能化以及绿色制造。面对全球化市场竞争环境，机械制造业迅速发展。近年来，制造工程领域的新技术相继诞生，如计算机集成制造系统（CIMS）、制造资源计划（ERP）、敏捷制造（AM）、并行工程（CE）、虚拟制造（VM）、精益生产（LP）、智能制造（IM）和绿色制

造等。

目前各工业化国家都投入巨资研究和开发先进技术。其总的研究发展趋势是：立足于本国实际，以提高综合经济效益为目的，研究和发展可以提高本国制造业竞争实力的各种适用的先进制造技术。其特点是：国家高度重视，出面组织和协调，并在政策和资金上给予大力支持；大学和研究所积极参与；以制造企业为主体，积极提供研究课题和资金，并应用各种先进制造技术于生产实践中。为了提高企业的竞争力，就必须从提高人员的素质，改进组织结构和经营管理水平，提高产品设计和制造水平等几个方面进行努力。

第二节 先进制造技术

一、先进制造技术的发展

(一) 先进制造技术的定义和特点

1. 先进制造技术的定义

先进制造技术 (Advanced Manufacturing Technology, AMT) 的概念在 20 世纪 80 年代就已经被提出来了，一般来说，比较被人们容易接受的定义是：先进制造技术是以提高综合效益为目的，以人为主体的，以计算机技术为重要工具，不断吸收机械、光学、电子、信息（计算机和通信、控制理论、人工智能等）、材料、能源、环保生物等高新技术以及现代系统管理技术，涵盖产品生产的整个生命周期的各个环境的先进工程技术的总称。它面向包括机械制造、电子产品制造、材料制造、石油、化工、冶金以及民用消费品制造等在内的“大制造业”；以提高对动态多变的产品市场的适应竞争能力为中心，以实现优质、灵活、高效、清洁生产和提供优质、快捷服务，取得理想的经济效益为目标。

2. 先进制造技术的特点

(1) 强调学科交叉和技术融合。先进制造技术强调各专业学科之间的相互渗透和融合，淡化并最终消除它们之间的界限。先进制造技术特别强调计算机技术、信息技术和现代系统管理技术在产品设计、制造和生产组织管理等方面的应用。先进制造技术不是一项具体技术，它是利用系统工程技术将各种相关的技术集成的一个有机整体。与信息技术的系统集成，是制造技术发展成为先进制造技术的最核心、最关键的一环。从某种意义上讲，现代制造系统正在发展成为一种信息系统，它由信息驱动，以提高产品的信息含量为目的。而信息的主要来源之一是制造系统中各类人员的知识，制造系统对信息的依赖也是对知识的依赖。在先进制造技术领域，无一例外地都在不同程度上与信息科学和技术的融合与集成。这种集成引起了传统制造工艺、设计概念和方法、设备结构和机构以及制造系统管理模式的变化，有的已经形成全新的设计概念和管理模式。

(2) 先进制造技术与传统技术的结合。先进制造技术并不摒弃传统技术，而是不断用科技新手段去研究它，并运用科技新成果去改造它、充实它。特别是利用先进技术研究传统工艺的形成原理，建立数学模型，并利用优化设计技术进行传统工艺方法的优化。

(3) 先进制造技术内涵的扩大。先进制造技术并不仅限于制造过程本身，它涉及到产品从市场调研、产品设计、工艺设计、加工制造、售前售后服务等产品生命周期的所有内容，并将它们结合成一个有机的整体。最重要的特征是包括了生产体系和经营策略，强调人的主体作用，强调人、技术、管理三者的有机结合，是与传统制造技术的显著区别。

之一。

(4) 先进制造技术是动态发展、不断更新的技术。先进制造技术的特点之一就是要不断吸收各种相关的技术突破性发展和创新性成就,并将其渗透到产品的设计、制造、生产管理及市场营销的所有领域及其全部过程,并且实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产。先进制造技术是 21 世纪的技术系统,它的目的很明确,即提高制造业的综合效益(包括经济效益、社会效益和环境生态效益),赢得激烈的国际市场竞争。

(5) 先进制造技术特别强调环境保护。既要求其产品是所谓的“绿色商品”(对资源的消耗最少,对环境的污染最小甚至为零,对人体的危害最小甚至为零,报废后便于回收利用,发生事故的可能性为零,所占空间最小),又要求产品的生产过程是环保型的(对资源的消耗最少,对环境的污染最小甚至为零,对人体的危害最小甚至为零)。

