



21世纪高等院校创新型项目成果

先进制造技术

Xianj _____ lu

◎主 编 张军翠 张晓娜

◎主 审 王立成

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

21 世纪高等院校创新型项目成果

先进制造技术

主 编	张军翠	张晓娜	
副主编	赵宇辉	赵 玉	张文灼
	李国芹	王超俊	郑建红
参 编	张 凯	马 军	
主 审	王立成		



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书是在国内外最新研究成果和相关参考文献的基础上,结合作者在先进制造技术领域多年的教学实践经验编写而成的。本书系统介绍了先进制造技术的理论、工艺、方法以及生产管理等。全书共分6章:第1章先进制造技术概论,第2章先进设计技术,第3章先进制造工艺技术,第4章制造自动化技术,第5章先进生产管理技术,第6章先进制造模式。

本书内容丰富、取材新颖,理论联系实际,突出高职高专教育特点,强调实用性和可操作性。

本书可作为高等学校机械制造与自动化、机电一体化技术、数控技术、机械设计与制造、模具设计与制造等专业学生的教学用书,也可作为从事机械类工作的工程技术人员的自学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/张军翠,张晓娜主编. —北京:北京理工大学出版社,2013.8
ISBN 978-7-5640-7992-5

I. ①先… II. ①张… ②张… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第172576号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/10.5

字 数/242千字

版 次/2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

定 价/33.00元

责任编辑/张慧峰

文案编辑/多海鹏

责任校对/周瑞红

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前 言

先进制造技术 (Advanced Manufacturing Technology, AMT) 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融合计算机、信息、自动控制、材料、能源、环保、管理科学的最新研究成果,使材料转换为产品的过程更有效、成本更低、更绿色、更及时满足市场需求的先进工程技术的总称。先进制造技术是一门动态的,伴随新科技、新理念的不断出现而不断更新、充实和发展的科学技术。

本书以先进制造技术相关的概念、理论、工艺、方法以及生产管理为研究对象,重点介绍信息技术、材料技术、新能源技术等新技术与制造技术的相互交叉、渗透、融合,特别是计算机技术方面的内容。

全书共分 6 章:

第 1 章概括介绍先进制造技术产生的背景、发展概况、内涵、体系结构以及发展趋势等。

第 2 章介绍先进设计技术,主要包括计算机辅助设计 (CAD) 技术、计算机辅助工艺规程设计 (CAPP)、逆向工程和绿色设计。

第 3 章介绍先进制造工艺技术,主要介绍现代特种加工技术、超精密加工、微细/纳米加工技术、超高速加工技术和快速原型制造技术。

第 4 章介绍制造自动化技术,包括其内涵、发展历程和发展趋势。主要对现代数控加工技术、工业机器人和柔性制造系统作了介绍。

第 5 章介绍先进生产管理技术,着重介绍产品数据管理和准时生产这两项技术。

第 6 章介绍先进制造模式,包括计算机集成制造系统、虚拟制造技术、敏捷制造与并行工程、智能制造与精益生产、绿色制造技术和生物制造技术。

本书由张军翠、张晓娜担任主编,赵宇辉、赵玉、张文灼、李国芹、王超俊、郑建红担任副主编,参加编写的人员还有张凯和马军。

王立成对书稿进行了全面、认真的审查,编者对此表示衷心的感谢。

由于先进制造技术是一门处于不断发展中的综合性交叉学科,涉及的学科多、知识面广,非编者等少数几个人的知识、能力所能覆盖,加之资料和编者水平有限,不足之处在所难免,恳请专家、广大师生与读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 先进制造技术概论	1
1.1 先进制造技术的提出和发展	1
1.1.1 先进制造技术产生的背景	1
1.1.2 先进制造技术的发展概况	2
1.2 先进制造技术的内涵和体系结构	6
1.2.1 先进制造技术的内涵和特点	6
1.2.2 先进制造技术的体系结构及其分类	7
1.3 先进制造技术的发展趋势	10
思考题与习题	13
第 2 章 先进设计技术	14
2.1 先进设计技术概论	14
2.1.1 先进设计技术的特征及内涵	14
2.1.2 先进设计技术的体系结构	15
2.1.3 先进设计的发展趋势展望	17
2.2 计算机辅助设计技术	18
2.2.1 CAD 系统的基本功能	18
2.2.2 CAD 系统的类型	18
2.2.3 典型 CAD 软件简介	19
2.3 计算机辅助工艺规程设计	21
2.3.1 CAPP 的基本概念	21
2.3.2 CAPP 的基本组成	21
2.3.3 CAPP 的类型及工作原理	22
2.3.4 CAPP 的作用与意义	23
2.4 逆向工程技术	24
2.4.1 逆向工程基本概念	25
2.4.2 逆向工程的工作流程	26
2.4.3 逆向工程的应用领域	27
2.5 绿色设计	28
2.5.1 绿色设计的基本概念	28
2.5.2 绿色设计的内容和方法	29
2.5.3 绿色设计的原则和关键技术	32

