



高等职业教育“十二五”规划教材

先进制造技术

曹 凤 主编



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

先进制造技术

曹 凤 主 编
陈应松 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是国家级数控技术专业教学团队编写的教材之一。全书共9章,包括制造业与先进制造技术概论、超精密加工技术、高速切削技术、快速原型制造技术、虚拟制造技术、微细加工与纳米制造技术、柔性制造与智能制造技术、绿色制造、先进制造模式等。本书具有以下特点:①取材合理、内容丰富,反映了近年来国内外先进制造技术的最新发展方向;②理论联系实际,注重工程应用;③语言简练、图文并茂、直观易懂,每章均附复习思考题,便于学生学习。

本书既可作为高等院校数控技术、机械制造及其自动化、计算机辅助设计与制造、机电一体化、模具设计与制造等相关专业的教材和教学参考书,也可作为各类成人教育相关专业的教材和教学参考书,同时可作为制造业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术/曹凤主编. —北京:科学出版社, 2014

(高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-040174-8

I. ①先… II. ①曹… III. ①机械制造工艺-高等职业教育-教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047428 号

责任编辑:李太铼 张雪梅 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年3月第一次印刷 印张:17 3/4

字数:410 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部门电话 010-62140850 编辑部电话 010-62130874 (HT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前言

制造技术是衡量一个国家或地区经济发展水平和综合实力的重要标志,制造技术的发展史也就是人类文明的发展史。纵观历史不难看出,人类历史上每一次科学技术的重大进展,都直接推动了制造技术的迅猛发展,从而也促进了人类的文明与进步。而随着人类的进步,人类需求也不断变化,因而又促进了制造技术和制造业的不断发展与进步。

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,在传统制造技术的基础上不断吸收机械、信息、电子、材料、能源及现代管理等方面的最新技术成果,并将这些技术优化、集成、综合应用于产品的开发、设计、制造、检测、管理及售后服务的全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷的制造,并取得理想的技术经济效益和社会效益的前沿制造技术的总称。

随着中国经济的快速发展,制造业已成为国民经济的支柱产业。社会经济和科学技术日新月异的发展,对制造业的精度、柔性和综合效率提出了更高的要求,传统的制造业已发生了根本性的变革,先进制造技术占据了重要地位,成为制造企业在激烈的市场竞争中立于不败之地并求得迅速发展的关键因素。

为了开阔专业视野,把握制造技术的发展趋势,促进先进制造技术在我国推广应用,培养高素质技能型专门人才,许多高校的数控技术、机电一体化、机械制造与自动化、模具设计与制造等制造类相关专业都开设了“先进制造技术”这门课程。本书贯彻了高职高专教育“以技能型应用型人才培养为主,重在实践”的原则,具有以下特点:

1. 取材合理、内容丰富,基本能反映近年来国内外先进制造技术的最新发展。
2. 理论联系实际,注重工程应用,书中介绍了较多先进制造技术的应用实例,兼顾了制造技术的先进性和实用性。
3. 作为一门后续专业课,侧重内容的前沿性、综合性和交叉性,尽量避免与先导课程的重复。
4. 语言简练、图文并茂、直观易懂,每章均附复习思考题,便于学生学习。

全书共9章:第1章主要讲述制造、制造业和制造技术的概念与制造技术的发展历史,先进制造技术的体系结构、分类、特点及其发展趋势,我国发展先进制造技术的必要性和对策;第2章主要讲述超精密加工的基本概念、关键技术及发展历史,超精密加工的主要加工方法、机床设备、工具和被加工材料、精度检测与误差预防及补偿、工作环境及应用;第3章主要讲述高速切削技术的基本概念、特点、关键技术及发展历程,高速切削的机床技术、刀具技术、工艺技术、CNC系统、CAD/CAM系统软件,高速切削技术的应用;第4章主要讲述快速原型制造的技术原理、特点、类型及其发展历程,快速原型制造的主要工艺方法及应用;第5章主要讲述虚拟制造的内涵、特点、分类及产生背景,虚拟制造系统的体系结构、关键技术,虚拟制造技术的应用;第6章主



