

浙江省哲学社会科学重点研究基地  
临港现代服务业与创意文化研究中心成果丛书

王琦峰◎著

# 面向服务的制造 执行系统理论 与应用

*Service-Oriented Manufacturing Execution System  
Theory and Application*

ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

浙江省哲学社会科学重点研究基地

临港现代服务业与创意文化研究中心成果丛书

# 面向服务的制造执行系统 理论与应用

王琦峰 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

面向服务的制造执行系统理论与应用 / 王琦峰著.  
—杭州: 浙江大学出版社, 2012. 11  
ISBN 978-7-308-10719-8

I. ①面… II. ①王… III. ①制造工业—工业企业管理—企业信息化—研究 IV. ①F407.406

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 244476 号

## 面向服务的制造执行系统理论与应用

王琦峰 著

---

责任编辑 杜希武  
封面设计 刘依群  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)  
排 版 杭州好友排版工作室  
印 刷 浙江省良渚印刷厂  
开 本 710mm×1000mm 1/16  
印 张 13  
字 数 226 千  
版 印 次 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-10719-8  
定 价 39.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换  
浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88925591

# 内容简介

信息技术、服务科学理论和技术的发展深刻改变着现代制造企业的运作模式。随着产业链专业化分工的不断细化,围绕着特定的制造任务,制造企业在车间制造过程的协作日益频繁,如何从任务协作需求的角度对车间资源进行规范化管理、制造任务的规划以及提供一种有效的管理运作模式和支持系统是制造企业实现车间制造系统内部及相互之间在制造过程的协同进行组织和优化管理需要解决的重要问题。本书应用面向制造业信息化、服务计算和服务科学的相关理论,对面向服务的制造执行系统的概念、理论、方法和技术进行了全面的论述。全书共分十章,内容包括制造执行系统的概念和内涵、国内外研究和应用现状;面向服务的制造执行系统体系结构、运行模式、系统建模技术、系统集成技术、制造服务建模技术、制造任务规划与表达技术、制造执行链构建技术、制造过程知识管理技术以及面向服务的制造执行系统实现和实施等。

本书为从事制造业信息化及相关研究人员提供了一个全面了解制造执行系统及其运作管理技术的详细科研资料,也为研究人员开展深入研究提供了基础。本书可以作为企业实施制造执行系统的参考资料,也可以为管理科学与工程、计算机、自动化、企业管理等专业的研究生学习制造业信息化和制造执行系统提供参考。

# 前 言

随着知识经济时代的来临以及因特网、电子商务和全球化市场等的发展,制造业所处的外部环境已发生了根本性的变化,制造业开始进入一个重大的变革时代。以信息技术为标志、以制造业信息化为基础的先进制造技术正在使制造业日益成为新技术革命的载体和巨大推动力。

制造执行系统是面向企业车间层的管理信息系统,作为制造企业信息化的重要组成部分,制造执行系统在整个制造企业信息集成系统中承上启下,是生产活动与管理活动信息沟通的桥梁。它采用双向直接的通讯,在整个企业的产品供需链中,既向生产过程人员传达企业的期望,又向有关部门提供产品制造过程状态的信息反馈。制造执行系统的实施和应用已经成为制造业提升管理水平和制造效率的重要支撑。随着制造企业间协作的不断加深和新一代信息技术和管理技术的不断提出,制造执行系统的内涵在不断地发展。为了更好地满足不断变化的制造环境对制造执行系统的需求,本书应用面向服务计算技术和服务科学的相关理论对面向服务的制造执行系统进行了系统的研究。本书主要研究内容包括以下方面。

(1)在分析了目前制造执行系统在体系结构和功能框架方面不足的基础上,提出了一种面向服务的、支持跨车间制造系统协同运作及支持底层制造装备集成和制造过程知识管理的制造执行系统体系结构、功能模型和实现方法模型;并对面向服务的制造执行系统运作流程进行了研究,从而为新的制造环境下构建新一代的制造执行系统提供了系统体系结构参考框架。

(2)提出了一种以系统体系结构为中心,制造业务驱动的,综合应用 IDEF0、BPM 业务分析方法和 UML 的面向服务的制造执行系统建模方法,并在车间无纸化生产系统开发中的应用验证了方法的可行性,从而为新一代的面向服务的制造执行系统建模提供了一种可行的方法。

