

工业工程系列教材

先进制造技术与管理

*Advanced Manufacturing
Technology and Management*

主编 李健

主审 易树平

先进制造技术是以人为主体的
以计算机为重要工具
不断吸收机械、光学、电子、信息、材料、环保、生物
以及现代系统管理等最新成果
涵盖产品生产的整个生命周期的先进工程技术



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

工业工程系列教材

先进制造技术与管理

*Advanced Manufacturing
Technology and Management*

主 编 李 健

主 审 易树平

副主编 苑清敏

郑清春

胡 彪



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书从制造战略角度系统介绍了当今先进制造技术的主要技术与理论。全书分为导论、现代制造技术、先进制造模式和先进制造管理理论四篇。编写过程中将现代工程技术与管理理论有机结合,突出介绍了对改善企业经营管理具有重要意义的技术与理论,同时也考虑了管理类专业学生的专业基础知识情况。

本书可作为工业工程专业、机械工程及其相近学科专业的教材,也可作为同类专业研究生的教学参考书,还可供从事制造业的管理人员和工程技术人员参考、学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术与管理/李健主编. —天津:天津大学出版社, 2009.1

ISBN 978-7-5618-2835-9

I. 先… II. 李… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 164929 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 17.5
字 数 440 千
版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次
印 数 1 - 3 000
定 价 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书是天津大学“面向 21 世纪教育振兴行动计划”建设项目的一部分,旨在为工业工程专业的师生提供一本构筑现代工业工程理论知识框架的教材。教材内容突出了现代工程技术与当今先进的管理理论相结合的跨学科特点,重点介绍了国内外近年来提出并发展起来的重大管理理论,本书合理安排现代工程设计技术、制造自动化、计算机集成制造、敏捷制造等内容,有机地将管理理论与工程技术结合到一起。采用本教材教学,有助于学生构筑起现代工业工程理论的知识框架,对于推动现代工业工程理论在社会经济活动中的应用,提高企业现代经营管理水平十分有益。

全书共分为四篇。

第一篇为绪论,即第 1 章,介绍先进制造技术的提出、内涵、特征及其发展趋势。

第二篇为现代制造技术,包括第 2~4 章,介绍现代工程设计技术与理论、先进制造工艺和制造自动化。

第三篇为先进制造模式,包括第 5~9 章,介绍先进制造系统的建模方法、计算机集成制造、敏捷制造和绿色制造。

第四篇为先进制造管理理论,包括第 10~13 章,介绍业务流程再造、精益生产、供应链管理和产品数据管理。

编写分工:第 1、6 章由李健教授编写,第 2、7 章由郑清春副教授编写,第 3 章由李国刚副教授编写,第 4、10 章由胡彪高级工程师编写,第 5 章由王秀丽博士编写,第 9 章由安小会博士编写,第 8 章由苑清敏副教授编写,第 11 章由李广副教授编写,第 12、13 章由裴小兵副教授编写。全书由李健担任主编,苑清敏、郑清春、胡彪担任副主编。

重庆大学机械工程学院工业工程研究所所长、机械工程学院副院长易树平教授担任本书的主审,对本书提出了中肯的改进意见,编者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中缺点和错误在所难免,恳请读者指正。

编者

2008 年 2 月

目 录

第一篇 导论

第 1 章 先进制造技术的基本概念	(1)
1.1 先进制造概念的提出	(1)
1.2 先进制造技术的概念与内涵	(3)
1.3 先进制造技术的特征	(5)
1.4 先进制造技术的体系结构及分类	(6)
1.5 先进制造技术的发展趋势	(9)

第二篇 现代制造技术

第 2 章 现代工程设计技术	(13)
2.1 现代工程设计技术概述	(13)
2.2 计算机辅助设计(CAD)技术	(15)
2.3 计算机辅助制造(CAM)技术	(27)
2.4 CAD/CAM 集成技术	(31)
2.5 面向“X”的设计(DFX)	(35)
2.6 稳健设计	(38)
2.7 并行工程	(44)
2.8 反求工程技术	(50)
第 3 章 先进制造工艺	(58)
3.1 先进制造工艺概述	(58)
3.2 激光加工技术	(59)
3.3 电子束加工技术	(61)
3.4 离子束加工技术	(63)
3.5 超精密加工技术	(65)
3.6 微型机械加工技术	(68)
3.7 快速原型加工技术	(73)
第 4 章 制造自动化技术	(79)
4.1 制造自动化技术概述	(80)
4.2 数控技术	(83)
4.3 工业机器人	(94)
4.4 柔性制造系统(FMS)	(107)

