

机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目
上海发展汽车工业教育基金会资助

分散 网络化 制造

张 曙 著

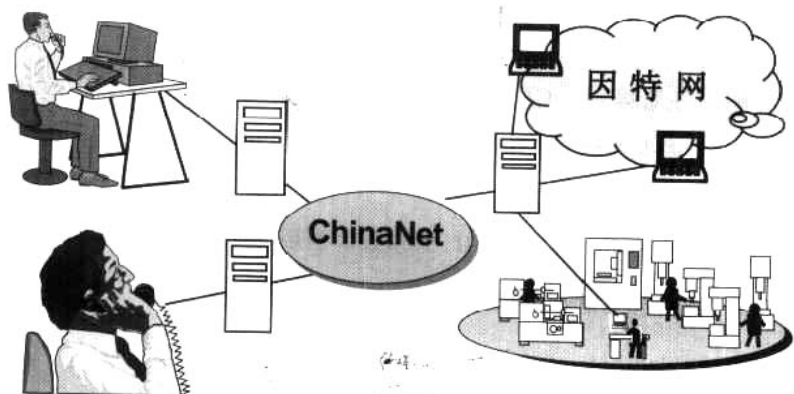
机械工业出版社

机 工 早

机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目
上海发展汽车工业教育基金会资助

分散网络化制造

张 曙 著



机械工业出版社

本书作者首先从社会和经济发展的角度，分析了国外制造技术和生产模式研究的最新进展及其实质，在调查分析和深入研究我国制造业的现状与存在问题的基础上，提出分散网络化制造的崭新概念。继而就产品创新和开发、虚拟现实技术、快速原型技术、创新和变革管理、知识供应链、单元化生产系统以及网络环境等作了全面的阐述。充分体现生产模式创新、产品创新、管理创新和组织创新的思路。

读者对象：制造企业的高层管理人员和工程技术人员，大专院校机械制造、工业工程、企业管理、自动化、计算机应用等专业的教师、研究生和高年级学生。

图书在版编目（CIP）数据

分散网络化制造 / 张曙著. —北京：机械工业出版社，1999.9
ISBN 7-111-07426-2

I. 分… II. 张… III. 网络技术-应用-制造业 IV.F406.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 33776 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：徐 彤 封面设计：姚 毅

三河市宏达印刷厂印刷 • 新华书店北京发行所发行

1999 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm^{1/32} • 10 印张 • 263 千字

0001—3000 册

定价：20.00 元

凡购买本书，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、68326677-2527

前 言

我国要成为新世纪的经济强国，必须要有强大的、直接生产物质财富的制造业作为基础。值此世纪之交，中国的制造业应该向何处去，必然成为大家都关心的问题。

20世纪世界制造业的辉煌成就是从机械作坊式生产转变为大量生产方式，极大地提高了生产力，创造了灿烂的工业文明。随着社会与科技的不断发展，人类从资源经济迈向知识经济，知识已经成为独特的生产要素。知识经济端倪初现，制造业面临着新的机遇和挑战，孕育着新一轮的巨大变革。历史和自然都证明，适者生存，如果不能高瞻远瞩，驾驭变革，即使今天的赢家也不能成为明天的赢家。

随着因特网的广泛应用，明显加快了制造活动全球化的进程，使企业面临更加激烈的国内外市场竞争。我国即将加入世界贸易组织（WTO），东西洋货必然滚滚而来。在这场没有硝烟的经济战争中，我国制造业将遇到史无前例的严峻考验。我国工业技术基础相对薄弱，经济发展水平较低，人口众多，资源不足，虽然近年国民经济快速增长，但目前国有大中型企业的现状仍然是产品落后、负担重、大量设备闲置、开工不足。如何抓好国有大中型企业的改革，搞活中小企业，走出困境，使我国21世纪的经济的发展建立在更加稳固的基础上，是事关国家和民族兴衰的大事。

作者深信，中国的问题只有依靠中国人自己来解决，不能盲目跟踪国外的技术发展路线。我们要认真学习外国的经验和教训，结合国情，洋为中用，加强我国制造业发展战略的研究，提高技术创新的能力，探索中国自己的发展道路。

