

Advanced Manufacturing Engineering

先进制造工程论

鲁明珠 王炳章 / 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书精选了先进制造工程中应用面较广的内容,并对其进行了有机的整合,使读者能够快速地了解和掌握先进制造工程的理念及最新的研究动态及工程应用。

全书共6章,其内容是面向21世纪制造工程所涉及的先进设计技术、先进制造技术、先进制造自动化技术、先进制造系统和现代管理技术。本书不仅注重基础知识,而且还重点介绍了先进制造工程的应用实例和最新研究成果及动态。

本书可作为高等院校机械工程、电气工程、工业工程、管理工程以及制造相关专业的教学用书,也可作为制造业工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

先进制造工程论/鲁明珠,王炳章著. —北京:北京理工大学出版社, 2012.7

ISBN 978-7-5640-6183-8

I. ①先… II. ①鲁… ②王… III. ①机械制造工艺
IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第141411号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市文通印刷包装有限公司

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/14.5

字 数/270千字

责任编辑/施胜娟

版 次/2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷

申玉琴

印 数/1~2000册

责任校对/周瑞红

定 价/29.00元

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

先进制造工程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、服务乃至回收的全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁和灵活生产，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。它集成了现代科学技术和工业创新的成果，充分利用了信息技术，使制造技术提高到新的高度。先进制造技术是发展国民经济的重要基础技术之一，对我国的制造业发展起着举足轻重的作用。

本书共分6章，主要内容包括：先进制造工程概述；创新设计方法、逆向工程技术、绿色设计与制造技术、计算机辅助工程技术；快速原型制造技术、高速加工技术、超精密加工技术、微细加工技术；工业机器人、机器视觉技术、柔性制造技术、现代测控技术；生物制造、虚拟制造与网络化制造、精益生产与敏捷制造、智能制造系统；产品数据管理技术、物流系统管理、工业工程及我国工业工程的理论体系及案例分析。

全书由沧州师范学院机电工程系鲁明珠老师、王炳章老师编写。鲁明珠编写了第2章、第4章、第5章。王炳章编写了第1章和第3章。第6章由鲁明珠、王炳章共同编写。

在本书的编写过程中，得到了许多专家的指点和帮助，在此表示感谢！本书中部分资料和数据引用了参考文献中的内容，在此对所参阅资料的作者们深表感谢！

先进制造工程内容广泛、学科跨度大，加之笔者资料与水平有限，书中难免会存在一些错误与不足之处，敬请专家及读者批评指正。

鲁明珠 王炳章

目 录

第1章 先进制造工程概述	1
1.1 工程与技术的关系	1
1.2 制造业与工程技术	4
1.3 先进制造技术的提出及发展	7
1.4 先进制造技术的内涵与特点	10
1.5 先进制造技术的体系结构与分类	13
1.6 先进制造技术发展趋势	16
第2章 先进设计技术	18
2.1 现代先进设计技术概述及发展趋势	18
2.2 创新设计方法	21
2.3 逆向工程技术	30
2.4 绿色设计与制造技术	50
2.5 计算机辅助工程技术	59
第3章 先进制造技术	70
3.1 快速原型制造技术	70
3.2 高速加工技术	76
3.3 超精密加工技术	85
3.4 微细加工技术	91
第4章 先进制造自动化技术	108
4.1 制造自动化技术概述	108
4.2 工业机器人	118
4.3 机器视觉技术	131
4.4 柔性制造技术	141
4.5 现代测控技术	146
第5章 先进制造系统	150
5.1 生物制造	150
5.2 虚拟制造与网络化制造	156
5.3 精益生产与敏捷制造	172
5.4 智能制造系统	185

第6章 现代管理技术	188
6.1 现代生产管理技术概述	188
6.2 产品数据管理技术	196
6.3 物流系统管理	204
6.4 工业工程概述	210
6.5 我国工业工程的理论体系及案例分析	215
参考文献	223