要讲述微机械与微制造的基本概念、特征与主要类型,几种常用的微细加工技术(硅基微细加工技术、微细光刻加工技术、LIGA 技术、微细切削加工技术、微细特种加工技术)的技术原理、特点及应用,纳米制造的机理、特征、技术方法及应用;第 7 章主要讲述柔性制造系统的定义、组成、特征及发展历程,柔性制造系统中的加工系统、物流系统、控制与管理系统及应用实例,智能制造的含义、特征、模式、关键技术和典型案例;第 8 章主要讲述绿色制造的内涵、绿色产品、绿色设计、绿色材料的选择、绿色机械制造、绿色包装和绿色再制造;第 9 章主要讲述制造模式和先进制造模式的概念及其发展历程,几种主要的先进制造模式(精益生产、计算机集成制造、并行工程、敏捷制造)及制造业信息化的概念、特征、主要内容、运行方式、关键技术及其应用实例。

本书是国家级数控技术专业教学团队编写的系列教材之一,由成都工业学院曹凤担任主编,陈应松担任副主编。其中,第 1~4、6、8、9 章由曹凤编写,第 5、7 章由陈应松编写。全书由曹凤负责统稿和定稿。本书由国家级教学名师邱士安教授担任主审。

限于编者的水平和经验,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 制造业与先进制造技术概论	1
1.1 制造、制造技术与制造业	1
1.1.1 制造业相关概念	1
1.1.2 制造技术的发展历史	2
1.1.3 制造业的地位与作用	4
1.2 先进制造技术及其发展趋势	5
1.2.1 先进制造技术的基本概念和特点	5
1.2.2 先进制造技术产生的背景	5
1.2.3 先进制造技术的体系结构	6
1.2.4 先进制造技术的分类	9
1.2.5 先进制造技术的现状和发展趋势及特色	11
1.3 我国的制造业现状与发展先进制造技术的必要性和对策	14
1.3.1 我国制造业的现状	14
1.3.2 我国发展先进制造技术的必要性和对策	16
复习思考题	19
第 2 章 超精密加工技术	20
2.1 超精密加工技术概述	20
2.1.1 超精密加工的基本概念及加工方法	20
2.1.2 超精密加工的关键技术	21
2.1.3 超精密加工技术的发展历史	22
2.2 超精密加工的主要加工方法	24
2.2.1 超精密切削加工	24
2.2.2 超精密磨削加工	25
2.2.3 超精密研磨、抛光	26
2.2.4 超精密特种加工	26
2.3 超精密加工的机床设备	28
2.3.1 精密主轴部件	28
2.3.2 导轨及进给驱动装置	29
2.3.3 微量进给装置	29
2.4 超精密加工的工具和被加工材料	30
2.4.1 加工工具	30
2.4.2 被加工材料	31
2.5 超精密加工的精度检测与误差预防及补偿	32



2.5.1	加工精度检测	32
2.5.2	加工误差预防与补偿	32
2.6	超精密加工的工作环境	35
2.7	超精密加工技术的应用	36
	复习思考题	38
第3章	高速切削技术	40
3.1	高速切削技术概述	40
3.1.1	高速切削的基本概念	40
3.1.2	高速切削的特点与应用	40
3.1.3	高速切削技术的发展历程	42
3.1.4	高速切削的关键技术	43
3.2	高速切削机床技术	46
3.2.1	高速主轴和轴承	47
3.2.2	高速进给系统	48
3.2.3	机床支撑部件	50
3.3	高速切削刀具技术	51
3.3.1	高速切削刀具材料	51
3.3.2	高速切削刀柄系统	52
3.3.3	刀具平衡	56
3.4	高速切削工艺技术	56
3.4.1	高速切削的加工方式	56
3.4.2	高速切削加工的刀具路径	57
3.4.3	切削用量选择	58
3.4.4	冷却方式的选择	58
3.5	高速切削的 CNC 系统	58
3.6	高速切削的 CAD/CAM 系统软件	59
3.6.1	高速切削加工中的 CAD	60
3.6.2	高速切削加工中的 CAM	61
3.7	高速切削技术的应用	62
3.7.1	高速切削在航空航天工业中的应用	62
3.7.2	高速切削在模具工业中的应用	63
	复习思考题	65
第4章	快速原型制造技术	66
4.1	快速原型制造技术概述	66
4.1.1	快速原型制造技术产生的背景	66
4.1.2	快速原型制造的技术原理	66
4.1.3	快速原型制造的特点	68
4.2	快速原型制造的主要工艺方法	69



