

企业信息化之路丛书

敏捷虚拟企业

——21 世纪领先企业的经营模式

张旭梅 黄 河 刘 飞 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

21 世纪全球化企业竞争的趋势迫使企业寻求新的制造模式来适应这种全新挑战。美国首先提出并实践的敏捷虚拟制造就是解决上述问题最有效的途径。

本书在总结作者多年研究成果的基础上,介绍了敏捷制造出现的时代背景以及敏捷制造的内涵、特性要素和使能子系统,并重点对敏捷制造的组织形式——敏捷虚拟企业进行了详细论述,包括敏捷虚拟企业的合作形式、生命周期、基础结构、支持系统、后勤系统、实施关键技术等,最后给出了国内外的一些典型案例。

本书内容系统全面,结构合理,紧密结合企业实际,是反映敏捷制造和虚拟企业的最新研究成果,对各类企业领导和管理人员、高校科研人员和学生都有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

敏捷虚拟企业——21 世纪领先企业的经营模式/张旭梅,黄河,刘飞编著.—北京:科学出版社,2003

(企业信息化之路丛书)

ISBN 7-03-011068-4

I. 敏… II. ①张… ②黄… ③刘… III. 网络企业-企业管理
IV. F276.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 110703 号

责任编辑:陈 亮/责任校对:朱 光 光

责任印制:安春生/封面设计:耕者工作室

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2003 年 3 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—3 000 字数: 296 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

21 世纪，市场竞争日益加剧，产品生命周期越来越短，经济全球化的步伐越来越快。如何面对越来越严峻的生存环境，成为每个企业迫切需要解决的问题。

众所周知，二战后，美国制造业经历了独霸全球的鼎盛时期。但 20 世纪 80 年代，美国的经济出现了衰退，原因之一是把制造业列为“夕阳产业”，不予以重视。而与此同时，自 20 世纪 60 年代开始，日本由于重视先进制造技术，使经济迅速崛起，把原来美国占绝对优势的产业（如汽车、照相机、家电、机床、复印机、半导体等）变成了自己的主导产业，占领了世界市场包括欧美市场。加上 20 世纪 70 年代以来依靠制造业发展起来的亚洲新兴工业国家和地区（包括中国台湾、中国香港、新加坡和韩国），使得世界制造业变成多极化的局面。

20 世纪 80 年代末，美国开始反思。1987 年美国国防部提出了一份报告。该报告指出，为了重振美国经济雄风，并在 21 世纪全球经济竞争中保持经济霸主的地位，美国必须大力发展制造业，那种认为信息革命的来临意味着制造业衰退的看法是不对的。这份报告一经发表，立即受到美国各界的广泛重视。为了重振美国制造业雄风，美国学术界与工业界于 1991 年在向美国国会提交的一份名为《21 世纪制造企业战略》的研究报告中联合提出了敏捷制造的概念。

《21 世纪制造企业战略》认为，当前工业界存在的一个普遍而重要的问题，是商务环境的变化速度大大超过了企业的跟踪调整能力。面对日趋丰富且不断演化的客户需求，企业如果不能及时加以满足，就会失去它们原有的市场份额；而要及时加以满足，就必须提高企业在各方面的应变能力。在此情形下，如何增强企业的应变能力就成为企业提高竞争力的关键。报告将企业的应变能力定义为企业的敏捷性，敏捷制造的概念也由此引申而来。

另一方面，在市场竞争越来越激烈、新技术出现与更迭的速度越来越快的今天，可以说没有哪一个企业能够庞大和强大到独自拥有所需的全部新技术，以及独立开发、生产这些新产品的人才、资金和技术，因而在《21 世纪制造企业战略》研究报告中还提出了敏捷虚拟企业概念。报告指出，面对变化，企业应该根据需要及时地将各种适当的资源集成在一起，形成“动态联盟”。这些资源可以来自大公司的不同部门，也可以来自不同国家、不同地区的不同公司。各合作方地位平等，以“共赢”为合作基础，没有上下级的控制关系。这种联盟是临时性的，随市场机遇产生，又随市场机遇逝去而消亡。

敏捷虚拟企业是敏捷制造最核心的概念，是敏捷制造的组织形态和经营管理模式。这种新型的企业组织模式是对传统企业组织模式的创新，通过它，企业能够以最快的速度、最低的成本、最小的风险跟踪市场动向，实现敏捷化的要求。

例如，美国波音公司在研制投资 40 多亿美元的波音 777 喷气客机的过程中运用“敏捷虚拟企业”的思想使波音公司及其联盟者受益匪浅。波音公司在 777 飞机的研制过程中与多个国家的企业开展了合作，打破了国与国、企业与企业之间的界限，由公司庞大的计算机网络协调分散在世界各地的合作伙伴进行设计和制造。波音 777 飞机是在美国进行概念设计，在日本进行部件设计，而零件设计则在新加坡完成。波音公司在网络上建立了 24 小时工作的协同设计队伍，大大加快了产品设计进度。他们先对飞机的每一部件进行设计，然后运用计算机软件将其“组装”成一个三维飞机模型，接着设计者和邀请的“顾客”可以在计算机虚拟世界中“步入”飞机或“操纵”飞机，检测它的各个部分，提出修改意见。直到几乎没有问题后，公司才着手准备实物零件的制造和组装。借助于计算机网络，波音公司不仅吸收了世界上最优秀的设计能力，而且大大降低了设计的时间和成本。这样，从 1990 年 10 月开始设计到 1994 年 6 月，波音 777 客机仅用了 3 年零 8 个月就二次试飞成功，投入运营。敏捷虚拟企业的所有参与者也都因为时间和成本的双重节约而受益。

事实上，敏捷制造、敏捷虚拟企业的概念一经提出，立刻在全球范围内引起热烈反响，学术界、企业界、商业界都积极投身于敏捷虚拟企业的研究与实践，成为理论与商务实践的热点。

1992 年由美国国会和工业界在里海大学建立了美国敏捷制造企业协会，该协会每年召开一次有关敏捷制造的国际会议；1993 年美国自然科学基金会和国防部联合在纽约州、伊利诺斯州、得克萨斯州建立了三个敏捷制造国家研究中心，分别研究电子工业、机床工业和航天国防工业中的敏捷制造问题；从 1994 年开始，由美国敏捷制造企业协会（Agile Manufacturing Enterprise Forum, AMEF）牵头，有近百家公司和大学研究机构分别就敏捷制造的 6 个领域（集成产品与过程开发/并行工程、人问题、虚拟企业、信息与控制、过程与设备、法律障碍）进行深入研究；目前美国进行敏捷制造、虚拟企业实践的公司、企业已不计其数。日本、欧共体等国家也成立了类似美国的敏捷化协会的组织在进行敏捷制造和虚拟企业的研究。

目前世界各国有很多专门或重点进行敏捷虚拟企业研究的项目和计划。如美国的 NIIP、AIMSNet、TEAM、MAVE、Commerce Net，日本的 IMS，欧共体（如德国、法国、荷兰、葡萄牙、爱尔兰等）和拉丁美洲（如巴西、阿根廷等）的 PRODNET II、MASSIVE、X-CITTIC、VEGA、PLENT 等。世界各大著名公司也在进行敏捷虚拟企业的实践，如 DELL、CISCO、IBM、福特等。

我国对敏捷制造、敏捷虚拟企业的研究也相当重视。1995年10月在北京召开的我国863/CIMS发展战略研讨会上,将敏捷制造列为863/CIMS的主要研究内容之一。之后,国家863/CIMS和国家自然科学基金都对与敏捷制造、虚拟企业有关的项目给予了大力支持,使我国有关敏捷虚拟企业的研究取得了飞速的发展。

作者近年来一直从事敏捷制造、敏捷虚拟企业方面的研究,作为项目负责人和主研人员完成了国家863/CIMS主题项目、国家自然科学基金重点项目和中国博士后科学基金项目的有关研究,发表了大量论文,完成了与敏捷虚拟企业有关的博士后出站报告。本书是以上研究成果的总结。

