



21世纪高等院校教材

先进制造系统导论

蒋志强 施进发 王金凤 等 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

面对全球技术、经济、市场变革的机遇与挑战,技术、经济将成为世界各国竞争的焦点和社会发展的主要动力。对制造业来说,竞争的核心将是新产品和新的制造技术的竞争。为适应 21 世纪技术和经济竞争的需要,以现代制造技术的前沿性、综合性、交叉性和适用性为原则,本书根据作者在先进制造系统领域多年的研究成果并参考国际、国内该学科的发展状况,以及有关参考文献编写而成。本书从系统思维、学科综合和技术集成的角度,反映先进制造系统所涉及的基本概念、原理和技术方法,主要内容包括先进制造系统的基本概念、理论体系框架与系统构成、先进制造工艺系统、先进制造装备系统、先进制造系统的设计、绿色设计与制造,以及典型先进制造系统等。

本书可作为高等院校机械工程、工业工程、管理工程以及与制造相关的本科生或研究生的专业基础课教材,也可供制造业工程技术人员、管理人员和决策人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造系统导论/蒋志强,施进发,王金凤等编著. —北京:科学出版社, 2006

ISBN 7-03-016945-X

21 世纪高等院校教材

I. 先… II. ①蒋…②施…③王… III. 计算机集成制造-研究
IV. TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 013549 号

责任编辑:林 建 贾瑞娜/责任校对:宋玲玲

责任印制:黄晓靖/封面设计:陈 敬

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>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 5 月第 一 版 开本 B5(720×1000)

2006 年 5 月第一次印刷 印张:27 1/2

印数 1—4 000 字数:527 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

制造业是实现产品设计目标、完成产品生产、保证产品质量、提高经济效益的基本方法和手段的产业总称。制造业是社会可持续发展的基石，它是衡量一个国家实力与水平的重要标志之一，也是创造社会财富和国民经济赖以生存发展的重要支柱产业。在工业化国家中，60%~80%的财富是由制造业提供的。而制造系统是实施制造的基本功能系统，因此，研究和学习制造系统的体系结构及其相关技术尤显重要和必要。

从远古时期的人们利用石器狩猎开始，制造工具就得到了重视。在开始阶段，制造业可以说是以一种手工的、分散的、单件的、低级的方法进行的，制造作为一种工业得到快速发展还是第一次工业革命之后的事。1784年瓦特在改进的蒸汽机上采用了离心式调速装置，开创了自动化装置应用的新篇章。20世纪初，汽车工业竞争激烈。1913年诞生的由专用机床组成的刚性流水生产线大大促进了汽车工业乃至整个制造业的发展。在此基础上，1947年出现了自动生产线。之后，数控机床、柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）等相继诞生。自20世纪80年代以来，生产环境发生了以下变化：①市场的动态多变、用户需求的多样化和个性化，使产品的生命周期缩短，供货期成为主要竞争因素。②由于市场的国际化，生产能力向全球扩散，产品走向国际市场，使国际竞争非常强烈。③产品技术含量提高，国际竞争紧密地依赖于制造技术的竞争，从而使制造系统的模式趋于开放、自律、分散。先进制造技术（AMT）的目的就是实现优质、高效、低耗、精良、敏捷的制造自动化和智能化。

随着科学技术日新月异的变化，尤其是以电子技术、信息技术、自动化技术、计算机与网络技术、人工智能技术和新材料技术为核心的新一代技术的迅速发展，市场全球化进程正在形成，市场响应的快速化、产品的客户化等要求促使制造业必须采用先进的制造模式来组织生产，传统的制造业及其制造系统正在发生深刻变化，有关制造系统的新概念、新技术和新方法不断涌现，先进制造系统的内涵也随着它的进展而不断地变化，且内容更加丰富。因而需要从系统思维、学科综合和技术集成的角度，研究先进制造系统所涉及的新概念、新理论、新技术和新方法，其目的是对先进制造系统及其主要的先进制造技术有一个系统和基本的了解，掌握制造系统的构成、分析、决策、规划设计的基础知识和基本方法，熟悉并掌握国内外先进制造系统的基本理论与生产模式，从而适应现代工业工程、管理工程等专业人才培养的需要。