2.5.4 绿色设计的发展历程及未来趋势·····	34
思考题和习题·····	36

第3章 先进制造工艺技术····· 37

3.1 先进制造工艺技术概述·····	37
3.1.1 机械制造工艺的定义和内涵·····	37
3.1.2 先进制造工艺技术的发展和内容·····	37
3.2 现代特种加工技术·····	39
3.2.1 特种加工概述·····	39
3.2.2 电火花加工·····	41
3.2.3 电解加工·····	49
3.2.4 激光加工·····	52
3.2.5 超声波加工·····	54
3.2.6 电子束加工·····	56
3.2.7 离子束加工·····	58
3.2.8 电铸成形加工·····	59
3.3 超精密加工·····	60
3.3.1 超精密加工概述·····	60
3.3.2 超精密加工关键技术·····	62
3.3.3 超精密加工方法·····	64
3.4 微细/纳米加工技术·····	68
3.4.1 微细/纳米加工技术概述·····	68
3.4.2 微细加工技术·····	69
3.4.3 纳米加工技术·····	71
3.5 超高速加工技术·····	74
3.5.1 超高速加工的概念和内涵·····	74
3.5.2 超高速加工技术的特点·····	75
3.5.3 超高速切削的关键技术·····	75
3.5.4 超高速加工技术的应用·····	77
3.6 快速原型制造技术·····	77
3.6.1 快速原型技术的原理和特点·····	77
3.6.2 典型的 PRM 工艺方法·····	79
3.6.3 快速原型制造技术的应用·····	81
思考题与习题·····	82

第4章 制造自动化技术····· 83

4.1 制造自动化技术概述·····	83
4.1.1 制造自动化技术的内涵·····	83
4.1.2 制造自动化技术的发展历程·····	84

4.1.3 制造自动化技术的发展趋势	84
4.2 现代数控加工技术	85
4.2.1 数控机床	86
4.2.2 数控机床的种类及其应用范围	87
4.2.3 并联运动机床	89
4.2.4 数控技术及装备的发展趋势	90
4.3 工业机器人	91
4.3.1 工业机器人概述	91
4.3.2 工业机器人的机械结构	96
4.3.3 工业机器人的控制与驱动	100
4.3.4 工业机器人的编程技术	102
4.3.5 工业机器人的应用	103
4.4 柔性制造系统	106
4.4.1 柔性制造系统概述	106
4.4.2 柔性制造系统的组成及主要功能	107
4.4.3 柔性制造系统的优点及效益	109
4.4.4 柔性制造系统的类型及关键技术	110
4.4.5 柔性制造系统的应用及发展	112
思考题与习题	114
第5章 先进生产管理技术	115
5.1 先进生产管理技术概述	115
5.1.1 现代企业管理的范畴	115
5.1.2 先进生产管理技术的特点	116
5.2 产品数据管理技术	116
5.2.1 产品数据管理(PDM)的概念	116
5.2.2 PDM系统的体系结构	117
5.2.3 PDM系统的主要功能	118
5.2.4 PDM系统的实施	122
5.3 准时生产技术	124
5.3.1 准时生产的由来	124
5.3.2 准时生产管理方式的基本思想	124
5.3.3 看板控制系统	125
5.3.4 准时生产管理方式的实现方法	127
思考题与习题	128
第6章 先进制造模式	129
6.1 计算机集成制造系统(CIMS)	129
6.1.1 CIMS的内涵	129