人类社会已进入21世纪,我国也已加入WTO,在此形势下,我国企业所面临的竞争愈加激烈。我国企业如何在强大的经济全球化浪潮中不被吞没,是目前迫切需要考虑的问题。敏捷虚拟企业作为现代企业适应快速多变、日趋激烈的市场竞争的有效手段,对我国企业迎接WTO的挑战具有重要意义。作者希望本书的出版对我国企业的决策者和管理人员吸收敏捷虚拟企业的思想和哲理能够发挥一定的作用,也希望对从事敏捷制造、虚拟企业研究的科研人员和研究生们有所裨益。

本书第1章重点分析21世纪制造企业面临的机遇和挑战,包括制造业的历史回顾、21世纪制造业面临的形势、21世纪制造业的发展趋势、21世纪的先进制造管理模式、我国制造企业的对策等,使读者对我国制造企业所处的环境有清醒的认识。

第2章介绍敏捷制造出现的时代背景、敏捷制造的研究现状和内涵以及敏捷制造企业的特性、要素和使能系统,使读者对敏捷制造出现的背景和内涵有全面的了解。

第3章对敏捷制造的组织形式——敏捷虚拟企业进行详细论述,包括敏捷虚拟企业的内涵及特点、生命周期、合作形式、视图、支持系统、后勤系统、使能技术等。这一章是本书的重点内容之一,作者力图全方位地介绍敏捷虚拟企业的内涵及其所涉及到的技术和系统,使读者对敏捷虚拟企业的内涵有全面的了解。

第4章对敏捷虚拟企业的实施关键技术作了进一步的深入论述,主要包括合作伙伴选择及决策支持、成本管理与伙伴贡献评价、多点生产计划与协调、质量保证体系及管理、合作伙伴产权分配、法律保障机制、企业文化建设和创新、风险控制等。这一章也是本书的重点内容之一,目的在于为我国企业进行敏捷虚拟企业实践提供关键技术问题的解决思路 and 方案。

第5章主要介绍作者有关研究的应用案例和其他国内外敏捷虚拟企业应用实践的典型案例,目的是为我国企业进行敏捷虚拟企业实践提供一些典型案例、模式和思路。

第6章是对我国企业现状的分析和我国企业进行敏捷虚拟企业实践应注意问题的思考和建议，希望对读者有所启发。

本书中使用到一些以英文缩写字母形式出现的专门名词，考虑到其中的多数术语已为读者所熟识，故未在正文中作直接标引与解释。不太熟悉的读者可参阅书后所附的《名词术语英汉对照表》。

本书主要由张旭梅、黄河和刘飞三人编写，郑文军、侯发欣、但斌、雷琦、袁杰参加了部分编写工作和涉及的部分研究工作。

本书涉及的有关研究工作得到国家863/CIMS主题、国家自然科学基金和中国博士后科学基金的资助；本书的编写和出版得到科学出版社、重庆大学工商管理学院、重庆大学制造工程研究所的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

此外，本书在写作过程中参考了大量文献，并已尽可能地列在书后的参考文献表中，但其中仍难免有遗漏，这里特向被漏列的作者表示歉意，并向所有的作者表示诚挚的谢意。

由于时间仓促及作者水平有限，本书错误之处在所难免，敬望读者批评指正。

目 录

第 1 章 21 世纪制造企业面临的挑战	(1)
1.1 制造业的历史回顾	(1)
1.1.1 制造业的发展阶段	(1)
1.1.2 20 世纪制造技术的发展台阶	(4)
1.1.3 20 世纪制造业战略重点和竞争优势的演变	(6)
1.1.4 20 世纪末制造业生产组织方式的转变	(7)
1.2 21 世纪制造业面临的形势	(7)
1.3 21 世纪制造业的发展趋势	(13)
1.3.1 国外制造业发展的新动向	(13)
1.3.2 未来制造业的特性	(14)
1.3.3 21 世纪制造业的发展趋势	(16)
1.4 21 世纪的先进制造管理模式	(18)
1.4.1 虚拟制造	(19)
1.4.2 智能制造	(19)
1.4.3 并行工程	(21)
1.4.4 精良生产	(22)
1.4.5 大规模定制	(23)
1.4.6 供应链管理	(25)
1.4.7 经营过程重构	(25)
1.4.8 客户关系管理	(26)
1.5 我国制造企业的对策	(27)
第 2 章 敏捷制造的基本概念和理论体系	(28)
2.1 敏捷制造的提出	(28)
2.2 敏捷制造的研究现状	(29)
2.2.1 概述	(29)
2.2.2 敏捷制造的典型研究项目	(34)
2.3 敏捷制造的内涵	(42)
2.4 敏捷制造企业的描述	(44)
2.4.1 敏捷制造企业的特性	(45)
2.4.2 敏捷制造企业的要素	(49)

2.4.3	敏捷制造企业的使能系统	(52)
第 3 章	敏捷虚拟企业的基本概念和理论体系	(59)
3.1	敏捷虚拟企业概念的由来.....	(59)
3.2	敏捷虚拟企业的研究现状.....	(60)
3.2.1	概述	(60)
3.2.2	敏捷虚拟企业的典型研究项目	(61)
3.3	敏捷虚拟企业的内涵和特点.....	(69)
3.3.1	敏捷虚拟企业的内涵	(69)
3.3.2	敏捷虚拟企业的特点	(70)
3.3.3	敏捷虚拟企业与相关概念的比较	(71)
3.4	敏捷虚拟企业的生命周期.....	(75)
3.5	敏捷虚拟企业的合作形式.....	(78)
3.6	敏捷虚拟企业的视图.....	(79)
3.6.1	敏捷虚拟企业的功能视图	(79)
3.6.2	敏捷虚拟企业的人员 /组织视图	(81)
3.6.3	敏捷虚拟企业的过程 /控制视图	(85)
3.6.4	敏捷虚拟企业的信息视图	(86)
3.6.5	敏捷虚拟企业的资源视图	(89)
3.6.6	敏捷虚拟企业的支持系统	(89)
3.7	敏捷虚拟企业的后勤系统.....	(92)
3.7.1	后勤概念的演变	(92)
3.7.2	敏捷虚拟企业的集成后勤	(93)
3.7.3	敏捷虚拟企业的集成后勤支持系统.....	(94)
3.8	敏捷虚拟企业的使能技术.....	(96)
第 4 章	敏捷虚拟企业的实施关键技术	(99)
4.1	敏捷虚拟企业合作伙伴选择.....	(99)
4.1.1	合作伙伴选择概述	(99)
4.1.2	合作伙伴评价指标体系	(100)
4.1.3	合作伙伴选择的优化决策方法	(103)
4.2	敏捷虚拟企业成本管理与伙伴贡献评价.....	(114)
4.2.1	成本管理问题概述	(114)
4.2.2	成员企业报酬管理	(115)
4.2.3	成员企业的贡献评价和利润分配	(120)
4.3	敏捷虚拟企业多点生产计划与协调.....	(121)
4.3.1	多点生产计划概述	(121)

