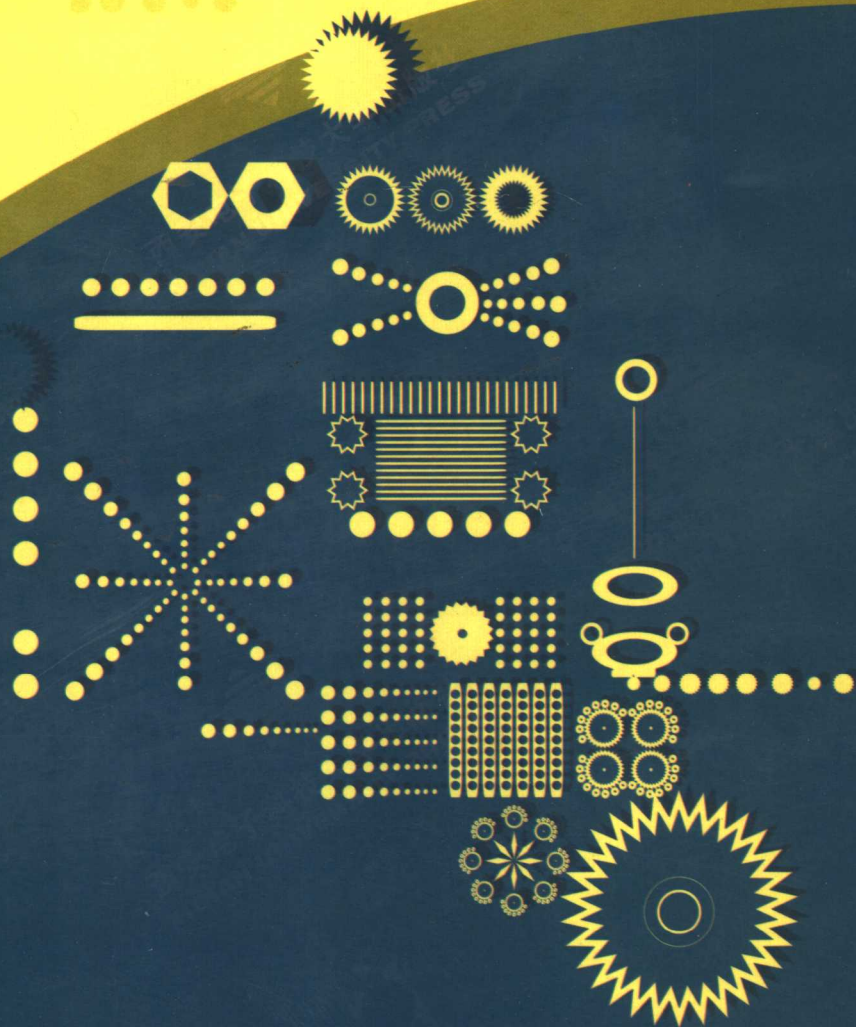


面向
21
世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐
机电类专业高职高专规划教材

先进制造技术

孙燕华 主编
李 华 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电类专业高职高专规划教材

先进制造技术

孙燕华 主编

李 华 主审

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书系统地介绍了各种先进制造技术和先进制造理念,论述了先进制造技术的特点、构成、技术内涵及其应用。全书共五章。第一章为绪论,总体介绍先进制造技术的定义、特点、发展历程及其构成与体系,先进制造技术的现状及发展趋势;第二章为现代设计技术,介绍计算机辅助设计(CAD)技术以及有限元分析、并行设计等一些现代设计方法;第三章为先进制造工艺技术,主要介绍精密成型技术,精密与超精密加工技术,超高速加工技术,特种加工技术,微细加工技术;第四章为制造自动化技术,介绍制造自动化技术的定义、内涵及发展历程,重点介绍了自动化制造装备,CAD/CAPP/CAM 一体化技术,柔性制造系统,计算机集成制造系统,智能制造系统等;第五章为现代生产经营和管理技术,介绍制造资源计划,企业资源计划,准时生产,精良生产,敏捷制造等先进管理方法和现代生产模式。