6.1.2 CIMS 的基本组成	129
6.1.3 CIMS 的技术优势	131
6.2 虚拟制造技术	132
6.2.1 虚拟现实	132
6.2.2 虚拟制造的概念	132
6.2.3 虚拟制造系统的体系结构	133
6.2.4 虚拟制造的关键技术	134
6.2.5 虚拟制造技术在制造业中的应用	136
6.3 敏捷制造与并行工程	138
6.3.1 敏捷制造	138
6.3.2 并行工程	141
6.4 智能制造与精益生产	144
6.4.1 智能制造系统 (IMS)	144
6.4.2 精益生产 (LP) 技术	148
6.5 绿色制造技术	152
6.5.1 绿色制造的基本概念	152
6.5.2 绿色制造的研究现状	152
6.5.3 绿色制造的研究内容	153
6.5.4 绿色制造的发展趋势	155
6.6 生物制造技术	156
6.6.1 生物制造的概念	157
6.6.2 生物制造研究的主要内容	158
思考题与习题	158
参考文献	160



第 1 章

先进制造技术概论

1.1

先进制造技术的提出和发展



生产工具作为人类进步与文明的重要标志,与制造技术有着密切的关联。从旧石器时代到新石器时代,人类就已经懂得了将自然界中天然的石块进行简单的加工,以作为谋生的重要工具。在青铜器和铁器时代,采矿、冶炼和铸锻等技术得到了进一步的发展,人类已开始制作一些简单的机械,如纺织机械和水利机械,来代替一部分的人工劳动,但机械的动力还是靠人力提供。在蒸汽时代,手工劳动逐渐被机器生产所代替,这是人类进步的一个重要标志,并由此产生了第一次工业革命。内燃机的发明引发了制造业的又一次新革命,并得到了更迅猛的发展,逐渐在国民经济中占据了主导地位。第二次世界大战后,由于计算机、微电子、信息和自动化技术在制造业中得到了广泛的应用,先后出现了数控机床(CNC)、计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)、计算机集成制造(CIM)、准时生产(JIT)、精益生产(LP)和敏捷制造(AM)等多项先进制造技术与制造模式,这使得制造业经历了一场新的技术革命。

1.1.1 先进制造技术产生的背景

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)这一概念是美国于 20 世纪 80 年代末期提出来的,其根本原因是由于美国竞争力不断减弱,贸易逆差剧增,许多美国原来占绝对优势的产品都在竞争中输给日本。为此,美国政府和企业界投入巨资,组织大量专家进行分析和研究,得出的结论是:“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”,“经济竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。因而,美国政府采取了一系列措施:1988 年投资进行大规模的“21 世纪制造业战略的研究”;克林顿总统也于 1993 年 2 月发表专题报告,提出“要促进先进制造技术的发展”;成立国家级、地区级、大学和企业等各种层次的先进制造技术协调、推广和应用研究中心。这些措施收到了良好的效果,如美国汽车制造水平大幅度提高,产量重新超过日本;总结并提出了一系列先进制造技术的新理论,如并行工程、精益生产、敏捷制造等。自从美国提出先进制造技术这一概念以来,日本、西欧各国以及亚洲各新兴工业国家也相继做出了响应,纷纷将先进制造技术列为国家的高新技术和优先发展项目。

1.1.2 先进制造技术的发展概况

20 世纪 90 年代以来,各国重新认识到了制造业与先进制造技术的战略地位和作用,并已达成共识:当前衡量一个国家科技发展程度,已不再以它拥有多少发明、发现为主要标准,而是以它的制造业和制造技术能为世界提供多少可造福于人类的产品为基本准绳。在未来的市场竞争中,谁先占领了先进制造技术的制高点,谁就把握了竞争取胜的主动权。因此,世界上许多国家,尤其是发达国家都把先进制造技术与信息科学技术、材料科学技术和生物科学技术同列为 21 世纪的四大支柱科技,并将先进制造技术列为国家关键技术和优先发展领域,制定和实施了一系列的发展战略与规划。

1. 美国

在促进 AMT 的发展方面,美国走在世界的前面。20 世纪 90 年代以来,其制定和实施了一系列发展 AMT 的科技政策、战略和规划。

(1) 六点行动

美国 20 世纪 90 年代科技政策的特点是:重视产业技术的发展,以制造业为中心,注重技术推广,强调产业整体技术水平和市场竞争能力的提高。美国总统克林顿关于发展先进制造技术提出六点行动:

- ① 对先进制造技术的研究开发提供更多的资助,开发新汽车和新建筑技术;
- ② 支持敏捷制造;
- ③ 建立全国制造技术推广中心网;
- ④ 促进本地区建立技术联盟;
- ⑤ 促进制造工程教育的发展;
- ⑥ 促进考虑环境的制造技术的发展。

(2) 先进制造技术计划

1993 年,美国政府批准了由联邦科学、工程与技术协调委员会(FCCSET)主持实施的 AMT 计划。

美国 AMT 计划目标是:研究开发世界领先的先进制造技术,以满足美国制造业对先进制造技术的需求,提高制造业的竞争力;通过教育与培训计划提高劳动力素质;促进具有环境意识的制造等。

美国 AMT 计划中的项目包括:

- ① 设计技术——制造准备阶段所需的设计工具与技术;
- ② 制造技术——实际生产过程中所需的加工工艺和设备;
- ③ 支持技术——为前两类开发项目提供所需的基础核心技术;
- ④ 制造技术基础设施——为有效管理项目的开发以及推动将这些项目应用于生产实践中提供所需的方法与机制。

AMT 计划的集成创新重点领域有:

- ① 下一代智能制造单元与设备;
- ② 适用于快速而有效地设计新产品、工艺、设备及企业集成化的设计工具;
- ③ 确保企业能广泛了解和应用先进制造技术而进行的基础设施建设。

1994年,美国国家科学技术委员会(NSTC)又组织制定了美国AMT发展战略:支持国家实验室、大学与工业界联合研究开发先进制造技术;通过国家级工业服务网络,帮助企业快速采用先进制造技术;开发推广有利于环境的制造技术;积极实施与工程设计和制造相关的教育与培训计划。

(3) 面向制造应用的系统集成计划

1994年,美国商务部国家标准与技术研究所(NIST)发起了面向制造应用的系统集成(Systems Integration for Manufacturing Applications, SIMA)计划,该计划属于美国政府实施的高性能计算与通信(HPCC)计划的一部分。NIST的所有7个实验室均参加了SIMA计划。该计划主要研究开发能够提高制造系统集成水平的相关技术与标准,到1995年,其已经开发、测试和演示验证了能将支持设计、规划和生产等企业活动的各种软件应用集成在一起的集成技术。利用这些集成技术,再结合网络通信技术来改造企业的制造系统,使它们成为模块化、开放式、可重构和智能化的系统。该计划的研究领域包括:

① 制造系统环境,包括面向设计的信息协议、适用于电子元件信息交换的电子商务、框架集成、制造企业集成、生产/产品数据管理、快速反应制造、供应链集成、面向制造的虚拟环境及可视化等15个项目。

② 标准开发环境(SDE),包括应用协议开发环境、产品模型数据交换标准(Standard for the Exchange of Product Model Data, STEP)一致性测试和STEP实施原型3个项目。

③ 试验平台与技术转让环境(TTTE),包括先进制造系统与网络测试平台、适用于评价与优化产品和工艺设计的分析工具等9个项目。

(4) 敏捷制造使能技术战略发展计划

1995年11月,美国正式发布了敏捷制造使能技术战略发展计划(Technologies Enabling Agile Manufacturing Strategic Plan, TEAM),其每年投资3 000万美元,该计划到1999年结束。美国国防部、美国国家标准与技术研究所、美国国家科学基金会等部门都参加了TEAM计划的实施。另外,有3 000多家私营企业、60多家公司、16所大学和国际财团以及许多政府机构直接参与了此项计划。

TEAM计划的主要内容有:

① 产品并行设计,面向制造能力和供应能力的设计工具。

② 制造计划和控制,集成的产品制造过程,用于制造计划和车间控制过程的快速迭代的自动化工具;用于过程和资源的最优化的宏观和微观计划器。

③ 虚拟制造,用于制造过程的集成模拟和建模工具;产品加工前的过程优化。

④ 智能闭环过程,强化制造过程控制;用于关键过程的开放式结构的控制器和算法。

1996年,美国国家先进制造联合会(NACFAM)提出了今后美国先进制造技术的发展重点:集成产品与过程开发(IPPD)、并行工程、敏捷企业哲理、拟实产品开发、快速原型与过程仿真、可扩展的企业体系结构、综合资源规划、产品数据交换标准、高速网络、人工智能、传感器数据融合、专家系统、电子数据交换、纳米/微米制造技术、高级控制器、适用于全能制造系统(HMS)相互联结的制造单元技术等。

