

煤化工行业智能工厂 理论与应用

李俊杰 马春雷 贺海波/著



Theory and Application
of
Coal Chemical Intelligent Industries

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

煤化工行业智能工厂
理论与应用

Theory and Application
of
Coal Chemical Intelligent Industries



图书在版编目 (CIP) 数据

煤化工行业智能工厂理论与应用/李俊杰, 马春雷, 贺海波著. —北京: 经济科学出版社, 2017. 7

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8267 - 5

I. ①煤… II. ①李…②马…③贺… III. ①煤化工 - 化工企业 - 智能制造系统 - 研究 - 中国 IV. ①F426. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 178905 号

责任编辑: 李 雪 李 建

责任校对: 王苗苗

责任印制: 邱 天

煤化工行业智能工厂理论与应用

李俊杰 马春雷 贺海波 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxbs. tmall. com](http://jjkxbs.tmall.com)

固安华明印业有限公司印装

787 × 1092 16 开 20 印张 300000 字

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8267 - 5 定价: 68.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

序

过去40年，发达国家劳动生产率的增速持续放缓。因此，迫切需要一种新的制造模式，重新激发制造业活力。换句话说，就是传统制造模式的增长潜力已经接近极限，制造业生产力增长亟须新的突破。美、德、日正在逐步丧失世界制造的霸主地位，迫切需要寻求新的制造发展模式，构建新的制造竞争优势。另外，金融危机的爆发，彻底暴露出了虚拟经济的局限性和脆弱性，因此，发达国家重新审视制造业，提出“再工业化”战略。2011年以后，全球许多国家相继发布智能制造相关战略：德国工业4.0、美国先进制造业国家战略规划、日本机器人新战略、英国制造2050、新工业法国、巴西工业强国计划、印度制造战略，旨在强化本土制造业的竞争能力，最终稳定经济增长、增加就业、提升创新能力。

2015年5月《中国制造2025》印发，其中明确制造强国路线，提出了要以加快新一代信息技术与制造业深度融合，以推进智能制造为主攻方向，从而实现制造业从大变强的历史跨越，计划利用十年时间迈入制造强国行列。智能制造是中国制造2025重点工程之一，也是“互联网+”（互联网+协同制造）行动计划的重要内容。智能工厂作为智能制造的重要基础和具体载体，然而，目前国内外却对其概念还没有一个明确、统一的定义；其应用架构、发展目标也没有统一的标准；不同行业、不同应用领域的智能工厂概念都不尽相同；更没有完整的智能工厂应用实践。

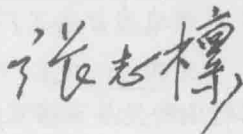
煤化工行业的发展面临重重困境，与其他制造行业相比，煤化工行业流程复杂、能耗大、主要大宗原料和产品80%以上属于危险化学品，安全环保风险高，亟须转型升级，迫切需要推进智能工厂建设。借鉴其他流

程制造行业建设智能工厂的成功经验，并且充分考虑和结合煤化工行业的特殊性和现代化水平，建设智能工厂则是煤化工行业转型升级、实现可持续发展的重要路径之一。不仅对行业安全生产、节能减排具有重要作用，也是提高生产效率，提升综合竞争力的有效途径。

在智能工厂建设发展初期，煤化工行业不是走在前列的引领者，而国内外形势的变化又对煤化工行业提出了严峻的考验。中煤陕西公司作为新型煤化工示范企业，积极谋划，主动作为，将信息化建设上升到公司发展的战略高度，提出了“整体规划、创新驱动、顶层设计、分步实施”的建设策略，在智能工厂建设上进行了积极尝试。经过几年的努力，中煤陕西公司煤化工智能工厂已经融合到生产经营、企业管理各个方面，智能工厂建设在业务提升、技术创新、运行可靠、应用深度以及经济效益等方面均处于国内领先地位，取得了明显成效，并形成了一套行之有效、理论与实践结合的煤化工智能工厂建设体系，成为煤化工行业的标杆，多次获得多项省部级两化融合优秀企业荣誉称号，并在2016年7月被国家工信部评为2016年国家智能制造63家试点示范企业之一，这也是煤化工行业获得此项殊荣的唯一企业。