4.2.1	光固化成形法	70
4.2.2	选择性激光烧结法	71
4.2.3	熔融沉积制造法	73
4.2.4	分层实体制造法	75
4.2.5	三维立体印刷	77
4.2.6	无模铸型制造	79
4.3	快速原型制造技术的应用	80
4.3.1	快速原型制造技术在新产品设计开发中的应用	81
4.3.2	快速原型制造技术在模具制造领域中的应用	83
4.3.3	快速原型制造技术在快速铸造领域中的应用	84
4.4	快速原型制造技术的发展趋势	87
	复习思考题	89
第5章	虚拟制造技术	90
5.1	虚拟制造技术概述	90
5.1.1	虚拟制造产生的背景	90
5.1.2	虚拟制造的内涵和特点	91
5.1.3	虚拟制造的分类	92
5.2	虚拟制造系统的体系结构	93
5.2.1	虚拟制造的理论体系	93
5.2.2	虚拟产品设计	94
5.2.3	虚拟产品制造	95
5.3	虚拟制造关键技术概述	95
5.3.1	虚拟制造的技术体系	95
5.3.2	虚拟现实技术	97
5.3.3	虚拟产品建模技术	100
5.3.4	虚拟样机技术	102
5.3.5	虚拟加工技术	104
5.3.6	虚拟装配技术	105
5.4	虚拟制造技术的应用	110
5.4.1	虚拟制造技术的应用情况	110
5.4.2	虚拟制造技术在导弹发射装置研制中的应用实例	111
	复习思考题	115
第6章	微细加工与纳米制造技术	116
6.1	微机械与微制造	116
6.1.1	微机械及其特征和类型	116
6.1.2	微制造及其特征	118
6.2	微细加工技术	120
6.2.1	硅基微细加工技术	120



6.2.2	微细光刻加工技术	123
6.2.3	LIGA 技术	124
6.2.4	微细切削加工技术	126
6.2.5	微细特种加工技术	129
6.3	纳米制造技术	135
6.3.1	纳米制造技术概述	135
6.3.2	扫描探针显微镜加工技术	139
6.3.3	分子束外延技术	144
6.3.4	键合技术	145
6.3.5	纳米制造技术的应用	146
	复习思考题	150
第 7 章 柔性制造与智能制造技术		151
7.1	柔性制造系统	151
7.1.1	柔性制造系统概述	151
7.1.2	柔性制造系统的加工系统	154
7.1.3	柔性制造系统中的物流系统	160
7.1.4	柔性制造系统的控制与管理系统	175
7.1.5	柔性制造系统实例	178
7.2	智能制造系统	181
7.2.1	智能制造系统概述	181
7.2.2	智能制造系统的含义、特征和模式	182
7.2.3	智能制造的关键技术	185
7.2.4	智能制造的典型实例	186
	复习思考题	187
第 8 章 绿色制造		188
8.1	绿色制造的内涵	188
8.2	绿色产品	189
8.2.1	绿色产品的特点	189
8.2.2	绿色产品的种类	190
8.2.3	绿色标志	191
8.3	绿色设计	192
8.3.1	绿色设计的基本原则	192
8.3.2	绿色产品结构设计	193
8.4	绿色材料的选择	195
8.4.1	绿色材料的定义和特征	196
8.4.2	绿色材料的选用原则	196
8.5	绿色机械制造	197
8.5.1	绿色机械制造的概念	197