第1章 先进制造工程概述

1.1 工程与技术的关系

1.1.1 对工程的理解

由于工程与自然、科学、技术、产业、经济、社会、环境的联系十分密切，“工程”一词越来越广泛地应用于社会经济活动的各个方面，人们从不同的角度对工程进行分析和阐释。在现代社会中，工程一词有广义和狭义之分，广义的工程包括社会领域的许多方面，如希望工程、“五个一”工程、211工程、再就业工程、生命工程等。本书所言“工程”指的是狭义的工程，即工程学意义上的工程。关于工程的含义，目前比较有代表性的观点如下：

(1) 《现代汉语词典》中对工程的解释是：土木建筑或其他生产、制造部门用比较大而复杂的设备来进行的工作，如土木工程、机械工程、化学工程、采矿工程、水利工程等。

(2) 美国工程和技术资格认证委员会将工程界定为：工程是通过研究、经验和实践所得到的数学和自然科学知识，以开发有效利用自然的物质和力量为人类利益服务为途径的职业。

(3) 中国科学院研究生院李伯聪教授从“科学—技术—工程”三元论角度定义工程：科学活动是以发现为核心的活动，技术活动是以发明为核心的活动，工程活动是以建造为核心的活动。

(4) 中国工程院院士殷瑞钰先生认为：某一特定工程是由某一（或某些）专业技术为主体和与之配套的通用、相关技术，按照一定的规则、规律所组成的、为了实现某一（或某些）工程目标的组织、集成活动。工程活动的核心标志是构筑一个新的存在物，在工程活动中各类技术的集成过程是围绕着某一新的存在物——在一定边界条件下优化构成的集成体。

由此可见，尽管一些机构和专家学者对工程的概念作了较深层次的理解和表述，但还是显得不太全面和完整，值得商榷。

笔者认为，工程是指运用特定的相关的工程科学、工程技术和原理，优化集成整合生产要素和资源，遵循必要的程序、设计文件、规范、规程和标准，在一定的约束条件下对自然进行改造所实施的建设（包括决策、设计、建造、评价）活动和过程，其最终成果是一个具备预定功能的“工程实体”。

1.1.2 对技术的理解

技术一词出自希腊文 *techne*（工艺、技能）与 *logos*（词、讲话）的组合，意思是对造型艺术和应用技术进行论述。当它于 17 世纪在英国首次出现时，仅指各种应用技艺。到 20 世纪初，技术的含义逐渐扩大，涉及工具、机器及其使用方法和过程。直到 20 世纪后半期，技术才被定义为“人类改变或控制客观环境的手段或活动”。对于技术究竟是什么，学界也有不同的理解。德国的贝克曼最早提出技术是“指导物质生产过程的科学或工艺知识”。卡普把技术手段看做人体器官的外化，提出了技术的“人体器官投影说”。韦伯对技术的定义是“把知识应用于实际目的”。技术“就是运用科学知识以可以复制的方式来解决问题”。麦基指出，应把技术看成是人类活动的一种形式，这种活动是一种具有创造性的、能制造物质产品和改造物质对象的、有目的的、以知识为基础的、利用资源的、讲究方法的、受到社会文化环境影响的并由其实践者的精神状况来说明的活动。辛（C. Singer）把技术定义为“人类能够按照自己愿望的方向来利用自然界所储存的大量原料和能量的技能、本领、手段和知识的总和”。狄德罗认为技术是为了共同的目标而协同动作的手段和规则体系的总和。国际知识产权组织（World Intellectual Property Organization, WIPO）的定义：技术是指制造一种产品或提供一项服务的系统知识。也有学者认为，技术是在创造性构思的基础上为了满足个人和社会需要而创造出来的，具有实现特定目标的功能，最终起改造世界作用的一切工具和方法。总而言之，技术是为人类服务的，是以满足人类的需求为目的，是人类在利用自然和改造自然的实践活动中，根据实践经验或科学原理所创造或发明的各种物质手段及经验、方法、技能、技巧等。

1.1.3 工程与技术的关系

长期以来，我们在对工程与技术之间关系的认识上存在很大的误解，突出问题是忽视它们之间的区别，致使出现技术政策与工程政策之间的混淆和误用，结果既不利于工程的发展，也不利于技术的发展。

