

敏捷制造

姚振强 张雪萍 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



敏捷制造

姚振强 张雪萍 编著



机械工业出版社

本书主要研究以低成本和高效率来快速响应市场变化的产品实现技术与制造模式。从制造设备层、制造系统层和社会制造资源层的可重构方法与技术入手,研究敏捷制造的基本理论、应用技术及实施工具。主要内容包括:
(1) 敏捷制造的基本原理、结构体系、支撑技术及实施策略;(2) 动态联盟与虚拟企业的建立原则及评价体系;(3) 制造系统的可重组设计的方法、原理及全寿命周期评价;(4) 虚拟制造的建模、方针与决策规划技术等。

图书在版编目(CIP)数据

敏捷制造/姚振强,张雪萍编著. —北京:机械工业出版社, 2004.8
ISBN 7-111-14628-X

I. 敏... II. ①姚...②张... III. 企业管理—研究 IV. F270
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 055045 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 白刚 封面设计:饶薇

责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·11.75 印张·278 千字

0001—4000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

目 录

第1章 全球化时代的制造业	1
1.1 制造业的地位及发展历程	1
1.1.1 制造业的概念及重要性	1
1.1.2 制造业的发展历程	1
1.2 全球经济一体化时代的制造环境	2
1.2.1 全球经济一体化时代的竞争特点	2
1.2.2 新世纪制造业的关键技术	4
1.3 全球化制造企业取得成功的条件	4
1.4 先进制造技术的框架体系与内涵	6
1.4.1 先进制造技术的提出	6
1.4.2 先进制造技术的层次	6
1.4.3 先进制造技术的特征	8
1.5 全球化时代的理想制造理念——敏捷制造	9
参考文献	10
第2章 敏捷制造的理论框架	12
2.1 敏捷制造的哲理和内涵	12
2.1.1 敏捷制造的哲理	12
2.1.2 企业敏捷性及其影响因素	13
2.1.3 敏捷制造的内涵和特征	14
2.1.4 实现敏捷制造的要素	16
2.2 敏捷制造系统的体系结构	17
2.2.1 敏捷制造系统的概念层	18
2.2.2 敏捷制造系统的使能器层	19
2.2.3 敏捷制造系统的基础设施层	21
2.3 敏捷企业的组织和管理	22
2.3.1 敏捷化的组织形式——动态联盟	22
2.3.2 敏捷化的管理方式——以团队为核心的扁平化网络结构方式	25
2.4 企业敏捷性的评价体系	26
2.5 敏捷制造的典型实施	27
2.5.1 敏捷制造实施方法	27
2.5.2 敏捷制造实施步骤	27
参考文献	30
第3章 敏捷制造的信息集成	31
3.1 企业信息需求和信息系统分析	31
3.1.1 制造企业的信息需求	31
3.1.2 制造企业的信息系统	32

3.2 敏捷制造信息系统的设计	33
3.2.1 定义和特征	33
3.2.2 设计原则	34
3.2.3 技术框架	34
3.3 敏捷信息系统网络平台	34
3.3.1 现场总线及控制系统	35
3.3.2 计算机网络	39
3.4 敏捷信息系统支撑技术	43
3.4.1 组件技术	43
3.4.2 W3 技术	51
3.4.3 XML 技术	56
3.4.4 Agent 技术	58
3.4.5 workflow 技术	62
3.4.6 数据库	68
3.5 敏捷信息系统集成框架	73
3.5.1 信息系统集成框架需求分析	74
3.5.2 信息系统集成框架功能模型	75
3.5.3 信息系统集成框架信息服务平台	76
参考文献	77
第4章 制造系统的重构	78
4.1 可重构制造系统的功能和特征	78
4.1.1 制造系统的可重构性	78
4.1.2 可重构制造系统的内涵	78
4.1.3 可重构制造系统的特征	79
4.2 可重构制造系统的组成	80
4.2.1 可重构组织系统	81
4.2.2 业务过程可重构	81
4.2.3 产品的可重构	82
4.2.4 车间加工系统的可重构	83
4.2.5 可重构的信息平台	83
4.3 可重构制造系统的研究层次	83
4.3.1 系统级的可重构研究	83
4.3.2 制造设备的可重构研究	84
4.3.3 可重构系统标定和检测方法研究	85
4.3.4 模拟可重构系统试验装置的研究	86
4.4 制造系统的重构与设计	86
4.4.1 可重构制造系统设计理论基础	86
4.4.2 可重构制造系统设计原则	89
4.4.3 可重构制造系统设计内容	93