8.5.2 绿色制造工艺方法	198
8.5.3 绿色干切削技术	199
8.6 绿色包装	206
8.6.1 绿色包装的含义	206
8.6.2 绿色包装的发展历程	207
8.6.3 绿色包装的分级	207
8.6.4 绿色包装方法	208
8.7 绿色再制造	209
8.7.1 绿色再制造工程的含义	209
8.7.2 发展绿色再制造的重要意义	211
8.7.3 绿色再制造工程的关键技术	212
8.7.4 绿色再制造工程的应用	213
复习思考题	218
第9章 先进制造模式	219
9.1 先进制造模式概述	219
9.1.1 制造模式及其发展历程	219
9.1.2 先进制造模式简介	220
9.2 精益生产	222
9.2.1 精益生产概述	222
9.2.2 精益生产的基本原则	227
9.2.3 精益生产的主要管理方式	229
9.2.4 精益生产的实施	239
9.2.5 精益生产的应用实例	241
9.3 计算机集成制造	244
9.3.1 计算机集成制造与计算机集成制造系统	244
9.3.2 计算机集成制造系统的组成	245
9.3.3 计算机集成制造的体系结构	247
9.3.4 计算机集成制造的应用	249
9.4 并行工程	250
9.4.1 并行工程产生的背景及定义	250
9.4.2 并行工程的运行模式	251
9.4.3 并行工程的特征	252
9.4.4 并行工程的主要研究内容与关键技术	253
9.4.5 并行工程在先进制造技术中的地位、作用及应用情况	256
9.5 敏捷制造	258
9.5.1 敏捷制造提出的背景	258
9.5.2 敏捷制造的内涵	259
9.5.3 敏捷制造的要素与关键技术	260
9.5.4 敏捷制造对制造业的影响	263



9.6 制造业信息化	264
9.6.1 制造业信息化的概念及其发展历程	264
9.6.2 制造业信息化的主要内容与支撑技术	266
9.6.3 制造业企业信息化建设	267
复习思考题	271
主要参考文献	273

第 1 章 制造业与先进制造技术概论

制造业是国民经济的重要产业部门。它一方面创造价值,增加物质财富和产生新的知识;另一方面又为国民经济各部门及科学技术的进步和发展提供先进的手段和装备。在工业化国家中,约有 1/4 的人从事各种形式的制造活动;在非制造部门中,约有半数人的工作性质与制造业密切相关。随着我国经济的快速发展,制造业已成为我国经济的支柱产业。

1.1 制造、制造技术与制造业

1.1.1 制造业相关概念

1. 制造

制造通常指人类借助于手工或可利用的工具与能源,将原材料转化为最终物质产品的过程。制造的概念有狭义和广义之分。狭义上的制造是指产品的加工和装配过程;而广义上的制造则是包括产品全生命周期的过程。国际生产工程学会(CIRP)1990 年对制造的定义如下:“制造是一个涉及制造工业中产品设计、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

制造技术是制造业中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,其中最主要的影响因素是科学技术的推动和市场需求的牵引。

3. 制造业

制造业是指对制造资源,包括物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等,按照市场要求,通过制造过程转化为可供人们使用和消费的产品行业的总称。制造业所涉及的企业群体的总称。制造业所涉及的部门非常多,包括一般机械、食品工业、化工、建材、冶金、纺织、电子电气、运输机械等。表 1-1 是我国制造业的主要分类和构成。