第三篇 先进制造模式

第 5 章 先进制造模式概述	(122)
5.1 先进制造模式的概念	(123)
5.2 先进制造模式的结构	(124)
5.3 先进制造模式的变革趋势	(127)
第 6 章 先进制造系统的建模方法	(131)
6.1 先进制造系统的建模方法概述	(131)
6.2 广义模型化方法	(133)
6.3 IDEF0 与 IDEF1X 建模方法	(136)
6.4 GRAI 建模方法	(155)
6.5 Petri 网基础	(160)
6.6 面向对象建模方法	(167)
第 7 章 计算机集成制造	(176)
7.1 计算机集成制造概述	(176)
7.2 计算机集成制造系统的组成	(179)
7.3 计算机集成制造的特征和系统思想	(182)
第 8 章 敏捷制造	(185)
8.1 敏捷制造的产生	(185)
8.2 敏捷制造理论概要	(188)
8.3 敏捷制造的实现	(191)
8.4 虚拟企业	(196)
第 9 章 绿色制造	(202)
9.1 绿色制造的基本内涵	(202)
9.2 绿色制造的实施系统及主要内容	(206)
9.3 绿色制造的相关技术	(210)

第四篇 先进制造管理理论

第 10 章 业务流程再造	(214)
10.1 业务流程再造的概念	(215)
10.2 流程再造后组织的协调	(216)
10.3 业务流程再造的实施	(219)
第 11 章 精益生产	(226)
11.1 精益生产的产生	(227)
11.2 准时制生产方式	(229)
11.3 精益思想	(233)
11.4 精益生产的实现	(235)
第 12 章 供应链管理	(241)
12.1 供应链管理概述	(242)

12.2	供应链管理的体系结构	(247)
12.3	供应链管理关键技术	(249)
第 13 章	产品数据管理	(254)
13.1	产品数据管理概述	(255)
13.2	产品数据管理的体系结构	(258)
13.3	产品数据管理的关键技术	(263)
13.4	PDM 技术的应用与发展趋势	(267)

第一篇 导论

第 1 章 先进制造技术的基本概念

先进制造技术是制造业为了适应现代生产环境及市场的动态变化,在传统制造技术基础上通过不断吸收科学技术的最新成果而逐渐发展起来的一个新兴技术群。本章将主要介绍先进制造技术的基本概念、内涵、特征及其体系结构、分类和发展趋势。

1.1 先进制造概念的提出

1.1.1 制造技术的演进

制造技术(Manufacture Technology)是制造业为国民经济建设和人民生活生产各种必需物质(包括生产资料和消费品)所使用的一切生产技术的总称,是将原材料和其他生产要素经济合理地转化为可直接使用的具有较高附加价值的成品/半成品和技术服务的技术群。制造技术的发展是由社会、政治、经济等多方面因素决定的。纵观近两百年制造业的发展历程,影响其发展最主要的因素是技术的推动和市场的牵引。在人类历史上,科学技术的每次革命,必然引起制造技术的不断发展,同时也推动了制造业的发展;另一方面,人类的不断进步和人类需求的不断变化,也推动了制造业的不断发展,促进了制造技术的不断进步。

近两百年来,在市场需求不断变化的驱动下,制造业的生产规模沿着“小批量—少品种—大批量—多品种变批量”的方向发展。在科学技术高速发展的推动下,制造业的资源配置沿着“劳动密集—设备密集—信息密集—知识密集”的方向发展。与之相适应,制造技术的生产方式沿着“手工—机械化—单机自动化—刚性流水自动化—柔性自动化—智能自动化”的方向发展。

自 18 世纪以来,制造技术的发展经历了五个发展时期。

1) 工场式生产时期 18 世纪后半叶,以蒸汽机和各类工具机的发明为标志的产业革命,揭开了近代工业的历史,促成了制造企业的雏形——工场式生产的出现,标志着制造业已完成从手工业作坊式生产到以机械加工和分工原则为中心的工厂生产的艰难转变。

2) 工业化规模生产时期 19 世纪,电气技术得到了发展,由于电气技术与其他制造技术的融合,开辟了崭新的电气化新时代,制造业得到了飞速发展,制造技术出现了批量生产、工业