4.3.2	多点生产计划总体模型	(124)
4.3.3	多点生产计划的信息控制	(128)
4.3.4	多点生产计划的订单分解与处理	(133)
4.4	敏捷虚拟企业质量管理体系结构和管理方法	(136)
4.4.1	敏捷虚拟企业质量管理的特点	(136)
4.4.2	敏捷虚拟企业质量管理体系结构	(139)
4.4.3	敏捷虚拟企业成员企业内部质量管理方法	(147)
4.5	敏捷虚拟企业的产权方式选择	(147)
4.5.1	国有企业集团产权管理的基本特征	(148)
4.5.2	国有企业集团产权管理的两种基本形式	(149)
4.5.3	产权一体化与虚拟一体化	(151)
4.5.4	产权方式的选择	(155)
4.6	敏捷虚拟企业的法律问题	(156)
4.6.1	敏捷虚拟企业中相关法律问题产生的原因分析	(156)
4.6.2	敏捷虚拟企业法律问题的特征	(157)
4.6.3	建立敏捷虚拟企业法律法规的指导思想	(159)
4.6.4	敏捷虚拟企业的部分法律法规问题	(160)
4.7	敏捷虚拟企业的企业文化和创新	(165)
4.7.1	企业文化和敏捷虚拟企业文化概述	(166)
4.7.2	敏捷虚拟企业文化冲突及其对策	(169)
4.7.3	敏捷虚拟企业文化的建设和创新	(171)
4.8	敏捷虚拟企业的风险控制	(175)
4.8.1	敏捷虚拟企业的风险问题概述	(175)
4.8.2	敏捷虚拟企业的风险分类	(175)
4.8.3	敏捷虚拟企业的风险控制方法	(178)
第 5 章	敏捷虚拟企业的典型案例	(184)
5.1	基于集成 DNC 的敏捷虚拟企业	(184)
5.1.1	集成 DNC 概念及其运行模式	(184)
5.1.2	基于集成 DNC 的敏捷虚拟企业体系结构	(186)
5.1.3	基于集成 DNC 的敏捷虚拟企业管理模式	(187)
5.2	陶瓷敏捷虚拟企业	(190)
5.2.1	我国陶瓷企业简况及其对敏捷虚拟企业的需求	(190)
5.2.2	陶瓷敏捷虚拟企业的体系结构	(193)
5.2.3	陶瓷敏捷虚拟企业的设计与制造	(194)
5.2.4	陶瓷敏捷虚拟企业的销售	(195)

5.2.5 实际应用	(196)
5.3 国外典型案例.....	(197)
5.4 国内典型案例.....	(208)
第 6 章 我国实施敏捷虚拟企业战略的思考	(217)
6.1 我国企业现状及对敏捷虚拟企业的需求.....	(217)
6.1.1 我国企业的问题	(217)
6.1.2 我国企业的优势	(221)
6.2 敏捷虚拟企业对我国企业的意义.....	(222)
6.3 我国实施敏捷虚拟企业的策略和注意事项.....	(224)
6.3.1 从政府的角度	(224)
6.3.2 从企业的角度	(226)
名词术语英汉对照表	(229)
参考文献	(232)

第 1 章 21 世紀制造企業面臨的挑戰

我们正面临着制造业新时代的到来，作为一个国家国民经济支柱产业的制造业如何抓住机遇，适应市场错综复杂的变化和迎接 21 世纪的挑战，是国内外制造业极为关注的问题。

制造业是所有与制造有关的企业机构的总体，是国民经济的支柱产业，它一方面创造价值，生产物质财富和新的知识，另一方面为国民经济各个部门包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家，约有 1/4 的人口从事各种形式的制造活动，在非制造业部门，约有半数人的工作性质与制造业密切相关。大多数国家和地区的经济腾飞，制造业可谓功不可没。据估计，工业化国家约 70%~80% 的物质财富来自制造业，因此，很多国家特别是美国把制定制造业发展战略列为重中之重。美国认为制造业不仅是一个国家国民经济的支柱，而且对其经济和政治的领导地位也有着决定性影响。为重塑美国制造业的雄风，美国提出了敏捷制造战略，并提出了虚拟企业概念。

在开始敏捷虚拟企业的论述之前，我们先来回顾一下制造业的发展史，并讨论一下 21 世纪制造企业面临的挑战和机遇以及我们的对策。

1.1 制造业的历史回顾

1.1.1 制造业的发展阶段

制造是人类最古老的生产活动之一。在石器时代，人类以石料为工具，利用自然资源维持生存。到青铜器、铁器时代，人们开始使用金属工具。在农业为主的自然经济中，人们以手工作坊模式进行生产。1760 年由于蒸汽机的出现而导致的工业革命揭开了工业化的序幕。20 世纪初，泰勒提出了以劳动分工为基础的科学管理理论，继而福特运用泰勒的理论，找到了克服单件生产方式弱点的方法，在福特汽车公司实现了流水装配线生产，从此开始了代表现代工业文明的、以高效自动化专用设备和流水线生产为特征的大量生产方式；到 20 世纪中期，这种生产方式发展到了顶峰。随着科学技术的发展，新产品不断出现，产品的复杂程度也随之增高，而产品的市场寿命却日益缩短，使大量生产方式受到巨大的

挑战。1952 年美国麻省理工学院研制出的第一台数控铣床揭开了柔性自动化的序幕，20 世纪 70 年代初柔性自动化进入了生产实用阶段；近 20 多年来，柔性自动化有了飞速的发展，从单台数控机床到加工中心、DNC、柔性制造单元、柔性制造系统和计算机集成制造系统，到 20 世纪 90 年代更是向敏捷化、网络化、虚拟化、智能化等方向发展。

总结历史，制造业的发展经历了以下三个主要阶段：

- 用机器代替手工，从作坊形成工厂；
- 从单件生产方式发展到大量生产方式；
- 从大量生产方式发展到多品种、小批量的柔性化、集成化生产方式。

表 1.1 列出了制造业发展中的重大事件，从中也能粗略了解制造业的发展概况。

表 1.1 制造业的发展简史

年 代	制造业发展的重大事件
400 万年以前	工具的出现（腊玛古猿）
200 万年以前	工具的制造（南方古猿）
公元前 532 年	简易车床（希腊）
公元前 6 世纪	大量生产（腓尼基人）
公元前 6～2 世纪	机床出现
公元前 1 世纪	黑隆（Heron）自动装置出现（希腊）
公元 8～9 世纪	大量生产（日本）
1306 年	销加工专机（德国）
1613	塞拉（Serra）：大量生产原理（意大利）
1713	炮筒镗床（瑞士）
1725	布乔恩（Bouchon）：穿孔卡控制织布机（英国）
1760 前后	工业革命（英国）（蒸汽机的发明有力地推动了制造业的发展）
1765	互换性原理（法国）
1775	威尔金逊（Wilkinson）：汽缸镗床（英国）
1778	伊万（Evans）：传送带驱动面粉厂（美国）
1796	波鲁托·瓦特（Watt）：近代工厂（英国）
1797	茅兹雷（Maudsley）：螺纹车床（英国）
1800	花布织布机（法国）
1808	罗斯（North）：铣床（美国）
1818	布兰奇德（Blanchard）：机械式仿形机床（美国）

续表

年 代	制造业发展的重大事件
1820	刨床（英国）
1835	威化自动车床（英国）
1843	六角转塔机床（法国）
1855	布拉温（Braun）：万能铣床（美国）
1860	装配线原理（美国）
1864	外圆磨床（美国）
1873 前后	斯本（Spencer）：自动螺纹车床（美国）
1880～1890	专用机床/滚齿机（美国）
1895	多轴车床（美国）
1898	怀特-泰勒（White-Taylor）：高速钢刀具（美国）
1900	电液仿形机床（意大利）
1913	福特：流水装配线（美国）
1920	卡培克（Capek）术语：机器人（捷克斯洛伐克）
1923	凯拉（Keller）：仿形牛头刨床（美国）
1924	自动生产线（英国）
1924～1926	硬质合金刀具（德国）
1930	机床数控专利（美国）
1936	哈德尔（Harder）术语：自动化
1945	数控铣床（美国）
1947	哈德尔（Harder）：底特律机械自动线（美国：福特公司）
1947	遥控机械手（美国）
1950	全自动锻压机（美国：福特公司）
1950	全自动活塞生产（俄国）
1950～1960	过程自动化（美国）
1952	帕森斯（Parsons）：三轴数控立式铣床（美国 MIT）
1954	德沃尔（Devol）：工业机器人专利（美国）
1958	自动编程系统（美国）
1958	加工中心（美国）
1958 前后	自动绘图机（美国）
1959	工业机器人（极坐标型）（美国）
1960	自适应控制铣床（美国）
1960	术语：FMS（美国）