本书结构、体系合理,论述深入浅出,图文并茂,既可以作为机械设计制造及其自动化、工业工程、机械电子工程等工科专业高职高专教学用教材,也可作为工程技术人员参考读本以及自学教材。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术 / 孙燕华主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2006. 7

ISBN 7-5606-1687-9

I. 先… II. 孙… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 062233 号

策 划 毛红兵

责任编辑 张晓燕 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 12.5

字 数 289 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 16.00 元

ISBN 7-5606-1687-9 / TH·0057

XDUP 1979001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。



序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李宗尧

面向 21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任: 刘跃南 (深圳职业技术学院教务长, 教授)

副主任: 方 新 (北京联合大学机电学院副院长, 教授)

刘建超 (成都航空职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

杨益明 (南京交通职业技术学院汽车工程系主任, 副教授)

数控及模具组: 组长: 刘建超 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王怀明 (北华航天工业学院机械工程系主任, 教授)

孙燕华 (无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任, 副教授)

皮智谋 (湖南工业职业技术学院机械工程系副主任, 副教授)

刘守义 (深圳职业技术学院工业中心主任, 副教授)

陈少艾 (武汉船舶职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

陈洪涛 (四川工程职业技术学院机电工程系副主任, 副教授)

钟振龙 (湖南铁道职业技术学院机电工程系主任, 副教授)

唐 健 (重庆工业职业技术学院机械工程系主任, 副教授)

戚长政 (广东轻工职业技术学院机电工程系主任, 教授)

谢永宏 (深圳职业技术学院机电学院副院长, 副教授)

汽车组: 组长: 杨益明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王世震 (承德石油高等专科学校汽车工程系主任, 教授)

刘 锐 (吉林交通职业技术学院汽车工程系主任, 教授)

李春明 (长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任, 教授)

汤定国 (上海交通职业技术学院汽车工程系主任, 高讲)

李祥峰 (邢台职业技术学院汽车维修教研室主任, 副教授)

陈文华 (浙江交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

徐生明 (四川交通职业技术学院汽车系副主任, 副教授)

韩 梅 (辽宁交通职业技术学院汽车系主任, 副教授)

颜培钦 (广东交通职业技术学院汽车机械系主任, 副教授)

项目策划: 马乐惠

策 划: 马武装 毛红兵 马晓娟

电子教案: 马武装

前 言

制造业是国民经济的基石,制造技术(Manufacturing Technology)是制造业赖以生存和发展的主体技术。在一个国家的企业生产力构成中,制造技术的作用一般占 60%左右。先进制造技术是支撑制造业创造社会财富,使企业在激烈的市场竞争中保持竞争力和领先的手段。

为了更好地适应科技与生产的发展,满足教学与科研的需要,我们组织编写了这本《先进制造技术》,旨在将当前的先进制造技术和理念介绍并传授给广大学生,使学生了解现代制造技术的范畴,关注制造技术的发展及前沿,拓宽学生的知识面,培养学生探究新技术与不断创新的意识,使其逐步成为某项先进技术的实践者。

本书力求反映当前机械工程领域的先进制造技术及先进制造理念。在编写过程中,我们特别注重:

(1) 理论知识与实际应用的融通。注意理论知识的精简通俗,并结合工程领域的应用实例,对所涉及的每一项技术的基本概念、关键技术、发展水平和应用技术有一个清晰的阐述,使读者通过实际应用来领悟和理解技术理论。

(2) 技术传承与发展的连续。在介绍各种先进制造技术的同时,注重制造技术的历史沿革与发展轨迹的介绍,保证制造领域技术的连贯性与延续性,体现制造领域技术的先进性。

(3) 体系完整与典型性的兼顾。教材体系按现代制造技术的范畴与分类进行组织,反映制造领域的系统性和先进制造技术体系的完整性。各种技术以独立章节进行归类介绍,并选择典型的、运用较广的先进技术案例突出重点。

本书共分五章。第一章,第二章,第三章的 3.2、3.3 和 3.5 节,第四章的 4.1 和 4.2 节由孙燕华编写;第四章的 4.3~4.7 节由王骏编写;第三章的 3.1 和 3.4 节及第五章由芦敏编写。全书由无锡职业技术学院孙燕华任主编。

本书承蒙河南工业大学李华教授主审,在审阅过程中,李华教授提出了不少可贵的建议和意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写和出版过程中,得到了西安电子科技大学出版社等单位的大力支持,谨向有关同志表示诚挚的感谢;在编写过程中,参阅了大量的文献与资料,限于篇幅,没有一一罗列,在此也一并向原作者表示感谢!