表 1-1 我国制造业的主要分类和构成

类别	构成比例/%	类别	构成比例/%
金属制品	3.395	服装	5.018
一般机械	8.625	家具	1.542
运输机械	6.424	文教用品	4.292
电气设备	5.125	油加工	3.870
电子设备	4.588	化工	15.586
仪器仪表	0.998	建材	7.299
食品工业	15.335	黑色冶金	6.908
纺织	7.193	有色冶金	2.120
其他制造	1.681		

1.1.2 制造技术的发展历史

制造的英语单词为“manufacture”，源于拉丁语的 manu(手)和 facere(做)，说明制造的原意为手工制作。没有“制造”，就没有人类。恩格斯在《自然辩证法》中讲道：“直立和劳动创造了人类，而劳动是从制造工具开始的。”可以形象地讲，人类的历程是从制造第一把石刀开始的，而人类文明的发展也与制造业的进步密切相关。

近 200 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。

1. 早期的制造技术

早在石器时代，人类就开始利用天然石料制作工具，以获得生活资料。到了青铜器和铁器时代，人们开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等，以满足以农业为主的自然经济的需要。在绵延近万年的农业经济时代，制造业采用作坊式的手工业生产方式，生产的原动力主要是人力，局部利用水力和风力。

2. 工业革命

18 世纪 60 年代，英国人哈格里夫斯发明了珍妮纺纱机，1785 年瓦特改良了蒸汽机，从而揭开了第一次工业革命的序幕。这一时期制造技术获得了飞速的发展，手工劳动逐渐被机器生产所取代，制造业从手工作坊式生产转变为以机器加工和分工原则为中心的工厂式生产。第一次工业革命使英国成为工业大国。

3. 电气化

19 世纪 50 年代，法拉第电磁感应理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基



础。1866年德国科学家西门子制成了第一台发电机,从而迎来了制造业的电气化时代,被称为第二次工业革命。制造业进入批量生产和规范化生产时代,德国在第二次工业革命中异军突起,成为欧洲强国。

4. 自动化

20世纪初,内燃机的发明,使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,制造业进入自动化时代。特别是第二次世界大战(以下简称“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管理方式得到很大的发展。例如,福特汽车公司的大规模刚性生产线,使汽车的价格在几年内降低到原来的1/8,汽车进入了家庭,奠定了美国经济发展的基础。

5. 信息化

20世纪中叶开始的科技革命,被称为第三次工业革命,主要以计算机、微电子、原子能和空间技术的应用为标志,是一场涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间和海洋技术等诸多领域的信息控制技术革命,自此制造业进入了信息化时代。

这次科技革命不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革,影响了人类的生活方式和思维方式,也促进了制造业信息化、自动化技术的迅速发展,推动了制造业的生产模式由大、中批量刚性生产向多品种、小批量柔性生产自动化的转变。这一时期出现了许多新的制造技术和制造方法,如数控(numerical control, NC)技术、计算机数控、柔性制造技术、特种加工技术等。同时,有效地应用系统论、运筹学等原理和方法的现代生产管理模式,如准时制生产(JIT)、全面质量管理(TQM)等开始应用于生产,以提高企业的整体效益。

20世纪80年代以来,计算机及其网络技术的迅速发展,促进了制造业中包括设计、制造和管理等技术的自动化和集成化,如计算机辅助设计、计算机辅助制造和计算机辅助工艺规划(CAD/CAM/CAPP)、计算机辅助工程和计算机辅助测试(CAE/CAT)、物流需求规划(MRP)、企业资源规划(ERP)、柔性制造单元和柔性制造系统(FMC/FMS)、工业机器人等。体现新的制造模式的计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(CE)、精益生产(LP)得到实践、应用和推广。此外,各种先进的技术装备相继出现并有较大发展,如虚拟轴机床、微制造技术与装备、快速成形系统、激光加工技术与装备等。

美国在这场科技革命中成为世界上最有代表性的先进国家,先进制造技术的概念也最先由美国提出来。而日本也抓住机遇,以微电子技术在家用电器和汽车中的应用为契机,把彩色电视机、录音机、照相机、洗衣机、汽车等产品推向全世界,成为第二次世界大战后发展最快的经济大国。