化规范生产的新局面。

3)刚性自动化发展时期 20 世纪初,内燃机的发明引起了制造业的革命,流水生产线和泰勒式工作制及其科学管理方法得到了应用。特别是第二次世界大战期间,以大批量生产为模式、以降低成本为目的的刚性自动化制造技术和科学管理方式得到了很大的发展。例如:福特汽车制造公司用大规模刚性生产线代替手工作业,使汽车的价格在几年内降低到原价格的八分之一,促进了汽车进入家庭,奠定了美国经济发展的基础。然而,这类自动机和刚性自动化生产线生产工序和作业周期固定不变,仅仅适用于单一品种的大批量生产。

4)柔性自动化发展时期 自第二次世界大战之后,计算机、微电子、信息和自动化技术有了迅速的发展,推动了制造技术向高质量生产和柔性生产的发展,生产模式由大中批量生产自动化向多品种小批量柔性生产自动化转变。在此期间,形成了一系列新型的柔性制造技术,如数控技术(NC)、计算机数控(CNC)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)等,同时有效应用系统论、运筹学等原理和方法的现代化生产管理模式,如准时生产(JIT)、全面质量管理(TQM)开始应用于生产,以提高企业的整体效益。

5)综合自动化发展时期 自 20 世纪 80 年代以来,随着计算机及其应用技术的迅速发展,促进了制造业中包括设计、制造和管理在内的单元自动化技术逐渐成熟和完善,如设计领域内的计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助检测(CAT),在经营管理领域内的物料需求计划(MRP)、制造资源计划(MRP II)、企业资源计划(ERP)、全面质量管理(TQM)等,在加工制造领域内的直接或分布式数控(DNC)、计算机数控(CNC)、柔性制造单元/系统(FMC/FMS)、工业机器人(ROBORT)等。为了充分利用各项单元技术资源,发挥其综合效益,以计算机为中心的集成制造技术从根本上改变了制造技术的面貌和水平,并引发了企业组织机构和运行模式革命性的飞跃。在此期间,体现新的制造模式的计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)以及精益生产(LP)得到了实践、应用和推广。此外,各种先进的集成化、智能化加工技术和装备,如精密成形技术与装备、快速成形技术与系统、少无切削技术与装备、激光加工技术与装备等进入了一个空前发展的阶段。

1.1.2 先进制造技术的提出

制造技术自 18 世纪后半叶的产业革命后获得了飞速发展,而先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)作为一个专用名词却是在 20 世纪 80 年代末期,由美国根据本国制造业面临的挑战与机遇,对其制造业存在的问题进行深刻反省,为了加强其制造业的竞争力和促进国民经济增长而提出,并得到充分重视和快速发展。先进制造技术的提出是制造业新技术发展实际进程的反映,它一经提出,立即得到欧洲各国、日本以及亚洲新兴工业化国家的响应。

先进制造技术是制造业为了适应现代生产环境及市场的动态变化,在传统制造技术基础上通过不断吸收科学技术的最新成果而逐渐发展起来的一个新兴技术群。先进制造技术的产生和发展有其自身的社会经济、科学技术以及可持续发展的根源和背景。

1. 社会经济发展背景

近二十多年来,市场环境发生了巨大变化,一方面表现为消费者需求日趋主体化、个性化和多样化,消费行为更具有选择性,产品的生命周期缩短,产品的质量和性能至关重要;另一方面全球性产业结构调整步伐加快,制造商着眼于全球市场激烈竞争的同时,着力于实力与信誉

基础上的合作和协作。

制造业的核心要素是质量、成本和生产率。面对当代社会变化迅速且无法预料的买方市场和多品种变批量成为主导生产方式,上述三个要素的内涵发生了深刻变化。首先,产品质量观发生了变化,现代质量观主要指全面满足用户的程度,即不断跟上用户要求和及时响应市场变化,在适当的时间、适当的地点满足用户的功能需求和非功能需求(自然条件、社会时尚等);其次,产品成本不仅仅指制造成本,还应包含用户使用成本、维护成本以及社会环境成本,在满足用户个性化要求的前提下,应尽量减少上述各类产品成本;再次,赢得订单及快速开发产品是企业成败的关键,是非常规意义上的生产率。因此,制造业应以对市场的快速响应为宗旨,满足顾客已有的和潜在的需求,主动适应市场,引导市场,从而赢得竞争,获取最大利润。