本书从系统、整体的角度反映先进制造系统所涉及的基本概念、原理和技术方法,遵循“理论基础—制造技术—典型系统”的框架体系。全书分为7章:第1~2章主要讨论先进制造系统的理论体系框架与结构;第4~6章讨论先进制造系统中的重要技术(包括先进制造工艺系统、先进制造装备系统、先进制造系统的设计等);第7章介绍典型的先进制造系统。同时,本书每章后附有习题与思考题,并提供了丰富的案例。

本书由蒋志强、施进发、王金凤等编著。其中蒋志强负责总体策划和全书整合,并编写了前言、第1章、第2章、第7章的7.6~7.8节和英汉对照词汇表;施进发负责编写了第4章的内容;王金凤负责编写了第3章的内容;冯锡兰负责编写了第5章的内容;符寒光负责编写了第6章的内容;郑楠负责编写了第7章7.1~7.5节的内容。此外,宗学文、兰红波、杜建铭等博士参加了部分章节的审校工作。

本书是以现代制造技术的前沿性、综合性、交叉性和适用性为原则,根据编写者多年从事先进制造技术领域的研究成果并参考该学科发展的最新相关文献撰写而成,并得到中国博士后科学基金(项目号:2004036058),河南省高校杰出科研人才创新工程(项目号:2005KYCX001、2006KYCX022),河南省科技攻关计划(项目号:0424260002、0424260016、0424220192、0435020300),河南省重点科技攻关计划(项目号:0535010500、0535010700),郑州市科技攻关计划(项目号:052SGYG21110),河南省高校青年教师资助计划(豫教高[2003]100号),河南省软科学课题(0213052400、0413041500、0413031900),河南省教育厅自然科学研究计划(项目号:2003460001、2004790006、200510485004、200510485026、2006430014),河南省“十五”教育科学规划课题(项目号:2004-JKGB-631)等资助。同时还得到了西安交通大学先进制造技术研究所的专家和学者的鼎力协助,以及科学出版社的大力支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢!

由于先进制造系统是一门正在迅速发展的综合性交叉学科,涉及的学科多、知识面广泛,非作者等少数几个人的知识、能力和经历所能覆盖,加之作者水平的局限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正,并衷心希望在与读者的交流中得到新的知识和力量。

编著者

2005年12月于郑州

目 录

前言

第 1 章 先进制造系统概论	1
1.1 制造业的起源与发展	1
1.2 制造、系统和制造系统的定义与分类	5
1.2.1 制造的概念与制造原理	5
1.2.2 系统的定义与内涵	8
1.2.3 制造系统的定义与内涵	9
1.2.4 制造系统的分类	11
1.3 先进制造系统的概念和特点	14
1.3.1 先进制造系统的概念	14
1.3.2 先进制造系统的特点	16
1.4 先进制造技术的概念与特点	17
1.4.1 先进制造技术的定义	17
1.4.2 先进制造技术的体系结构与分类	19
1.4.3 先进制造技术的特点	21
1.5 先进制造模式的概念与特点	22
1.5.1 制造模式的概念	22
1.5.2 先进制造模式的定义	23
1.5.3 先进制造模式的特点	23
1.6 先进制造系统的发展趋势	24
习题与思考题	29
第 2 章 先进制造系统的理论体系框架与结构	30
2.1 制造系统概念模型与理论体系框架	30
2.1.1 制造系统的概念模型	30
2.1.2 制造系统的理论体系框架	34
2.1.3 先进制造系统的结构组成	39
2.2 先进制造系统的决策属性构成	41
2.2.1 概述	41
2.2.2 先进制造系统的决策框架模型	46
2.3 先进制造系统的总体结构	59