4.4.4 可重构制造系统设计步骤.....	98
参考文献	99
第5章 产品的并行设计	101
5.1 并行工程的思想体系	101
5.1.1 并行工程的产生背景.....	101
5.1.2 并行工程的概念特征.....	102
5.1.3 并行工程的体系结构.....	105
5.2 产品并行设计的实施方法	106
5.2.1 过程建模及其管理.....	106
5.2.2 小组(团队)工作	106
5.2.3 CAX 技术	107
5.2.4 DFX 技术——面向产品生命周期的设计技术.....	109
5.2.5 产品数据管理(PDM).....	112
5.2.6 质量功能部署(QFD).....	115
5.2.7 利用综合的计算机辅助环境设计制造产品.....	118
5.3 并行工程的应用和发展	119
5.3.1 并行工程的应用	119
5.3.2 并行工程的发展	120
参考文献	120
第6章 产品的虚拟制造	121
6.1 虚拟制造及其相关概念	121
6.1.1 虚拟现实在制造业的应用——虚拟制造.....	121
6.1.2 虚拟制造的相关概念.....	124
6.2 虚拟制造系统的功能及体系结构	125
6.2.1 Mediator 体系	125
6.2.2 Iwata 体系	126
6.2.3 分布式体系	126
6.2.4 工具集体系	126
6.2.5 面向产品生命周期的 VMS 体系	126
6.2.6 支持企业生产过程的 VMS 体系	128
6.2.7 基于网络的虚拟研究开发中心.....	128
6.2.8 基于网络的开放式层次化 VMS 体系	129
6.3 虚拟制造的技术研究	130
6.3.1 技术的研究层次	130
6.3.2 各种技术的的应用地位.....	131
6.3.3 主要技术介绍	132
6.3.4 主要研究机构和研究内容.....	136
6.4 基于虚拟制造的过程仿真.....	138
6.4.1 虚拟制造环境的体系结构.....	138

6.4.2 硬件环境	139
6.4.3 软件环境	140
6.5 虚拟制造的决策支持系统	146
6.5.1 决策支持系统的基本模型与分类	146
6.5.2 基于智能代理技术的决策支持系统(层次设计、界面设计)	147
6.5.3 虚拟企业中的决策支持系统	148
6.6 可装配性分析与评价	148
参考文献	150
第7章 虚拟企业的构建与运作	152
7.1 虚拟企业基本概念及其特征	152
7.1.1 虚拟企业的产生背景	152
7.1.2 虚拟企业的特征	152
7.1.3 动态联盟的竞争优势	154
7.2 建立动态联盟的战略与原则	155
7.2.1 动态联盟的实现途径	155
7.2.2 动态联盟的核心问题	156
7.2.3 动态联盟的建立原则及支持系统	156
7.2.4 动态联盟的建立过程	158
7.2.5 动态联盟建立过程中的关键要素	160
7.3 敏捷供应链	162
7.3.1 敏捷供应链的概念	162
7.3.2 敏捷供应链的体系结构	163
7.3.3 电子商务和敏捷供应链	166
7.3.4 建立敏捷供应链管理系统的核心技术	168
7.4 企业敏捷制造的典型范例	172
7.4.1 透视直销背后的戴尔	172
7.4.2 上海网络化敏捷制造示范工程	173
参考文献	175
缩略词说明	177

第 1 章 全球化时代的制造业

1.1 制造业地位及发展历程

1.1.1 制造业的概念及其重要性

制造业是所有与制造有关的企业机构的总体。广义制造业包括传统制造业和新兴制造业,制造业不仅是机械类型的制造业,大制造业的范围包括:机械制造、电子类(飞机、汽车、家电)等离散制造业,石油、化工等流程(和连续)制造业,钢材等混合制造业。

制造业是国民经济的支柱产业,其生产总值一般占各国国内生产总值的 20%~55%。制造业一方面创造价值,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。美国麻省理工学院(MIT)有本专著《美国制造》得出结论:“一个国家要想生活得好,就得制造得好”;“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业。”克林顿执政后正式提出“制造业是美国工业的基础”,并将 1994 年定为“先进制造技术年”。美国国防部的一份报告指出,要重振美国经济雄风,要在 21 世纪全球经济中继续保持美国经济霸主地位,必须大力重振制造业。可见,制造业对一个国家的经济地位和政治地位具有至关重要的影响,在 21 世纪的工业生产中具有决定性的地位与作用。

制造科学是 21 世纪的四大支柱科学(制造科学、信息科学、材料科学、生物科学)之一。我国“十·五”期间确定了 8 个对增强综合国力最具战略影响的高技术领域:信息技术;生物技术;新材料技术;先进制造与自动化技术;资源环境技术;航空航天技术;能源技术;先进防御技术。其中前三项应给予重点支持,不论哪一项都要靠制造业的支撑。制造业的兴衰是关系到国家的国际竞争力和国家安全的大事。

1.1.2 制造业的发展历程

自从工业革命以来,制造业经历了几种主要的制造模式转变,大批量生产从 20 世纪初开始成为制造业的主导模式,对制造技术和社会价值产生了深远的影响。几十年以前,大批量生产模式达到顶峰,然后开始逐渐衰退。人们开发出 DNC、FMS 和 CIM 来提高制造系统的柔性,以适应市场需求变化。以信息技术为主导的高技术正深刻地影响着人类生活的方方面面。制造业也不例外,高技术的发展也为制造技术的变革提供了极大的支持,“现代制造技术”应运而生,它正推动着制造业进入集成化、信息化、智能化、网络化、柔性化、绿色化的新历史时期。

20 世纪 70 年代,随着计算机技术的发展与全面应用,制造工艺和设备的自动化成为主导方向,产品的成本结构因素发生了根本的变化,劳动力对产品成本的影响降为次要,提高企业的整体效率和降低产品成本成为主流。当时的理论基础是系统科学、运筹学等,