本书是在上述背景下经过两年的努力撰写而成的，也是作者近年研究成果的综合。技术创新是贯穿全书的脉络。作者首先深

入分析了知识经济对制造业的影响以及国外的发展趋势，然后对我国制造业的现状和存在的问题进行了研究，提出“分散网络化制造”这一新的概念与制造模式。通过互连网络把企业、大专院校与研究机构联合起来，组成虚拟的网络联盟企业，实现优势互补，以便迅速提供满足用户的需要的产品和服务，在激烈的市场竞争中得到发展。

随后，针对我国产品开发能力薄弱的现状，用三章的篇幅论述了产品创新和开发的概念、技术、方法和手段，包括产品数据管理、虚拟现实技术和快速原型技术。此外，网络联盟企业和知识经济是全新的事物，必然会遇到许多新的管理问题。因此，进一步讨论若干有关管理创新的问题，如创新的管理、变革的管理和知识供应链。毫无疑问，生产模式的变革必将导致生产组织结构的变化，本书用专门一章对作者提出的独立制造岛以及其他单元化生产系统作了详尽的介绍，体现了组织创新。最后，对分散网络化制造的网络支撑环境进行了必要的阐述。

在本书撰写的过程中，得到各方面朋友的关心、支持和帮助。首先要感谢香港理工大学制造工程系主任李荣彬教授，他曾与我一起勾画分散网络化制造的轮廓。其次，我要感谢徐之梦先生为本书提出许多有益建议、以及周勤之院士和张逸民教授在百忙之中审阅书稿，他们都为提高本书的质量作出重要贡献。最后，也要感谢我的助手马永军先生、穆兰女士和朱传敏先生，他们为本书收集整理资料付出辛勤的劳动。

本书的出版受到机械工业出版社高水平著作出版基金和上海大众汽车工程教育基金会的资助，在此一并表示衷心的感谢。

张 曙

1999年7月1日于上海

目 录

前 言

第一章 迈向知识经济的制造策略	1
第一节 知识经济和全球制造	1
第二节 从精益生产到精益思维	5
第三节 敏捷制造的提出和发展	8
第四节 绿色产品和绿色制造.....	17
第五节 下一代制造.....	26
第六节 我们的发展策略.....	29
第二章 我国制造业面临的机遇和挑战	31
第一节 中国制造业发展回顾.....	31
第二节 困境、机遇和挑战.....	35
第三节 中国汽车工业在成长.....	46
第四节 中国品牌产品的崛起.....	53
第三章 新模式——网络联盟企业	61
第一节 网络联盟企业的时代背景.....	61
第二节 网络联盟企业的构思和特征.....	67
第三节 网络联盟企业的组建.....	77
第四节 网络联盟企业的运行.....	87
第四章 产品创新和开发	96
第一节 产品和产品创新.....	96
第二节 产品数据管理.....	103
第三节 虚拟产品开发.....	112
第四节 虚拟制造.....	122
第五章 虚拟现实技术	128
第一节 虚拟现实技术概述.....	128
第二节 虚拟环境的建立.....	132

第三节 产品的虚拟原型.....	142
第四节 在虚拟环境中制造.....	153
第六章 快速原型技术.....	157
第一节 快速原型概述.....	157
第二节 快速原型的基本原理.....	161
第三节 典型的快速原型工艺和系统.....	170
第四节 快速制模.....	187
第七章 创新和变革的管理.....	191
第一节 网络联盟企业与技术看新.....	191
第二节 创新的管理.....	196
第三节 变革的管理.....	209
第八章 知识供应链.....	223
第一节 知识供应链的概念.....	223
第二节 知识供应链的建立.....	233
第三节 知识供应链的效益.....	242
第四节 高校和企业结盟.....	247
第九章 单元化生产系统.....	251
第一节 独立制造岛.....	251
第二节 全能制造系统.....	267
第三节 仿生制造系统.....	271
第四节 分形企业.....	276
第十章 网络环境.....	281
第一节 企业内联网.....	281
第二节 企业外联网.....	292
第三节 网络平台及其选择.....	300
参考文献.....	310