2.4	先进制造系统的功能构成	67
2.4.1	工程设计系统	67
2.4.2	制造过程系统	69
2.4.3	物流系统	71
2.4.4	质量保证系统	74
2.4.5	组织结构系统	76
2.4.6	管理信息系统	79
2.4.7	网络数据库支撑系统	84
	习题与思考题	86
第3章	先进制造工艺系统	88
3.1	概述	88
3.2	特种加工技术	95
3.2.1	电火花加工	95
3.2.2	电化学加工	97
3.2.3	激光加工	98
3.2.4	超声波加工	99
3.2.5	水喷射加工	100
3.2.6	电子束加工和离子束加工	101
3.3	快速成型制造技术	105
3.3.1	快速成型制造技术原理	106
3.3.2	典型的RPM技术	107
3.3.3	快速成型制造的特点	111
3.3.4	RPM技术的工艺装备、材料及软件	111
3.3.5	RPM技术的应用	114
3.4	高速加工技术	122
3.4.1	高速加工技术的兴起和发展	122
3.4.2	高速切削加工	125
3.4.3	高速加工中心	131
3.4.4	高速加工在制造业中的应用	131
3.5	精密与超精密加工技术	134
3.5.1	概述	134
3.5.2	精密和超精密切削	137
3.5.3	精密和超精密磨料加工	139
3.5.4	精密和超精密加工的磨料	141
3.5.5	精密和超精密机床	142

3.5.6 微细加工技术	145
3.5.7 精密和超精密加工的支持环境	150
3.6 纳米技术	151
3.6.1 纳米级加工的物理实质	151
3.6.2 纳米级加工精度	152
3.6.3 纳米加工中的 LIGA 技术	153
3.6.4 扫描探针显微加工技术	153
3.6.5 纳米材料	160
3.6.6 纳米电子学	161
3.6.7 纳米机械学	162
习题与思考题	162
第 4 章 先进制造装备系统	164
4.1 概述	164
4.2 机器人	169
4.2.1 机器人起源与发展概况	169
4.2.2 机器人的定义及分类	172
4.2.3 工业机器人	175
4.2.4 服务机器人	181
4.2.5 水下机器人	182
4.2.6 空间机器人	184
4.2.7 微机器人	186
4.3 数控机床	190
4.3.1 数控机床的工作原理与构成	190
4.3.2 数控机床的分类	191
4.3.3 计算机数字控制系统	194
4.3.4 加工中心	195
4.3.5 典型的数控机床与加工中心	196
4.3.6 数控机床的加工特点	200
4.4 DNC 系统	200
4.4.1 DNC 的概念及特点	200
4.4.2 DNC 系统的结构与组成	202
4.4.3 DNC 通信软件的功能和结构	204
4.5 物流系统	205
4.5.1 概述	205
4.5.2 机床上料装置	207

4.5.3	机床间工件传送装置	210
4.5.4	自动化仓库	215
4.6	柔性制造系统	218
4.6.1	FMS 的定义和组成	219
4.6.2	FMS 单元控制系统	222
4.6.3	FMS 的监控与诊断系统	223
4.6.4	FMS 的物料传输系统	225
4.6.5	柔性制造单元	227
4.6.6	柔性制造生产线	230
	习题与思考题	232
第 5 章	先进制造系统的设计	233
5.1	概述	233
5.2	先进制造系统的设计方法与建模工具	237
5.2.1	先进制造系统的设计方法	237
5.2.2	先进制造系统建模方法	240
5.3	快速响应工程	256
5.3.1	快速响应工程的主要内容	256
5.3.2	快速响应工程技术平台	257
5.3.3	案例 (汽车车身快速开发)	261
5.4	反求工程 (反求设计)	264
5.4.1	概述	264
5.4.2	反求工程的设计过程	265
5.4.3	反求工程设计的基本方法	272
5.4.4	应用案例	275
5.5	工业设计	276
5.5.1	概述	276
5.5.2	工业设计的定义与基本内涵	278
5.5.3	工业设计的基本要素	281
5.5.4	工业设计与创新	283
5.5.5	应用案例 (儿童自行车的创新设计)	285
	习题与思考题	288
第 6 章	绿色设计与绿色制造	289
6.1	绿色技术的产生与内涵	289
6.1.1	绿色技术产生的背景	289
6.1.2	绿色技术的基本概念	292