2. 德国

德国是世界制造业的传统强国,以良好的质量和生产工艺闻名于世。制造业是德国重要的经济生产部门,其机械产品在国际市场上享有盛誉,产品占世界同类产品的1/5左右,研发

获得的发明专利数量居世界首位。

1995年,德国政府、企业界、科技界和工会组织共同提出了2000年生产(Production 2000)计划,其主要研究领域包括:产品开发方法和制造方法,研究如何缩短产品开发和制造周期的方法;产品制造过程中的经济学,开发可重复利用的材料、产品以及“清洁制造”过程,制定新材料的标准;面向制造的后勤学,研究能够缩短制造周期和降低运输费用的方法;面向制造的信息技术,开发适用于制造的、高效可控的通信系统;多变环境下的制造方式,研究可开发的、具有学习能力的生产组织结构以及可重构生产系统的设计和运行等。

除2000年生产计划外,近几年德国教育、科学、研究与技术部等相关部门相继发起了“质量保证计划”“工作和技术计划”“保护环境的生产计划”“微系统技术计划”等。这些计划主要研究开发可靠的质量管理体系、工业机器人的编程问题、流程工业中的柔性生产结构、计算机多媒体系统、工业生产的发展与环境保护间的协调和微系统制造技术等。

3. 日本

为继续保持经济强国地位和经济持续发展势头,日本决定通过发展本国尖端技术、开拓现有技术来开发新产品、新工艺,创造新市场和新产业,力争成为一个以创造性科学技术为基础的国家。对于先进的、将成为竞争热点的预竞争力(Pre-competitive)以及能加强国家未来工业技术基础的计划,其主要由政府统一规划和协调。从20世纪80年代末期开始,日本相继出台了4项重大计划,即:

(1) 智能制造系统计划

智能制造系统(Intelligent Manufacturing System, IMS)计划是日本通产省(MITI)于1989年发起的一项国际合作研究计划,美国、加拿大、澳大利亚、欧共体和欧洲自由贸易联盟等国家和地区组织纷纷加入进来,它是迄今为止制造业领域内最大的一项国际合作研究计划,其目标是全面展望21世纪先进制造技术的发展趋势,先行开发下一代制造技术,以解决全球制造业面临的共同问题,如提高产品质量和性能,促进科技成果转化,改善地球环境,推动全球制造、信息制造技术的体系化和标准化,快速响应制造业的全球化等。该计划先后经历了可行性研究(1992—1994年)和全面实施(1995—2005年)两个阶段。截至1998年8月,智能制造系统国际政策委员会(ISC)共批准了12个项目:

- ① 全球人21(Globeman 21)。
- ② 下一代制造系统(NGMS)。
- ③ 全能制造系统(HMS)。
- ④ 知识系统化(GNOSIS)。
- ⑤ 变结构物料贮运系统(MMHS)。
- ⑥ 快速产品开发(RPD)。
- ⑦ 人机共存系统的组织(HUMACS)。
- ⑧ 对创新型和智能型现场工厂建设的研究(IF7)。
- ⑨ 数字化模具设计系统(3DS)。
- ⑩ 智能复合产品(INCOMPRO)。
- ⑪ 人类感觉因素对产品全生命周期的影响(HUTOP)。
- ⑫ 适用于全球分布式企业设计、规划、运行的建模与仿真环境(MISSION)。

(2) 未来计划

1996年,日本文部省下属的日本科学振兴会(JSPS)发起未来计划(Future Program)。该

计划为期5年,旨在发展本国技术,共包括17个研究领域,已资助了117个课题,其中与制造相关的领域有:

① 先进工艺(5个课题)。

② 下一代加工制造技术(6个课题)。

③ 智能信息与先进信息控制技术(5个课题)。

④ 微机械电子与软机械电子(Micro-mechatronics & Soft-mechatronics)技术(4个课题)。

⑤ 通过将生命科学与化学技术的集成来生产新型材料(6个课题)。

(3) 风险企业型实验室计划

1995年,日本文部省发起风险企业型实验室计划。该计划的主要目的是促进创新性研究开发活动,为新工业和风险企业培养年轻的科技人才。该计划共资助了21所日本著名国立大学的实验室,这些实验室的研究领域以微型机械制造、虚拟现实硬件与软件技术、毫微米技术等为主。