由于先进制造技术发展迅猛,加之编者掌握的资料及水平所限,书中难免有不足甚至错误之处,敬请读者批评指正!

编 者
2006 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 先进制造技术及其主要特点	1
1.1.1 制造、制造技术、制造业与现代制造业背景	1
1.1.2 先进制造技术的定义	1
1.1.3 先进制造技术的特点	2
1.2 先进制造技术的构成及分类	3
1.2.1 先进制造技术的构成	3
1.2.2 先进制造技术的分类	4
1.3 先进制造技术的现状及发展趋势	6
1.3.1 世界制造业现状	6
1.3.2 先进制造技术在我国的发展	8
1.3.3 先进制造技术的发展趋势	10
复习思考题	11
第二章 现代设计技术	12
2.1 概述	12
2.1.1 现代设计技术定义与特点	12
2.1.2 现代设计技术体系	13
2.2 计算机辅助设计(CAD)技术	14
2.2.1 计算机辅助设计技术的产生及发展	15
2.2.2 计算机辅助设计的关键技术	16
2.2.3 CAD 系统软件与应用	19
2.3 有限元分析	20
2.4 并行设计	22
2.5 反求工程	24
2.6 绿色产品设计	26
复习思考题	28
第三章 先进制造工艺技术	29
3.1 精密成型技术	29
3.1.1 粉末冶金	29
3.1.2 精密洁净铸造	31
3.1.3 精密锻造	35
3.1.4 精密冲裁	36
3.1.5 精密焊接	37
3.1.6 快速原型技术	38

3.2 精密与超精密加工技术	42
3.2.1 精密与超精密加工技术概述	42
3.2.2 超精密加工方法	45
3.2.3 超精密加工刀具	46
3.2.4 超精密加工设备	48
3.2.5 超精密加工环境	50
3.2.6 超精密加工精度的在线检测及计量测试	52
3.3 超高速加工技术	52
3.3.1 超高速加工的概念与内涵	52
3.3.2 超高速加工技术的现状及发展趋势	53
3.3.3 超高速加工技术的优势	55
3.3.4 超高速切削的相关技术	56
3.3.5 超高速磨削的相关技术	62
3.4 特种加工技术	64
3.4.1 特种加工技术的特点及应用领域	64
3.4.2 电火花加工	65
3.4.3 电解加工	69
3.4.4 激光加工	73
3.4.5 离子束加工	78
3.4.6 超声加工	79
3.4.7 电子束加工	81
3.4.8 复合加工	85
3.5 微细加工技术	86
3.5.1 光刻技术	87
3.5.2 高能束刻蚀技术	88
3.5.3 LIGA 技术	89
3.5.4 牺牲层技术	90
3.5.5 硅微细加工技术	90
3.5.6 微细立体光刻技术	92
复习思考题	92
第四章 制造自动化技术	93
4.1 制造自动化技术概论	93
4.1.1 制造自动化技术的定义、内涵	93
4.1.2 制造自动化技术的发展历程及进展	93
4.1.3 制造自动化技术的关键技术	97
4.2 自动化制造装备	98
4.2.1 数控机床	98
4.2.2 加工中心	101
4.2.3 工业机器人	104