6.2 绿色产品	293
6.2.1 绿色产品的概念与内涵	293
6.2.2 绿色产品的认证	295
6.2.3 绿色产品的评价标准和评价方法	296
6.3 绿色产品设计技术	299
6.3.1 绿色设计的概念与特点	299
6.3.2 绿色设计过程	302
6.3.3 绿色设计系统方法	303
6.4 产品生态化设计	307
6.4.1 ED 的内涵	307
6.4.2 生态材料选择	309
6.4.3 面向拆卸的设计	310
6.4.4 面向回收的设计	314
6.5 再制造工程	317
6.5.1 再制造工程的发展	317
6.5.2 再制造工程的概念与内容	319
6.6 绿色制造技术	322
6.6.1 绿色制造的研究现状	322
6.6.2 绿色制造的概念、内涵和体系结构	324
6.6.3 绿色制造的研究内容体系	326
6.6.4 绿色制造的实施	329
6.7 案例	331
习题与思考题	334
第 7 章 典型先进制造系统	336
7.1 概述	336
7.2 计算机（现代）集成制造系统	338
7.2.1 概述	338
7.2.2 CIMS 的基本概念及内涵	341
7.2.3 CIMS 的组成与体系结构	343
7.2.4 CIMS 的应用	346
7.3 并行工程	348
7.3.1 并行工程的提出与定义	348
7.3.2 并行工程的体系结构	349
7.3.3 并行工程的关键技术	352
7.3.4 并行设计系统	353

7.3.5 并行工程的应用与实施	354
7.4 产品数据管理	359
7.4.1 PDM 的基本概念	359
7.4.2 PDM 系统的体系结构	361
7.4.3 PDM 软件系统的功能	361
7.4.4 PDM 系统的实施与应用	366
7.5 敏捷制造	370
7.5.1 敏捷制造提出的背景	370
7.5.2 敏捷制造的内涵与基本特征	371
7.5.3 敏捷制造系统的战略体系	373
7.5.4 实现敏捷制造的主要措施与关键技术	374
7.5.5 敏捷制造的应用实例	376
7.6 虚拟制造	379
7.6.1 虚拟现实技术	379
7.6.2 虚拟制造的基本定义与分类	381
7.6.3 虚拟制造的体系结构与关键技术	386
7.6.4 虚拟产品开发	388
7.6.5 虚拟制造的应用实例	392
7.7 精益生产(制造)	394
7.7.1 精益生产的提出背景	394
7.7.2 精益生产的内涵与特征	395
7.7.3 精益生产系统的实施过程及主要措施	397
7.7.4 精益生产在国内外航空工业中的应用	400
7.8 网络化制造系统	405
7.8.1 网络化制造的产生背景	405
7.8.2 网络化制造系统的基本概念和定义	406
7.8.3 网络化制造的内涵与特点	410
7.8.4 网络化制造系统的功能结构和关键技术	413
7.8.5 网络化制造的应用实例	416
习题与思考题	419
参考文献	421
英汉对照词汇表	424

第1章 先进制造系统概论

制造业是创造社会财富的支柱产业。制造业的水平反映了一个国家或地区的经济实力、国防实力、科技水平和生活水准，制造业的先进与否是一个国家经济发展的重要标志。统计表明，制造业为工业化国家创造了60%~80%的社会财富，是国际贸易中主要交易物品的源泉。例如，1700~1990年的290年中，制造货物占世界贸易总额的75%，而农业与原材料产业只占25%。各国实践证明，一个没有足够强大制造业的国家不可能是一个先进、富强的国家，先进的制造业是人民物质文化生活不断提高，综合国力与国防力量不断增强的保证。又如，在上述290年中，机器装备占世界贸易总额的35.7%，是国际贸易中第一大宗货物。所以，各大国一直把发展先进制造作为长期国策。例如，美国国家工程科学院在1991年将“制造”、“科学”与“技术”确定为美国国家经济增长和国家安全保证的三大必保主题。

本章在介绍制造业的起源与发展基础上，着重介绍制造、系统和制造系统的定义与分类，详细阐述了先进制造系统、先进制造技术和先进制造模式的概念、特点与体系结构，以及先进制造系统的发展趋势等内容。