续表

年 代	制造业发展的重大事件
1961	计算机控制电阻生产线（美国）
1962	工业机器人（圆柱坐标型）（美国）
1962	二维 CAD（美国）
1965 前后	低成本自动化（美国：宾州大学）
1965 前后	生产过程的计算机直接数字控制（DDC）（美国）
1966	自动编程语言 EXAPT（德国）
1967	DNC 系统 24（英国）
1967	CAD/CAM 软件：CADAM（美国）
1969	CAM（美国）
1970	IMS：机器人生产线作业（本体焊接）（美国）
1970	FMS 专利（英国）
1973	哈林顿（Harrington）：计算机集成制造 CIM 概念
1973	三维实体模型 CAD（英国，日本）
1977	无传送带小组装配法（瑞典）
1980	制造自动化协议（MAP）（美国）
1980	CAE（美国）
1989	CIM 专利：生产实施法（美国：AT&T）
1989	CIM 专利：生产实施法（美国：AT&T）
1989	精良生产（日本）
1991	智能制造系统 IMS 研究（日本、美国、欧共体）
1991	全球制造（日本、美国、欧共体）
1991	敏捷制造（美国）
1991	虚拟制造（美国）
1994	先进制造技术计划（美国）
1996	绿色制造（美国）

1.1.2 20 世纪制造技术的发展台阶

从制造业的发展历史可以看出，20 世纪是制造业的飞速发展时期。制造业的发展主要依赖于制造技术的发展，制造技术在 20 世纪的发展可分为图 1.1 所示的五个台阶。

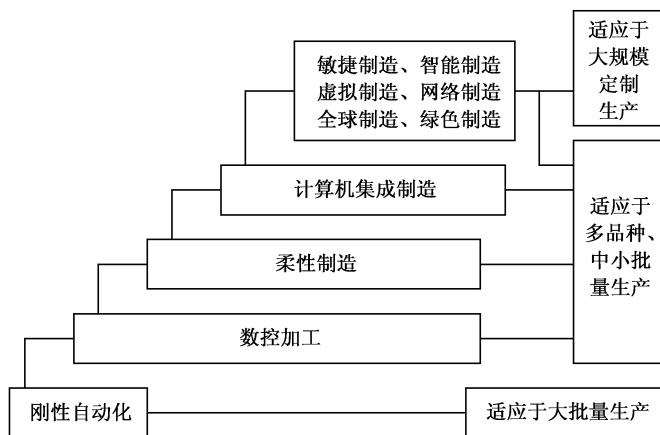


图 1.1 20 世纪制造技术发展的 5 个台阶

第一台阶：刚性自动化，包括刚性自动线和自动单机。

本台阶在 20 世纪 40~50 年代已相当成熟。应用传统的机械设计与制造工艺方法，采用专用机床和组合机床、自动单机或自动化生产线进行大批量生产。其特征是高生产率和刚性结构，很难实现生产产品的改变。引入的新技术包括继电器程序控制、组合机床等。

第二台阶：数控加工，包括数控（NC）和计算机数控（CNC）。

本台阶中的数控（NC）在 20 世纪 50~70 年代发展迅速并已成熟，但到了 20 世纪 70~80 年代，由于计算机技术的迅速发展，它迅速被计算机数控（CNC）取代。数控加工设备包括数控机床、加工中心等。数控加工的特点是柔性好、加工质量高，适应于多品种、中小批量（包括单件产品）的生产。引入的新技术包括数控技术、计算机编程技术等。

第三台阶：柔性制造。

本台阶特征是强调制造过程的柔性和高效率。适应于多品种、中小批量的生产。涉及的主要技术包括成组技术（GT）、计算机直接数控和分布式数控（DNC）、柔性制造单元（FMC）、柔性制造系统（FMS）、柔性加工线（FML）、离散系统理论和方法、仿真技术、车间计划与控制、制造过程监控技术、计算机控制与通信网络等。

第四台阶：计算机集成制造（CIM）和计算机集成制造系统（CIMS）。

CIMS 在 20 世纪 80 年代以来得到迅速发展，而今正方兴未艾。其特征是强调制造全过程的系统性和集成性，以解决现代企业生存与竞争的 TQCS 问题，即产品上市快（Time）、质量好（Quality）、成本低（Cost）和服务好（Service）。CIMS 涉及的学科和技术非常广泛，包括现代制造技术、管理技术、计算机技

术、信息技术、自动化技术和系统工程技术等。

第五台阶：新的制造模式和理念。

如敏捷制造、智能制造、虚拟制造、网络制造、全球制造、绿色制造等。这是 20 世纪末开始兴起的新的制造模式，也是 21 世纪制造业的发展方向，将在 1.4 节中详细论述。

1.1.3 20 世纪制造业战略重点和竞争优势的演变

第二次世界大战后美国制造业的战略重点经历了以下几个阶段：20 世纪 60 年代——规模；20 世纪 70 年代——成本；20 世纪 80 年代——质量；20 世纪 90 年代——速度；20 世纪 90 年代末和 21 世纪更是向服务、环境清洁和知识创新方向发展。

☐ 20 世纪 50~60 年代。世界经济处于战后恢复的调整发展时期，美国成为唯一的全球级的供应商，机会几乎是无限的，美国能生产多少，就可以销售多少。这时工业工程界人士谈论的是上规模。

☐ 20 世纪 70 年代。欧洲和日本有效地进入了世界市场，他们的产品以价廉蚕食着世界市场，为此美国的公司强调成本/价值战略。

二战后美国制造业基于规模经营和降低成本制定的战略仍然是当今美国制造系统的基础。特别是企业组织结构、制造布局、生产系统、管理方法、报表系统、功能指标、奖励制度都是以规模和成本为基础建立起来的。

☐ 20 世纪 80 年代。日本人成功的经验使美国制造界从失去市场和工厂倒闭的惨痛教训中认识到不应再在质量和价格中去找平衡，而应注重提高质量，质量

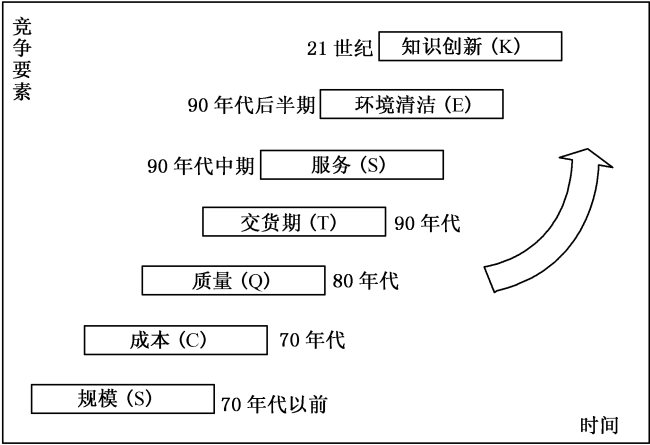


图 1.2 制造业战略重点和竞争优势的演变

上去了, 价值的竞争力自然就会提高。

☒ 20 世纪 90 年代。战略重点转移到速度上, 即能快速为顾客提供高质量、低价格产品的制造业将具有更强的竞争力。20 世纪 90 年代中后期, 制造战略进一步发展, 制造业也开始重视服务, 强调产品的绿色性, 更强调产品的创新。

上述美国制造战略和战略重点的转移可反映全球制造业的发展情况。制造业战略重点和竞争优势的演变如图 1.2 所示。

1.1.4 20 世纪末制造业生产组织方式的转变

到 20 世纪末, 制造业的生产组织方式主要有以下 5 个转变:

☒ 从以技术为中心向以人中心转变。使技术的发展更加符合人类社会发展的需要; 从强调专业化分工向模糊分工和一专多能转变, 使全体劳动者的聪明才智和创造性得到充分发挥。

☒ 从金字塔式的多层次生产管理结构向扁平的网络结构转变。精简机构, 减少层次和中间环节, 加速信息的传递; 从按照功能划分部门的固定组织形式向动态自主管理的团队组织形式转变。