(3) 针对制造执行系统对动态快速集成、基于统一的集成模式、支持相关的集成标准、支持语义和松散耦合的集成方式等系统集成需求,为了更好地实现和支持网络化协同制造环境下跨企业制造过程协同和制造企业内部的集成,提出了一种基于语义的制造执行系统集成框架;并对基于语义网关的制造执行系统集成模式进行了研究;最后,基于语义映射方法对基于语义网关的系统集成技术进行了研究,为异构环境下实现异构系统准确、快速和松散耦合的集成提供了一种可行、高效的方法。

(4) 结合现代制造环境的特点,提出了一种面向服务的、以流程化的制造执行链运作为核心的车间制造系统运行模式,并从基本支撑技术、基本构建技术和综合运作技术对该模式运行支撑技术体系框架进行了分析。

(5) 提出了一种支持制造服务自动发现、选择、合成和自动执行的基于语义的制造服务建模方法,具体包括制造服务概念模型的构建、形式化描述以及基于扩展 OWL-S 的建模实现,为制造服务的语义描述提供了一种可行的方法。

(6) 在对制造任务特点分析的基础上,提出了一种基于加工对象树的制造任务规划与分解方法,能较好地对制造任务进行分解和优化规划;最后,采用 OWL-S 方法对制造任务进行了语义描述,为制造任务与制造服务的语义匹配和评价提供了基础。

(7) 在分析制造执行链概念模型的基础上,基于活动节点图表示方法 AON 建立了制造执行链的工作流模型;在此基础上,对制造执行链优化与语义描述框架进行了研究,然后,应用语义匹配和评价的相关技术对制造服务的匹配方法和评价技术进行了研究,并建立了相关的算法模型;最后对匹配形成的制造执行链优化模型采用 OWL-S 进行了描述。本章的研究为制造过程以任务驱动的制造业务流程的运作管理提供了一套制造执行系统支持下的,基于语义管理的运作模式和方法。

(8) 以知识的生命周期作为制造过程知识管理的主线,对制造过程的知识进行有效的管理和应用的模式进行了研究;在此基础上提出了车间制造过程知识管理的理论框架和制造过程知识管理的关键技术;并给出了成功的应用案例。为制造系统实施制造过程知识管理提供了理论框架和可参考的应用模式。



(9)在基本理论的研究基础之上,以某汽车空调制造企业为应用案例,详细分析了企业对车间制造过程制造执行系统的需求,进行了面向服务的制造执行系统的系统设计、系统部署方案设计和实施模式研究,并对系统实现的功能和应用案例进行了详细的分析,为制造企业实施制造执行系统提供了应用参考。

本书是作者多年学习研究成果的积累,是作者博士学位论文及近期的研究成果的集成,本书的撰写是在重庆大学刘飞教授悉心指导下完成的。重庆大学鄢萍教授、尹超教授、宋豫川教授、雷琦副教授、何彦副教授和李聪波副教授在作者写作过程中给予了大量的指导和帮助,同时,南方英特空调有限公司的廖伟经理及制造部的各位同事及重庆海特克 MES 项目组的成员为本书案例部分的研究提供了大量的帮助,在此对他们表示衷心的感谢。

本书的研究和撰写得到了国家 863 项目(2007AA040701、2007AA04Z152)和宁波市自然科学基金项目(2008A610023、2011A610168)的支持,并得到浙江省临港现代服务业与创意文化研究中心的出版资助,在此表示衷心的感谢。

作为一本系统介绍面向服务制造执行系统的学术专著,作者力图客观和系统地向读者介绍制造执行系统的相关理论和技术,书中的许多内容是作者研究开发工作的体会。由于信息技术、管理技术以及企业的制造环境处于不断的变化和发展中,加上作者本身水平所限,书中的缺点和错误在所难免,诚恳欢迎广大理论界和企业界的朋友批评指正。

作者

2012 年 9 月 5 日

# 目 录

<b>第 1 章 导 论</b> .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.1.1 现代制造业面临的环境分析 .....	
1.1.2 制造业信息化是促进制造业发展的重要动力 .....	3
1.1.3 面向服务的信息化技术应用是制造业信息化系统发展的 重要趋势 .....	4
1.2 相关领域的发展及国内外研究现状 .....	5
1.2.1 制造业信息化的相关研究 .....	5
1.2.2 制造执行系统的国内外研究现状 .....	9
1.2.3 面向服务计算技术的国内外应用研究现状 .....	12
1.2.4 研究现状总结 .....	17
1.3 本书研究的目的意义 .....	18
1.4 本书的结构安排 .....	19
1.5 本书的创新点 .....	21
1.6 本章小结 .....	22
<b>第 2 章 面向服务的制造执行系统体系结构</b> .....	23
2.1 制造执行系统概述 .....	23
2.1.1 制造执行系统的概念 .....	23
2.1.2 制造执行系统的功能模型 .....	25
2.1.3 传统制造执行系统的系统架构及存在的不足 .....	27
2.1.4 制造执行系统的未来发展趋势 .....	30
2.2 面向服务的车间制造执行系统体系结构 .....	33