1.1 制造业的起源与发展

制造业的发展可以分为三个时代：古代、近代和现代。

1) 古代制造业的发展

古代没有明确的制造业分类，也没有较为系统的制造业发展史料。原始的工具制造是人类社会制造业的最早萌芽。随着狩猎和采集技术的改进，人们制造的工具日趋精细，种类越来越多，出现了有组织的石料开采和加工，形成了原始制造业。大约在1万年前新石器时代，人类从采集和狩猎转向耕作和畜牧，人们利用石器作为劳动工具，制造处于一种萌芽阶段。到了五千多年前青铜器时代和之后的铁器时代，为了满足以农业为主的自然经济的需要，制造以手工作坊的形式出现，主要是利用人力进行纺织、冶炼、铸造各种农耕器具等原始制造活动（图1-1~图1-5）。

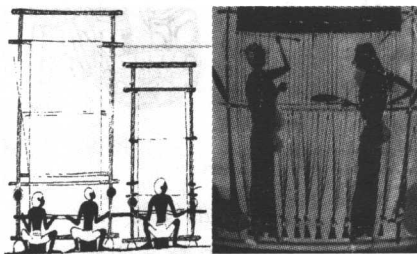


图 1-1 古代埃及人的纺织作坊(约 1600B. C.)

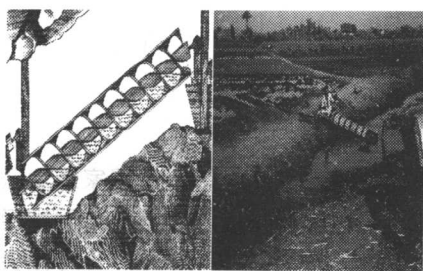


图 1-2 古希腊的阿基米德螺旋泵(287B. C.)

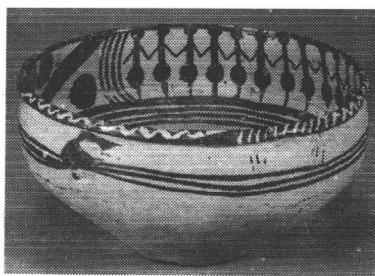


图 1-3 新石器时代的舞蹈纹彩陶盆 (3300B. C. ~2050B. C.)

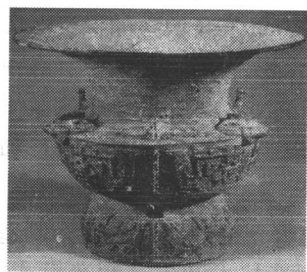


图 1-4 中国商后期制作的青铜器 (1400B. C. ~1100B. C.)



图 1-5 造纸与印刷术

如图 1-6 所示的弓形钻是公元前 3000 年以前（史前期）的重要工具，它由燧石钻头、钻杆、窝座和弓弦等组成，可用来钻孔、扩孔和取火。弓形钻后来又发展成为弓形钻床（图 1-7）和弓形车床（图 1-8）。



图 1-6 弓形钻



图 1-7 弓弦钻床

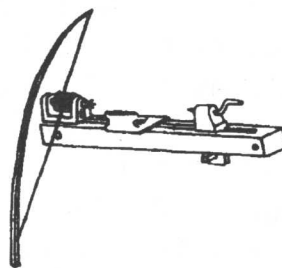


图 1-8 弓弦车床

2) 近代制造业的发展

18 世纪中叶，瓦特发明蒸汽机后，制造业取得历史性进步。机械技术与蒸汽动力技术相结合，出现了火车、轮船、由动力驱动的纺织机械和金属切削机床

等，产生了第一次工业革命，近代工业化大生产开始出现。而后，直流发电机和三相异步电动机的发明，标志着电气化时代的开始，电作为新的动力源大大改变了机器结构和生产效率。这一阶段出现了以经验管理为主的原始机械工厂为代表的制造系统。但是在19世纪末以前，制造系统的总体水平仍然很低，体现在生产力水平低下、生产过程简单、分工不专业、生产规模小等方面（图1-9、图1-10和图1-11）。