2. 科学技术发展背景

制造业从20世纪初开始逐步走上科学发展的道路。现在,制造技术已由技艺发展为集机械、材料、电子及信息等多门学科的交叉科学——制造工程学。科学技术和生产发展在推动制造技术进步的同时,以其高新技术成果,尤其是计算机、微电子、信息、自动化等技术的渗透、衍生和应用,极大地促进了制造技术在宏观(制造系统的建立)和微观(精密、超精密加工)两个方向上的蓬勃发展,急剧地改变了现代制造业的产品结构、生产方式、生产工艺和设备及生产组织体系,使现代制造业成为发展速度快、技术创新能力强、技术密集甚至知识密集型产业。尤其应指出的是:信息逐渐成为主宰制造业的决定性因素,企业内联网(Intranet)和国际互联网(Internet)已经对制造业产生重大影响,并将产生更大影响。

3. 可持续发展战略

日益严峻的环境问题引起国际社会的普遍关注。世界环境与发展委员会(WCED)于1987年向联合国第42届大会递交的报告《我们共同的未来》正式提出了“可持续发展”的思路,其定义是:既满足当代人的需求,又不对子孙后代满足其需要之生存环境构成危害的发展。世界资源研究所于1992年对可持续发展总结出了更简洁明确的定义,即:建立极少产生废料和污染物的工艺或技术系统。上述定义强调了当代人在创造和追求今世发展与消费的时候,不能以牺牲今后几代人的利益为代价,社会经济发展模式应由粗放经营、掠夺式开发向集约型、可持续发展转变。面向可持续发展的制造业,应力求对环境的负面影响最小,资源利用效率最高。

鉴于上述社会、经济、科学技术以及环境资源保护的历史背景,各国政府和企业界都在寻求对策,以获取全球范围内的竞争优势。传统制造技术已变得越来越不适当今快速变化的形势,而先进的制造技术,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,使人类跨入制造业的新纪元。

1.2 先进制造技术的概念与内涵

1.2.1 先进制造技术的概念

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,这里举出几种关于先进制造技术的基本概念。

(1)先进制造技术是制造业不断吸收机械、电子、信息、材料、能源以及现代管理等方面的

成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务乃至回收的生产制造的全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,以提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力,取得理想技术经济效果的制造技术的总称。

(2)先进制造技术是以提高综合经济效益为目的,以人为主体的,以计算机技术为支柱,综合应用信息、材料、能源、环保等高新技术以及现代系统管理技术,研究并改进传统制造过程及其产品整个寿命周期的所有适用技术的总称。

(3)先进制造技术是支持自动化制造系统(硬件及软件)进行规划、设计、开发、应用、运行和集成的各种技术,以及为了支持产品在其从原理设计,经过制造交货、运行服务,直至报废的整个生命周期中,综合考虑物理、人工、环境与安全等方面所关联的研究、方法、工具、控制、信息(数据)与通信系统等集合。

(4)先进制造技术是在制造系统的一系列生产活动环节中,用传统制造技术有机地融合并有效应用计算机、信息、新材料、能源、系统管理等现代科学技术,实现优质、高效、低耗、灵活和清洁地制造出满足市场需求的产品,并取得理想经济效益的工程技术的总和。

综合以上概念,本书将先进制造技术定义为:先进制造技术是以人为主体的,以计算机为重要工具,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、环保、生物以及现代系统管理等最新科技成果,涵盖产品生产的整个生命周期的各个环节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,取得理想经济效益为目标。

1.2.2 先进制造技术的内涵

1. 强调学科交叉和技术融合

与信息技术(计算机与通信、控制理论、人工智能等)的集成,是制造技术发展先进制造技术的最核心、最关键的一环。信息作为物质的一种属性,作为对物质有序度的一种映射,已深入制造过程的各个方面。物质、能量和信息是构成制造产业的三要素,而信息是最活跃的驱动因素。

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。制造中的知识包括设计人员和工艺人员的经验、技能、诀窍、知识,其获取、表示、传递、变换和保真的研究是制造信息学的重要内容;另一方面,制造过程中所需接收和处理的各种信息正在爆炸性地增长,海量制造信息的规范、存储、管理及制造信息网络的问题也是制造信息学研究中的关键问题。在先进制造技术领域内,无一例外地都在不同程度上与信息科学和技术融合并集成在一起。这一集成造成的影响是深刻的,它已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,有的已形成全新的设计概念和管理模式。许多熟悉传统制造技术的管理和技术人员应充分认识到这一形势,努力接受新思想和新技术,并在先进制造技术领域内有所作为。