主要用于提高企业的管理水平,出现了 JIT(减少库存、加快资金流动,提高资金效益、均衡生产)和 LP(尽可能减少不产生价值的环节,引进自动化装备及系统,进一步提高劳动生产率、管理及生产水平)。

80 年代,计算机技术进一步发展,FMS 成为制造技术的主要代表,计算机技术的系统集成和优化,使制造技术得到迅速发展;另外,管理水平有了全面提高,主要表现在管理与制造的高度集成,这些技术目前都在企业界推广应用取得了巨大的经济效益,尤其是 FMS 的推广更适用于我国的企业。

90 年代,高速信息公路的开通是主要标志,随着信息技术的发展,知识间的距离越来越短,技术发展越来越快,如何利用新技术和新知识、以最短的时间开发出高质量且能被用户接受的新产品,是企业竞争的焦点。于是,围绕缩短产品上市时间这一核心问题,出现了美国提出的对产品开发及相关过程以组成多功能协同小组工作模式为特征的 CE(并行工程),以简化组织和强调人的能动性为核心的 LP(精益生产),以动态多变的组织结构和充分发挥技术、组织和人员的高度柔性集成为主导的 AM(敏捷制造);日本提出的以提高决策自动化为目的并在整个制造过程中贯穿智能活动的 IM(智能制造);德国提出的以人为主体的第二代 CIM(HIM)(计算机集成制造)。此外还有虚拟制造(VM)、仿生制造(BM)和绿色制造(GM)等先进的生产模式。我国的专家和学者也提出了 CE、LP、全球敏捷生产(GAP)、分散网络化生产(DNM)、虚拟全球制造(VGM)和精益-敏捷-柔性生产(LAFP)等一系列新的、先进的生产模式。

1.2 全球经济一体化时代的制造环境

1.2.1 全球经济一体化时代的竞争特点

1. 全方位的竞争

1)时间周期(Time)。Time 不仅仅是指产品的交货时间,更重要的是指新产品的开发时间和上市时间,甚至是指产品的整个生命周期。时间是体现企业竞争力的第一要素。谁能在最短的时间内交货、谁能最快地开发出新产品并打入市场、谁能在产品整个生命周期之内提供最好的服务,谁就能够占领市场。这就要求企业具有快速的应变能力、产品开发能力和生产能力。

2)质量(Quality)。Quality 不仅仅是指对产品本身的性能、功能、外观、可靠性和使用寿命等方面的要求,更重要的是指如何在产品整个生命周期之内全面地满足客户的要求,包括各种服务要求,顾客对产品及其服务的满意程度是质量的度量。质量永远是衡量企业竞争力的重要指标。谁能提供高质量的产品,谁能在产品整个生命周期之内提供高质量的服务,谁就能够保住市场。这就要求企业的产品设计水平、制造设备和制造工艺水平、以及服务水平要高。

3)成本(Cost)。Cost 不仅仅是指单一的产品制造和销售成本,而且是指包括产品的运行成本、维护成本及报废后的处理成本在内的全成本。成本或价格一直是顾客选择产品的一个主要指标。谁能提供质量价格比最优的产品,谁就能够拥有市场。为了降低成本,要求企业的产品和制造系统均具有高度的柔性,能够以相对不变的制造设施制造各种各样的产品,能够以尽量低的代价对产品进行维护和升级。

4) 创新 (Innovation)。Innovation 指产品的新颖性和技术独占性。当前独占性技术构成了产品的主要价值, 而且一项技术的独占期也越来越短。这就要求企业具有很强的创新意识和对市场的快速应变能力。

5) 服务 (Service)。Service 指产品整个生命周期之内的服务, 包括售前咨询服务、售后维护和升级升值服务等。可以说, 企业卖给顾客的不仅仅是产品, 而是借助产品这座桥梁将自己的服务也卖给了顾客。服务已经越来越成为企业占领市场和保住市场的重要要素。企业在产品整个生命周期之内都必须具有强烈的服务意识和令顾客满意的高质量的服务水平。因此, 我们的制造企业正处于一个不断变化的动态环境之中。市场在变, 市场对企业提出的要求或者说市场给企业施加的压力也在变。

2. 制造企业应对竞争的挑战

1) 产品开发周期显著缩短, 上市时间更快, 这是 21 世纪市场环境和用户消费观所要求的, 也是赢得竞争的关键所在。这一点从美国制造业策略的变化可以看出。美国制造业的策略从 20 世纪 50 年代的“规模效益第一”, 经过 70 年代和 80 年代的“价格竞争第一”和“质量竞争第一”, 发展到 90 年代的“市场速度第一”, 时间因素被提到了首要位置。

2) 具备赢得竞争, 提高市场占有率的四种基本能力: (1) 时间竞争能力, 产品上市快、生产周期短、交货及时; (2) 质量竞争能力, 产品不仅可靠性高, 而且使用户在各方面都满意; (3) 价格竞争能力, 产品生成成本低, 销售价格适中; (4) 创新竞争能力, 产品有特色、生产有柔性、竞争有策略。这四种能力中最重要的能力是创新能力, 企业的创新不仅指产品设计和生产工艺上的创新, 还要包括制造观念的更新、组织的重构、经营的重组。历史证明, 综合创新能力是推动企业发展的动力和最强大的竞争武器。