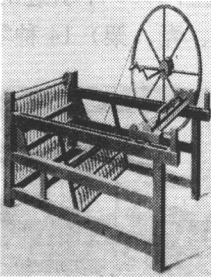


图 1-9 珍妮纺纱机

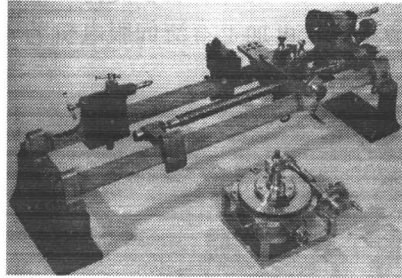


图 1-10 莫兹利发明的车床

19世纪末20世纪初，内燃机的发明引发了制造业的又一次革命，制造业进入以兵器工业和汽车制造为代表的大批量生产时代，出现了流水生产线，分工日趋明确，工厂的管理也从经验为主的管理方式向以泰勒管理方法为代表的科学管理方式转变。20世纪20~30年代的制造系统是机群式生产线，即按工序特征组织生产；20世纪40~50年代，制造系统以能量驱动型的刚性生产线为代表，其特点是高生产率、刚性结构，很难适应产品的品种变化。为了降低成本，特别是降低劳动力成本从而获得高效益，制造业形成了“规模效益第一”的生产方式，这种大量生产方式一直持续到20世纪60年代，刚性大规模生产线即是这一阶段典型的制造系统模式。

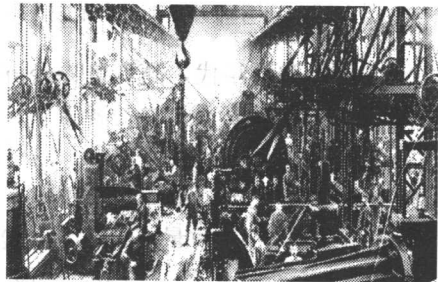


图 1-11 19世纪的机器制造工厂

近代中国规模最大的制造企业是江南制造局，1865~1891年已拥有13个工厂，它制造了中国第一艘兵轮，炼出中国第一炉钢水，并最早引进国外先进技术。

3) 现代制造业的发展

第二次世界大战后，市场需求模式发生重大变化，制造模式和制造技术必然

随之发生变化。1948年数字计算机融入制造领域，1952年美国推出了数控机床并很快得到工业应用（图1-12），自此世界开始迈进了数字化制造时代，20世纪60年代是计算机技术和制造技术扩大融合的年代。

20世纪70年代，随着市场竞争的加剧，大规模生产方式开始逐步向多品种、中小批量生产方式转变。电子技术的发展，特别是大规模集成电路的出现，各种工艺技术及装备的进步以及自动化技术的发展，为多品种、中小批量的生产方式提供了技术支持和装备支持，如图1-13所示。我国1985年引进的第一条柔性制造系统，可加工直流伺服电机的4大类（轴、盘、壳、架）14种零件。

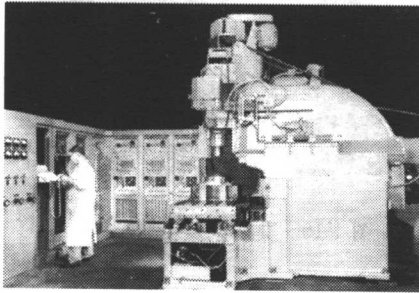


图 1-12 美国研制的数控机床

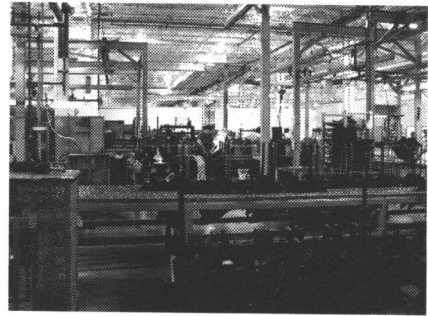


图 1-13 柔性制造系统

到20世纪80年代，随着世界经济和人们生活水平的提高，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；另一方面则是市场竞争日趋全球化和激烈化。这一时期内，基于先进的计算机技术和自动化技术，发展各种先进的单元制造技术，从而优化制造系统的交货或新产品上市时间（time, T）、产品质量（quality, Q）、产品成本（cost, C）、服务（service, S）成为制造系统赢得竞争的主要手段。这些单元制造技术主要包括：计算机辅助设计（computer aided design, CAD）、计算机辅助工艺规划（computer aided process planning, CAPP）、计算机辅助制造（computer aided manufacturing, CAM）、直接数字控制（directed numerical control, DNC）、柔性制造系统（flexible manufacturing system, FMS）、制造资源规划（manufacturing resource planning, MRPII）、成组技术（group technology, GT）等。