该书以中煤陕西公司智能工厂建设的背景和实践经验为素材，可读性强；并将公司智能工厂建设过程中的一些体会和经验以及对智能工厂的理解，与大家共享。同时，也为煤化工企业智能工厂建设提供了基本思路和路线图。为相关行业的智能工厂建设以及智能制造战略做出了重要贡献。

中国石油化工股份有限公司
原信息管理部副主任



2017年6月8日于北京

前 言

党的十六大报告指出，坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。党的十七大进一步提出了“大力推进信息化与工业化融合”，十八大明确要求“推动信息化和工业化深度融合”，将其作为中国特色新型工业化道路的重要内容和促进工业由大变强的战略路径。为抢占新一轮科技革命和产业变革发展的制高点，实现制造大国向制造强国转变，李克强总理在2015年政府工作报告中提出实施“中国制造2025”行动计划，智能制造成为未来两化深度融合的主攻方向。随着行业两化融合的深入推进，以解决当前行业发展的突出问题为主线，出现了以智能工厂为代表的两化融合发展新形势。

目前国内外研究领域对智能工厂的概念还没有明确、统一的提法，应用架构、发展目标也没有一致的标准，不同行业、不同应用领域智能工厂的概念都不尽相同，更没有完整的智能工厂应用实践。相对而言，流程制造业在这一领域经验较为丰富，处于领先地位。

吸取流程制造行业建设智能工厂的成功经验，同时考虑煤化工行业的现代化水平和行业特殊性，建设智能工厂是煤化工行业转型升级、实现可持续发展的重要路径之一。与其他行业相比，煤化工行业流程复杂，主要大宗原料和80%以上产品属于危险化学品，安全环保风险高，迫切需要推进智能工厂建设。智能工厂建设不仅对实现煤化工行业安全生产、节能减排的目标具有重要作用，也是提高生产效率，提升综合竞争力的有效途径。

由于煤化工行业的特殊性，它无法照搬钢铁行业、汽车制造等其他制

造业的智能工厂模型，需要结合自身的特点找到一条适合自己的智能工厂建设道路。中煤陕西公司作为新型煤化工示范企业，在智能工厂建设方面，相比国内同类型企业，在先进技术应用、生产过程自动化、关键业务全覆盖、信息系统集成等方面处于领先地位，并形成了一套行之有效、有据可依的煤化工智能工厂建设体系。加上目前煤化工行业的智能工厂建设相关参考知识较为缺乏，因此本书在其他制造行业智能工厂建设的基础上，吸取中煤陕西公司智能工厂的建设实践经验，提出了煤化工行业智能工厂模型，希望为煤化工行业的智能工厂建设提供理论参考依据。

本书以煤化工企业如何构建智能工厂为主要研究内容，分析了国外智能工厂研究和发展路径，同时结合煤化工行业具体情况，从煤化工智能工厂建设现状、智能工厂的基础建设以及构成智能工厂的基本要素等方面着手，以中煤陕西公司智能工厂建设背景和实践经验为素材，将对智能工厂的理解与智能工厂建设过程中的一些体会和经验相结合，完成《煤化工行业智能工厂理论与应用》一书，形成煤化工行业智能工厂建设的基本思路和框架体系，为我国煤化工企业智能工厂建设提供基本思路和路线图。

本书内容共分为5章。

第1章 智能工厂的历史演进。以国内外建设现代化工厂的历史经验为线索，全面阐述智能工厂的历史演进过程和我国智能工厂建设现状与机遇。

第2章 煤化工行业智能工厂建设现状。通过对煤化工行业的发展现状进行阐述，指出煤化工行业面临的困境与战略机遇，并提出了煤化工行业建设智能工厂的重要性和紧迫性。

第3章 智能工厂的理论基础与技术手段。根据《德国工业4.0战略计划实施建议》《国家智能制造标准体系建设指南》和《石化行业智能工厂课题研究报告》等智能工厂的建设标准，结合相关管理理论和IT技术，以及先进的生产制造技术来介绍智能工厂的建设基础。

第4章 煤化工行业智能工厂模型及建设过程。通过对国内外智能工厂建设背景的分析，综合煤化工行业领域专家、信息化专家和信息技术服务商的建议，结合行业的两化融合发展特点和现状，并在其他制造业智能工厂建设的基础上提出了煤化工行业智能工厂模型，旨在为煤化工行业的