4.3 CAD/CAPP/CAM 一体化技术	113
4.3.1 CAD/CAM 基本概念	113
4.3.2 计算机辅助工艺设计 CAPP 技术	113
4.3.3 CAM 技术	119
4.3.4 CAD/CAM 集成技术	128
4.4 柔性制造系统	133
4.4.1 柔性制造系统概述	133
4.4.2 加工系统	136
4.4.3 物流系统	137
4.4.4 FMS 的刀具管理系统	144
4.4.5 FMS 的控制与管理系统	146
4.4.6 FMS 的应用情况和发展前景	147
4.5 计算机集成制造系统	147
4.5.1 概述	147
4.5.2 CIMS 的组成及其功能	149
4.5.3 CIMS 的信息集成技术	152
4.5.4 CIMS 的应用与发展	153
4.6 智能制造系统(IM)	154
4.6.1 基本概念	154
4.6.2 智能制造技术兴起的背景	154
4.6.3 智能制造技术的研究内容	155
4.6.4 智能制造的关键技术	156
4.7 虚拟制造	156
4.7.1 虚拟制造基本概念	156
4.7.2 虚拟制造的类型	157
4.7.3 其他虚拟技术	158
复习思考题	158
第五章 现代生产经营和管理技术	160
5.1 物料需求计划(MRP)和制造资源计划(MRP II)	160
5.1.1 MRP 的功能	160
5.1.2 MRP 的基本概念	160
5.1.3 MRP 的输入和输出	161
5.1.4 MRP 的计算项目	163
5.1.5 从 MRP 到 MRP II	163
5.1.6 MRP II 的基本组成及其特点	164
5.2 企业资源计划(ERP)	166
5.2.1 ERP 概念与历程	166
5.2.2 ERP 的主要功能模块简介	167
5.2.3 ERP 的实施过程	168

5.2.4 ERP 在我国的应用与发展	170
5.3 准时生产(JIT)	170
5.3.1 准时生产的基本思想	170
5.3.2 “看板”管理	172
5.4 精良生产(LP)	174
5.4.1 基本概念	174
5.4.2 精良生产的产生与推广	174
5.4.3 精良生产的特点	175
5.4.4 精良生产的体系结构	176
5.5 敏捷制造(AM)	177
5.5.1 基本概念	177
5.5.2 研究内容及支撑技术	178
5.5.3 国内外发展现状及应用	179
5.6 网络设计/制造技术(NM)	181
5.6.1 基于 Web 的设计/制造技术简介	181
5.6.2 网络设计/制造研究热点	183
5.6.3 国内外发展现状及应用	183
复习思考题	184
附录 英文缩写词索引	185
参考文献	190

1.1 先进制造技术及其主要特点

1.1.1 制造、制造技术、制造业与现代制造业背景

制造(Manufacturing)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。制造是一个很大的概念,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);按行业又可分为机械制造、食品制造、化工制造、IT 产品制造,等等。当今,人们对制造的概念又加以扩充,将体系管理和服务等也纳入其中。制造是人类所有经济活动的基石,是人类历史发展和文明进步的动力。

制造技术(Manufacturing Technology)是制造活动所涉及的一系列技术的总称,是提高产品竞争力的关键,也是制造业赖以生存和发展的主体技术。传统的制造技术仅强调工艺方法和加工设备。现代的制造技术不仅重视工艺方法和设备,还注重设计方法、生产组织模式、制造与环境和谐统一、制造的可持续性以及制造技术与其它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、军备竞争等内容。

制造业是以制造技术为主导技术进行产品制造的企业群体的总称,是工业的主体。根据我国现行统计划分,工业由制造业、采掘业以及电力、燃气和水的生产供应业构成,制造系指第二产业中除采掘业、电力和燃气及其生产供应业、建筑业以外的所有行业,包括 30 个大类、169 个中类、482 个小类。

自第一台计算机诞生至今的半个世纪,特别是近 20 年中,科学技术以前所未有的速度突飞猛进,世界进入了一个以信息科学为主导的全球化经济发展时代。特别是互联网(Internet)的发展和广泛应用,给世界制造业带来了翻天覆地的变化。在强大的 Internet 的支持下,国际合作已成为推进科技发展和推动各国制造业前进的强大动力。如果说以前是一个对抗性的竞争时代,则现在正在形成一个既竞争又合作的新时代。这就是现代制造业所面临的时代背景。

1.1.2 先进制造技术的定义

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)是一个相对的、动态的概念,是为了适应时代要求,提高竞争能力,对制造技术不断优化所形成的。虽然目前对先进制

造技术仍没有一个明确的、一致的定义，但经过对其内涵和特征的分析研究，可以将其定义为：“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并取得理想经济效果的制造技术总称。”