2. 与生物学相结合

目前,虽然与信息—制造的融合相比,这种结合从广度和深度上还较逊色,但在21世纪,生物与信息在先进制造技术领域内的作用必将并驾齐驱。今后以制造技术为核心,将信息、生

物和制造三方面融合起来必然是制造领域的主流技术。

3. 材料的转变是最根本的特征

无论制造技术如何发展,如何与新技术相结合,从它的科学价值和社会价值来说,将材料“转变”为有用的物品的工艺过程始终是第一性。仿真模拟、虚拟现实、网络制造等等都是第二性的,不能颠倒过来。当然,并不是说这些第二性的过程不重要,它是能促进第一性发展和使第一性现代化的,但它始终不能取代第一性的过程。第二性的过程应放在适当的位置,否则难过市场验收关,先进制造技术的发展也就成了炒概念。

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相关的技术突破性发展和创新性成就并融合于自身之中。当然任何一种技术都有此特性,但先进制造技术在其发展过程中更为鲜明、更为突出。

1.3 先进制造技术的特征

与传统制造技术相比,先进制造技术具有以下特征。

1) 系统性 传统制造技术一般只能驾驭生产过程中的物质流和能量流。随着计算机技术、信息技术、传感技术、自动化技术和先进管理技术等引入,并与传统制造技术相结合,先进制造技术成为一个能够驾驭信息生成、采集、传递、反馈、调整的信息流动过程以及驾驭生产过程中的物质流、信息流和能量流的系统工程。一项先进制造技术的产生往往要系统地考虑到制造的全过程,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,在设计的开始就考虑产品整个生命周期中的所有因素,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、制造全过程外,还需要更好地考虑到整个的制造组织。

2) 广泛性 传统制造技术通常只是指将原材料变为成品的各种加工工艺;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设计技术、自动化技术、系统管理技术,因而便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) 集成性 传统制造技术的学科专业单一、独立,相互间界限分明;而先进制造技术由于专业和学科间的不断渗透、交叉、融合,其界限逐渐淡化甚至消失,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——制造系统工程。

4) 动态性 先进制造技术是在针对一定的应用目标,不断吸收各种高新技术逐渐形成和发展起来的新技术,因而其内涵不是绝对的和一成不变的。反映在不同的时期,先进制造技术有其自身的特点;反映在不同的国家和地区,先进制造技术有其本身重点发展的目标和内容,通过重点内容的发展可以实现这个国家和地区制造技术的跨越式发展。

5) 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。先进制造技术的发展过程及其应用于制造过程的范围,特别是达到的目标与效果,无不反映这是一项应用于制造业,对制造业、对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综合实力为目标。

6)强调实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产 先进制造技术的核心是优质、高效、低耗、清洁等基础制造技术,它是从传统的制造工艺发展起来的,并与新技术实现了局部或系统集成,其重要的特征是实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产。这意味着先进制造技术除了通常追求的优质、高效外,还要针对 21 世纪人类面临的有限资源与日益增长的环保压力的挑战,实现可持续发展,要求实现低耗、清洁。此外,先进制造技术也必须面临人类在 21 世纪消费观念变革的挑战,满足对日益“挑剔”的市场的需求,实现灵活生产。

7)强调技术与管理的紧密结合 为确保生产和经济效益持续稳步提高,能对市场变化做出更灵敏的反应,并且实现对最佳技术经济效益的追求,提高企业的竞争能力,先进制造技术比传统的制造技术更加重视技术与管理的结合,更加重视制造过程组织和管理体制的简化以及合理化,从而产生了一系列先进的制造模式。随着世界自由贸易体制的进一步完善,以及全球交通运输体系和通信网络的建立,制造业将形成全球化与一体化的格局,新的先进制造技术也必将是全球化的模式。

1.4 先进制造技术的体系结构及分类

1.4.1 先进制造技术的体系结构

目前,对先进制造技术的体系结构的认识有多种观点。本教材列举两种比较典型的先进制造体系结构供读者参考。其中一种是美国联邦科学、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的技术群体系结构。另一种是机械科学研究院(AMST)提出的多层次先进制造技术体系。笔者认为,这两种体系结构的不同在于其形式,本质内涵是基本一致的。