智能工厂建设提供理论参考依据。

第5章 中煤陕西公司智能工厂实践。中煤陕西公司在2016年获得煤化工行业唯一一家智能工厂试点示范企业资格,本章通过介绍中煤陕西公司智能工厂的设计规划、技术架构、实施路线、实施内容以及其他方面的实践经验,希望能够为煤化工行业的智能工厂建设提供借鉴。

第1章 智能工厂建设概述	1
1.1 智能工厂建设概述	1
1.2 智能工厂建设意义	13
1.3 智能工厂建设现状	41
1.4 本章小结	47
第2章 煤化工行业智能工厂建设背景	48
2.1 煤化工行业主要现状	48
2.2 智能工厂建设背景	58
2.3 智能工厂建设意义	74
2.4 本章小结	125
第3章 智能工厂建设技术基础与关键技术	137
3.1 控制网络	137
3.2 信息安全	141
3.3 数据平台	173
3.4 工业大数据分析技术	177
3.5 本章小结	186
第4章 煤化工行业智能工厂建设实施过程	187
4.1 项目建设	187
4.2 实施效果	206

目 录

第1章 智能工厂的历史演进	1
1.1 现代工厂传统模式	1
1.2 未来工厂发展方向	13
1.3 我国工厂建设现状	40
1.4 本章小结	67
第2章 煤化工行业智能工厂建设现状	68
2.1 煤化工行业发展现状	68
2.2 煤化工行业的特殊性	96
2.3 煤化工行业建设智能工厂的紧迫性	111
2.4 本章小结	125
第3章 智能工厂的理论基础与技术手段	127
3.1 组织与规范	127
3.2 管理理论	140
3.3 信息技术	153
3.4 先进生产制造技术	177
3.5 本章小结	196
第4章 煤化工行业智能工厂模型及建设过程	197
4.1 模型概述	198
4.2 基础调研	200

4.3	立项分析	205
4.4	项目实施	207
4.5	项目运维	229
4.6	本章小结	234
第5章 中煤陕西公司智能工厂实践		236
5.1	中煤陕西公司简介	236
5.2	智能工厂项目概述	237
5.3	项目实施内容	242
5.4	项目实施效果	296
5.5	后续工作	298
5.6	示范作用	300
5.7	本章小结	303
参考文献		304
后记		311

第 1 章

智能工厂的历史演进

本章以国内外建设现代化工厂的历史经验为线索，全面阐述智能工厂的历史演进过程。

从全世界范围来看，现代工厂的生产方式经历了漫长的发展阶段，已经达到了较高的水平。然而随着新理论、新技术的层出不穷，各发达国家为了在未来的国际竞争中抢占先机，纷纷着手描绘自己理想的未来工厂蓝图。我国自改革开放以来，工业化进展迅猛，不断追赶西方资本主义发达国家，已经取得了辉煌的成果。面对新形势与新挑战，我国更需要对现状有清晰的认识，明确建设智能工厂、全面提升社会生产能力的客观需要。

1.1 现代工厂传统模式

纵观人类历史，工场式制造厂全面替代手工作坊的那一天，人类的制造能力就实现了飞跃，制造业也逐渐成为国民经济的支柱产业。制造业的核心——工厂，在经历了漫长的手工操作、人工控制等阶段后，见证了社会科技环境发生的翻天覆地的变化：信息技术不断飞速发展，经营环境日新月异，市场竞争全球化以及客户的需求逐渐走向个性化与定制化。诸多变化给现代工厂的模式带来的是全新的挑战和要求，但也带来了更多的机遇与商机。为了在残酷的竞争中生存和发展，工厂必须实现成本低廉且能够快速应对市场变化的生产方式。

本小节将论述现代工厂在摸索符合 21 世纪要求的生产、经营模式时获得的若干代表性答案，最终说明以计算机为代表的信息技术在工厂生产、经营、管理过程应用中越来越凸显的价值，以智能设备和智能终端为基础的智能化技术渗透其中的智能化工厂已成为企业信息化的新热点。

1.1.1 模式一 大规模生产

1913 年，美国福特汽车公司创立了第一条汽车生产流水线，标志着大规模的生产流水线成为现代工业生产的主要特征。大规模生产方式追求规模效应，以标准化、大批量生产来降低生产成本，提高生产效率。这种方式尤其符合美国当时的国情。