3) 柔性更加提高, 以响应“瞬息万变、无法预测”的市场。企业不仅要具备技术上的柔性, 还要具备管理上的柔性, 以及人员和组织上的柔性。

4) 全生命周期内的质量保证。产品质量的完整概念是顾客的满意度, 可靠性仅是质量的一个指标, 但它不再能赋予产品以足够的竞争优势。在用户看来, 产品可靠、具有一定的使用寿命是理所当然的。对产品质量更全面的理解是: 用户占有、使用产品的一种综合主观反映, 包括可用、实用、耐用、好用。

5) 企业的组织形式将是跨地区、跨国家的虚拟公司或动态联盟。Internet 国际网为虚拟公司或动态联盟的实现提供了一定的基础。

6) 生产过程更加精良。产品开发、生产、销售、维护过程更加简化, 生产工序更加简单, 从而降低成本、提高劳动生产率、缩短上市时间。

7) 人员素质更加提高。21 世纪制造业要求全体职员具有更高的技术、管理和协作素质, 每个人都应掌握多种技术、胜任多种工作。

8) 智能化程度更高。在产品设计和制造过程中广泛应用人工智能技术, 各种设备的智能化程度大大提高。

9) 更加注重环境问题。因为环境问题是关系到人类自下而上的大问题, 也是社会能否持续发展的重要问题。

10) 分布、并行、集成并存。分布性更强、分布范围更广, 是全球范围的分布; 并行化程度更高, 许多作业可以跨地区、跨部门分布式并行实施; 集成化程度更高, 不仅包括信息、技术的集成, 而且包括管理、人员和环境的集成。21 世纪制造业的四个关键因素是

技术、管理、人员和环境。

1.2.2 新世纪制造业的关键技术

1. 集成化技术

在过去制造系统中仅强调信息的集成,这是不够的。现在更强调技术、人和管理的集成。在开发制造系统时强调“多集成”的概念,即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成及人员集成,这更适合未来制造系统的需求。

2. 智能化技术

应用人工智能技术实现产品生命周期(包括产品设计、制造、发货、支持、用户到产品报废等)各个环节的智能化,以及生产设备的智能化,也要实现人与制造系统的融合及人在其中智能的充分发挥。

3. 网络技术

网络技术包括硬件与软件的实现,各种通信协议及制造自动化协议,信息通信接口,系统操作控制策略等,是实现各种制造系统自动化的基础。

4. 分布式并行处理智能协同求解技术

该技术实现制造系统中各种问题的协同求解,获得系统的全面最优解,实现系统的最优决策。

5. 多学科多功能综合产品设计技术

机电产品的开发设计不仅用到机械科学的理论与知识(力学、材料、工艺等),而且还用到电磁学、光学、控制理论等;不仅要考虑技术因素,还必须考虑到经济、心理、环境、卫生及社会等方面因素。机电产品的开发要进行多目标全性能的优化设计,以追求机电产品的动静态的热特性、效率、精度、使用寿命、可靠性、制造成本与制造周期的最佳组合。研究重点是:CE 及 CAD/CAPP/CAM/CAE 一体化设计技术;面向制造/装配/市场销售的并行设计技术;产品效益及风险的并行评估技术等。

6. 虚拟现实(VR)与多媒体技术

VR 是人造的计算机环境,使人处在这种环境中身临其境的感觉,并强调人的介入与操作。VR 技术在 21 世纪制造业中将有广泛的应用,可以用于培训、制造系统仿真、实现基于制造仿真的设计与制造、集成设计与制造、实现集成人的设计等,美国已于 1992 年借助于 VR 技术成功地修复了哈勃太空望远镜。多媒体技术采用多种介质来储存、表达、处理多种信息,融文字、语音、图像、动画于一体,给人一种真实感。

7. 人、机和环境的系统技术

将人、机器和环境作为一个系统来研究,发挥系统的最佳效益。研究的重点是:人机环境的体系结构及集成技术,人在系统中的作用及发挥,人机柔性交互技术,人机智能接口技术,清洁制造等。

1.3 全球化制造企业取得成功的条件

1. 正确的全球化制造策略

全球化制造策略是最重要的成功因素。生产紧靠市场,在另外一个国家进行低成本

的生产，并能对市场和用户的变化都作出灵活的反应，是建立全球化制造的驱动因素。但是在另一个国家成功建立生产能力的同时也具有高风险性。任何一个不适当的位置选择、一个错误的产品决策、忽略了市场的特殊需求、或者忽略了所选国家和地区有关人的素质、文化、管理能力等方面的特点，将导致一个公司的灾难，有许多例子可以说明一个公司因全球制造的决策错误而从顶峰坠落。但是，只要企业能用正确的决策规划方法抓住机遇作出正确的决策，成功的例子也是很多的。企业的经营管理能力和企业的潜在能力是企业实现全球制造的基础，在企业的经营决策中必须包括在别的国家的人员、财源、基础以及可用的知识、技术和设备，从这两个方面来规划，产生出全球制造策略的概念，以避免失误。