20世纪90年代是信息时代，信息技术尤其是网络技术的发展给世界带来了巨大变化，全球经济一体化进程打破了传统的地域经济发展模式，市场变得更加广阔。在这种时代背景下，快速响应、瞬息万变的市场需求成为制造系统赢得市场竞争的焦点。围绕这一目标，产生了许多先进的制造系统模式，如并行工程（concurrent engineering, CE）、敏捷制造（agile manufacturing, AM）、虚拟制造（virtual manufacturing, VM）等制造系统模式。

近年来,随着全球环境的日益恶化,制造业对于环境所产生的影响已不容忽视。如何使制造业尽可能少地产生环境污染是当前制造科学面临解决的重大问题。于是,以绿色制造为代表的环保型制造系统受到广泛关注,这类制造系统以如何最有效地利用资源和最低限度地产生废弃物为目标,是面向21世纪的现代制造模式,它的实施将带来21世纪制造业的一系列重要变革和创新。

4) 制造业在社会历史中的发展特征

通过制造系统的发展历程可以得到以下结论:制造业的发展成就主要集中于数字化、信息化、系统化和科学化等领域,且制造系统的发展总是与社会生产力水平的发展、先进制造技术的应用、市场需求的变化、社会需求的变化这四大因素紧密相关,如图1-14所示。纵观历史,制造业经历了工具化、机械化、电气化、自动化、电脑化/网络化/信息化和知识化。所谓“化”是指性质或状态的根本转变。

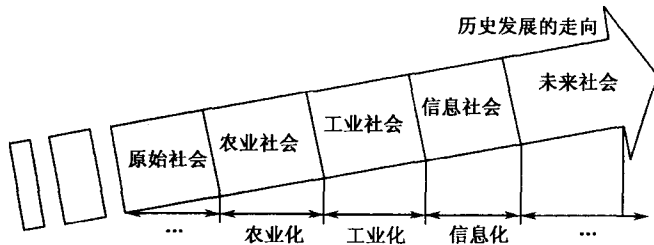


图 1-14 社会历史发展与现代制造技术的发展

1.2 制造、系统和制造系统的定义与分类

1.2.1 制造的概念与制造原理

1. 制造的概念与内涵

什么是制造?什么是制造业?到目前为止,还没有关于这两个概念的统一定义。

狭义上,一般将“制造”理解为产品的机械工艺过程或机械加工过程,即一种将有关资源(如物料、能量、资金、人力资源、信息等)按照社会的需求转变为新的有更高应用价值的资源(如有形的物质产品和无形的软件、服务等产品)的行为和过程。例如,朗文词典对“制造”(manufacture)的解释为“通过机器进行(产品)制作或生产,特别是大批量生产(to make or produce by machinery, esp. in large quantities)”。广义上,“制造”的概念和内涵在“范围”和

“过程”两个方面大大拓展。在范围方面，制造涉及的工业领域远非局限于机械制造，而是涉及机械、电子、化工、轻工、食品、军工等国民经济的大量行业。在过程方面，广义制造不仅指具体的工艺过程，而是包括市场分析、产品设计、生产工艺过程、装配检验、计划控制、销售服务和管理等产品整个生命周期的全过程。例如，国际生产工程学会（CIRP）在1983年给“制造”下的定义是：制造是制造企业中涉及产品设计、物料选择、生产计划、生产、质量保证、经营管理、市场销售和服务等一系列相关活动和工作的总称。

综上所述，“制造”目前有两种理解：一是狭义制造概念，指产品的“制作过程”，可称作“小制造概念”，如机械加工过程；二是广义制造概念，指产品整个生命周期过程，又称为“大制造概念”。从广义上理解，制造是将可用资源（包括能源）通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的工业品或生活消费品的产业，它涉及国民经济的大量行业，如机械、电子、化工、食品、军工等。本教材所涉及的制造概念主要指“大制造概念”。