(4) 促进创新性工业技术研究开发计划

1995年,日本通产省新能源与工业技术开发组织(NEDO)发起促进创新性工业技术研究开发计划(New Industry Creative Type Technology R & D Promotion Program)。该计划主要资助工业界的基础研究开发项目,共分3个技术领域:

① 工业科学技术,其中的项目旨在创造新工业、开发新技术。

② 能源与环境技术,其中的项目旨在改善环境、保证稳定的能源供应、加速新工业的创建。

③ 支持中、小企业的基础性和创造性技术,其中的项目旨在促进中、小企业实现工业现代化。

4. 英国

英国政府的支持工程和技术规划(Engineering and Technology Programme)及制造系统工程(Manufacturing System Engineering)研究方面开展了如下先进制造技术研究:

① 计算机集成制造技术(CIMS)。

② 单元式制造技术。

③ 快速原型制造技术。

④ 人机工程学。

⑤ 并行工程实施方法(PACE,由欧共体牵头组织)。

5. 韩国

1991年年底,韩国政府提出了极先进技术国家计划(Highly Advanced National Project, HANP),由韩国科技部、工商部、能源部和交通部联合实施。该计划的目标是:到2000年把韩国的技术实力提高到世界一流工业发达国家水平。这一计划包括先进制造系统、新能源、电气车辆、人机接口技术等7个大项目,其中先进制造系统的含义是将市场需求、设计、制造和销售等集成在一起的系统。先进制造系统项目从1992年12月开始实施,为期10年,共分3个部分:基础技术,开发集成化的开放式系统、标准化技术以及系统性能评价方法;下一代加工系统,开发下一代加工设备、机械技术与生产工艺技术;电子产品的装配和检验技术,开发下一代印刷版装配和检验技术、高性能装配机构和制造系统、系统操作集成技术和智能技术等。

综观上述各国的 AMT 发展计划,其特点是:需求牵引、技术驱动,以支柱产业为依托,注重技术上的超前性和工业发展的需求。

1.2

先进制造技术的 内涵和体系结构



1.2.1 先进制造技术的内涵和特点

随着社会需求个性化、多样化的发展,生产规模沿小批量→大批量→多品种变批量的方向发展,以及以计算机为代表的高技术和现代化管理技术的引入、渗透与融化,不断地改变着传统制造技术的面貌和内涵,从而形成了先进制造技术。

1. 先进制造技术的内涵

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:先进制造技术是制造业不断吸收信息技术和现代管理技术的成果,是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、清洁和灵活生产,提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力的制造技术的总称。

2. 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。先进制造技术的发展过程、其应用于制造全过程的范围和其达到的目标与效果,无不反映这是一项应用于制造业,并对制造业和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,具有明确需求导向的特征;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、促进国家经济增长和增强国家综合实力为目标。

(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中,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,因而则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针对一定的应用目标,不断地吸收各种高新技术逐渐形成和发展的新技术,因而其内涵不是绝对的、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,并通过重点内容的发展以实现这个国家和地区制造技术的跨越式发展。

(4) 先进制造技术的集成性

传统制造技术的学科、专业单一独立,相互间的界限分明;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,并已发展成为集机械、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

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到制造的全过程,如并行工程就是集成、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、制造全过程外,还需要更好地考虑到整个制造组织。

(6) 先进制造技术强调的是实现优质、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,并实现低耗、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,满足人们日益“挑剔”的市场需求,实现灵活生产。

(7) 先进制造技术最终目标是要提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力

为确保生产和经济效益持续稳步的提高能对市场变化做出更敏捷的反应,以及对最佳技术效益的追求,以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相结合,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成为全球化的模式。

1.2.2 先进制造技术的体系结构及其分类

1. 先进制造技术体系结构

先进制造技术是一个多学科体系,其自身具有复杂的体系结构,因此,人们对先进制造技术的体系结构认识也不统一。目前,对于先进制造技术的体系结构认识主要有以下两种观点。

① 美国机械科学研究院(AMST)提出的先进制造技术由多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及各种高新技术(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。

② 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

技术工作组提出了先进制造技术由主体技术群与支撑技术群和制造基础设施组成的三位一体的体系结构。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描绘了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。

(1) AMST 多层次先进制造技术体系

AMST 提出的由多层次技术群构成的体系结构强调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,AMST 体系结构如图 1-1 所示。