2.2.1	面向服务架构	33
2.2.2	面向服务的车间制造执行系统体系结构	35
2.3	基于语义服务的制造执行系统运作流程	41
2.4	面向服务的制造执行系统实现方法模型	43
2.5	本章小结	45
<b>第3章</b>	<b>面向服务的制造执行系统建模技术</b>	<b>46</b>
3.1	系统建模概述	47
3.2	面向服务架构的制造执行系统层次框架	50
3.3	面向服务的制造执行系统建模方法	50
3.4	面向服务的制造执行系统建模方法框架	52
3.5	面向服务的制造执行系统建模过程	52
3.6	方法验证	56
3.7	本章小结	57
<b>第4章</b>	<b>面向服务的制造执行系统集成框架与实现技术</b>	<b>58</b>
4.1	系统集成需求分析	58
4.2	常见系统集成实现方式	60
4.3	基于语义的制造执行系统集成框架	62
4.4	基于语义网关的制造执行系统集成模式	64
4.5	基于语义映射的系统集成实现技术	68
4.6	本章小结	74
<b>第5章</b>	<b>基于MES的面向服务车间制造系统运行模式</b>	<b>75</b>
5.1	现代制造环境下车间制造系统面临的压力	75
5.1.1	车间制造系统面临的外部压力	76
5.1.2	车间制造系统面临的内部压力	77
5.2	车间制造系统运行模式的提出	79
5.2.1	车间制造系统运行模式的概念	79
5.2.2	面向服务的车间制造系统运行模式及特点	81
5.3	面向服务的车间制造系统运行模式	82

5.4	面向服务的车间制造系统运行模式支撑技术体系	84
5.4.1	基本支撑技术	84
5.4.2	基本构建技术	86
5.4.3	综合运作技术	88
5.5	本章小结	90
<b>第6章</b>	<b>基于语义的制造服务建模技术</b>	<b>91</b>
6.1	制造服务的特点及服务建模需求	92
6.2	制造服务的概念模型	94
6.3	制造服务的形式化描述	95
6.4	基于扩展 OWL-S 的制造服务模型实现	98
6.5	原型系统实现	103
6.6	本章小结	106
<b>第7章</b>	<b>面向服务的 MES 环境下制造任务管理方法与技术</b>	<b>107</b>
7.1	制造任务规划与分解的原则	108
7.2	基于加工对象树 MOT 的制造任务规划与分解方法	109
7.3	制造任务语义表达	116
7.4	本章小结	120
<b>第8章</b>	<b>制造执行链构建与实现技术</b>	<b>121</b>
8.1	基于 AON 的制造执行链 workflow 模型	121
8.2	制造执行链优化与语义描述框架	124
8.3	制造服务的语义匹配与评价	125
8.4	制造执行链优化模型	132
8.5	基于 OWL-S 的制造执行链生成与语义描述	140
8.5	本章小结	144
<b>第9章</b>	<b>面向服务 MES 环境下制造知识管理</b>	<b>145</b>
9.1	制造过程知识管理需求分析	145
9.2	基于知识生命周期的制造过程知识管理运行模式	146

8.9.3	面向制造过程的知识管理框架	149
8.9.4	面向制造过程的知识管理关键技术	151
8.9.4.1	制造过程知识的获取与发现	152
8.9.4.2	制造过程知识的建模	154
8.9.4.3	基于 Push-Pull 结合的制造过程知识应用技术	156
9.5	制造过程知识管理的应用策略研究	158
9.6	应用实例	160
9.7	本章小结	161
<b>第 10 章 原型系统实现与应用</b>		<b>162</b>
10.1	应用背景	162
10.2	需求分析	163
10.3	原型系统的实现	164
10.3.1	系统设计的原则	164
10.3.2	系统组件构成	165
10.3.3	系统功能框架	166
10.3.4	系统部署方案设计	169
10.4	系统实施模式	170
10.5	原型系统的运行实例	172
10.6	应用效果分析	179
10.7	本章小结	180
<b>参考文献</b>		<b>182</b>