6. 新能源

20世纪末到21世纪初,美国、德国、日本、中国等国家为解决目前的能源和环境



危机,发起了寻找和研发环保的可替代新能源活动,被称为第四次工业革命。其中生物能源被认为是实现循环能源经济的最优方案,可作为人类的主要能源,太阳能、风能可作为辅助和补充能源。因此,有学者认为生物工程将成为第四次工业革命的核心技术。

生物工程是以生物学理论和技术为基础,结合化工、机械、电子计算机等现代工程技术,自觉地操纵遗传物质,定向地改造生物或其功能,以产生大量有用代谢物或发挥它们独特生理功能的一项新兴技术。生物工程技术的广泛应用,将对人类社会的政治、经济、文化和生活等各方面产生巨大的影响,为世界面临的资源、环境和人类健康等问题的解决提供美好的前景。

7. 人工智能和纳米技术

有学者认为第五次工业革命的核心是人工智能,理由是机器的发展必将代替人的脑力劳动。各种经验的归纳、材料的整理、信息的归类和消化、文章的草拟等都可以由人工智能机器来完成。机器的高度自动化,必将带来一场更深刻、更广泛的科学技术革命,对各行业产生巨大的推动作用。

还有学者认为第五次工业革命的核心是纳米技术。早在 2000 年 3 月,时任美国总统的克林顿向国会发布了美国纳米技术促进计划,标题是“纳米技术:要引发下一场工业革命”。这个报告一发布,立刻在全世界引起强烈反响。欧洲、日本、中国等地区和国家都把发展纳米技术作为极其重要的战略决策来部署和实施。纳米技术是一种在纳米尺度空间内认识自然、进行生产和工作的方式。从生物技术及其产业的发展来看,应用纳米技术已是必然趋势。目前基因芯片研究已进入实验室,生物芯片组装就是纳米技术,生物酶也是在纳米尺度空间内,这些已成为纳米生物学研究的内容。而科学家已经发明了纳米勺子、纳米铲子、血管机器人等纳米工具。从节约资源、节省能源、净化环境等方面看,采用纳米材料将是下一步研究的重点。因此,纳米技术将在下一次工业革命中发挥重要作用。

无论是人工智能还是纳米技术,都预示着人类将从机械化、电气化、自动化的时代进入另一个更高级的智能化时代。各种先进制造技术的广泛应用所带动的空间和海洋技术等的发展,也标志着人类已从被束缚于地球表面的时代摆脱出来,进入了一个更为辽阔的陆、海、空立体发展的新时代。

1.1.3 制造业的地位与作用

在国民经济产业结构中,通常有三大产业:第一产业为农业;第二产业为工业;第三产业为服务业。工业中又分制造业、建筑业、采掘业及电力、煤气、水的生产供应业。我国工业在国民经济中所占比例为 52%,其中制造业产值又占工业总产值的 45% 左右。

制造业在整个国民经济中处于十分重要的地位,在工业经济时代,一个国家的制造业增长一般高于国内生产总值(GDP)的增长。例如,1950~1980 年期间,美国的 GDP 增长为 3.42%,而制造业的增长为 4.78%,制造业的贡献率为 36.5%。1992~1997 年,制



制造业是对美国经济增长贡献最大的部门,在此期间,美国经济年均增长率为3.1%,而制造业年均增长率达到5.2%。美国制造业的乘数效应也远远大于其他部门。制造业每1美元的最终销售额可以带来1.19美元的中间产品和服务,而服务业(第三产业)只能带来0.77美元。我国在1952~1980年间,国民收入增长率为5.5%,而制造业净产值的平均增长率为11.5%;1985~1995年间,我国GDP增长为9.94%,而制造业的增长为13.5%。我国制造业增加值占GDP的比例,1985年是31.7%,2000年后保持在35%左右。