(二) 先进制造技术的发展背景

先进制造技术的产生不仅是科学技术的范畴,而且也是人类历史发展和文明进步的必然结果。无论是发达国家、新兴工业化国家还是发展中国家,都将制造业的发展作为提高竞争力,振兴国家经济的战略手段来看待。其产生和发展的背景主要如下:

1. 制造业的变革

近几十年来,随着科技进步特别是计算机技术的发展和环境的变化,世界制造业及其格局发生了巨大变革,主要体现在以下几个方面:

(1) 制造业世界格局的变化。从 20 世纪 60 年代开始,日本由于重视科技进步,研究先进的制造技术,大力推广应用高新技术成果,再加上严密的社会组织和大量高素质的人才,使其经济迅速崛起,把原来美国占绝对优势的产业如汽车、照相机、家电、机床、复印机、半导体等变成自己的主导产业,占领了世界包括美欧市场。加上 20 世纪 70 年代以来依靠制造业发展起来的亚洲新兴工业国家和地区(中国台湾、中国香港、新加坡和韩国),使世界经济变成欧、亚、美三分天下的局面。改革开放以来,我国的制造业也有很大的发展。21 世纪亚洲经济将在世界经济中占主导地位,其中制造业将会发挥更大的作用。

(2) 制造业产品结构、生产模式和生产过程的变化。制造业的产品结构正朝着先进实用、高效、节能、体积小、质量好、功能先进无冗余、环保型方向发展;生产模式则朝着多品种、小批量、单件化、柔性化、生产周期大幅度缩短等方面发展;而生产过程则朝着高速、精密、自动化、少无切削、节能、环保型、非传统加工方法,甚至零缺陷等方向发展。

(3) 市场竞争越来越激烈。由于制造业的进步,更多的国家参与到世界经济发展中,市场竞争就越来越激烈,顾客的要求就会越来越高。制造业的决策者都已意识到,为了赢得竞争,必须想方设法满足顾客的要求,“顾客第一”已成为制造业的共识。为击败对手,就必须在产品功能(F)、交货时间(T)、质量(Q)、价格(C)、服务(S)等五方面进行改进。

(4) 新技术不断涌现。新的制造技术不断出现,大多数新技术都是与计算机技术的进步息息相关的,同时也注重人的作用和制造活动中的管理技术。这些技术包括:数控技术(NC),计算机集成制造技术(CIM/CIMS),并行工程技术(Concurrent Engineering),精益生产(Lean Production),敏捷制造(Agile Manufacturing),成组技术(Group Technology),快速原型技术(Rapid Prototyping),质量功能配置(Quality Function Deployment),健壮设计(Robust Design),准时生产(Just-in-Time),智能制造(Intelligent Manufacturing),仿真和虚拟制造

(Simulation and Virtual Manufacturing), 企业资源计划 (Enterprise Resources Planning) 等。

正是由于上述变革, 特别是计算机技术和网络技术的飞速发展, 才诞生了先进制造技术这一制造领域的最新概念。

2. 政治对抗的重要资本

20 世纪 90 年代以来, 随着冷战的结束, 国际竞争和对抗转到技术和经济竞争上, 技术和经济实力是政治对抗的重要资本。提高制造业产品竞争力, 发展高新技术, 尤其是先进的产业技术成为抢占未来的经济制高点, 振兴国家经济的焦点。对于制造业来说, 竞争的核心是新产品和先进的制造技术。

先进制造技术这一概念是美国根据本国制造业面临来自世界各国, 特别是亚洲国家的挑战, 为增强制造业的竞争力, 夺回美国制造工业的优势, 促进国家经济的发展, 于 20 世纪 80 年代末提出的。由于目标明确, 立即得到美国朝野各界的一致响应, 并在社会上形成一种气候。政府立即组织人力和财力, 制定相应的技术政策和发展计划, 促进先进制造目标的实现。事实上, 先进制造技术提出的根本原因在于美国制造业竞争力的不断减弱。20 世纪 70 年代, 美国一批学者不断鼓吹美国已经进入“后工业化社会”, 认为制造业是“夕阳工业”, 认为经济重心由制造业转向纯高科技产业和服务业等第三产业, 许多学者只重视理论成果, 不重视实际应用, 造成所谓“美国发明, 日本发财”, 市场被日本占领的局面。再加上美国政府长期以来对产业技术不予以支持的态度, 使美国制造业产生衰退, 产品的市场竞争力下降, 贸易逆差剧增, 许多美国占绝对优势的产品, 都在竞争中败给了日本, 日本货占领了美国的市场。美国商品在来自日本的高质量、高科技产品和其他亚洲和拉美国家廉价制造品的夹击下, 其生存空间不断萎缩。以上情况引起学术界、企业界和政界人士的普遍重视, 纷纷要求政府出面组织、协调和支持产业技术的发展, 重振美国经济。为此, 政府和企业界花费数百万美元, 组织大量专家、学者进行调查研究。研究结果简单明了, 如 MIT 的调查结论认为: “一个国家要生活得好, 必须生产好”, 和“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”。调查结果使大家认识到: “经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。观念转变后, 美国政府立即采取了一系列措施, 比如:

(1) 1988 年投资进行了大规模的“21 世纪制造企业的战略”的研究;

(2) 1991 年白宫科学技术政策办公室发表《美国国家关键技术》的报告, 标志着美国科技政策新时代的开始, 表示了政府对产业技术发展的重视和支持;

(3) 克林顿上台后不久, 于 1993 年 2 月在硅谷发表《促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向》的报告, 提出“要促进先进制造技术的发展”, 指出“制造业仍是美国的经济基础”。并且提出促进先进制造技术发展的六条具体措施;

(4) 成立美日双边制造工程研究会, 每年派 100 名工程师到日本学管理和技术;

(5) 通用汽车公司在 20 世纪 80~90 年代共投入 400 亿美元研究 AMT;

(6) 参加国际合作项目, 如美、日、澳、欧的“智能制造系统”计划;

(7) 成立国家级 (如 8 个国家制造研究中心)、地区级 (如设在密执安州的国家科学中心)、大学 (如密执安吴贤明制造技术中心)、企业 (如克莱斯勒汽车公司的技术中心)、专门的制造技术研究中心 (如设在密执安州的中西部制造技术中心) 等各层次、级别的协调、推广和应用中心;

(8) 宣布 1994 年为制造技术年, 将先进制造技术首创计划作为 1994 年重点扶持的惟一

科技领域，投资 14 亿美元。

这一系列措施已经初步取得良好的效果，如：

(1) 美国汽车设计水平大幅度提高，欧洲一些报纸称：“由于采用先进的设计技术手段，美国新设计的汽车在技术水平上超过了日本和欧洲”；

(2) 美国汽车产量在 1994 年再次超过日本，美国汽车已重新占领欧、美市场；

(3) 吴贤明制造中心的“两毫米工程”使美国三大汽车公司轿车车身精度由 5 年前的 8mm 提高到 2mm，达到丰田轿车的水平（从设计、冲压、模具、机械加工、焊接、装配等各个环节寻找问题，综合应用各种先进制造技术如健壮设计、最优化夹具设计、公差分析、光学检测、激光扫描等各种技术去解决问题）；

(4) 辛辛那提·米拉克隆公司采用并行工程技术——狼群开发计划（由不同部门的人员组成研究小组，采用工作 Team Work 方式，大家都有积极进取、共同合作的精神，全公司各部门都积极配合狼群小组的工作），使其机床的设计和制造水平得到很大的提高；

3. 经济全球化带来机遇与挑战

制造产业、制造产品和制造技术走向国际化，导致制造业格局在全球的重新分布和组合，并使经济竞争在国际范围更加激烈。我国已经进入 WTO，对我国的制造业将产生深刻的影响，全球化的竞争将促使我国的企业发展先进制造技术。我国制造技术与工业发达国家有较大差距，若不重视先进制造技术的研究，差距会越来越大。1995 年 4 月，在联合国开发计划署和中国外国专家局的支持下，原机械工业部科技与质量监督司等五单位在北京联合召开了《先进制造技术发展战略研讨会》，并取得以下共识：