1.1.3 先进制造技术的特点

与传统制造技术比较，先进制造技术有以下 5 个特点。

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，而先进制造技术由于引入了微电子、信息技术，因而成为一个能驾驭生产过程的物质流、信息流和能量流的系统工程。例如，柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)技术是先进制造技术全过程控制物质流、信息流和能量流的典型应用案例。

2. 集成性

传统制造技术的学科，专业单一，界限分明，而现代制造技术使各专业、学科间不断交叉和融合，其界限逐渐淡化甚至消失，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。例如，加工中引入声、光、电、磁等特种切削工艺，并与机械加工组成复合加工工艺(超声磨削、激光辅助切削等)；又如生产技术与管理模式相结合产生了新的生产方式：敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)、并行工程(Concurrent Engineering, CE)、精益生产(Lean Production, LP)等。集成技术显示出高效率、多样化、柔性化、自动化、资源共享等特点。

3. 广泛性

传统制造技术一般单指加工制造过程的工艺方法，而现代制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到产品销售及用户服务等整个产品生命周期的全过程，成为“市场—产品设计—制造—市场”的大系统。

4. 高精度

现代制造对产品、零件的精度要求越来越高，在飞机、潜艇等军事设施中使用的精密陀螺、大型天文望远镜以及大规模集成电路的硅片等高新技术产品都需要超精密加工技术的支持。这些需求使激光加工、电子束和离子束加工、纳米制造、微机械制造等新方法得到迅速发展。

5. 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、灵活生产的基础制造技术，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。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环保压力，实现低耗、清洁；此外，还要应对人类消费观念的改变，满足多样化市场需求，实现灵活生产。

1.2 先进制造技术的构成及分类

1.2.1 先进制造技术的构成

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，有着不同的技术内涵。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、层次及其技术构成如图 1-1 所示。图中从内层到外层分别为基础技术、新型单元技术和集成技术，下面将分别论述。

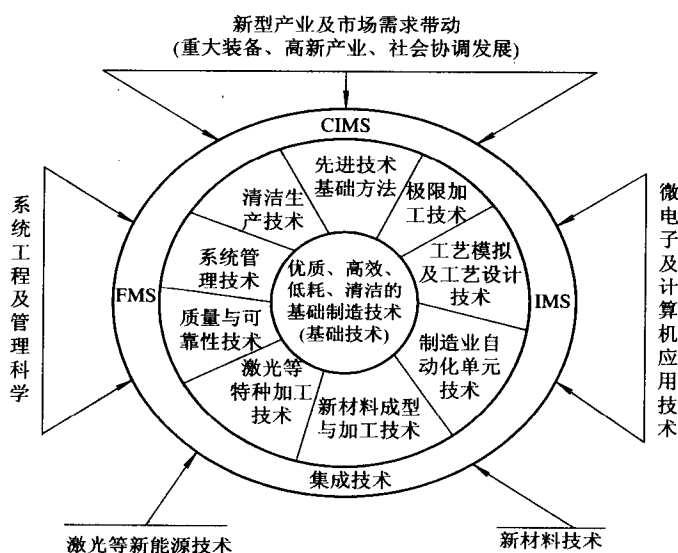


图 1-1 先进制造技术的内涵、层次及其技术构成

1. 基础技术

图 1-1 的最内层是优质、高效、低耗、少或无污染(清洁)的基础制造技术。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、精密成型、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、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

中间层是新型的先进制造单元技术。它是在市场需求及新兴产业的带动下，将制造技术与电子、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、先进技术基础方法、清洁生产技术、新材料成型与加工技术、激光等特种加工技术、工艺模拟及工艺设计优化技术等。

3. 集成技术

最外层是先进制造集成技术。它是应用信息、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。

国际上，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在 1994 年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。这三个技术群相互联系、相互促进，组成一个完整的体系。表 1-1 给出了先进制造技术的体系结构。