汽车生产流水线的产生，大大降低了汽车的生产成本，一举把汽车从少数富翁的奢侈品变成了大众化的交通工具。美国汽车工业也借此东风迅速成长为美国的一大支柱产业，并带动和促进了包括钢铁、玻璃、橡胶、机电以至交通服务业等在内的一大批关联产业的发展。因此大规模流水线生产在生产技术以及生产管理史上具有极为重要的意义。

大规模生产方式^[1]是一种生产组织形式，其生产单位是按照对象专业化原则设置的。它按照产品（零部件）生产的工艺顺序排列工作地，使产品（零部件）按照一定的速度，连续有节奏地通过各个工作地，依次加工，直至产出成品。大规模生产方式由于各个工作地采用专业化、标准化的设备与工具，操作简单，易于学习掌握，且无须转换操作，能达到非常高的生产效率。同时，流水线式的生产方式有利于机器设备、人力、空间的充分利用，最大限度地缩短生产周期，使整个生产过程平行连续，协调均衡。这些特点正好迎合了当时广大消费者普遍想拥有一辆廉价、耐用的小轿车这一需求，因此将福特公司推上了时代的浪潮之巅。

然而，随着时间流逝，大规模生产方式的“瓶颈”逐渐显现：客户的需求越来越灵活，多品种、小批量的需求增大，生产线切换产品时间长，信息技术利用程度低下。大规模生产的管理方式延续自传统手工方式，大部分的生产管理工作通过手工账目完成，对于数据信息的管理、物料的管理、生产工艺的管理都非常不到位。于是，一方面，生产管理极度依赖个

别熟练人员的存在,另一方面,在市场瞬息万变的时候,更改生产基础数据信息(例如BOM)、生产工艺、库存管理等各方面的信息所需要的时间过长,无法应对变化的速度。除此之外,由于手工账目信息不易共享,因此在企业的内部存在着较大的沟通障碍,降低了企业的效率。

随着时代的进步,曾经受益于大规模生产方式的工厂不得不开始探索其他的生产方式。

1.1.2 模式二 精益生产

1945年第二次世界大战结束后,日本丰田汽车公司的丰田英二和大野耐一在总结了美国的大规模生产方式和日本的市场特点之后,首创了被美国人称之为“精益生产方式”的丰田生产方式。通过几十年来的反复试行和逐步完善,时至今日,精益生产方式已经形成一整套企业管理的理论体系。

精益生产方式在日本汽车工业上的应用极大地提高了日本汽车在国际市场上的竞争力,并引起了世界的广泛关注。1990年,沃麦克等人为了编写《改造世界的机器》(*The Machine that Changed the World*)一书,做了大量的调查和对比后认定,日本丰田汽车公司的生产方式是最适合于现代制造业的一种生产组织管理方式,可以拯救美国大规模生产方式过于臃肿的弊病。这种方式被称之为“精益生产方式”,“精益生产”的概念被正式提了出来。在这本书中,沃麦克指出:向精益生产方式转变将对人类社会产生深远的影响。

1996年,沃麦克与琼斯又合著了《精益思想》(*Lean Thinking*)进一步阐述了精益生产的思想内涵,使精益生产由单纯的实践经验上升为理论,构成了传统精益生产理论的核心内容。

精益思想原理简单概括起来,就是“价值—价值流—流动—拉动—完善”^[2]。“价值”指通过顾客的角度来审视价值产生的来源,而避免传统的企业视角或项目视角。“价值流”指从原材料转变为成品,并给它赋予价值的全部活动。“流动”指采取措施使价值流流动起来,并排除干扰、绕流、回流、等待和废品等浪费。“拉动”指使价值流的流动仅仅由顾客

来拉动，而一旦需求发生，能迅速做出反应，及时供货。“完善”指持续地进行改进，不断地把发现的浪费消除掉，追求完善。精益生产方式的核心思想在于“消除浪费”和“不断改善”。