1. 内容和性质不同

技术是以发明为核心的活动，技术是人们改造世界的方法、技巧和技能；工程则是以建造为核心的活动，它是社会的需求。

2. “成果”的性质和类型不同

技术活动成果的主要形式是发明、专利、技术诀窍（也可能是技术文献和论文），它往往在一定时间内是有“产权”的私有知识；工程活动成果的主要形式是物质产品、物质设施，一般来说，它是直接的物质财富本身。

3. 主体或主角不同

技术活动的主角是发明家；工程活动的主角是工人、工程师、投资人和管理者。

4. 任务、对象和思维方式不同

技术活动的任务是发明带有普遍性和可重复性的“特殊方法”，是一个创造过程，利用科学原理和技术手段做出的一些发明创造。任何技术方法都必须具有“可重复性”，而不能是一次性的。工程活动就不是这样，任何工程项目都是一次性的、个体性的，即独一无二的。而且任何一个工程项目跟活动过程脱离以后就不再作为工程而存在了。笔者认为，虽然工程和技术之间存在着显著的差异，但二者并不是截然对立的，而是彼此有着紧密的联系。首先，它们都是以满足人类的某种需要为目的，都是人类在认识世界的过程中，为了获得更好的生活而改造世界的活动。其次，技术在某些时候可以看做是某个工程的子系统，是一个工程的完成所必不可少的组成部分。技术是工程的载体，而工程是技术的表现形式，一个工程的实施与技术必然是分割不开的，也就是说技术包含在工程之中。如基因工程实际上包含了诸如计算机技术、生物技术等诸多技术手段。阿波罗登月计划就离不开航天技术、材料技术、电子技术、自动控制等技术的综合应用。但是技术之中是不可能包含有工程活动的。此外，它们还有一个共同的特点：工程和技术都能给人类带来负面影响，如克隆技术用于治疗人类疾病是有益的，但用于克隆人会带来一系列伦理道德的负面影响。如何充分利用工程和技术的正面效益，减少其负面危害，是亟待解决的一大问题。

也正是工程和技术的差异，才使它们有了各自的分支领域——工程哲学和技术哲学；而它们之间的联系又使得一门新兴学科——工程技术哲学得以产生。工程技术是指在工程活动中有确定对象的技术，而不是技术一词的泛指，它有确定的改造物质世界的对象与目的，如修一个水坝，把水坝的上、下游的环境加以变更，从而达到人们的预期目的，如灌溉、航运、发电、治河等。所以工程技术哲学的研究是介于工程哲学和技术哲学之间的，属于二者的交叉领域。正如远德玉教授所说：“离开了工程中的技术问题的研究，这样的工程哲学是不完善的。离开技术谈工程，工程就没有了基础；离开工程谈技术，则把技术架空了。”所以，三门学科之间是彼此联系、相互发展的。只有这样，才能全面地研究工程和技术问题。

任何时代的工程活动都要以技术为基础。学者肖峰认为，工程作为人类的大型建造活动，它的一个最显著的特点就是需要管理。“所以工程是在一种管理的状态下作为工程要素技术的组合性运用。”李伯聪也认为，工程活动是离不开管理、领导和控制的。工程作为一种集体活动、集体生产、群体协作必须有相应的管理，如果没有一定的管理，工程是不可能完成的。可见，工程是一个由众多角

色参与的社会建构过程，它需要各个因素之间进行“协商”，“协商”的目的是协调和协同发挥作用。这样，管理一定程度上就成了工程建造活动的命脉所在。当然，在技术活动中也要涉及管理，但管理并不构成核心要素。因此，是否需要以管理为核心就成为工程和技术之间的区别之一。

因此，工程与技术分别展现为两个不同的过程，工程与技术在现代彼此分离，但这两个过程还存在一个交叉点——“工程技术”。工程与技术的分离，并不代表二者就毫无关联，相反，技术与工程有着难分难解的亲缘关系。技术不能游离于工程，工程也不能摆脱技术。技术是工程的支撑，工程是技术的载体。二者之间的桥梁与纽带就是“工程技术”，它既属于技术的范畴，又被纳入工程之中。作为过程的工程与作为过程的技术以“工程技术”作为它们的交汇点。这个交汇点的存在表明了工程与技术存在着密切的联系。