1. FCCSET 先进制造技术体系结构

1994 年,FCCSET 下属的工业和技术委员会先进制造技术工作组提出了有关制造技术的分类目录,这是对先进制造技术体系的首次较系统的说明。根据这一分类目录,先进制造技术主要包括三个技术群:①主体技术群,②支撑技术群,③制造基础设施(制造技术环境)。这三部分相互联系,相互促进,组成一个完整的体系,每一部分均不可缺少,否则就很难发挥预期的整体功能。这种体系不是从技术学科内涵的角度来描绘先进制造技术,而是着重从比较宏观组成的角度来描绘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。

FCCSET 先进制造技术的系统结构及主要内容如图 1-1 所示。

2. AMST 多层次先进制造技术体系

AMST 提出的先进制造技术由 层次技术群构成的体系图,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,也表明了在新产业及市场需求的带动之下,在各种高新技术(如能源技术、材料技术、微电子技术和计算机技术以及系统工程和管理科学)的推动下先进制造技术的发展过程。

AMST 提出的先进制造技术的层次及技术来源如图 1-2 所示。

在图 1-2 中,第一个层次是优质、高效、低耗、清洁基础制造技术。铸造、锻压、焊接、热处理

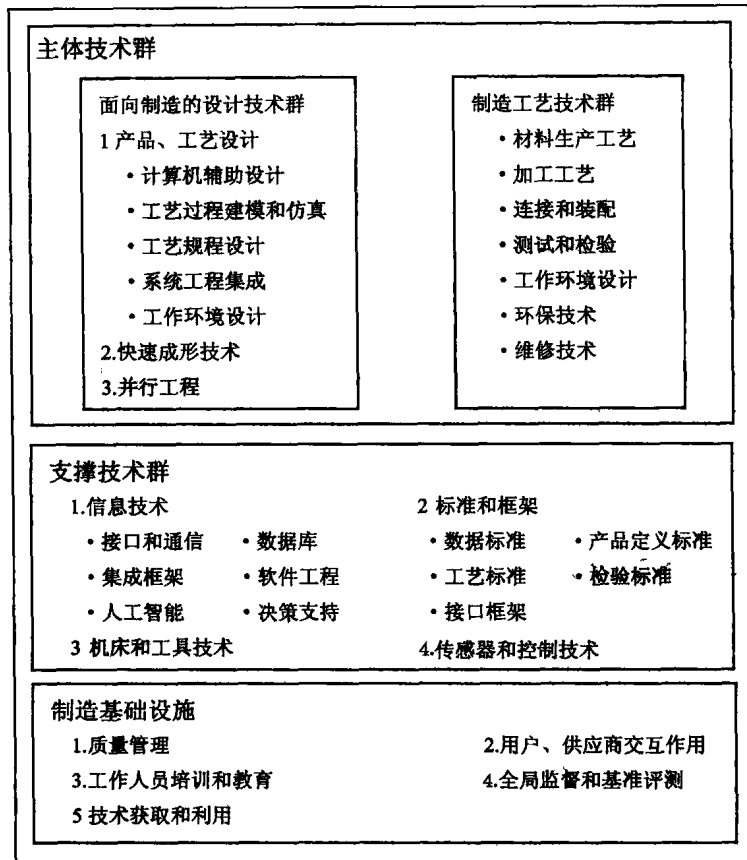


图 1-1 FCCSET 提出的先进制造技术体系框架

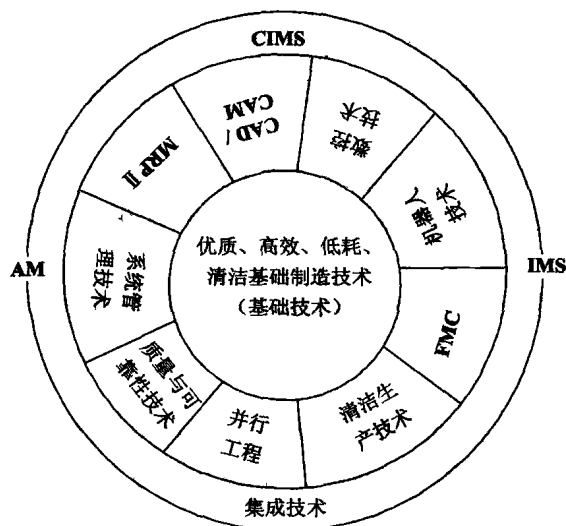


图 1-2 AMST 的先进制造技术的层次及技术来源示意图

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的、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、清洁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、毛坯强化、精密热处理、优质高效连接技术、功能性防护涂层及各种与设计有关的基础技术、各种现代管理技术。