☒ 从传统的顺序工作方式向并行工作方式转变。缩短工作周期, 提高工作效率; 强调产品和过程的集成, 体现快速响应市场的竞争策略。

☒ 从按功能划分部门的固定组织形式向动态的、自主管理的小组工作组织形式转变。

☒ 从质量第一的竞争策略向快速响应市场的竞争策略转变。

1.2 21 世纪制造业面临的形势

近半个世纪以来, 经济竞争已成为世界各国国力竞争的一个焦点和世界发展的重要推动力。随着世界经济的高速发展和人们生活水平的不断提高, 制造业间的竞争日趋激烈。制造业市场已从传统的“相对稳定”逐步演变为“动态多变”的局面。其竞争的范围也从局部地区扩展到全球范围。全新的竞争环境和空前激烈的市场竞争给制造企业的生存与发展带来了极大的冲击, 适者生存的严峻挑战和前所未有的发展机遇同时摆在了企业的面前。

(1) 经济全球化的进程正在加快

20 世纪 90 年代以来, 随着冷战时代的结束, 一个超越国界、超越区域经济的跨国集团竞争对抗时代已初见端倪, 跨国公司在全球范围迅速扩张, 经济全球化、一体化的格局已经初步形成。

科学技术的进步为经济全球化提供了各种必要的手段和物质保证,而其中信息技术的日新月异更成为推动经济全球化的一大动力。信息技术的飞速发展,打破了时间和空间对经济活动的限制,为国家间、企业间经济关系的发展提供了新的手段和条件。另一方面,随着交通技术的发展,各国对贸易限制的减少、区域性经济组织的形成和发展,使得市场沿地域合并、生产竞争日益全球化。因此,世界各国之间在经济上越来越多地相互依存,不可能脱离全球化的市场而独立求得本国经济的发展,必须与国际接轨,充分利用国际市场的信息、资本资源、技术、商品和服务,在平等竞争的基础上,互惠互利,相互合作。

经济的全球化、市场的国际化、贸易和投资的自由化以及服务的世界化,促进了竞争,提高了效率,鼓励了革新,增加了新的资本投资和加快了经济增长速度。随着越来越多的国家接受自由市场思想,全球自由贸易体制的逐步建立和完善,世界大市场的逐步形成以及全球交通运输系统和通讯网络的建立,国际间的经济贸易交往与合作更加频繁和紧密,竞争愈来愈激烈。这股全球化浪潮正推动着世界经济稳健、快速持续地增长,使得制造产业、技术和产品逐步走向国际化,导致制造业在全球范围内重新分布和组合。此外,竞争的加剧将促使竞争对手利用一切可以利用的制造资源,主动积极地寻求市场机遇,敏捷地响应和适应客户多样化的消费需求,高质量地为全球顾客服务,从而获得规模经济,促进企业的发展和壮大。

现在世界贸易总额占世界各国国内生产总值(GDP)之和已达到35%左右的比例,且前者增长速度几近后者的2倍;跨国公司正向全球公司过渡,业务遍及全球各个角落,影响力渗透到所有经济领域和产业部门,它们控制了世界生产的40%,国际贸易的50%~60%、对外直接投资的90%、国际技术贸易的60%~70%、研究与开发的80%~90%,其中最大的100个跨国公司占据了半壁江山,如美国通用汽车等公司的经济当量甚至超过了挪威、南非、希腊和新加坡等国家的GDP的总和。

(2) 市场客户化

我们正处在工业时代向后工业时代演进的转折点。工业化生产的特征是“标准化基础上的规模经济”,而后工业生产,是“个性化服务基础上的规模经济。”这一特征在网络经济中被称为大规模定制。

在企业为了赢得激烈的竞争将产品不断推陈出新的同时,消费者的价值观念也发生了根本的变化,需求结构普遍向高层次发展,具体表现在:

- 对产品的品种规格、花色式样、需求数量呈多样化、个性化的要求,而且这种多样化、个性化要求随时间变化而迅速变化,稳定性很差;
- 对产品的功能、质量和可靠性的要求日益提高,而且这种要求提高的标准又是以不同用户的满意程度为尺度的,这就产生了由于用户的购买目的、个人

素质、经济能力等因素差异而造成标准的不确定性；

➤ 要求交货期愈来愈短，这就要求生产者要对消费者需求和市场变化有更灵敏的反应；

➤ 对价格合理性要求，即企业必须增强适应价格变化的承受能力。

总而言之，消费者对产品的要求是实用、高效、节能、外观精美、质量好、重量轻、功能完备、操作简便以及环保等。面对消费者需求的日益苛刻，企业必须要对生产、经营等各方面实施重大改革，把市场作为企业生产经营的出发点和落脚点，以真正赢得用户的信任和满意。由此导致制造业正面临一个被消费者偏好分化，产品寿命期短、更新快、动态快速多变、稳定性差和难以预测的买方市场。

客户驱动着市场，市场牵动着制造企业。市场的客户化必然导致制造业从生产为中心转向市场需求为中心，从企业为主导转向客户为主导，以满足客户需求为目标。传统的大批量制造生产模式的核心思想在于提高生产效率，因而围绕着制造的方方面面形成了配置企业内部资源和社会资源的刚性系统。这种系统很难重新配置，不适应变化迅速的市场环境，不能实现制造资源的动态优化整合，已经成为阻碍快速产品创新的主要矛盾，从而迫切要求从传统的集中化、通用化、标准化和大型化等特征的制造模式向着分散化，个性化、专业化和小型化的新型制造模式转换。在从产品的设计与生产到营销与售后服务等过程中必须为全球范围内的客户提供优质与全方位的满意服务，这已成为制造企业赢得客户、开拓和占领市场的重要因素。

（3）竞争新环境和新形式

随着信息网络化、全球化的进一步发展，当今国际环境已从过去单一性区域经济向以全球网络通信为核心的全球化经济环境转变。因此，世界上的每个企业都被各种经济纽带更紧密地联系在一起，既相互依存，又互相补充；而同时，也使每个企业都有机会占领更大的市场，但也有可能因竞争失利而被市场所淘汰。企业面对的将是日益激烈、甚至是残酷的市场竞争。

面对全球化浪潮和个性化买方市场的冲击，越来越多的企业认识到新产品开发对企业创造收益的重要性，因此如何能使产品做到既方便实用、功能先进、造型美观、新颖独特，又品质优良、价格低廉、节能环保，以满足当今消费者越来越苛刻的需求，已成为企业在产品开发上不懈追求的目标。另一方面，由于社会生产力水平普遍提高以及消费的多元化，某个企业依赖在某个产品上的技术优势而独霸天下的局面已不复存在。今天技术上的优势也许明天就会成为自己故步自封、裹足不前的绊脚石。Intel 和 AMD 的 CPU 大战，微软与网景在浏览器软件上的争夺和中国 VCD 企业的兴衰就是鲜明的例子。因此，对市场瞬息万变的需求的快速响应成为竞争的焦点，而创新则成为在激烈竞争中取胜的重要手段。

然而,由于高新技术产品研发难度与日俱增,面对多变且不可预测的市场,即使是在市场份额中居领导地位的大公司,也面临着缺乏足够的技术去适应快节奏市场变化的问题。缺乏资源成为许多企业实现经营目标的主要障碍。

这一切,必然迫使企业的组织形态和结构发生变迁,朝着高效、开放、合作与动态调整的方向演化,以克服单一企业在资金、人员素质与知识技能、设施与设备、设计与开发、制造能力、营销能力等方面的局限性,形成以竞争为基础、合作为主导、风险共担、利益共享、共存共荣的机制,充分实现资本、资源、技术、人才、信息和知识的交流与共享,优势互补,分工协作,积极有效、主动、快速响应和适应市场,夺取竞争的胜利。