第一章 迈向知识经济的制造策略

第一节 知识经济和全球制造

一、从资源经济迈向知识经济

21世纪，人类将迈向一个以高科技为特征的知识资源的生产、占有、配置和消费的知识经济时代。1996年经济合作与发展组织（OECD）提出了“以知识为基础的经济”的概念，简称知识经济。回顾历史，人类社会经济形态的发展可以分为农业经济、工业经济和高技术经济。从资源配置的角度来看，相应地分为劳力经济、资源经济和知识经济。所谓“知识经济”，就是指以高技术产业为主要产业支柱，以智力资源为主要依托的新型经济。

人们已经认识到，作为工业经济命脉的土地和石油等自然资源是有限的，无节制地消耗自然资源和污染环境，已经威胁到人类的生存。知识经济的实质就是利用智力资源部分取代有限的自然资源。知识经济在资源配置上以智力资源和无形资产为第一要素，通过知识和智力对短缺的自然资源进行科学合理的重新配置，并开发富有的自然资源来创造新的财富。因此，在知识经济中，对智力资源的占有（每万名劳动力中的科学家和工程师数）较之工业经济中对土地和石油等自然资源的占有更加重要。

知识经济以现代科学技术为核心，建立在知识和信息的生产、存储、使用与消费之上。它改变了过去那种以资源及资本的总量与增量决定经济成败的模式，突破资本经营意识，升华

到创新知识的经营。由于知识这一资源的无限创造性和更新快捷性，使知识从经济增长的“外在变量”转成经济增长的内在核心因素，推动工业经济转向知识经济。它将使全球经济发生全面的、深刻的变革，经济与科学技术的紧密联姻，将不断降低资源的浪费，减少生态恶化，为全球经济的可持续发展提供持久的推动力。

在知识经济社会，知识对整个国民经济增长的贡献程度将超过其他传统的生产要素。例如正在迈向知识经济社会的美国，1995~1998年的经济增量中，大约有27%来自高新技术产业，而传统支柱产业中的建筑业只占14%，汽车业仅为4%。

知识经济的出现，导致社会经济领域的一系列变化。主要表现在：

- 1) 投资重点开始从有形资产转向无形资产。
- 2) 知识密集产品将成为主要的产品形式。
- 3) 经济竞争的核心逐步从有形竞争转向无形竞争。
- 4) 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。
- 5) 产品的知识含量成为竞争核心力量和决定胜负的关键。

6) 以电子化、数字化和网络化为表现形式的信息化经济，使经济系统在产品、服务、生产、流通、交易等概念和运作，面临深刻的变革。

知识经济的基本支柱是以高科技为资源依托的高技术产业。21世纪初可预见的高科技主要有：信息科学技术、生命科学技术、新能源科学技术、新材料科学技术、空间和海洋科学技术、环境科学技术、现代管理科学技术等。当高技术产业的产值在国民生产总值中占主导地位，并渗透到农业和传统工业时，才能真正形成知识经济社会。

当前，除了信息科学技术外，其他高科技产业还相对弱小，知识经济尚处于萌芽时期。1997年12月联合国发展署估

计，对改变世界面貌和人类生活的重大高科技产业化，将在2030年左右全面实现，人类真正进入知识经济时代还需要几十年。但是，我们必须认识到，知识经济的产生和发展是历史的必然，必将从涓涓细流汇成奔腾江河而磅礴入海。我们必须认真加以对待，抓住机遇，跟上潮流，驾驭变革。

二、知识经济对制造业的影响

知识经济是在知识化的工业社会中发展起来的经济。知识经济的规律已经在当前工业经济发展中产生日益明显的作用和影响。当然，知识经济并不否定工业经济，而是促进工业经济和物质生产的高科技化，进一步发展生产力，节约自然资源，提高人们的生活素质和水平。

美国经济发展的轨迹就说明了这一点，美国原来也是一个农业社会，19世纪末才完成工业化的进程。工业化之后，虽然农业人口由占总就业人数的80%降到现在的3%，但农业生产力却以惊人的速度增长。美国的工业革命并没有淘汰农业，而是促进农业进行产业化的自我转变。由于这一转变非常成功，美国至今仍是全球最重要的农业大国。20世纪初，美国的制造业率先全面推进大量生产方式，使美国成为由农业、工业和服务业共同支撑的世界经济强国，在二次大战后美国经济的成就达到了顶峰。