精益生产方式是一整套包括从产品设计、生产制造、协作配套，一直到产品销售等企业管理各方面的完善理论体系^[3]，它所追求的目标就是最大限度地满足市场多样化的需求，同时千方百计地降低生产成本。在产品开发方面，强化组织领导，实行“主查”制；在工程设计上，实行同步开发，尽可能缩短产品开发周期；在生产组织方面，要求同时进行多品种生产，尽可能组织多对象流水线，只有在通用件生产时才实行单一对象流水线，对于必须进行批量生产的工艺阶段，要尽可能缩小制造批量，快速调换工艺装备，各工艺阶段的衔接不是依靠库存在制品，而是实行准时化生产，取消中间仓库，不设保险在制品储备，同时对劳动力的要求不是高度分工和专业化，而是多面手和责任心；在协作配套方面，不搞纵向一体化，而是实行分层协作、互相参股的协作体制，使主机厂与协作厂之间形成互相信任、利益共享的协作关系；在产品销售方面，不搞层层批发、间接销售，而是建立多功能的经销体系，实行直接销售、主动销售，使用户与生产厂家经常沟通信息，使企业生产的产品不断适应市场。

精益生产方式相对于大规模生产方式具有明显的优点。大规模生产方式降低成本的思想是深化分工、简化工作、提高效率，为降低成本只生产很少的品种、扩大产量，大多采用专用设备、专用工艺装备，单一对象流水线。这样的生产方式使生产刚性化，品种变换非常困难。精益生产方式降低成本的思想是适时适量生产，快速变换品种，减少在制品储备，彻底消除浪费。精益生产方式为满足市场多样化的需要而实行系列化的多品种生产，为提高效率，降低成本，要求采用具有一定通用程度的高效设备和能实现快速调整的工艺装备，组织多对象流水线，同时还要根据零件的通用程度、工艺条件和生产组织采用相应的生产组织形式。

精益生产比较适用于需求相对稳定、市场可测的环境，在当今急剧变化的市场环境下，尽管采用精益生产使产品制造周期一再缩短，但一些企业并未因此而取得原来预想的效益，甚至出现报酬递减趋势，原因何在？

首先是“拉氏”的生产方式，造成需求先于商品，导致下游企业的产

品尤其是终端产品销售渠道不畅,顾客等待的时间太长,造成整个供应链阻塞,效益下降。可见,不顾市场条件和需求特性,一味采用精益生产是不可取的。随着生产力的发展,人们对产品需求也发生了变化。产品生命周期变短,市场处于不断变化之中,企业应该认识到在复杂的市场环境下降低成本和提高产品质量还远不够。企业必须根据市场变化做出判断和预测,采取灵活策略,对市场做出快速响应,方可获得更好的效益。

其次是企业缺乏数据分析工具。精益生产是一种基于现场的生产方式,强调现场专家的作用,现场出现问题,员工有权停止生产,处理问题,对员工的操作技能和现场处理问题的技能有较高的要求。但对于复杂问题,没有提出有效的定量分析方法,所以对于复杂问题,难以发现隐藏在背后的问题根源。例如,变异是造成浪费的一种根源,而精益生产中对变异没有提供系统的高级处理工具,所以对系统的稳定性难以实现保障。

1.1.3 模式三 计算机集成制造

计算机集成制造是在新的生产组织原理和概念指导下形成的一种新型生产模式^[4]。它通过使用计算机,把与生产活动有关的全部机能和信息联网,实行一体化控制和管理,是以生产活动全局最优为目标的生产经营体系。

一般而言,计算机集成制造模式包括工厂自动化和柔性制造系统。工厂自动化是利用来自上级有关生产的指示,通过计算机对工厂的生产设备、搬运机械、材料与制品的保管等进行控制和管理;柔性制造系统则是一种在计算机统一控制、管理下的生产系统,它能使某种范围类似的产品混流生产,只要变换程序即可轻易地更换生产品种,是多品种、小批量生产加工技术中最现代化的代表。

1973年美国约瑟夫·哈林顿博士在所著 *Computer Integrated Manufacturing* 一书中首先提出了“计算机集成制造”的概念,其基本思想可归纳为两点:一是从研制直至售后服务整个产品生产周期中的全部活动是一个不可分割的整体,每个组成过程都应紧密连接,统一考虑;二是整个生产