(4) 人类社会已步入知识经济阶段

据联合国经合组织统计,在过去 10 年中,该组织成员国的高技术产品在制造业产品中的份额翻了一番,达 20% 至 25%。知识密集型服务部门,如教育、通信、信息等的发展更为迅速。经合组织主要成员国 GDP 的 50% 以上是以知识为基础的。专家估计,科技进步对经济增长的贡献已从 20 世纪初的 5%~20% 提高到 70 年代到 90 年代的 70%~80%,全球信息高速公路建成后将提高到 90%。鉴于经济正逐步向知识密集型演变,科学技术将不仅是影响生产的外部因素,知识将成为制造财富的主要资本。在该组织 1996 年的国际性文件中首次正式使用了“基于知识的经济”的概念,并逐步在世界各国得到了广泛认可,知识经济作为一种经济的新模式逐步得以确立。

展望 21 世纪,世界正走向知识经济时代。知识将成为最重要的经济力量,其对整个国民经济发展的贡献度将超过其他传统的生产要素。拥有知识就拥有未来,它的兴起,对我们现有的生产、生活、思维等方式,包括教育、经营管理乃至领导决策等活动,都将产生重大影响。

知识经济的出现导致经济和制造领域的一系列变化,其中主要有以下 4 个方面:

☐ 产品的知识含量是核心竞争力和决定胜负的关键。随着知识经济时代的临近,世界科技发展速度加快,知识更新的速度加快,从技术革命到产业革命的周期也将缩短,技术产品的市场生命周期也将缩短。此外,随着人们消费水平的不断提高和消费观念的日趋多元化,新产品的设计开发牵涉到包括新技术、新材料、社会价值取向、社会审美取向、主流和非主流文化、环境保护等越来越多的因素,不仅涉及的学科多,而且都是多学科交叉融合的产物,其显著的特征是产品所蕴含的知识性日益突出。因此,现代制造企业激烈竞争的核心是以知识为基础的新产品的竞争,而决定制造业竞争力的关键是新产品的快速开发能力。

☐ 科技先导型企业将成为经济活动中最具有活力的经济组织形式。

☐ 以数字化和网络化为代表的信息技术,使制造业在产品、服务、生产、

流通、交易等概念和运作方面面临深刻的变革。

☐ 投资重点从有形资产开始转向无形资产，竞争的核心从有形竞争转向无形竞争。

(5) 因特网的冲击

因特网最大的优势就是它将分布在世界各地的、彼此孤立的资源有效地组织起来，在世界范围内实现高效的信息传递和资源共享。因特网消除了地域对于信息传递的局限，也为企业向客户推销自己的产品提供了全新的舞台，成为商业竞争的新战场，更为资本寻求最佳的资源配置和经营动作手段创造了更为广阔的活动空间，便于资本在全球范围追逐利润。由因特网的快速蔓延带来的信息全球化、经济全球化必将导致生产制造的全球化。由于新兴经济的增长、跨国公司的形成、设计和生产能力的分散，利用国外的设计和生产厂商等因素，制造业正在变成一种越来越集成化的全球系统。信息、资金、材料、零部件、成员和工人（技术、知识能力、制造能力、投资能力等）已打破国家和地区的界限，制造能力已发展成为一种商品。因此，透过因特网，人们开始从价值流的角度重新审视制造业的运营模式以及制造资源的分布和配置，并由此派生出一种新型的商务操作模式——电子商务。Deloitte 顾问公司发表的一项预测认为全球电子商务（包括 B2B——企业间电子商务，B2C——企业与客户间的电子商务）的总交易额将从 1997 年的 150 亿美元，成长至 2002 年的 11 万亿美元。另据波士顿咨询集团发表的一份研究报告显示，1998 年美国企业间电子商务（B2B）交易额为 6710 亿美元，并将以每年 33% 的速度增长，有望在 2003 年上升到 28000 亿美元，因特网从商业基础上给传统商业模式带来冲击，原来的经营管理平台发生改变。而对于制造企业来说，现有的经营方式和经营思想会发生根本性的改变，在线服务或其他各种新型的应用模式正在扩充、替代现有的经营。企业现有的采购、库存、销售、生产、人事等模式也将会彻底变化。因特网同时也改变了传统的管理思想，在传统的管理平台上，管理和信息传递基本上是单向的，而因特网则实现了实时性和互动性。在因特网时代，企业管理需要考虑的问题更多，如：如何管理和优化企业的外部资源，在世界经济环境中建立业务网络，拓展企业新的业务增长点。另外，企业在市场竞争中最宝贵的财产是客户，如何在各个业务环节中密切同客户的关系，在越来越复杂的供求关系中准确及时地为现有的和潜在的客户提供“个性化”的产品和服务等。

(6) 环境保护和可持续发展呼声日益高涨

20 世纪 60 年代以来，全球经济以前所未有的高速度持续发展，但由于忽略了环境污染，结果带来了全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、空气污染、水源污染、土地沙化等恶果。与此同时，消费品的大量普及，产品生命周期的缩短，造成那些失去使用价值的废旧产品数量猛增，在欧洲，每年有 80 万吨旧的电视机、计

算机设备、收音机和测量仪器及 3 百万吨废旧汽车设备被丢进国家的垃圾场。近 10 年来,全美国的垃圾填埋场有 70% 以上已失去功效,许多州的垃圾填埋场快要达到它们许可的容量。

人们在反思中认识到,环境的污染和恶化已成为制约社会发展和人类生存的重大因素。因而,联合国 1992 年在巴西召开了世界环境与发展大会,通过了《里约环境与发展宣言》及《21 世纪议程》,提出了建立经济、社会、资源和环境相协调、可持续发展的新模式。之后,包括中国在内的许多国家相继制定了自己的可持续发展战略。这一战略成为 21 世纪的重要发展战略。

据统计,造成环境污染的排放有 70% 是来自制造业。它们每年约产生出 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物。传统的环境治理方法是末端治理,但不能从根本上实现对环境的保护。要想彻底解决该环境污染问题,必须从源头上进行治疗。具体到制造业,就是要求考虑产品整个生命周期对环境的影响,最大限度地利用原材料、能源,最低限度地消耗自然资源,减少有害废物和固体、液体、气体的排放物,改进操作安全,减轻对环境的污染。为此,各国政府和工业公司都在制订更为严格的环境保护条例,推进环境友好产品和技术的开发和应用。例如,德国和美国政府要求生产厂商承担其产品用后处理的责任,1990 年提出的“加拿大绿色计划”,旨在减少 2000 年二氧化碳和其它温室排放物的排放量。在这一背景下,20 世纪 90 年代以来,有关资源和环保的问题日渐成为制造业研究的热点。绿色制造的概念也由此而来。

(7) 高科技迅猛发展

20 世纪中叶以来,微电子、计算机、通讯、网络、信息、自动化等科学技术的迅猛发展,正是这些高新科学技术在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,推动着制造业的深刻变革,极大地拓展了制造活动的深度和广度。由于传统制造技术学科单一、专业分明,其理论与技术已不能适应现代制造工程的发展。随着计算机科学和电子科学的发展及渗入融合到现代制造系统中,反映现代应用科学理论的系统论、信息论、控制论的智能理论与控制技术有机融合为一体,形成新的制造理论体系。计算机技术、信息技术、控制与自动化技术以及系统技术与管理技术的集成,使制造系统逐步实现自适应性和自组织性,分布化控制、并行工程、集成制造、准时制造并向智能化过渡。

1.3 21世纪制造业的发展趋势

1.3.1 国外制造业发展的新动向

经济发达国家都把制造业作为本国的经济支柱，都十分重视制造业的发展，根据科技与经济的发展，不断摆正制造业在国民经济中的地位，不断调整制造业的发展战略和政策方针。

美国认为68%的财富来源于制造业，为保持制造工程研究的世界一流水平和世界一流制造产业的地位，近几年，美国政府、大学研究所、公司企业等部门采取了各种战略措施。这些战略措施中，其中最重要的一条是鼓励和支持大学和科研单位的科学技术向工业界转化。建立“国家制造工程中心（ERC）”、“工业大学合作研究中心（IVCRC）”、“制造技术中心（MTC）”，IVCRC主要用于推进工业界与大学之间的合作与交流，促进科技成果向工业界转化。MTC则主要吸收中小企业参加，促进他们尽快采用先进技术。为了帮助美国中小企业提高国际市场竞争能力，专门制定面向中小企业的综合自动化计划。通过MTC推广这一计划，实现对中小企业的现状进行诊断和评估，找出症结所在，对企业人员进行培训，以提高雇员的素质，更新观念，切实提高约占美国企业总数85%的中小企业的市场竞争能力，进而确立美国在制造业的优越地位。