表 1-1 先进制造技术体系结构

主体技术群		支撑技术群	制造技术环境
面向制造的设计技术群 ① 产品、工艺设计 • 计算机辅助设计 • 工艺过程建模和仿真 • 工艺规程设计 • 系统工程设计 • 工作环境设计 ② 快速成型技术 ③ 并行工程	制造工艺技术群 ① 材料生产工艺 ② 加工工艺 ③ 连接和装配 ④ 测试和检验 ⑤ 环保技术 ⑥ 维修技术 ⑦ 其他	① 信息技术 • 接口和通信 • 数据库 • 集成框架 • 软件工程 • 人工智能 • 决策支持 ② 标准和框架 • 数据标准 • 产品定义标准 • 工艺标准 • 检验标准 • 接口框架 ③ 机床和工具技术 ④ 传感器和控制技术	① 质量管理 ② 用户/供应商交互作用 ③ 工作人员培训和教育 ④ 全国监督和基准评设 ⑤ 技术获取和利用

1.2.2 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. 现代设计技术

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，制定方案并使方案付诸实施的技术。它是一门多学科、多专业相互交叉的综合性很强的基础技术。现代设计技术所包含的内容有：

(1) 现代设计方法。现代设计方法包括产品动态分析和设计、摩擦学设计、防蚀设计、可靠性和可维护性及安全设计、优化设计及智能设计等。

(2) 设计自动化技术。设计自动化技术指应用计算机技术进行产品造型和工艺设计、工程分析计算与模拟仿真、多变量动态优化,从而达到整体最优功能目标,实现设计自动化。

(3) 工业设计技术。工业设计技术指开展机械产品色彩设计和中国民族特色与世界流派相结合的造型设计,增强产品的国际竞争力。

2. 先进制造工艺

现代制造工艺技术包括精密和超精密加工技术、精密成型技术以及特种加工技术等。

(1) 精密和超精密加工技术。精密、超精密加工技术采用去除加工(精密切削、磨削、研磨等)、结合加工(离子镀、晶体生长、激光焊接、快速成型等)、变形加工(精锻、精铸等)等加工方法,使工件的尺寸、表面性能达到极高的精度。现在的精密、超精密加工已经向纳米技术发展。

(2) 精密成型技术。精密成型技术是生产局部或全部、无余量或少余量半成品的工艺方法的统称,包括精密凝聚成型技术、精密塑性加工技术、粉末材料构件精密成型技术、精密焊接技术及复合成型技术等。其目的在于使成型的制品达到或接近成品形状的尺寸,并达到提高质量、缩短制造周期和降低成本的效果;其发展方向是精密化、高效化、强韧化和轻量化。

(3) 特种加工技术。特种加工技术是指那些不属于常规加工范畴的加工,如高能束流(电子束、离子束、激光束)加工、电加工(电解和电火花加工)、超声波加工、高压水加工以及多种能源的组合加工等。特种加工技术因其各自的独特性能而在机械、电子、化工、轻工、航空、建筑、国防等行业以及材料、能源和信息等领域得到了广泛的应用。

(4) 表面改性、制膜和涂层技术。表面改性、制膜和涂层技术是采用物理、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技术对产品表面进行改性、制膜和涂层,赋予产品耐磨、耐蚀、耐(隔)热、抗疲劳、耐辐射以及光、热、磁、电等特殊功能,从而提高产品质量、延长使用寿命和赋予新性能的新技术的统称,是表面工程的重要组成部分。

3. 自动化技术

制造自动化是指用机电设备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。其目的在于减轻劳动强度,提高生产效率,减少在制品数量,节省能源消耗以及降低生产成本。

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、传感技术、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

系统管理技术是指企业在市场开发、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)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。它是现代制造技术体系中的重要组成部分,对企业的最终效益提高起着重要的作用。

系统管理技术包括工程管理、质量管理、管理信息系统等,以及现代制造模式(如精益生产、CIMS、敏捷制造、智能制造等)、集成化的管理技术、企业组织结构与虚拟公司等生产组织方法。

1.3 先进制造技术的现状及发展趋势

1.3.1 世界制造业现状

制造产业是一个国家国民经济和综合国力的重要表现。制造技术的现状,在很大程度上反映了一个国家的工业发展水平。现代制造技术日益成为当代国际间科技竞争的手段。在企业生产力构成中,制造技术的作用一般占 60%左右。亚洲“四小龙”和日本的发展,在很大程度上是因为其对制造技术的重视,他们迅速崛起、腾飞的奥秘就在于这些国家和地区十分重视将发明通过制造技术形成产品,首先占领市场。