1.2 制造业与工程技术

1.2.1 制造、制造技术、制造业、先进制造业

(1) 制造 (Manufacturing): 是一种将物料、能量、资金、人力资源、信息等有关资源，按照社会的需求，转变为新的、有更高应用价值的有形物质产品和无形软件、服务等产品资源的行为和过程。

国际生产工程研究学会将其定义为：“制造是一个涉及制造业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。”

(2) 制造技术 (Manufacturing Technology): 是按照人们的所需，运用知识和技能，利用客观物质工具，使原材料转变为产品的技术总称。也可以说是完成制造活动所需的一切手段的总和。

(3) 制造业: 将制造资源 (物料、能源、设备、工具、资金、信息、人力等) 利用制造技术，通过制造过程，转化为供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业。

作用: 一方面创造价值，生产物质财富和新的知识; 另一方面为国民经济各个部门包括国防和科学技术的进步提供先进的手段和装备，是国民经济和综合国力的支柱产业。

(4) 先进制造业: 是指制造业不断吸收电子信息、计算机、机械、材料以及现代管理技术等方面的高新技术成果，并将这些先进制造技术综合应用于制造业产品的研发设计、生产制造、在线检测、营销服务和管理的全过程，实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，即实现信息化、自动化、智能化、柔性化、生态化生产，取得很好的经济、社会和市场效果的制造业总称。相对于传统制造

业而言,先进制造业中的“先进”二字,可以从以下三个方面认识:

①产业先进性:即在全球生产体系中处于高端,具有较高的附加值和技术含量,通常指高技术产业或新兴产业;

②技术先进性:从“只有夕阳技术,没有夕阳产业”这个观点看,先进制造业基地不是非高新技术产业莫属,传统产业只要通过运用高新技术或先进适用技术改造,在制造技术和研发方面保持先进水平,同样可以成为先进制造业基地;

③管理先进性:无论哪种类型的制造业基地,要冠以“先进”二字,在管理水平方面必须是先进的。不能想象,落后的管理能够发展先进的产业和先进的技术。

由此可见,一贯强调技术与管理相结合的工业工程在先进制造业中也是大有前途的,只是不能把研究对象局限在机械加工等传统行业上,而是应该针对半导体、生物化工、航空航天等高科技行业的特点,强调一些工业工程新技术的应用,这样才能使工业工程在新时代焕发出新的活力。

想要在先进制造业中成功推广工业工程技术,需注意以下几个方面:

①流程的信息化程度显著提升,大规模数据的自动生成使生产过程中的物质流、能量流和信息流的彻底量化成为现实。

②持续改善的重点不仅仅停留在加工制造阶段,而是应当拓展到从产品研发、加工制造到产品销售、使用、维修的所有环节中。

③与计算机、统计学、运筹学等其他专业技术之间的不断交叉、融合,形成了综合的、集成的新技术。

1.2.2 现代制造及其技术的发展特点

(1)在市场需求不断变化的驱动下,制造的生产规模沿着以下方向发展:小批量→少品种大批量→多品种变批量。

(2)在科技高速发展的推动下,制造业的资源配置呈现出从劳动密集型→设备密集型→信息密集型→知识密集型变化。

(3)在生产方式上,其发展过程是:手工→机械化→单机自动化→刚性流水自动线→柔性自动线→智能自动化。

(4)在制造技术和工艺方法上,现代制造在发展中表现为:

①重视必不可少的辅助工序,如加工前后处理;

②重视工艺装备,使制造技术成为集工艺方法、工艺装备和工艺材料为一体的成套技术;

③重视物流、检验、包装及储藏,使制造技术成为覆盖加工全过程(设计、生产准备、加工制造、销售和维修,甚至再生回收)的综合技术,不断发展优质高效低耗的工艺及加工方法,以取代落后工艺;