70年代以后，美国的经济曾经出现衰退现象，其中的原因之一是“后工业经济”理论过分强调服务业的重要性，把制造业列为“夕阳产业”，没有予以足够重视。然而在同一时期，日本的汽车、机床和家用电器等制造业崛起，产品销售遍及全球，使日本成为能够与美国抗衡的经济强国。80年代末，美国开始重新反思，认识到那种认为信息革命的来临意味着制造业衰退的看法是不全面的，大力推动先进制造技术的研究与应用，重新夺回制造业的优势。正像工业化没有淘汰农业一样，高科技的知识经济也决不会淘汰制造业，而是促使制造业发生

革命性的变化。同时，高技术产业也需要制造业提供各种各样新的物质载体和设备。

知识经济对制造业的影响，主要表现在：

1) 改变产品和消费观念（在物质形态中注入了更多的知识形态）。

2) 产品设计和制造过程数字化、智能化、分散化。

3) 销售经营和制造活动的全球化。

其中，经济活动的全球化将是制造业变革的最根本的推动力。随着远距离交通和通信基础设施的迅速改善，世界变得越来越小。市场的国际化和世界贸易的急剧发展，进一步推动了制造活动的全球化，跨国公司不断涌现。全球制造的特点是，跨国公司与合作者的制造工厂和销售服务遍布全世界，就在顾客的身边。适应全球化潮流的产品，通过各种网络组织协调与运作，把分布在世界各地的工厂和销售网点联结成一个整体，并能在任何时刻与世界上任何一个角落的顾客或供应商打交道，这就构成了全球制造。

全球制造的目标之一，是与合作伙伴甚至竞争对手建立全球范围的生产和经营联盟网络，以提高产品的质量和市场响应能力，确保竞争优势。它的基本准则是：哪里有市场，就在哪里生产产品，有效利用当地劳动力（包括知识劳动力）和设备，开拓区域性的市场，更快、更好地满足顾客的需要，赢得新顾客，开拓新市场。

今天，无论是产品设计、制造装配、还是物料供应，都可以在全球范围内进行。例如，波音公司的客机，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。在相互联结的网络上，建立24小时工作的协同设计队伍，大大加快了设计进度。又如，全球化的物料供应链，可以使产品总装工厂及时获得所需要的零部件，减少库存，降低成本，提高质量。

第二节 从精益生产到精益思维

一、丰田生产方式

1990年，美国麻省理工学院（MIT）总结二次世界大战后以丰田汽车公司为代表的日本制造工业的经验，发表著名报告《改变了世界的机器》，提出了以改革企业生产管理为特点的“精益生产”（Lean Production）模式。报告认为，丰田公司的这种新生产模式具有重大的历史意义，是制造工业的又一次革命。这里“机器”一词意味着机制，是一个寓意宽泛的概念，并非单指设备和技术，而是指对企业整体进行全面的科学管理和充分发挥人的潜力、智慧和积极性的丰田体系，体现着制造哲理和生产模式的重要性。精益生产的基本目的，是要在一个企业里同时获得最高生产率、最佳产品质量和极大的生产柔性。针对大量生产方式的制造企业过于臃肿和存在浪费的缺点，精益生产提出“精简、消肿”的对策，以及“精益求精”的管理思想。同时，它与大量生产方式相反，不是强调过细的分工，而是强调企业各部门相互密切合作的综合集成。这不仅限于生产过程本身，尤其重视产品开发、生产准备和生产过程之间的协调与集成。

精益生产不仅要求在技术上实现制造过程和信息流的自动化及其集成，更重要的是从系统工程的角度对企业的活动及其社会影响进行全面的、整体的优化。换句话说，精益生产体系既着眼于技术，又充分考虑到组织和人的因素。

为了便于对精益生产体系的要点更好理解，现将精益生产方式与传统的大量生产方式在目标、特征和质量保证体系等方面作一比较，见表1-1。

从表中可见，精益生产方式首先在产品质量上追求尽善尽美，保证顾客在产品整个生命周期内都感到满意。在企业内的生产组织上，充分考虑人的因素，采用灵活的团队工作方式和

强调相互合作的并行工作方式。在物料管理方面，准时的物料后勤供应和零库存目标使在制品大大减少，节约了流动资金。在生产技术上，采用适度自动化技术，明显提高了生产效率。凡此种种，均使企业的资源能得到合理的配置和充分的利用。