2. 不断创新的能力

全球经济发展已进入了知识经济时代，市场竞争充分表现出的是高技术的竞争、知识的竞争和科技创新转化为生产力的竞争，全球制造业必须以产品的不断创新作为争夺市场的经营策略。企业要在接近用户的地区开辟新的市场，就必须拿出创新产品来争取用户。没有特色和性能过硬的产品是不可能开拓国际市场的，只能“打道回府”。

3. 建立全球制造网络

企业在建立全球化制造系统时，不仅要确定组织机构的发展战略和合作机制，还要研究全球经济关系对未来企业的影响。这些影响包括发展中国家中新市场的出现、自由贸易和经济合作的地域化、大规模合作的重新组合、世界范围内制造工业正在发生惊人的变化等等。因此，企业必须紧跟世界经济的变化和面对新的发展机遇，迅速建立全球制造网络是很关键的一步。建立全球制造网络就是要在紧靠市场的地区寻找合作伙伴、建立合作机制，并通过它了解当地需求、提供人员和物资。但是在选择合作伙伴时是成功和风险并存的，应分清情况采用不同的合作方式，如可以先与具有实力的企业合作，然后再进行合资等。图 1-1 所示为一虚拟全球化制造网络结构。

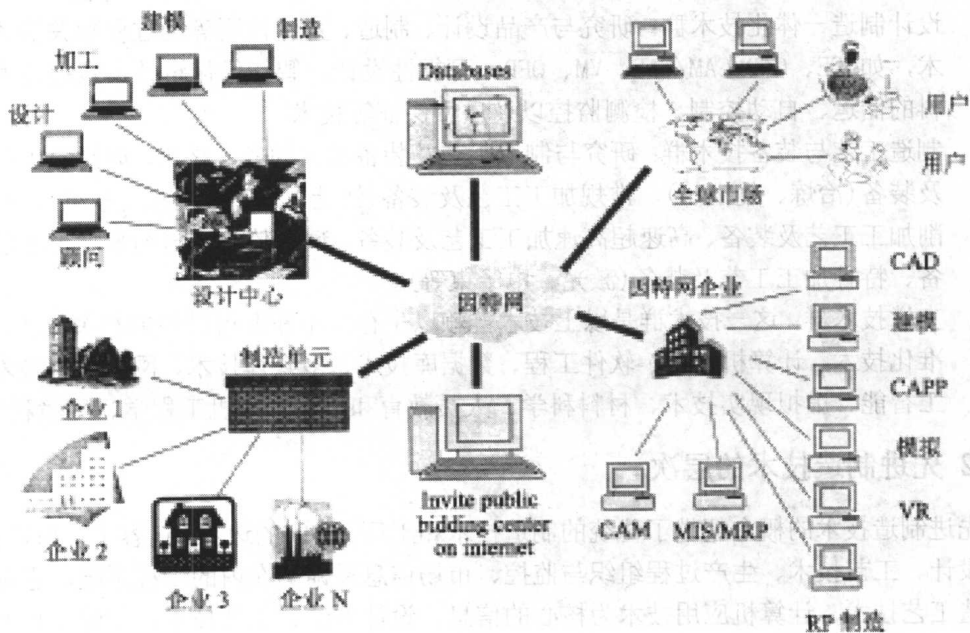


图 1-1 虚拟全球化制造网络结构

4. 用户和市场的系统管理

全球制造企业必须牢牢掌握市场和用户的需求变化,丧失用户和市场就丧失了一切。因此,必须在企业与企业之间建立某种系统并有效地管理,甚至将用户作为成员直接参与企业协同工作组的产品开发工作。

5. 国际化的雇员

雇用员工的国际化,也是全球制造企业取得成功的重要因素,因为只有当地的人最了解本国市场情况和需求,他们没有语言障碍,能最方便地与本地用户进行交流和建立关系,有效地采购当地的物资和销售产品,而且还能节省从本国向外派驻人员的费用。

1.4 先进制造技术的框架体系与内涵

1.4.1 先进制造技术的提出

先进制造技术没有一个明确的、一致的定义,但普遍公认的含义是: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,并将其综合应用于产品设计、加工、检测、生产管理、产品销售、使用、回收的制造全过程的制造技术的总称。

先进制造技术最初由美国根据本国制造业所面临的挑战与机遇,对其制造业存在的问题进行深刻反省,在20世纪80年代提出的。主要包括系统总体技术、管理技术、设计制造一体化技术、制造工艺与装备技术、支撑技术五大技术群。经过十余年的发展,五大技术群的内容到现在已大大丰富,其具体含义如下:

- 系统总体技术群:研究如FM、CIM、AM、IM等先进制造技术的设计、规划、集成等总体技术。
- 管理技术群:研究与制造企业的生产经营和组织管理相关的各种技术,如计算机辅助生产管理、MRP/MRP II/ERP、供应链管理、TQM、JIT、LP、BPR等技术。
- 设计制造一体化技术群:研究与产品设计、制造、直到检测等全过程相关的各种技术,如CE、CAD/CAM/CAE、VM、QFD、可靠性设计、智能优化设计、数控技术、物料的储运、自动控制、检测监控以及质量保证等技术。
- 制造工艺与装备技术群:研究与制造工艺及装备相关的各种技术,如材料生产工艺及装备(冶炼、轧钢等)、常规加工工艺及装备(铸造、锻造、焊接、热处理等)、切削加工工艺及装备、高速超高速加工工艺及装备、精密超精密与纳米加工工艺及装备、特种加工工艺及装备(激光、电子束等)。
- 支撑技术群:这一技术群是以上技术群赖以生存并不断取得进步的相关技术,如标准化技术、计算机技术、软件工程、数据库技术、多媒体技术、网络通信技术、人工智能、虚拟现实技术、材料科学、人员教育和培训、人机工程学、环境科学等。

1.4.2 先进制造技术的层次

先进制造技术的概念超越了传统的制造技术和工厂、车间的边界,包容了从市场需求、创新设计、工艺技术、生产过程组织与监控、市场信息反馈等在内的工程系统。它是以先进制造工艺技术、计算机应用技术为核心的信息、设计方法、工艺技术、物流工程及相应的管理工程集成的现代制造工程,是不断更新发展的高技术体系。它通过技术和管理的优

化组合，期望通过产品的 T、Q、C、I、S 等的优化，取得最佳市场竞争力。

在不同的国家，不同的发展阶段，先进制造技术有不同的内容及组成。图 1-2 是先进制造技术的层次及技术来源示意图。第一个层次是优质、高效、低耗、清洁基础制造技术，它是先进制造技术的核心。它在铸造、锻压、焊接、热处理、表面保护、机械加工等基础工艺中被大量采用。第二个层次是新型的制造单元技术。这是在市场需求的带动下，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相结合而形成的崭新的制造技术，如数控技术、清洁生产、机器人技术等等。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 FMS、CIMS、IMS 以及虚拟技术等。

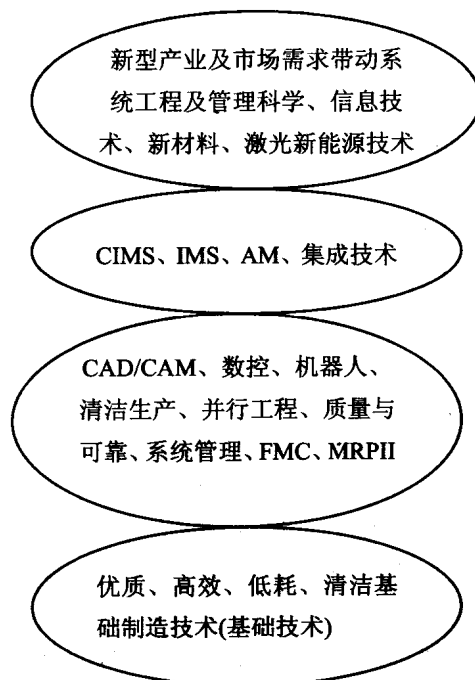


图 1-2 先进制造技术的层次及技术来源示意图

先进制造技术的核心是高质量、低成本、快速开发新产品以适应市场的快速变化和满足人们的需要。适应市场快速变化的制造技术得到超速发展和应用瞬息万变的市场促使交货期成为竞争力诸因素中的首要因素。为此，许多新观念、新技术得到了迅速的发展和应用。其中有代表性的如下：

工程在产品阶段就同时进行工艺设计，考虑产品整个生命周期的所有因素，大大缩短产品投放市场的时间。这种方法在日、美企业中已得到比较广泛的应用。

快速原型制造技术利用三维 CAD 的数据，将一层层的材料堆积成实物模型。这种技术可大大缩短产品开发周期，给制造业带来根本性变化。虽然 1990 年它才进入市场，但至今已在全球销售 1500 台快速原型机。

虚拟制造技术将得到广泛应用。虚拟制造技术是以计算机支持的仿真技术为前提，对设计、加工、装配等工序统一建模，形成虚拟的环境、虚拟的过程、虚拟的产品、虚拟的企业。主要包括：(1)虚拟环境技术；(2)虚拟设计技术；(3)加工和装配过程的模拟、仿真

技术。虚拟研究开发中心将异地的、各具优势的研究开发力量，通过网络和视像系统联系起来，进行异地开发、网上讨论。

虚拟企业为快速响应某一市场需求，通过信息高速公路，将产品涉及到的不同公司临时组建成为一个没有围墙、超越空间约束、靠计算机网络联系、统一指挥的合作经济实体。面对新的格局、新的挑战，传统的封闭式的小而全、大而全的企业已越来越没有竞争力，各种开放方式的合作开发、生产和销售与日俱增，从用户订货、产品创意、设计、零部件生产、总成装配、销售以至售后服务这一全过程中的各个环节，都可以分别由处在不同地域的企业，按照某种契约进行互利合作。通过国际互联网、局域网和企业内部网，可实现对世界上任何一地的用户定货，进行异地设计、异地制造，然后在最接近用户的生产基地制造成产品。制造业的全球化、网络化、虚拟化已成为发展的重要特征。