# 第 1 章

## 导 论

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 现代制造业面临的环境分析

制造业是将可用资源与能源通过制造过程,转化为可供人们使用或利用的工业品或生活消费品的行业,它涉及国民经济的大量行业,如机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航天等<sup>[1]</sup>。在知识经济时代,制造业仍然是国民经济的支柱产业,是一个国家综合实力的重要体现,它既为社会创造价值 and 物质财富,又为国民经济各部门的进步和发展提供先进的技术手段和生产装备<sup>[2,3]</sup>,同时又为社会解决了大量的就业问题,因此,制造业的升级和发展直接推动着科技和社会的进步,直接决定着一个国家在国际上的综合竞争能力。

随着知识经济时代的来临以及因特网、电子商务和全球化市场等的发展,制造业所处的外部环境已发生了根本性的变化,制造业开始进入一个重大的变革时代,从上个世纪 60 年代追求生产规模、70 年代降低成本、80 年代提高产品质量、90 年代加快市场响应速度到当前追求知识和技术创新<sup>[4,5]</sup>。高新技术迅速发展、市场日趋多样化和全球化、客户需求日趋个性化等因素一方面对制造业提出了严峻的挑战,另一方面也为制造业的进一步发展提供了良好的发展契机<sup>[6]</sup>。进入 21 世纪,现代制造业的发展呈现出了以下特点<sup>[5,7-10]</sup>:

① 制造业的全球化发展。进入 21 世纪,经济的全球化带动了制造业的资源配置由区域向一国范围乃至全球范围扩展。全球化市场的形成使得制造

业必须突破地域和国家的界限,利用一切可以利用的制造资源,积极主动地寻求市场机遇,敏捷地响应和适应客户多样化的需求,高质量地为全球客户服务,从而在激烈的竞争中得以生存和发展。

② 市场的多样化和个性化。技术革命改变了传统的生产方式和生活方式,主要表现为市场的多样化、分散化和个性化,产品的内涵从单一的满足发展到为用户提供全面的解决方案。

③ 产品生命周期缩短。现代科学技术的进步以及消费者对产品永无止境的追求导致新产品层出不穷,产品的市场寿命大大缩短。同时,由于产品结构日益复杂,功能不断增强,新产品的平均开发周期却成倍增长。如何解决产品市场周期缩短与开发周期延长的矛盾已经成为企业生死攸关的问题。

④ 交货期成为企业竞争的关键因素。时间是当今企业间竞争的主要推动力之一。产品成本和质量当然仍是竞争的重要因素,但是以时间为基准的竞争将是一个突出的特点。与此适应的企业制造战略主要是在最短的时间内开发和生产出市场需要的产品,能否更快、更好、以更低的成本制造出新的产品投入市场,将是企业生存和发展的关键。市场占有率的很大比例属于产品首先上市的企业,时间已经成为决定竞争胜负的最关键因素。

⑤ 多品种小批量生产比例增大。随着客户需求的多样化、个性化和市场竞争的国际化,越来越多的企业发现单靠一、两种产品立足于市场会带来极大的竞争风险。在这种形势下,多品种小批量甚至单件生产在整个生产中的比例越来越大。对企业而言,当一种产品在市场上没有销路时,企业可以依靠其他产品继续获取利润。此外,多品种小批量生产还可以更好地满足客户的个性化需求,并减少产品积压可能带来的损失。

⑥ 制造业的服务化。随着服务经济及知识经济时代的到来,客户不再满足于产品的功能,而是产品全生命周期的效用和服务,因此,制造企业不能仅考虑产品的设计和制造,而是应该考虑从市场调研开始到售后服务直到产品报废回收的全过程,体现全方位为顾客服务。

⑦ 制造业的可持续发展。制造业所提供的产品必须具有全生命周期无污染、资源低消耗及可回收、可重复利用的特征,需要综合考虑制造业发展中经济效益与社会效益、环境效益的协调发展。