根据制造的概念，可以从以下三个方面理解制造的原理，即制造的功能可以从下述三个方面加以实现。

(1) 制造工艺过程。制造过程必须将原材料经过一系列转换使之成为产品，这些转换既包括原材料在物理性质上的变化，又包括原材料在化学性质上的变化。通常将上述转换称为制造工艺过程，如对原材料的切削加工是一个典型的制造工艺过程。

(2) 物料流动过程。制造过程总是伴随着物料的流动过程，包括物料的采购、储存、生产、装配、运输、销售等一系列活动。

(3) 信息流动过程。制造过程中，除了物料的流动，还始终伴随着信息的流动。从信息的角度，制造过程可以看成是一个信息的加工过程。一方面，制造企业捕获原始的市场信息和技术信息，通过产品设计、工艺设计、加工制造等一系列活动形成市场需要的产品，在整个制造过程中同时伴随着产品信息处理；另一方面，制造企业通过生产计划与控制手段管理整个生产过程，使制造过程能够顺利和协调地进行。因此，制造过程中还伴随着大量的管理和控制信息。

上述三个方面中，工艺过程直接改变原材料的性质；物流从“物”的方面完成制造的基本功能；信息流的畅通、有序的流动则保证生产出理想的产品以及生产的顺利进行。

2. 制造、加工与生产辨析

1) 制造与加工辨析

(1) 制造 (manufacturing)。原指通过人工或机器使原材料变为可供使用的物品，如制造机器、制造工具等。现指产品的全生命周期过程的全部活动，包括

从市场分析、产品开发、生产技术准备（含产品设计、编制产品工艺、设计和制造工艺装备等），到产品的生产（指产品的加工和装配）、生产组织与计划管理（含物流控制和仓储）、质量保证、包装和发送以及报废后的回收和再制造等。

(2) 加工 (machining)。是指把原材料变换成产品的直接物理过程。它通过改变原材料（或毛坯，或半成品）的形状、性质或表面状态，来达到设计所规定的技术要求。

(3) 制造与加工的比较。从狭义制造的含义已知，制造包含加工和装配。通常认为加工与装配是并列的，加工是制造中的关键活动之一，加工系统是制造系统中一个主要的子系统。由于长期以来人们并未规范“制造”和“加工”的含义，致使二者经常混淆不清。要理解“制造”术语的含义，需要根据特定的场合去判断。人们有时把“制造加工”罗列在一起使用；有时又不得不沿袭习惯的用法，如“柔性制造系统”，其实称之为“柔性加工系统”或“柔性装配系统”更为确切，但既已习惯，只好顺其自然。

2) 制造与生产辨析

(1) 生产 (production)。原指人们使用工具来创造各种生产资料和生活资料的活动。现指把各种生产要素的输入转变为产品（包括软件和服务等）的输出过程。

生产过程包括四个要素：生产对象，是指完成生产活动所使用的原材料和辅助材料；生产劳动，包含每个劳动者用于进行生产活动的体力和智力；生产资料，指借助于生产劳动把生产对象转变成产品的手段，包括机器设备、夹具、工具等硬特性；生产信息，是为有效地进行生产过程所用到的知识，它包含了生产工艺、生产技术管理等软特性，信息在生产过程中的作用将变得越来越重要。

(2) 制造与生产的比较。鉴于当今学科交叉融合的缘故，制造与生产一直没有明确的界定。中英译文含混不清，对 manufacture 可译为“制造”或“生产”，有的认为生产是加工、制造的同义词，也有的罗列为“生产制造”或“制造生产”来使用。其主要区别与联系在于：

从词义描述的过程来看，根据前述国际生产工程学会的定义，制造包含了生产。制造系统的基本活动是供应、生产、销售，且以销售为目标，以生产为主线，以供应为保证。产品设计属于对生产的信息供应。生产过程是制造过程中的一个基本活动。生产系统是制造系统中的一个子系统。但是，当采用狭义制造的概念时，制造系统是生产系统的一个组成部分，制造系统是一个生产单元，这里的制造实际上是加工与装配。

从词语使用的范围来看，制造是工程学中的一个常用术语。生产是经济学中的一个常用术语。生产是指以一定生产关系联系起来的人们利用劳动工具改变生产对象以满足需求的过程。社会再生产过程包括四个环节：生产、交换、分配和