④不断吸收微电子、计算机和自动化等高新技术成果，并实现上述技术的局部或系统集成，形成从单机到自动生产线等不同档次的自动化制造系统。

(5) 引入工业工程和并行工程 (Concurrent Engineering, CE) 概念，强调系统化及其技术和管理的集成，将技术和管理有机地结合在一起，引入先进的管理模式，使制造技术及制造过程成为覆盖整个产品生命周期，包含物质流、能量流和信息流的系统工程。

1.2.3 现代制造工程的主要特征

历史经验证明，工程技术发展到一定水平，不仅为相关科学理论的发展提供了基础，工程技术的进一步发展也需要有科学理论的支持，制造工程也不例外。尽管产业革命以来制造工程技术已有 200 余年的累积，特别是近 30 年来制造工程领域取得的成就是巨大的，但是制造工程技术迄今主要还是各种工程技术的加总，其中有些部分还停留在现象和经验的陈述和罗列上，所有这些都制约着制造工程的进一步发展。

30 年来的现代制造工程，是高新化的传统制造技术 (Advanced Traditional Manufacturing Technology, ATMT) 和 IT 技术不断融合与创新的结果，其特征是多方面的，但业界最为关心的是以下三方面：

1. 高新化

高新化是指传统制造技术的高新化。高新化的传统制造技术是现代制造工程技术的基础，没有 ATMT 的支持，信息化与集成化就失去了实施的基础。

ATMT 的内涵大致是：较规范的市场环境；高新化的成型、加工和装配技术；先进的营销、管理和拥有较高素质的员工。

以高新化加工技术为例，这个领域的发展特点是平稳中不断有所创新，近几年出现的几个新生长点有：可重构制造系统、机器人化机床、敏捷工装夹具、智能化刀具等。

2. 数字化

现代制造工程的首要特征是传统加工成型技术和营销管理技术利用计算机、网络技术逐步实现现代化。处在新的知识/产业经济环境中，竞争激烈的市场和迅速发展的信息技术，使制造技术日益数字化，形成决策、研究开发、设计、加工、成型、营销、管理技术在计算机、网络通信技术辅助下的数字化制造技术。

值得指出的是数字化是有条件的，只有在 ATMT 的基础上，数字化才能取得实效。

3. 集成化

现代制造工程的另一个特征是系统集成化。即在高新化与数字化的基础上，

实现产品生命周期的全方位、全过程的系统集成,通过动态联盟企业抓住商机、共创效益。

企业集成是多维的,包括物理的、功能的、状态的和过程的集成。

在企业集成空间中,集成点距各维的原点愈远,则集成企业的复杂程度愈高,达到企业整体优化所需管理水平也愈高。所以企业集成程度要和市场环境、企业人员素质、管理水平、技术水平和效益状况相适应,集成要适度、要效益驱动逐步实施。

上述现代制造工程的几个主要特征,包括高新化、数字化和集成化等,是互相联系、互为条件、相互制约的。

1.3 先进制造技术的提出及发展

1.3.1 先进制造技术的提出

20世纪80年代末,美国首先提出了先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)的新概念。

长期以来,美国政府只对基础研究、卫生健康、国防技术等给予经费支持,而对产业技术不予支持,主张产业技术通过市场竞争,由企业自主发展。20世纪70年代,一批美国学者不断鼓吹美国已进入后工业化社会,认为制造业是夕阳工业,主张经济重心由制造业转向高科技产业和第三产业。其结果导致了美国在经济上竞争力下降,贸易逆差剧增,日本家电、汽车大量涌入并占领了美国市场。

1988年,美国政府开始投资进行大规模“21世纪制造企业战略”研究,并于其后不久提出了先进制造技术发展目标,制订并实施了先进制造技术计划(ATP)和制造技术中心计划(MTC)。

1991年,白宫科学技术政策办公室发表《美国国家关键技术》报告,重新确立了制造业的地位。1993年,克林顿在硅谷发表题为《促进美国经济增长的技术——增强经济实力的新方向》的演说,对制造业给予了实质性的、强有力的支持。