表1-1 精益生产与传统大量生产方式的比较

项 目	精 益 生 产 方 式	大 量 生 产 方 式
生产目标	追求尽善尽美	尽可能的好
分工方式	集成，综合工作组	分工，专门化
产品特征	面向顾客和生产周期较短的产品	数量很大的标准产品
生产后勤	准时生产方式（JIT）的后勤支援	在所有工序均有在制品缓冲存储
产品质量	在生产过程的各个环节始终由工人进行质量保证	由检查部门事后进行质量检验
自 动 化	柔性自动化，但尽量精简化	倾向于刚性和复杂的自动化
生产组织	加快进度的“同步工程”模式	依次实施顺序工程模式
工作关系	强调工作友谊，团结互助	感情疏远，工作单调，缺乏动力

二、精益生产体系的特征

精益生产体系的特征可以概括为：以顾客为“上帝”，以“人”为中心，以“精简”生产过程为手段，以产品的“零缺陷”为最终目标。

1. 以顾客为“上帝”

企业要面向顾客，保持与顾客的密切联系，真正体现顾客是“上帝”。不仅要向顾客提供服务，而且要洞悉顾客的心理和要求，以最快的速度 and 适宜的价格，提供高质量的适销新产品，抢先占领市场。

2. 以“人”为中心

现代制造企业固然要不断依靠技术进步求得发展，但更要以人为本，推行团队工作方式。团队是由企业各部门专业人员组成的、面向项目的综合工作组。一个团队全面负责一个产

品型号的开发和生产，包括设计、编制预算、材料购置、生产准备及投产等工作，并及时根据实际情况调整原有的设计和计划。团队是企业集中各方面人才的一种组织形式。企业一方面为职工创造工作条件和晋升途径，另一方面又给予一定的工作压力和自主权，以同时满足人们学习新知识和实现自我价值的愿望，从而形成独特的、有竞争意识的企业文化。

3. 以“精简”为手段

精益生产去除生产过程中一切多余环节，实行精简化。在组织结构上，纵向减少层次，横向打破部门壁垒，将多层次细分工的管理模式转化为分布式平行网络的管理结构。在生产过程中，采用先进的设备（如采用加工中心，实行工序集中，尽可能在一个工作地完整地加工一个零件），使每个人的工作都真正在产品制造过程中实现增值作用。

4. 以“零缺陷”为目标

精益生产所追求的目标不是尽可能好一些而是零缺陷。最低的成本，最好的质量，无废品，零库存与产品的多样化。当然，不可能有一个企业完全达到这样的境地，但永无止境去追求这一目标，将会使企业发生惊人的变化。

三、精益思维

精益生产主要是针对一个企业内部生产过程优化和改革而言的，随着信息技术的发展和制造的全球化，它具有一定的局限性。

1996年《改变了世界的机器》一书的两位作者又出版了一本新著《精益思维 (Lean Thinking)》，进一步发展了精益生产的思想。提出要从精益生产过渡到精益企业，从精益企业上升到精益思维。精益思维是从总体优化社会资源和提高社会效益的角度，研究企业生产过程和服务的有效性与经济性。提出不论是物料还是信息抑或服务领域，都要精简一切不必要的过程和环节，减少浪费，节约资源。认真研究产品和服务的价值增值

过程，用“价值流”取代造成浪费的“等待与排队”，实现满足顾客最终需要的门对门的服务。精益思维进一步发展了精益生产的概念，从思维角度重新审视生产活动中存在的问题。

第三节 敏捷制造的提出和发展

一、“敏捷制造”提出的背景

1991年美国里海大学（Lehigh University）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报告《21世纪制造企业发展战略》，提出敏捷制造和虚拟企业的新概念。其核心观点是，除了学习日本的成功经验外，更要利用美国信息技术的优势，夺回制造工业的世界领先地位。这一新的制造哲理在全世界产生了巨大反响，并在20世纪90年代就取得引人瞩目的实际效果。

敏捷制造，是将柔性的先进制造技术、熟练掌握生产技能的有知识的劳动力，以及促进企业内部和企业之间的灵活管理，三者集成在一起，对千变万化的市场机遇作出快速响应，最大限度地满足顾客的需求。它包含许多新思想，特别是它的活动空间已经从一个企业扩展到社会。例如：