由此可见,一个国家国民经济的发展速度、规模和水平在很大程度上取决于制造业的能力和技术水平的高低。如果一个国家的制造业发达,其经济必然强大。从英国、德国、美国和日本的崛起可以看出,大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没,因此世界各国都把制造业看做发展经济的基础工业。

1.2 先进制造技术及其发展趋势

1.2.1 先进制造技术的基本概念和特点

先进制造技术(advanced manufacturing technology, AMT)是制造业为了适应现代生产环境及市场的动态变化,在传统制造技术的基础上不断吸收机械、信息、电子、材料、能源及现代管理等方面的最新技术成果,并将这些技术优化、集成,综合应用于产品的开发、设计、制造、检测、管理及售后服务的全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、敏捷制造,并取得理想技术经济效果和社会效益的前沿制造技术的总称。

在这里,先进制造已不仅仅是传统意义上的机械制造,它的基本特点是大制造、全过程、多学科。大制造包括光机电产品的制造、工业流程制造、材料制备等,是广义制造的概念。而制造方法也被大大地拓展,不仅包括机械加工方法,还包括高能束加工、电化学加工等。全过程不仅指毛坯到成品,还包括市场信息分析、产品决策、设计、加工制造、销售、售后服务、报废产品的处理回收,以至产品全生命周期的设计、制造、管理。多学科指现代制造技术不单包括制造科学的内容,还涉及微电子、计算机、自动化、网络通信等信息科学,以及管理科学、生命科学、材料科学与工程等多学科领域的知识与技术。

与传统的制造技术相比,先进制造技术具有技术含量高、经济效益好、创新能力强、资源消耗低、环境污染少、产品质量精良、服务功能全、对市场变化的快速响应能力强等特点。

1.2.2 先进制造技术产生的背景

第二次世界大战结束之前的制造技术,可以统称为传统的制造技术。第二次世界大战结束之后,进入20世纪下半叶以来,各个国家和地区,由于发展经济和增强国防的需要和激烈的市场竞争的刺激,纷纷将传统的制造技术与新发展起来的科技成就相结合,形成并发展了先进制造技术。先进制造技术的产生和发展有其自身的社会经济、科



学技术及可持续发展的根源和背景。

1. 社会经济发展背景

随着社会经济的不断发展,市场环境发生了巨大的变化:消费者的需求日趋主题化、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。这就要求制造模式向着柔性制造模式发展,生产规模必须由大批量转为多品种、变批量。此外,全球性产业结构调整步伐加快,制造企业不但要着眼于全球市场的激烈竞争,而且还要加强全球企业和行业的配合与协作。

2. 科学技术发展背景

新技术革命使制造业的资源配置必须由劳动密集型转向技术密集型和知识密集型,制造技术要向自动化、智能化方向发展。科学技术和经济发展在推动制造技术进步的的同时,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、生产组织体系等。企业内部网(Intranet)和国际互联网(互联网)已经对制造业产生重大影响,并将产生更大的影响。

3. 可持续发展战略

有限的资源与日益增长的环境保护压力,要求制造业从生产的始端就注重节能与环保,以高效、节能、降耗、减污为目标,实现环境保护与经济发展的良性循环,最终达到可持续发展。

鉴于上述社会经济、科学技术、可持续发展等原因,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。传统的制造技术已变得越来越不应当今快速变化的社会经济形势,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。

1.2.3 先进制造技术的体系结构

由于先进制造技术所涉及的学科门类和相关技术非常广泛,国内外学术界对先进制造技术的体系结构有多种解释和划分,其中得到广泛认可的是以下3种。

1. FCCSET 先进制造技术体系结构

1994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提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。如图1-1所示,先进制造技术主要包括以下3个技术群:

- 1) 主体技术群,包含面向制造的设计技术群和制造工艺技术群。
- 2) 支撑技术群。
- 3) 制造基础设施(制造技术环境)。