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及市场的牵引。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;在科技高速发展的推动下,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—柔性自动化—智能自动化”的方向发展。

1. 美国制造业的竞争策略

制造业是美国经济的主要支柱,美国财富的 68%来源于制造业。1991 年 9 月,在由美国总统办公厅指定的国家关键技术委员会向总统提出的双年度报告中,认定制造领域的国家关键技术包括:

- (1) 柔性计算机集成制造;
- (2) 智能加工设备;
- (3) 微米级和毫微米级制造;
- (4) 系统管理技术。

1992 年国家关键技术委员会又提出将先进制造技术作为国家关键技术。近几年来,美国政府所采取的主要措施有:

- (1) 1994 年从财政年度预算中拨款 14 亿美元支持先进制造技术研究开发;
- (2) 先进技术计划(ATP)1992 年已有 60 个项目获得资助;
- (3) 实施小企业革新研究计划(SBTR);
- (4) 实施工程研究中心建设计划(ERC);
- (5) 实施战略制造计划(STRATMAN);
- (6) 实施有益于环境的制造计划;
- (7) 实施制造科学与技术计划;
- (8) 建立航空航天、电子、机床等领域的敏捷制造研究中心;
- (9) 在一些大学设置制造工程系、专业、研究中心或实验室;

(10) 在美国科学基金会中, 制造工程与科学在工程领域列为独立学科, 以强化对其的支持。

分析美国在先进制造技术基础领域的研究现状, 其发展趋势大致如下:

(1) 面对大制造业, 用户需求启动研究。以 20 世纪 90 年代美国南方一个制造技术中心所从事的研究工作为例, 就涉及计算机控制、集成电路芯片制造、建筑自动化技术、新材料开发及应用、化工生产过程自动化、机械电子技术、信息集成、管理技术、食品生产线、生产过程监控技术、机器人化装配、航天机器人、加工工艺改进、新型加工设备等项目。其中的不少项目都是由需求启动的, 目的在于促进制造技术进步, 提高产品竞争力。

(2) 在制造业和制造技术较为发达的基础上, 注重制造模式的研究。从 20 世纪 70 年代迄今, 美国先后提出了计算机集成制造、精益生产、敏捷制造、企业重组(Reengineering)、轮型企业等几种生产模式。近几年, 研究工作逐步聚焦到敏捷制造上。

(3) CAD 普及率达 60% 以上。CAD 与 CAM 连接, 一些企业实现了少或无图纸加工。

(4) 在传统冷、热成型工艺基础上, 发展精度较高的成型工艺技术。

(5) 发展特种与复合加工工艺, 如高能束加工工艺等。

(6) 利用应用软件、传感器和控制系统建造新一代智能化机床和智能化加工单元, 通过建模、仿真来优化车、钻、铣、磨、模和注塑成型工艺过程。

(7) 生产准备工作柔性化和柔性工装卡具, 近几年成为制造领域的研究热点。

(8) 发展少或无污染和可拆卸回收的产品及其制造技术。

(9) 不少大学工学院多年来设置有技术与管理相结合的工业工程科系。近些年, 在大学工学院设置制造工程学科、中心、实验室的数目不断增加。

(10) 国家科学基金资助指南中, 制造工程与科学在工程领域列为独立学科, 与机械和结构学科分立, 强化对制造技术基础与应用基础研究的支持。

2. 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。在 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。在 1990 年, 仅日本 FANUC 公司生产的数控系统装置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“精良生产”(Lean Production)的概念, 而早在十多年前, 日本就已开始形成精良生产的模式。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。

半个世纪以来, 日本在数控机床、机器人、精密加工、精密机械和微电子工艺领域取得了世界领先的进展, 在机电一体化领域也较先进, 而在激光加工车间和无人化工厂建造方面, 则并没有达到预期的目的。

1990 年日本通产省提出了智能制造系统(IMS)的国际合作计划, 并约请美国、加拿大、澳大利亚、前欧共体参加研究, 由日本投资 10 亿美元。经过两年的可行性研究, 研究工作