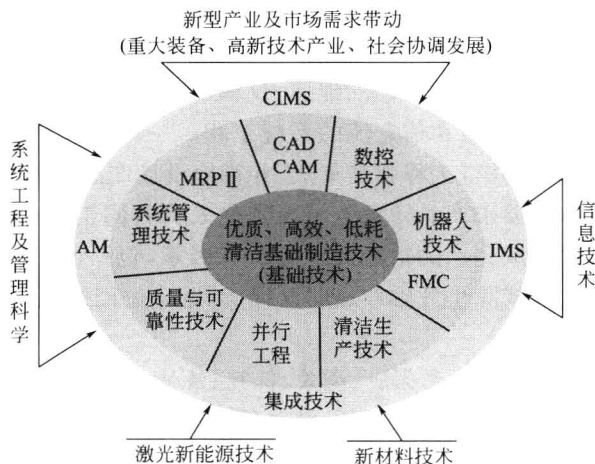


图 1-1 AMST 体系结构

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、表面保护、机械加工等基础工艺至今仍是生产中大量采用且经济适用的技术,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和各种现代管理技术。

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 技术、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,如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、智能制造系统(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。

(2) FCCSET 先进制造技术体系结构

1994 年年初,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做出了有关制造技术的分类目录,这是对先进制造技术内涵的首次较系统的说明。根据这一定义,先进制造技术主要包括以下三个技术群:

- 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)。

上述三部分相互联系,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效益。FCCSET 先进制造技术的系统结构及主要内容如图 1-2 所示。

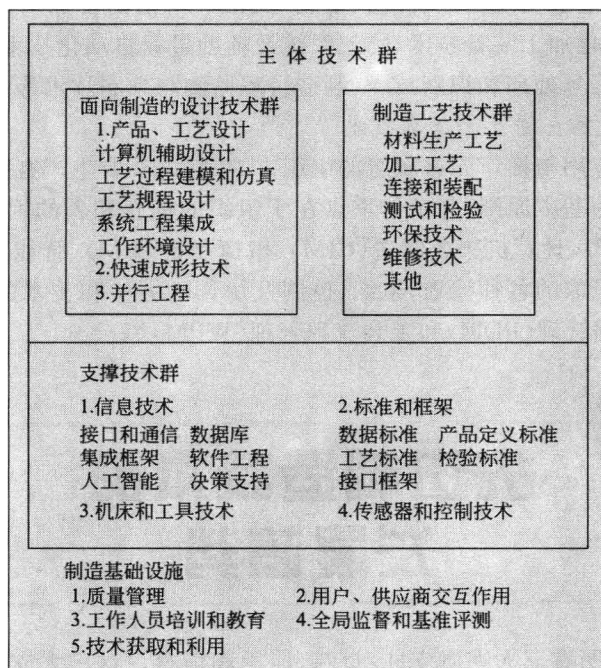


图 1-2 FCCSET 体系结构

2. 先进制造技术的分类

先进制造技术横跨多个学科,主要可以概括为以下几个方面:先进设计技术、先进制造工艺技术、制造自动化技术、先进制造模式和先进生产管理技术。

(1) 先进设计技术

先进设计技术是在传统设计的基础上继承和发展起来的,是一门多专业、多学科相互交叉的综合性很强的基础技术科学。其定义如下:先进设计技术是根据产品功能要求和市场竞争(时间、质量、价格等)的需要,应用现代技术和科学知识,经过设计人员创造性思维、规划和决策,制订可以用于制造的方案,并使方案付诸实施的技术,它包括了有关的各项工程技术,如计算机辅助设计、计算机辅助工程、计算机辅助工艺设计、反求工程、模块化设计、动态设计、可靠性设计和优化设计等。

(2) 先进制造工艺技术

先进制造工艺技术是先进制造技术的核心和基础,任何高级的自动控制系统都无法取代先进制造工艺技术的作用。美国国防关键技术计划指出:“制造工艺是将先进技术转化为可靠、经济、精良武器装备的关键。”随着机械工业的发展和科学技术的进步,机械制造工艺的内涵和面貌不断发生变化,而且变化和发展速度越来越快:常规工艺不断优化并得到普及,新型加工方法不断出现和发展。目前,主要的新型加工方法类型有精密加工和超精密加工、超高速