综上所述,制造业的制造环境正在发生根本性的变化。制造环境的变化给制造业带来了新的变革和重大影响,使得制造企业传统的生产、营销、管理

模式以及设计制造技术已经越来越不能适应时代的要求。面对全球化的市场和不断进步的科学技术,现代制造企业需要不断创新商业模式、利用信息技术和采用先进的制造模式,从制造战略、制造模式、组织结构和方式上进行不断的变革和创新,从而从时间、质量、成本、服务、环境等多个方面全面提升企业的能力,实现企业产品上市快、生产周期短、交货及时、质量高、生产成本低、售后服务完善、对环境的影响小等目标,以保证企业在市场中获得竞争优势和实现可持续发展<sup>[1-16]</sup>。计算机集成制造、虚拟制造、敏捷制造、并行工程、智能制造、绿色制造、网络化制造等先进的制造模式应运而生,通过制造模式的变革以适应不断变化的市场、满足客户日益个性化、多样化的需求。信息技术是当代科学发展最为活跃的领域之一,尤其是以 Internet 为代表的信息技术的发展为上述先进制造模式的实现提供了物质基础和技术保障,以信息技术应用为代表的制造业信息化是先进制造模式在制造企业实施的重要载体和具体实现的表现形式。

### 1.1.2 制造业信息化是促进制造业发展的重要动力

制造业信息化是以先进制造模式应用和制造企业业务优化为基础,在一定的深度和广度上利用计算机技术、网络技术和数据库技术,控制和集成化管理企业生产经营活动中的所有信息,实现企业内外部信息的共享和有效利用,以提高企业的经济效益和市场竞争能力。制造业信息化包含的内容非常广泛,其主要内容包括设计信息化、管理信息化、制造装备的信息化、生产过程信息化及综合集成的企业数字化<sup>[17-20]</sup>。

① 设计信息化。设计信息化用以实现产品设计和设计过程的信息化,缩短企业产品开发周期和提高产品创新能力,设计信息化包括计算机辅助设计、计算机辅助工程、计算机辅助工艺规划、计算机辅助制造以及产品数据管理等。

② 管理信息化。管理信息化是将信息技术和管理技术应用于企业管理,用以实现企业内外部管理的信息化和最优化,提高企业的管理水平和运作效率。管理信息化的内容包括企业资源计划、办公自动化、客户关系管理、供应链管理、电子商务以及商业智能等。

③ 制造装备的信息化。制造装备的信息化主要是实现加工和装配的自

动化和精密化,提高产品加工的精度和制造效率,制造装备信息化包括的内容有:数字控制系统、工业机器人以及柔性制造系统等。

④ 生产过程信息化。生产过程信息化是利用先进的信息技术、制造技术及管理技术,控制和规范生产制造过程,用以提高制造过程的效率和效益,实现制造过程的数字化、自动化和智能化。生产过程信息化的内容包括制造执行系统、计算机辅助检测系统、计算机辅助质量管理系统等。

⑤ 综合集成的企业数字化。综合集成的企业数字化是在上述信息化的基础上,通过系统集成形成数字化企业,实现制造资源的优化配置和有效利用,促进制造企业的业务流程、组织结构和企业战略的优化运行,集成和协同是企业数字化的主要特征。

制造业信息化通过信息技术改造传统产业和实现信息化与工业化的融合,带动了产品设计方法和工具的创新,企业管理模式的创新,企业间协作关系的创新,实现产品设计制造和企业管理的信息化,生产过程控制的智能化,制造装备的数控化,咨询服务的网络化,从而推动了先进制造模式在制造企业的应用和实施,促进制造业的变革和全面提升制造业的市场竞争力。实施制造业信息化工程是《国家中长期科技发展规划纲要》中制造业科技发展的重点方向和任务,也是我国《2006—2020年国家信息化发展战略》的重要任务。党的十七大明确把大力推进信息化与工业化的融合,促进工业由大变强,振兴装备制造业,淘汰落后生产能力作为加快经济发展方式和推进产业升级的重要战略。因此,持续推进制造业信息化既是国家制造业战略发展的客观需要,也是制造企业应对经济全球化、提高国际竞争能力的迫切需要<sup>[21]</sup>。

### 1.1.3 面向服务的信息化技术应用是制造业信息化系统发展的重要趋势

面向服务的信息化技术是建立在一整套信息技术体系之上的,为解决动态、多变、复杂的网络环境下的系统设计、软件开发、应用整合和业务集成等问题提供相应的解决方案。在面向服务的信息化技术中,服务是通过一个粗粒度的、可以被发现和绑定的软件实体实现,它以单一实例的形式存在并与其他服务和应用通过松耦合的、基于消息的通讯机制进行交互。面向服务的信息化技术具有以下的特点:



① 平台无关性:服务遵循开放的标准,服务是与具体的协议无关的,它可以位于任何的物理位置,可以被任意的客户端调用,而无论客户端在什么位置、使用什么操作系统或者用哪种编程语言开发。