美国在实施上述两项计划后,取得了显著效果。例如,美国在汽车生产中启动了“2mm工程”项目,联合多家汽车公司、大学和研究机构对汽车覆盖件的制造技术进行综合研究,最终使轿车覆盖件的制造误差控制在2mm之内,从而使轿车车身的制造精度达到了日本丰田公司的水平。至1994年,美国汽车产量重新超过日本,并重新占领欧洲市场。再如,美国的半导体,特别是芯片制造业在此期间也取得了迅猛发展,Intel公司一跃成为世界上最大的芯片制造商。在此

之前，日本的芯片制造业领先于美国，包括在海湾战争中风光一时的“爱国者”导弹，其使用的芯片也来自日本。

20世纪90年代，美国经济空前繁荣，失业率降到历史最低水平，并提出了一系列先进制造技术的新理论、新思想，如并行工程（CE）、精良生产（LP）、敏捷制造（AM）、虚拟制造（VM）等。这一切均得益于对制造业的正确认识，以及制造技术的提升和制造业的发展。

1.3.2 先进制造技术的发展

1. 工程技术界以系统工程和工业工程的思想来审视先进制造技术的产生和发展

20世纪90年代初期，当先进制造技术的概念被引入以后，伴随而来的各种生产经营管理模式，JIT、MRP、MRP II、并行工程（CE）、敏捷制造（AM）、精益生产方式（LP）等相继出现。专家们冷静面对这些新事物，明确提出：以提高制造业竞争力为目标的发展应用先进制造技术，只有在与之相匹配的制造模式内运作，才能充分发挥作用。先进制造模式的特点是以市场为导向，以系统观念、工业工程（IE）为指导，以电子计算机技术为依托，精心组织，合理管理，达到提高产品质量、降低生产成本、缩短交货期的目的。美国以先进制造技术装备汽车工业的同时，在综合日本丰田生产方式的基础上，推出“精益生产方式”，在汽车企业推广应用，很快达到了提升国际市场竞争力的目标。

专家们进一步分析认为，各种先进制造模式虽然以不同形式出现，但基本上可以分成两大类：一类是以制造技术发展为基础，从20世纪50年代的高速切削开始，到之后的多刀半自动机床、数控机床（NC）、计算机数控机床（CNC）、加工中心（MC）、柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）等；另一类则以生产经营管理技术为基础，从20世纪60年代出现的成组技术（GT），到之后的JIT、MRP、MRP II、敏捷制造（AM）、精益生产方式（LP）、企业资源计划（ERP）等。这就使我们在面对各种繁多的技术层面时，有一个比较清晰的认识。

2. 对先进制造技术内涵有了更全面的认识

最早介绍先进制造技术的内涵时，一般包含三个技术群：主体技术群，包括产品、工艺过程、工厂（车间）设计、加工技术、装配、测试等；支撑技术群，包括信息技术、控制技术、标准化等；技术基础设施，包括质量管理、人员培训、用户服务等。

不难看出，先进制造技术的内涵具有以下几个特征：

(1) 先进制造技术以“制造技术”，亦即人们所熟悉的工艺过程技术（Process Technology）为主体，把制造过程的设计、生产流程（车间）设计、加

工技术、装配、检测等作为第一位的主体技术群，与传统的“以工艺为基础”有着惊人的相似之处。

(2) 先进制造技术的三个技术群是生产过程的整体，是一项系统工程，也可以说是一项现代制造工程。从产品设计、制造过程、信息管理、质量控制，到用户服务、人员培训，环环相扣。不难看出，忽视任何一个环节，都不能达到质量、成本、效率的整体目标。这种把市场、技术、经济、管理等融为一体的思想，开阔了我们的视野，与过去各管一段，各自强调自己的重要性，形成鲜明对比。

(3) 先进制造技术是动态变化的。反映在不同时期，不同的国家和地区，先进制造技术有其本身重点发展的目标和内容。为确保生产和经济效益持续稳步的提高，按照实际情况，采用不同水准的先进制造技术及与之相适应的生产经营模式，以追求最佳的技术经济效益。

3. 发展先进制造技术引起了各级管理部门和工程技术界的重视

1994年以来，先进制造技术的有关内容被列入“九五”、“十五”期间多项国家科技发展计划中。科技管理部门在制订研究开发立项计划时，把先进制造技术作为与信息、生物、新材料、新能源等并列的技术领域之一。《中共中央国务院关于加强技术创新、发展高科技、实现产业化的决定》明确提出要“开发和利用先进制造技术、工艺和装备，大幅度提高国产技术装备水平”，“加速传统产业的技术升级”，为先进制造技术进一步发展指明了方向。