第二个层次是新型的制造单元技术。这是在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,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、CAD/CAM、清洁生产技术、新材料成形加工技术、激光与高密度能源加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等。

第三个层次是先进制造集成技术。这是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而形成的,如 FMS、CIMS、IMS 以及虚拟制造技术等。

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。

1.4.2 先进制造技术的分类

根据先进制造技术的功能和研究对象,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五大领域,它们横跨多个学科,并组成一个有机整体。

1. 现代工程设计技术

现代设计技术是根据产品功能要求,应用现代技术和科学知识制定设计方案并使方案付诸实施的技术,其重要性在于使产品设计建立在科学的基础上,促使产品由低级向高级转化,促进产品功能不断完善,产品质量不断提高。现代设计技术包含如下内容。

1) 现代设计方法 包括模块化设计、系统化设计、价值工程、模糊设计、面向对象的设计、反求工程、并行设计、绿色设计、工业设计等。

2) 产品可信性设计 产品的可信性是产品质量的重要内涵,是产品的可用性、可靠性和维修保障性的综合。可信性设计包括可靠性设计、安全性设计、动态分析与设计、防断裂设计、防疲劳设计、防腐蚀设计、减磨和耐磨损设计、耐环境设计、稳健设计、维修设计和维修保障设计、测试性设计、人机工程设计等。

3) 设计自动化技术 这是指用计算机软硬件工具辅助完成设计任务和过程的技术。它包括产品的造型设计、工艺设计、工程图生成、有限元分析、优化设计、模拟仿真、虚拟设计、工程数据库等内容。

4) 设计试验技术 它包括产品可靠性试验,产品环保性能试验与控制及仿真试验、虚拟试验。

2. 先进制造工艺

先进制造工艺是先进制造技术的核心和基础,是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程。先进制造工艺包括高效精密成形技术、高精度切削加工工艺、特种加工以及表面改性技术等。

1) 高效精密成形技术 这是生产局部或全部无余量或少余量半成品工艺的统称,包括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、快速成形和制造技术等。

2) 高效高精度切削加工工艺 它包括精密和超精密加工、高速切削和磨削、调整切削与高速磨削、变速切削、复杂型面的数控加工、游离磨粒的高效加工等。

3) 现代特种加工工艺 它是指那些不属于常规加工范畴的加工工艺,如高能束(电子束、离子束、激光束)加工、电加工(电解和电火花)、超声波加工、高压水射流加工、多种能源的复合加工、纳米技术及微细加工等。

4) 表面改性、制膜和涂层技术 这是采用物理、化学、金属学、高分子化学、电学、光学和机械学等技术及其组合,赋予产品表面耐磨、耐蚀、耐(隔)热、耐辐射、抗疲劳的特殊功能,从而达到提高产品质量、延长使用寿命、赋予产品新性能的新技术统称,是表面工程的重要组成部分。包括化学镀、非晶态合金技术、节能表面涂装技术、表面强化处理技术、热喷涂技术、激光表面熔复处理技术、等离子化学气相沉积技术等。

5) 新型材料成形与加工工艺 包括新型材料的铸造成形、新型材料的塑性成形、新型材料的焊接、新型材料的热处理、新型材料的机械加工。

3. 制造自动化技术

制造自动化是用机电设备工具取代或放大人的体力,甚至取代和延伸人的部分智力,自动完成特定的作业,包括物料的存储、运输、加工、装配和检验等各个生产环节的自动化。加工过程自动化技术涉及数控技术、工业机器人技术、柔性制造技术、传感技术、自动检测技术、信号处理和识别技术等内容。其目的在于减轻操作者的劳动强度,提高生产效率,减少在制品数量,节省能源消耗及降低生产成本。

4. 现代生产管理技术

现代生产管理技术是指制造型企业在从市场开发、产品设计、生产制造、质量控制到销售服务等一系列的生产经营活动中,为了使制造资源(材料、设备、能源、技术、信息以及人力资源)得到总体配置优化和充分利用,使企业的综合效益(质量、成本、交货期)得到提高而采取的各种计划、组织、控制及协调的方法和技术的总称。它是先进制造技术体系中的重要组成部分,包括现代管理信息系统、物流系统管理、工作流管理、产品数据管理、质量保障体系等。