② 灵活的服务定位与调用方式:构建系统的服务之间是松散耦合的。服务是可以被描述、可以被发现的,在面向服务的体系结构中,由具有发现能力的服务对外提供查找的功能。

③ 服务的可重用性:服务本身不包含显示逻辑,一个服务可以供多个不同的应用程序或系统使用。

④ 服务的自描述性:在开放的环境下,服务消费者通过服务描述来认识服务、了解服务、使用服务。服务可以公布多样化的服务描述,包括自己的能力、访问方式和协作方式等。

⑤ 服务的粗粒度性:与传统的组件相比,服务的粒度更粗,往往是与相关的业务相对应的。在不损害相关性、一致性和完整性的情况下,应尽可能将服务粒度粗化,这样服务可以在一次调用中完成业务操作并返回结果。

面向服务信息化技术体系涵盖了服务建模、服务描述、服务开发、服务实现、服务管理、服务发现、服务协作、服务流程、服务执行、服务监控、企业服务总线等技术,相关技术的融合和应用已经成为构建现代信息系统和实现业务随需应变的关键支撑技术,也成了制造业信息化系统发展的重要趋势。

因此,区别于一般性的服务业中涉及的服务概念,本书以面向服务的信息化技术中的服务概念和相关技术作为支撑和构建要素,研究车间制造系统运行模式、运作技术和信息化的支持系统。

## 1.2 相关领域的发展及国内外研究现状

### 1.2.1 制造业信息化的相关研究

以信息技术为标志、以制造业信息化为基础的先进制造技术正在使制造业日益成为新技术革命的载体和巨大推动力。各个国家对制造业信息化普遍给予高度重视,并开展了大量的对策和应用研究。制造业信息化的发展在我国已经发展成用信息技术改造和提升制造业的一项重大战略。

### ① 国外研究状况。

90年代初,美国里海大学(Lehigh University)在美国国会和国防部的支持下会同美国众多工业界主要决策人在研究和总结美国制造业的现状和潜力后,发表了具有划时代意义的《美国21世纪制造企业战略》报告,提出了以网络化技术为支撑的敏捷制造和虚拟企业的新概念。1994年,美国能源部制订了“敏捷制造使能技术”的计划,即TEAM计划,涉及联邦政府机构、著名公司和大学等100多个单位,并于1995年12月发表了该项目的策略规划和技术规划。1995年美国国防部和自然科学基金会资助10个面向美国工业的研究单位,共同制定了以敏捷制造和虚拟企业为核心内容的“下一代的制造”计划。1996年5月美国通用电器公司发表了计算机辅助制造网CAMNet的结构和应用。它通过因特网提供多种制造支撑服务,其目的是建立敏捷制造的支撑环境。1997年美国国际制造企业研究所发表了《美国—俄罗斯虚拟企业网(Russian-American Virtual Enterprise Network, RA-VEN)》研究报告。该项目是美国国家科学基金研究项目,目的是开发一个跨国虚拟企业网的原型,使美国制造厂商能够利用俄罗斯制造业的能力,从更大的意义上讲,作为全球制造基础框架一部分的美俄虚拟企业网的建立与发展起到实现全球制造的示范作用<sup>[22-25]</sup>。

1998年12月,欧洲联盟公布了“第五框架计划(1998—2002)”,将虚拟网络企业列入研究主题,旨在组建欧洲虚拟企业网。在欧共体的《尤里卡计划(EUREKA)》和《信息技术研究发展战略计划(ESPRIT)》中,网络化制造技术项目占有相当大的比例。德国的《制造2000计划》中的研究重点几乎无一不是围绕着网络化制造技术。这些计划对欧共体国家的制造业发展起到了重要的推动作用<sup>[26]</sup>。2004年11月,欧盟专家组提交了一份远景报告——《未来制造业:2020年展望》,指出欧盟制造业应该实现从资源密集向知识密集、具有创新活力的部门的转变,以实现和维持在全球市场中的领先地位<sup>[27-28]</sup>。

在亚洲,日本的《智能制造系统(IMS)计划》和《e-Japan战略》(2000年)、韩国的《高级先进技术国家计划》(G7计划)和《网络化韩国21世纪》(1999年)、新加坡《Infocomm 21战略计划》中的“e工业发展战略(eBIDS)”计划等均将网络化制造技术等制造业信息化技术列为重要研究内容。

除上述政府计划之外,国际上许多企业,如美国通用汽车公司、波音公司、思科系统公司、法国钢铁制造商Usinor Saclor公司、德国BMW(宝马)汽车公