日本在过去的几十年里，已成为制造业的世界领袖。就金属切削机床而言，其产值几乎占全球产值的30%，连续10多年保持了它从1982年超过美国而成为世界头号机床生产国的地位。日本制造业一直以来特别重视数控机床和数控技术的推广。近几年，日本数控机床占总机床产量的70%以上，这对日本工业提高生产率和国际竞争力做出了重大贡献。另一个突出原因是日本政府和工业界不断地主动采用新制造技术，使日本公司在许多先进领域成为公认的技术领袖。最近，日本为了能维持其在制造业的领先地位，又提出了“精简、消肿”的概念，即所谓精简化生产。其主要特征是，以用户为“上帝”，以“人”为中心，以“精简”为手段，以“零缺陷”为最终目标，这种不断改进产品方法学的思路，不断提出企业的新功能和产品的高性能的策略，使制造业永远保持一种生气，始终立于不败之地。

德国制造业的特长是革新与质量，德国企业能够根据用户的特殊需求，以市场能够接受的价格在最短的时间内向市场提供高质量的产品，这是通过生产过程各个阶段的合理化而实现的。他们认为，产品的竞争能力不是单纯通过降低成本，而更主要的是通过在今天和未来始终保持技术领先来实现的。为了进一步扩

大技术优势，要在产品设计和工艺过程两个方面采取措施。而这种技术优势只有当企业具有良好的组织结构时才能带来企业的利润。企业的技术改造，不仅是物流和加工过程的自动化、信息流的集成化和能源的合理利用，还应考虑生产组织如何才能适应市场的激烈竞争，技术的进步和人的效能怎样充分发挥，以及企业结构如何具有市场应变能力等。

从以上 3 个发达国家发展制造业的策略，不难看出，为了振兴制造业，保持一个国家在制造业的优越地位，依靠科技进步促进科技成果的转化是根本方针，提高生产技术和人员素质是振兴之本，而良好敏捷的组织结构和精简高效的管理是有力的组织保证。

1.3.2 未来制造业的特性

美国著名学者 Jay Lee 在文献 [13] 中提出了未来制造业应该具有的六项特性：

(1) 对顾客需求的反应力

未来制造业将会提供给顾客整合性的产品与服务。这些产品与服务能满足顾客不断变化的功能、成本和不定期的需求。未来制造业不仅提供产品给顾客，而且依照顾客的个人需求，提供整体性的解决方案。要具有该特性，传统制造业面临表 1.2 所示的转型。

表 1.2

从	到
个别问题的解决	整体性的解决方案
供应被订购的产品	供应真正被需要的产品
符合当前的需求	期待并创造符合演化需要的需求
满足顾客	满足伙伴

(2) 工厂与设备的反应力

未来制造业建立在一个持续增长的知识基础之上，采用可以重新配备、可以评估及符合成本效益的制造流程、设备和工厂，以迅速适应特定的生产需求。反应力不仅针对改变生产的能力，或者是生产线上的产品，而且针对生产线的重新配置，见表 1.3。

表 1.3

从	到
固定的生产能力	可变动的生产能力
可再制的产品	可再制的产品、工厂、财产和设备
模具硬件	模具的软硬件
自动化的设备	自发性的设备
固定的工厂与设备	可重新配置的工厂与设备

(3) 人力资源的反应力

未来制造业将会依赖工作能力强及自我推动力强的工作人员和团队。这些个人与团队将由精力充沛的领导者带领，去接受快速及动态的竞争与挑战，见表 1.4。

表 1.4

从	到
终身雇用	终身可被雇用
公司为生涯发展规划	个人为自己的生涯规划负责
个人提供劳力	个人提供劳力与知识
	借助供应链的原则获得知识

(4) 对全球市场的反应力

未来制造业将会发展一套全球性的策略，去迎合与反应持续变化的全球市场。不过，未来制造业的运作和下层结构却是依据地区性需求来建构的，见表 1.5。

表 1.5

从	到
市场全球化	操作全球化
本国研发	研发分散
外国公司及本国投资	将每一市场都视为国内公司
本国市场的占有率	全球市场的占有率

(5) 团队组成作为核心价值

在未来的制造业中，人们将以网络化的方式，在公司内部和外部组成团队，加强彼此合作，同时获得推动企业快速发展和提升企业产品及其服务所需要的知识和能力，并提供产品和服务，见表 1.6。未来，甚至与竞争者合作都将成为必

要，因为未来制造业的需求远超出任何一个组织本身的能力范围。由于没有足够的人手与能力来处理需要解决的问题，将邀请合作者加入，一起完成目标。结果是人们将习惯于多重忠诚度，并且不会出卖任何伙伴。

表 1.6

从	到
控制智慧财产	控制、合作与分享智慧财产
对个人的贡献奖励	对个人的贡献及团队的成功奖励
实际上运用核心价值	控制外包核心价值的知识
单一的忠诚度	多重的忠诚度

(6) 对现场与文化的反应

未来制造业在组织结构、文化及商业应用等层面，不断地演进其核心价值，快速反应不断改变的顾客需求，见表 1.7。

表 1.7

从	到
生产能力的教导	创新与创造的教导
变革需求的教导	变革过程的教导
顾客满意	社会及伙伴满意
我的标准与制度	我们共同的标准与制度

1.3.3 21 世纪制造业的发展趋势

综合以上制造业的发展过程和目前面临的形式，21 世纪制造业的发展趋势可用“十化”简要描述，即：制造信息化、制造柔性化、制造集成化、制造智能化、制造知识化、制造敏捷化、制造虚拟化、制造网络化、制造全球化和制造绿色化。

(1) 制造信息化

随着计算机技术、网络技术和通讯技术的发展，计算机已在制造的各个环节得到广泛应用，如计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺规划（CAPP）、计算机辅助工程分析（CAE）、计算机辅助制造（CAM）、计算机辅助生产管理（CAPM）等等。基于网络的以信息集成为基础的计算机集成制造系统（CIMS）通过 20 多年的研究与实践，理论与技术都已成熟，全球制造企业实施 CIMS 的已不计其数。可以说，信息化是 21 世纪制造业发展的必然趋势，不进行信息化

建设的企业在 21 世纪将很难生存。

(2) 制造柔性化

自 20 世纪的 80 年代起, 柔性制造技术就开始得到飞速发展, 进入 21 世纪, 客户的个性化需求更加明显和强烈, 刚性生产不可能再在 21 世纪立足。以大规模定制、个性化定制为主的生产要求制造设备、制造工艺和管理流程等都应具有柔性, 制造柔性化仍是 21 世纪制造业的重要特征和主要发展趋势。

(3) 制造集成化

20 世纪集成制造的研究已是全球的研究热点。21 世纪, 集成化仍然是制造技术发展的一个重要特征和主要发展趋势, 将从制造系统内部的信息集成和功能集成, 发展到实现产品整个开发制造过程的集成, 并步入全球制造的企业集成阶段。

(4) 制造智能化

智能制造是未来制造技术发展的重要方向。所谓智能制造系统是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统, 它在制造过程中能进行智能活动, 诸如分析、推理、判断、构思和决策等。智能制造技术的宗旨在于通过人与智能机器的合作共事, 去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动, 以实现制造过程的优化。曾有专家预言 21 世纪的制造工业将由两个 “I” 来标识, 即 Integration (集成) 和 Intelligence (智能)。

(5) 制造知识化

21 世纪最显著的特征是知识经济, 知识同样在制造中占有很大的比重。基于知识的设计、基于知识的制造、基于知识的管理与决策、基于知识的市场营销等等。21 世纪的制造离不开知识的创新、积累、沉淀和提炼。