(1) AMT 是工业规模生产的技术支柱，是高技术成果走向实际应用的接口、桥梁和通道，是提高企业国际竞争力和技术创新能力的根本途径；

(2) AMT 已经成为当前高技术应用的主战场，在未来掌握先进制造技术就意味着掌握了市场；

(3) 一个以制造技术为中心的科技竞争在国际间悄悄展开，一个新的制造业革命时代已经到来；

(4) 制造技术是一个国家技术水平的综合体现，是制造业赖以生存和进步的主体技术，制造技术已成为国家命运的主宰；

(5) 中国与世界先进水平的差距主要是制造技术的差距。

4. 消费个性化和多样化

随着经济发展和市场日趋饱和，产品消费节奏明显加快，消费者的行为更加具有选择性，批量生产的产品逐渐为个性化、多样化的产品所取代，产品生产和服务的界限越来越模糊。消费特点的转变也促进了生产需求的转变，“客户化、小批量、快速交货”的需求不断增加。市场的动态多变性迫使制造企业改变策略，时间因素被提高到首要地位。

20 世纪 60 年代制造企业追求的目标是扩大生产规模，70 年代是降低生产成本，80 年代是提高产品的质量，90 年代以来，则应以高科技含量、高质量产品和快速响应能力来赢得竞争。企业必须同时具备四个方面的能力：即时间竞争能力、质量竞争能力、价格竞争能力、创新竞争能力。因此，改进产品功能、提高产品质量、缩短生产周期和新产品的研制开发周期、降低生产成本、完善营销及售后服务，成为企业的共同任务。大力开展先进制造技术的研究与开发，积极推动其成果的应用，合理组织企业中的人员、技术、信息、资源，建

立以提高企业综合效益为目标的新的生产方式是在日益激烈的市场竞争中取得成功的关键。

5. 制造业知识技术含量提高

学科交叉、知识技术融合,使制造业知识技术含量迅速提高。在信息社会,以微电子、信息(计算机与通信、控制理论、人工智能)、新材料、系统科学为代表的新一代工程科学与技术迅猛发展及在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,极大拓展了制造活动的广度和深度,急剧地改变了现代制造业的设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备及生产组织结构,产生了一大批新的制造技术和制造模式。现代制造业已成为发展速度快、技术创新能力强、技术密集甚至是知识密集的部门。许多产品的技术含量和附加值增大,进入高技术产品的行列。

同时,各种高新技术的综合作用促进了制造技术在宏观(制造系统集成)和微观(精密、超精密和纳米加工与检测)两个方向上的迅速发展,成为一门涵盖整个生产过程的各个环节(包括市场分析、产品设计、工艺规划、加工准备、制造装配、监控检测、质量保证、生产管理、售后服务、回收再利用等),包括人、机器、能量、信息多种资源组织、控制和管理,横跨多个学科的集成技术。推动制造技术取得持续进步的基础研究也不断汲取其他学科前沿成果的丰富营养,发展成为一门崭新的交叉科学——制造科学。

(三) 先进制造技术目前的地位

制造技术的发展是一个技术进步的过程,随着先进制造技术基础和技术创新的新突破,随着高新技术在制造业中比例日益增加,技术含量的提高,及高技术含量的产品对市场占有率影响的不断扩大,先进制造技术逐渐在制造业中占主导地位,其结果表现在以下几个方面:

1. 制造模式将朝着快速响应的智能化制造系统发展

20世纪20年代以美国福特汽车公司为代表的制造系统采纳了“互换性”、“大批量生产”和“科学管理”等思想,开创了“小品种大批大量”的福特生产模式,使汽车价格在十多年内降低为原价的1/8,显示了制造系统的强大的威力。二战后,随着电子、计算机和信息技术的进步,生产自动化得到迅速发展,生产管理中管理信息系统得到运用,形成了计算机集成制造系统(CIMS)。进入90年代,制造系统以满足用户需求为其生产活动的基点,新产品上市速度成为赢得市场的关键。快速可重组制造系统、并行工程、精益生产、敏捷制造等智能化的制造模式应运而生。

2. 设计和制造工艺日益紧密结合

在手工制造阶段,手脑结合进行制造,设计和工艺统一在一个人身上。大批量生产出现后,设计与制造工艺逐渐脱离造成工艺从属于设计的现象。随着小批量甚至个性化的生产出现,产品设计必须更多考虑制造和产品结构的工艺性,制造工艺对于产品设计强烈的反作用。随着设计和制造工艺的紧密结合,又由工艺过程主宰的产品设计变成为降低成本,减少生产周期以及面向用户和面向市场的设计。20世纪80年代以来,CE思想开始在制造系统中得以贯彻。

3. 技术与管理日益融合、协调发展

制造技术与制造管理是制造业中两个基本的关联部分,随着先进技术的发展,两者日益融合、协调发展。技术的进步促使产品成本的组成因素发生了根本的变化,劳动力消耗已不