5. 先进制造生产模式及系统

先进制造生产模式及系统是面向企业生产全过程的,是将先进的信息技术与生产技术相结合的一种新思想和新哲理,其功能覆盖企业的生产预测、产品设计开发、加工装配、信息与资源管理直至产品营销和售后服务的各项生产活动,是制造业的综合自动化的新模式。它包括计算机集成制造(CIMS)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)、智能制造(IM)、精益生产(LP)等先进的生产组织管理模式和控制方法。

1.5 先进制造技术的发展趋势

1.5.1 先进制造技术面临的挑战与发展机遇

21 世纪制造业仍将在国民经济的发展中拥有重要的地位与作用,是国民经济的基础。先进制造技术仍是一个国家繁荣昌盛的基础技术之一,是直接创造社会财富的重要手段,是一个国家经济发展的主要技术支撑。

21 世纪先进制造技术的发展面临如下挑战与机遇。

1. 有限的资源与日益增长的环保压力的挑战

地球这个宇宙中的一个村落已日益“变小”,环境污染正威胁着人类的生存,而有限的资源正威胁着人类的持续发展。因而,如何实现可持续发展已是 21 世纪人类的一个重要课题。先进制造技术的发展必须充分考虑资源紧缺与环保压力。绿色制造是 21 世纪制造技术的一个重要特征。绿色设计技术、产品的拆卸与回收技术、生态工厂的循环式制造技术将得到迅速的发展。

2. 消费观念变革及市场剧烈竞争

21 世纪消费者的行为更具有选择性,“客户化、小批量、快速交货”的要求不断增加,批量生产的产品逐渐为个性化、多样化的产品所取代,产品的生产与服务的界限越来越模糊,市场的动态多变性以及剧烈的竞争迫使制造业改变策略。

如果说 20 世纪 60 年代企业追求的是生产规模的扩大,70 年代是生产成本的降低,80 年代是产品质量的提高,90 年代则追求的是市场响应的速度,以满足市场的需求,而技术创新仍是 21 世纪制造业经营策略的重点,这样才能以其产品满足日益“挑剔”的顾客的需求,并在剧烈的市场竞争中谋求生存与发展。

3. 制造全球化和贸易自由化的挑战

随着世界自由贸易体制的进一步完善及全球交通运输体系和通信网络的建立,国际经济合作与交往日趋紧密,全球产业界进入了结构大调整的重要时期,世界正在形成一个统一的大市场。制造业的全球化与一体化的格局已经初步形成。制造技术的发展必须与此相适应,新的生产模式必将是全球化的生产模式。

4. 信息技术的发展为先进制造技术的发展提供良好的机遇

人类社会自 20 世纪 90 年代已开始进入信息时代,信息产业将成为 21 世纪全球经济中最宏大、最具活动力的产业。信息技术将给 21 世纪经济和社会带来革命性的变化。21 世纪的制造业正在从以机器为特征的传统技术时代向着以信息为特征的系统技术时代迈进。信息技术的发展将大大促进先进制造技术的发展。

1.5.2 先进制造技术的发展趋势

人类已进入一个新的世纪,制造业正面临着严峻的挑战与机遇。我们正处于以电子、信息、自动化、人工智能、新材料为核心的新技术革命的巨大浪潮的冲击下。在这样一个历史时期,制造技术在广泛吸收高新技术的优秀成果,并且相互渗透、融合和衍生,产生急剧的变化,并不断用于改造制造业,使所制造的产品达到功能(Function)、交货期(Time to Market)、质量(Quality)、价格(Cost)、服务(Service)均优良,即 FTQCS 五个要素缺一不可。

随着电子、信息等高新技术的不断发展,随着市场需求个性化与多样化,未来先进制造技术发展的总趋势是向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、智能化、清洁化、集成化、全球化的方向发展。当前先进制造技术的发展趋势大致有以下四个方面。

1. 信息技术越来越重要

信息化是当今社会发展的趋势,信息技术正在以人们想象不到的速度发展,产品制造过程中的信息投入已成为决定产品成本的主要因素。信息技术也正在向制造技术注入和融合,促进制造技术不断发展。可以说先进制造技术的形成与发展,无不与信息技术的应用与注入有关。它使制造技术的技术含量提高,使传统制造技术发生质的变化。信息技术是推动制造技