过程的活动,实质上是一个数据的采集、分类、传输、分析、加工、处理的过程,其最终生成的产品可以被看作数据的物质表现。

上述基本思想,可以理解为应当利用诸如计算机这类擅长处理信息数据的工具,将企业各种与制造有关的技术系统集成成为一个统一整体,以此提高企业适应市场变化的能力,用多品种、小批量满足顾客多样化的需求。

除此之外,关于计算机集成制造的共识是:计算机集成制造是一种制造思想的技术形态,是信息技术与制造过程相结合的自动化技术与科学。通俗地说,计算机集成制造是计算辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、制造资源规划(MRP)等自动化技术发展的继续和在更高水平上的集成^[5]。

计算机集成制造这个概念的产生反映了人们对“制造”有了更深刻的认识。通常,人们仅仅把工艺规划、库存控制、生产及维护这些活动称为制造,但实际上这是一种狭义的理解。从广义上看,制造应包括对产品需求的察觉、产品概念的形成、设计、开发、生产、销售以及对用户在使用产品过程中的服务等一切活动。过去人们仅仅把制造看作一个物料转换的过程,即由原材料经过加工装配最终变成一件产品。但在实际上,制造是一个复杂的信息变换过程,在制造中进行的一切活动都是信息处理连续统一体的一部分。在计算机集成制造的制造系统中,主要是由计算机、机器人、数控机床、测量机、运输车、立体仓库及其相应的支持软件等构成,它们所表现出的基于信息平台上的智能化、自动化、柔性化以及对加工制造过程的综合一体化的生产系统,决定了生产的效率和产品品种的多样化。

1.1.4 模式四 敏捷制造

为了适应市场变化,满足用户的定制化需求,自20世纪80年代开始,先进制造技术和先进生产模式的研究成为制造业发展重点,引起各国政府及工业界的广泛重视,敏捷制造便是在这种制造业研究与发展的浪潮中出现的一种新的制造模式。它不同于传统的建立在福特模式下的强调规

模经济的大规模生产方式，也与以丰田生产方式为主导、强调范围经济的多品种小批量精益生产方式存在差异。敏捷制造方式强调建立起以全球化分布式制造为手段，看重知识经济的实施和批量定制化生产。

受“第二次浪潮”的影响^[6]，美国曾一度把制造业视为“夕阳工业”，片面强调第三产业的重要性而忽视了发展制造业对国民经济健康发展的保障作用，加之在生产战略上的误导、短期行为和经营管理上的失误，使美国的制造业严重衰退，逐步丧失了其制造业世界霸主的地位，贸易赤字加剧，经济空前滑坡。1986年，在美国国家科学基金会和企业界支持下，MIT的“工业生产率委员会”开始深入研究衰退的原因和振兴对策。研究的结论是：“一个国家要生活得好，首先必须生产得好”，重中之重为保护作为人类社会赖以生存的物质基础产业——制造业的社会功能，提出了以技术先进、有强大竞争力的国内制造业夺回制造优势，振兴制造业的对策。

1988年美国通用汽车公司和里海大学的亚科卡研究所在国防部的资助下，组织了百余家公司，耗资50万美元，分析研究了美国工业界400多篇优秀报告，编写了一份《21世纪制造企业战略》的报告，在报告中，首次提出了“敏捷制造”这一概念。

《21世纪制造企业战略》强调通过组织虚拟企业这样一个新的含有合作与竞争的组织形式来适应持续多变、无法预料的市场变化。虚拟企业是利用已有的社会、技术基础实现敏捷制造的重要手段。敏捷制造是一种以柔性生产技术和虚拟企业为特点，以高素质与协同良好的工作人员为核心，实行企业间网络技术，从而形成快速响应市场的社会化制造体系。报告中指出如何以现存的大批量生产线作为跳板，过渡到敏捷制造，将是今后美国经济振兴的关键。

该报告^[6]对美国企业的现状和未来市场变化的趋势进行了详尽的分析，认为目前工业界存在着一个普遍而重要的问题，那就是经营环境的变化速度大大超过了企业的跟踪、调整能力。报告指出，这种情况还将随着新技术的更迭进一步加速，随着全球交通、通信技术的飞速发展，成为企业面临的最大挑战。尽管许多企业是由于对这种挑战的认识太迟而破产，但还有许多企业即使认识了这种挑战也无法完成需要的内部调整。“敏