有关领导指出：我国工业化任务还远未完成，而工业化是实现现代化和发展高新技术产业的基础。工程科技水平的落后，既制约了中国制造业的发展，也制约了工业化的步伐。

值得注意的是，把企业管理或者叫做系统管理技术作为发展先进制造技术的重要环节正式被纳入了各级规划、计划之中。例如，机械工业系统在制定“十五”发展思路、目标及重点时，高层专家提出，机械行业先进制造领域的高技术产业构成为：现代设计技术与软件；先进制造工艺与装备；综合自动化技术装置与系统；现代管理技术与软件；机电信息一体化产品。其结构对现代管理技术的重视具有代表性。

4. 先进制造技术在中国政府的关注下得到快速发展和重大突破

具体表现如下：

(1) 在设计方面，计算机辅助设计（CAD）技术普及化。计算机辅助设计（CAD）技术，是电子信息技术的—一个重要组成部分，是促进科研成果的开发和转化，促进传统产业和学科的更新和改造，实现设计自动化，增强企业及其产品市场上的竞争能力，加速国民经济发展和国防现代化的一项关键性高新技术，也是进一步向计算机集成制造（CIMS）发展的重要技术基础。CAD技术的广泛

应用,提高了我国企业整体的设计水平和产品开发能力。以二维 CAD 和产品数据管理为重点,在软件市场和企业应用方面得到了充分的发挥。

(2) 在应用方面,各种高新技术发展迅速,并取得了显著的成效。主要表现在以下几个方面:

①快速原型制造技术由起步迈向成熟,应用初具规模;

②精密成形与加工技术水平显著提高,在汽车零部件、重大装配制造中获得广泛应用;

③热加工工艺模拟优化技术取得重要进展,使材料热加工由“技艺”走向“科学”;

④激光加工在基础研究和技术开发方面有实质性进展,产业应用获得经济效益;

⑤数控技术取得重要进展,国内市场占有率有所提高;

⑥现场总线智能仪表研究开发获重要进展,应用已有一定的基础;

⑦现代集成制造系统研究和应用取得突破,在国际上已占有一席之地。

(3) 在管理方面,新生产模式的研究和实践具有特色,推动了我国制造业的技术进步和管理现代化。

通过学习和引进工业发达国家的先进管理经验,采用计算机管理,重视组织和管理体制、生产模式的更新发展,推出了准时生产(JIT)、敏捷制造(AM)、精益生产(LP)、并行工程(CE)等新的管理思想和技术,通过精简机构、减少管理层次和消除各种浪费现象,显著提高了企业的经营效益。

1.4 先进制造技术的内涵与特点

1.4.1 先进制造技术的定义

目前对先进制造技术尚没有一个明确的、一致公认的定义,经过近年来对发展先进制造技术方面开展的工作,通过对其特征的分析研究,可以认为:先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)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、服务乃至回收的全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁和灵活生产,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。它集成了现代科学技术和工业创新的成果,充分利用了信息技术,使制造技术提高到新的高度。先进制造技术是发展国民经济的重要基础技术之一,对我国的制造业发展有着举足轻重的作用。

1.4.2 先进制造技术的内涵及技术构成

1. 内涵

内涵是“使原材料成为产品而采用的一系列先进技术”，其外延则是一个不断发展更新的技术体系，不是固定模式，它具有动态性和相对性，因此，不能简单地理解为就是 CAD、CAM、FMS、CIMS 等各项具体的技术。