- 1) 可重构的和不断改变的生产系统，如虚拟企业。
- 2) 以信息为主和与批量无关的制造系统。
- 3) 充分调动人的积极因素和发挥人的创造性。
- 4) 向基层下放权力，简化领导层次和组织结构。
- 5) 利用信息高速公路，建立全国工厂网络。
- 6) 独立自主的、模块化的、分布式的制造单元。

这些新思想、新概念正在使传统的制造业发生一系列根本性的变化。以因特网和信息高速公路为代表的高新科技的广泛应用，将给人们的生活、工作、思想观念以及社会活动带来质的变化，也必将导致制造企业的管理体制和生产模式发生根本

性变革。敏捷制造的提出，还大大推动了制造哲理和生产模式以及制造系统工程的研究，新概念和新理论不断出现，如分形制造、生物制造、全球制造、全能制造等等。

二、敏捷制造的重要性

今后，将越来越多地通过顾客参与产品设计，共同把产品迅速推向市场，以及通过产品的迅速重构和更新换代的方式，建立起一个把开发新产品集成到社会系统中的新局面，形成生产消费联合体。今天虽然已经具备迅速制定产品的技术方案并迅速把产品交给顾客的能力，但是目前还不能有效地运用这一能力。将来，这种能力将会越来越普及，大家都将学会如何更好地实现产品迅速问世和推向市场，并将其集成到社会—技术系统中去。

21世纪初，这种推动产品迅速问世，以及将特殊配置的产品迅速交付顾客的能力要比现在强得多。当然，这并不意味着每件产品都必须迅速地生产和交货。这种能力将用于驾驭变化的市场，使企业管理者在制造过程安排、库存量控制及市场决策等方面有更大的自由度，也使制造过程能按计划的时间表进行管理。

这种迅速响应能力使企业管理者可以依据市场的需求，对制造产品的速度进行动态决策。市场需求决定了不同产品的价格和交货时间，即使对于相同的产品，也可以存在迅速响应和缓慢响应的价格区别。就是说，将根据市场的需要，以不同速度生产相同的或不同的产品。

因此，敏捷的完整含义应该是：允许企业管理者根据市场的要求对产品的生产速度进行调整。由于敏捷性首先是以产品设计模块化的形式引入的，成组和变异将成为整个分布式、网络化制造企业的一种特征。因此，实施敏捷制造不会导致很大的额外投资。最重要的问题是急需开发具有迅速响应能力的管理系统，从而将企业经营管理从大量生产的思想桎梏中解放出

来，实现经营管理的重组。那时制造工业的面貌就会发生根本性的变化。

在21世纪，只有把企业作为一个整体来变革才能获得成功。企业必须学会对各种机遇做出快速反应。领先的企业将会积极地寻求各种产品和市场，能够提供优质产品的敏捷能力将给企业带来巨大的效益。

这种敏捷响应市场的能力，只有通过权力下放、建立综合工作小组、打破等级制度、对整个公司进行重组和再造才能达到。只有那些整体改革成功的企业，方能在全球竞争中获胜。

三、敏捷制造企业的特征

为了克服大量生产方式的缺点，按照现有的技术水平和生产实践，我们可以来设想一下21世纪敏捷制造企业的远景。

1. 敏捷制造企业的基本特点

敏捷制造企业是一种高度集成的组织。信息在产品设计、工艺、制造、市场、采购、财务、仓储、销售、研究等部门之间连续地流动。各项工作是同时进行的，而不是按顺序先后进行的。开发新产品、编制生产工艺规程、进行产品销售是齐头并进的。设计工作不仅属于技术部门，也不只是工程与制造的结合，从用原材料制造产品到最终报废的整个产品生命周期内，每一个阶段的代表都要参与产品设计，信息不仅要在敏捷制造企业与其顾客之间连续地流动，而且也要在敏捷制造企业与供应厂家之间连续地流动。在敏捷制造中，顾客和配件供应厂家在产品设计和开发中都应起积极作用。每一个产品的生产都可能使用具有高度交互性的计算机网络，与技术上分散、组织上分离的企业内部成员彼此协同工作。并且，也可与其他企业的成员合作。

企业内部和各个合作企业之间相互负责的态度，使敏捷企业的集成成为可能。敏捷制造的职业道德是以真诚合作为基础的相互信赖，把合作视为与项目所有合作者共享信息、解决问