(6) 制造敏捷化

敏捷制造是一种面向 21 世纪的制造战略和现代制造模式, 20 世纪末以来, 全球范围内敏捷制造的研究十分活跃。敏捷制造是对广义制造系统而言。制造环境和制造过程的敏捷性问题是敏捷制造的重要组成部分。敏捷化是制造环境和制造过程面向 21 世纪制造活动的必然趋势。制造环境和制造过程的敏捷化包括的内容很广, 包括机器、工艺等的柔性, 重构能力, 快速化的集成制造工艺等。

(7) 制造虚拟化

制造虚拟化主要指虚拟制造。虚拟制造 (Virtual Manufacturing) 是以制造技术和计算机技术支持的系统建模技术和仿真技术为基础, 集现代制造工艺、计算机图形学、并行工程、人工智能、人工现实技术和多媒体技术等多种高新技术为一体, 由多学科知识形成的一种综合系统技术。它将现实制造环境及其制造过程通过建立系统模型映射到计算机及其相关技术所支撑的虚拟环境中, 在虚拟环境下模拟现实制造环境及其制造过程的一切活动和产品的制造全过程, 并对产品

制造及制造系统的行为进行预测和评价。虚拟制造是实现敏捷制造的重要关键技术，对未来制造业的发展至关重要。

(8) 制造网络化

20 世纪末由于网络技术特别是 Internet/Intranet 技术的迅速发展，给企业制造活动带来新的变革，其影响的深度、广度和发展速度已远远超过了人们的预测。可以说基于 Internet/Intranet 的制造已成为 21 世纪制造业发展的重要趋势。基于网络的制造，包括制造环境内部的网络化、制造环境与整个制造企业的网络化、企业与企业间的网络化、异地设计与制造等方面。

(9) 制造全球化

制造全球化的概念出于美日欧等发达国家的智能系统计划。20 世纪末随着 Internet 技术的发展，制造全球化的研究和应用发展迅速。制造全球化包括的内容非常广泛，主要有市场的国际化，产品设计和开发的国际合作，产品制造的跨国化，制造企业在世界范围内的重组与集成，制造资源的跨地区、跨国家的协调、共享和优化利用等。

(10) 制造绿色化

环境、资源、人口是当今人类社会面临的三大主要问题。绿色制造（Green Manufacturing）是一个综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式，其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中，对环境的影响（负作用）最小，资源效率最高。绿色制造是可持续发展战略在制造业中的体现，或者说绿色制造是现代制造业的可持续发展模式。

1.4 21 世纪的先进制造管理模式

通过对近十几年来各国竞争力消长原因的分析，一度被视为“夕阳产业”的传统制造业，其作用和地位又重新被人们所重视。同时，随着计算机技术、信息技术、自动化技术和现代管理学在制造业中的广泛应用，它们与传统制造技术相结合而形成的先进制造管理技术和模式发展迅速，应用越来越广泛。其中，对 21 世纪的制造业影响较大的主要有敏捷制造、虚拟企业、虚拟制造、智能制造、并行工程、精良生产、大规模定制、供应链管理、经营过程重构、客户关系管理等。

敏捷制造（Agile Manufacturing, AM）和虚拟企业（Virtual Enterprise, VE）是本书的重点，在后面的章节中要详细论述。这里简单介绍一下其它几种先进制造管理技术和模式。

1.4.1 虚拟制造

虚拟制造（Virtual Manufacturing, VM）是以制造技术和计算机技术支持的系统建模技术和仿真技术为基础，集成现代制造工艺、计算机图形学、并行工程、人工智能、人工现实技术和多媒体技术等多种高新技术为一体，由多学科知识形成的一种综合系统技术。它将现实制造环境及其制造过程通过建立系统模型映射到计算机及其相关技术所支撑的虚拟环境中，在虚拟环境下模拟现实制造环境及其制造过程的一切活动和产品的制造全过程，并对产品制造及制造系统的行为进行预测和评价。

虚拟制造既涉及到与产品开发制造有关的工程活动的虚拟，又包含与企业组织经营有关的管理活动的虚拟。因此，虚拟设计、生产和控制机制是虚拟制造的有机组成部分，按照这种思想可将虚拟制造分成三类，即以设计为核心的虚拟制造、以生产为核心的虚拟制造和以控制为中心的虚拟制造。

（1）以设计为中心的虚拟制造

以设计为中心的虚拟制造把制造信息引入到设计全过程，利用仿真技术来优化产品设计，从而在设计阶段，就可以对所设计的零件甚至整机进行可制造性分析，包括加工过程的工艺分析、铸造过程的热力学分析、运动部件的运动学分析和动力学分析等，甚至包括加工时间、加工费用、加工精度分析等。它主要是解决“设计出来的产品是怎样的”的问题。

（2）以生产为中心的虚拟制造

以生产为中心的虚拟制造是在生产过程模型中融入仿真技术，以此来评估和优化生产过程，以便低费用、快速地评价不同的工艺方案、资源需求规划、生产计划等，其主要目标是评价可生产性。它主要解决“这样组织生产是否合理”的问题。

（3）以控制为中心的虚拟制造

以控制为中心的虚拟制造是将仿真加到控制模型和实际处理中，实现基于仿真的最优控制，其中虚拟仪器是当前研究的热点之一，它利用计算机软硬件的强大功能，将传统的各种控制仪表，检测仪表的功能数字化，并可灵活地进行各种功能的组合。它主要是解决“应如何去控制”的问题。

1.4.2 智能制造

智能制造（Intelligent Manufacturing, IM）是21世纪制造技术发展的重要方向。所谓智能制造系统（Intelligent Manufacturing System, IMS）是一种由智能

机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统，它在制造过程中能进行智能活动，诸如分析、推理、判断、构思和决策等。智能制造技术的宗旨在于通过人与智能机器的合作共事，去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。

智能制造技术是为适应以下几方面的需要而兴起的：

- 制造信息的爆炸性增长以及处理信息的工作量猛增，这要求制造系统表现出更大的智能。
- 专门人才的缺乏和专门知识的短缺，严重制约了制造业的发展。
- 动荡不定的市场和激烈的竞争，要求制造企业在生产活动中表现出更高的机敏性和智能。

与传统制造系统相比，智能制造系统具有如下的特征：

(1) 自律能力

IMS 中的各种设备和各个环节具有自律能力，即具有搜集与理解环境信息和自身信息，并进行分析判断和规划自身行为的能力。这种能力的基础一方面是高超的信息技术，包括对于信息的获取和理解；另一方面是一个强有力的知识库和基于知识的模型。

(2) 人机一体化

IMS 不是“人工智能系统”，而是人机一体化智能系统。在人机一体化 IMS 中，一方面人的核心地位必须确定，另一方面人和机器之间又表现出一定程度的平等共事，相互“理解”和相互协作的关系。与传统的制造系统不同，在 IMS 中由于智能机器具有一定程度的自律能力，因此它们与人的关系不再简单地是一种操作与被操作的工具之间的关系，而表现出一种类似合作共事的关系。然而，和这种机器打交道，要求人类专家或操作人员具有更高的知识水准和智能。

(3) 虚拟现实 (Virtual Reality) 技术

以计算机为基础，采用各种音像和传感装置，将信号处理、信息的动态操作、智能推理、预测、仿真和现代多媒体技术融为一体，虚拟出一个“看得见、摸得着”的“制造过程”和它的“产品”，甚至还虚拟出该产品的“消费”和“消耗”过程。这个虚拟的制造过程是对于真实的制造过程的模拟和预测，它与真实制造过程的贴近程度反映了灵境技术的水平。

(4) 自组织能力

IMS 中各种设备或组成单元，能够按照工作任务的需要，自行集结成一种最合适的结构，并按照最优的方式运行。任务完成以后，该结构即自行解散，并准备在执行下一种任务中结成新的结构，即具有一种自组织能力。

(5) 学习能力与自我优化能力

IMS 中智能机器能在实践中不断学习，不断充实其知识库。其工作性能随