2. 先进制造技术构成

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。其内涵和层次及其技术构成如图 1.1 所示。

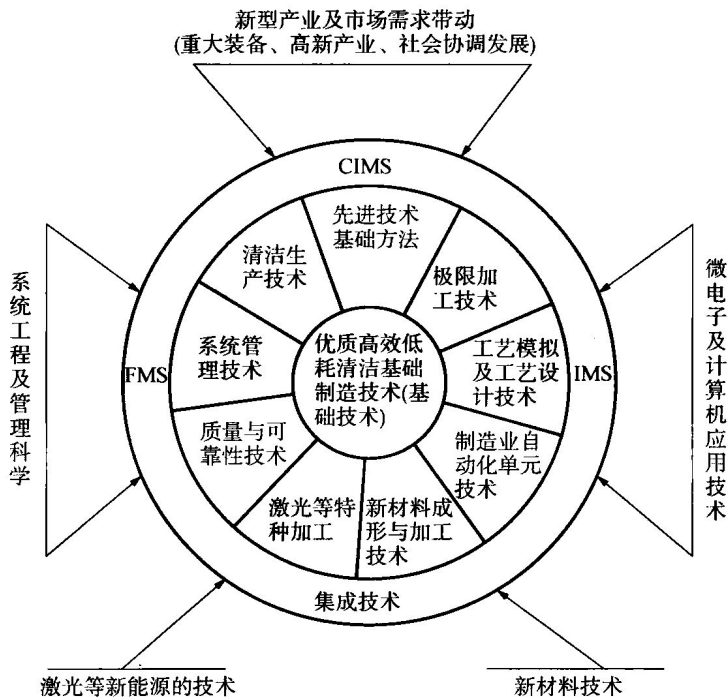


图 1.1 先进制造技术内涵和层次及其技术构成

(1) 基础技术。第一个层次是优质、高效、低耗、清洁基础制造技术，即经过优化的基础工艺，如铸造、锻压、焊接、热处理、表面保护、机械加工等。

(2) 新型的制造单元技术。第二个层次是新型的先进制造单元技术。这是在地市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。

(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。

以上三个层次都是先进制造技术的组成部分，但其中每一个层次都不等于先进制造技术的全部。

1.4.3 先进制造技术的特点

1. 先进制造技术的实用性

先进制造技术最重要的特点在于，它首先是一项面向工业应用，具有很强实用性的新技术。从先进制造技术的发展过程，从其应用于制造全过程的范围，特别是达到的目标与效果，无不反映出这是一项应用于制造业，对制造业、国民经济的发展可以起重大作用的实用技术。先进制造技术的发展往往是针对某一具体的制造业（如汽车制造、电子工业）的需求而发展起来的先进、适用的制造技术，有明确的需求导向的特征；先进制造技术不是以追求技术的高新为目的，而是注重产生最好的实践效果，以提高效益为中心，以提高企业的竞争力和促进国家经济增长和增强综合实力为目标。

2. 先进制造技术应用的广泛性

先进制造技术相对传统制造技术在应用范围上的一个很大不同点在于，传统制造技术通常只是指各种将原材料变成成品的加工工艺，而先进制造技术虽然仍大量应用于加工和装配过程，但由于其组成中包括了设计技术、自动化技术、系统管理技术，因而将其综合应用于制造的全过程，覆盖了产品设计、生产准备、加工与装配、销售使用、维修服务甚至回收再生的整个过程。

3. 先进制造技术的动态特征

由于先进制造技术本身是在针对一定的应用目标，不断地吸收各种高新技术逐渐形成、不断发展的新技术，因而其内涵不是绝对的和一成不变的。

4. 先进制造技术的集成性

先进制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉、融合，界线逐渐淡化甚至消失，技术趋于系统化、集成化，已发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新型交叉学科。因此可以称其为“制造工程”。

5. 先进制造技术的系统性

随着微电子、信息技术的引入，先进制造技术还能驾驭信息生成、采集、传递、反馈、调整的信息流动过程。先进制造技术是可以驾驭生产过程的物质流、能量流和信息流的系统工程。一项先进制造技术的产生往往要系统地考虑制造的全过程，如并行工程就是集成地、并行地设计产品及其零部件和相关各种过程的一种系统方法。这种方法要求产品开发人员与其他人员一起共同工作，在设计开始就考虑产品整个生命周期中从概念形成到产品报废处理等所有因素，包括质量、成本、进度计划和用户要求等。一种先进的制造模式除了考虑产品的设计、