1.4.3 先进制造技术的特征

先进制造技术与传统制造技术相比，发生了根本性变化，其发展特点主要表现在下列各方面：

1. 制造技术发展成为现代制造科学

人们对加工制造过程及过程技术的认识是随着制造科技的发展乃至整个社会文明的发展而不断发展和深化的。在加工制造技术中，科学成分在不断增加，而经验成分在不断减少。传统加工制造技术中许多定性的描述转化为定量描述，用数学模型实现信息组织、处理、传递，变本质为数学化的系统，在这一基础上逐步建立不同层面的系统的数字化模型，并能进行仿真。加工制造已从部分量化和部分经验化、定性化逐步转向全面数字定量化。制造科学形成了由机械、计算机、信息、材料、自动化、管理等学科的有机结合而发展起来的一门多学科交叉融合的综合工程科学，成为密切结合生产实践的科学。

由于信息技术的融合和支撑，先进制造技术已经进入计算机辅助制造的时代。不仅利用计算机辅助设计，并且通过计算机分级网络监测、控制和管理制造系统各阶段的工作，达到精益、敏捷和柔性的新型制造模式。这些新型模式的制造系统必须要有一门跨学科的综合科学作为支撑的基础，这就是制造科学。在把设计、制造和管理集成起来的制造系统中，新学科会应运而生，它们是制造工程与数学、信息科学相结合的产物。

2. 制造技术综合化、制造工程系统化

加工制造技术经历了综合、专业分化到更高的综合的反复循环的过程。制造已经形成一个系统，不再分割为传统的加工、检验和装配，也不是单纯的产品设计、制造工艺和生产组织管理的配合，而是一个从产品概念开始，最终产品形成直到其生命周期终结等整个产品生命周期的集成过程，是一个功能体系和信息处理系统。因此，制造工程是一个包括产品市场需求、设计开发研究、生产、市场销售、用户使用、终结处理等整个产品生命周期的系统工程。制造系统正向着柔性化、集成化和智能化方向发展，先进制造技术就必须适应这种发展的要求。

3. 加工制造趋向信息驱动的数字化制造

在制造系统和制造过程中最活跃、最起决定作用的是信息，现代制造系统正在从能量驱动型转变为信息驱动型而发展成为一种信息系统。现代制造科技发展的重点是提高信息处理能力。制造是受控制的造物过程，而控制则由约束加信息构成，所以制造离不开信息。

数字化制造时代革新了制造的科学基础, 信息技术的迅速发展及其与制造的融合, 使制造日益走向数字化。数字化制造的信息特征, 使信息与控制在制造科学中的重要性日益增加, 正在形成制造信息学。

4. 制造技术已成为多学科交叉融合一体化的新一代科学技术

先进制造技术在制造系统和制造过程中交叉融合并有效应用信息、微电子、计算机、自动化、材料、管理等现代科学技术, 形成了一系列新技术和新理论。例如, 制造技术与管理科学一体化的结果是将管理科学(以及社会科学)与制造技术有机地融合在一起, 从而出现指导新型生产组织模式的各种哲理。多学科交叉融合的特征涉及制造系统和制造全过程的数学物理模型、制造信息传递及知识获取理论与方法、制造模式与生产管理理论与方法、制造过程及系统的测量、监控及制造自动化理论等, 多学科交叉融合不仅使制造科学更趋完善, 而且成为现代制造技术创新发展的源泉。

1.5 全球化时代的理想制造理念——敏捷制造

先进制造系统技术是当前发展最快、研究开发最为热门的先进制造技术之一, 其发展过程如图 1-3 所示。

20 世纪 80 年代, 计算机集成制造系统 CIMS 引起了国内外的广泛关注。在对 CIMS 探索 and 实践中, 人们逐渐认识到必须在信息集成的基础上, 从全局优化的观点出发, 在 CIMS 的各功能子系统之间实现双向的信息交换和共享, 以达到各功能间的相互协调与优化, 实现产品开发过程的功能集成。

CE 正是基于这一认识而提出的一种哲理和系统方法论。CE 在 90 年代初成为工厂自动化方面的一个热点。接着又掀起了 LP 的热潮, 大批量制造企业采用了 JIT 和 LP, 由于企业仍停留在制造每一个零件和部件的“全能”型方式下, 竞争优势只体现在全能和生产规模上。

随着国内外市场竞争加剧, 科学技术发展迅速, 产品更新换代速度加快及人们对产品多样化的需求增加, 使得机械制造业向多品种小批量生产方式发展。为适应这种情况的变化, 许多发达国家开展了大量的对策研究。研究认为产品在上市的时间(T)、质量(Q)、成本(C)和服务(S)等产品竞争四大关键因素中, 质量已不再是市场竞争的最大优势。创新周期缩短和全球化市场的形成, 企业面临着不可预测和不断变化的市场, 只有快速响应市场需求, 提供满足用户个性需求的产品, 才能在竞争中取胜。

敏捷制造就是在这种背景下提出的。敏捷制造着眼于小规模、模块化组合和企业间合作生产, 发挥众多特长企业的优势来适应变化多端的市场需求, 把宏观的国际市场需求与具体的公司生产密切结合, 充分发挥人的因素, 及时抓住机遇, 快速响应市场, 形成了敏捷制造的新概念。敏捷制造被认为是下一代制造策略而得到美国、日本和欧洲共同体等国家和地区的普遍重视, 并就敏捷制造的实施方法和途径开展了广泛的研究和探索。

敏捷制造的敏捷体现在: 持续变化性(产品、技术、管理模式)、快速反应性(以适应市场的变化)、质量高标准、低费用。实现敏捷制造的条件: 设备高度柔性、可编程性和模式化; 信息系统标准化和可维护性; 人的因素和管理机构。敏捷制造的实施方式: 虚拟公司、竞争—合作, 用户参与设计与制造, 兼顾经济效益和社会效益, 增加信息服务和系统管理功能。

综合地讲：敏捷制造指的是制造企业能够把握市场机遇，及时动态地重组生产系统，用最短时间向市场推出最有利润的、用户认可的、高质量的产品，其发展的最终结果是实现大批量定制的生产模式。敏捷制造生产模式需要通过虚拟公司才能实现。一旦市场有了某种产品的需要，虚拟公司就能抓住和利用迅速变化的市场机遇，通过信息技术联系起来的网络将现有的原本分散的技术资源、人力资源和管理资源迅速联结成一个临时性的制造实体。网络中的各成员企业充分信任与合作，发挥各自的核心优势，共享技术并分担费用，以求获得更大的收益。一旦市场机遇丧失，该虚拟公司立即解体，如再有机遇则另组织新的制造实体。各成员企业必须按照新的先进的生产模式、制造系统和组织管理方式进行生产，才能适应快速多变市场的需求。

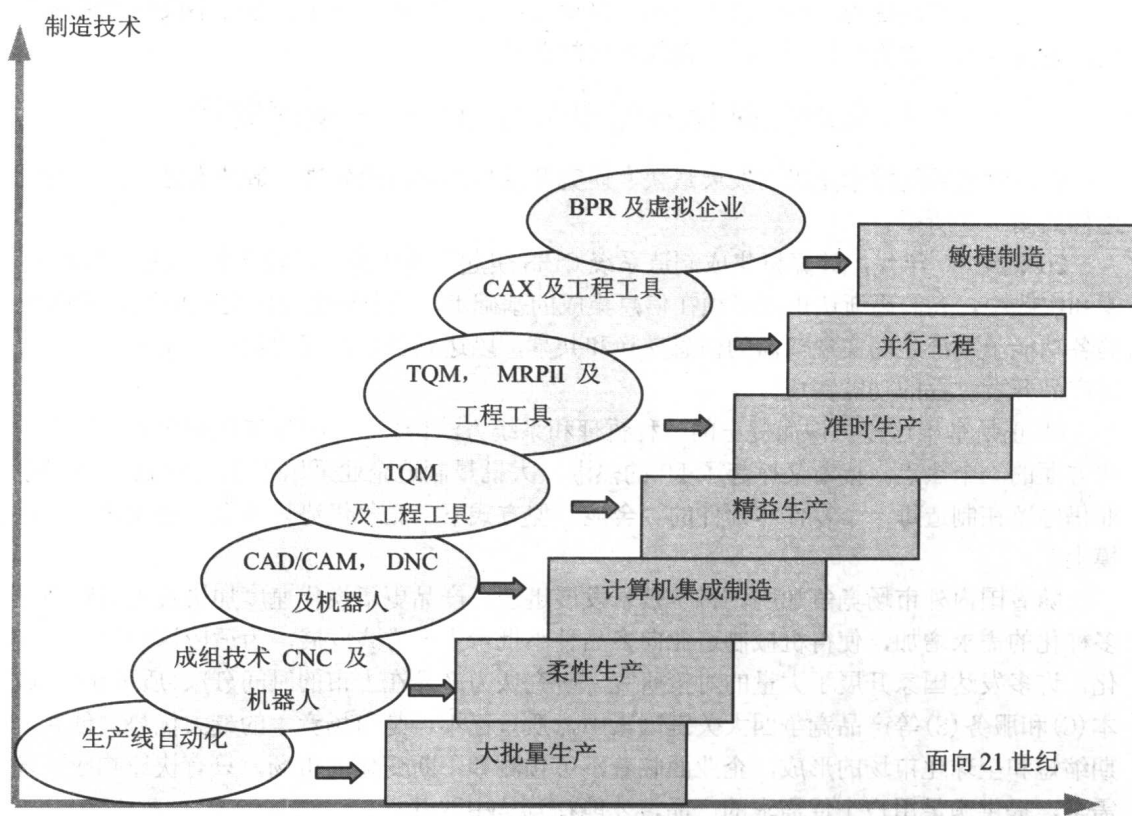


图 1-3 制造技术的发展概况

参考文献

- 1 潘家韬, 刘丽文, 石涌江等. 现代生产管理学. 北京: 清华大学出版社, 2001
- 2 张峥嵘, 袁清珂. 21 世纪制造业的特点及其关键技术
- 3 陈子辰, 唐任仲. 21 世纪制造业面临的挑战 and 对策. 机电工程, 1998 (1)
- 4 张国雄. 把握学科前沿, 发展信息化的绿色制造业
- 5 孙庆鸿. 面临 21 世纪的机械制造业高新技术发展
- 6 张洪博, 韩新民, 屈贤明. 21 世纪制造业企业的发展战略(一)——先进制造技术的发展