

制造网格资源管理 理论与应用

Theory and Application of
Manufacturing Grid Resource Management

张海军 闫琼 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

制造网格资源管理理论与应用

张海军 闫 琼 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

制造网格资源管理理论与应用/张海军, 闫琼著. —北京: 知识产权出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-5130-3634-4

I. ①制… II. ①张…②闫… III. ①计算机集成制造 IV. ①TH166

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 155947 号

内容提要

本书系统地总结了作者在制造网格资源优化基础理论方面的研究成果。全书共 9 章: 第 1~3 章分析了制造网格资源管理中涉及的经济学原理和资源市场特征; 构建了制造网格资源市场模型; 设计了制造网格资源市场技术堆栈图和基于网格中间件的资源管理系统具体实现框架。第 4 章提出了基于精炼贝叶斯均衡的资源交易诚信机制。第 5 章提出了基于本体的资源描述和基于蚁群的资源发现机制。第 6 章提出了一种资源预留机制与方法。第 7 章提出了基于混沌量子进化的资源调度算法。第 8~9 章进行了技术验证和实验平台开发, 并作全书的总结和工作展望。

本书内容具有先进性、新颖性和实用性, 对先进制造技术、生产调度、资源优化和制造业信息化等领域的科研和工程技术人员具有重要的参考价值, 也可作为高等院校机械工程、工业工程、管理工程相关专业的研究生教材或参考书。

责任编辑: 兰 涛

责任校对: 董志英

封面设计: 周云飞

责任出版: 刘译文

制造网格资源管理理论与应用

张海军 闫 琼 著

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号 (邮编: 100088)

责编电话: 010-82000860 转 8325

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

字 数: 150 千字

ISBN 978-7-5130-3634-4

网 址: <http://www.ipph.cn>

天猫旗舰店: <http://zscqcb.tmall.com>

责编邮箱: lantao@cnipr.com

发 行 传 真: 010-82000893/82005070/
82000270

经 销: 各大网上书店、新华书店及
相关专业书店

印 张: 12.75

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

制造资源的异构性、地域分布多样性和管理多重性，给制造网格资源管理带来极大挑战。为此，学者们主要通过研究制造网格资源服务封装、信息服务、服务质量（Quality of Service, QoS）和资源优化配置等方面予以解决，但对制造网格资源管理中经济现象与资源价值研究不足，没有构建系统的理论和方法。主要体现在以下方面：①制造网格系统中资源如何交易和定价，如何保证资源信息的可信度？②制造业中知识丰富，用户如何语义描述资源？③当用户不需要遍历所有相关制造资源时，如何实现经验式搜索？④制造网格资源管理系统如何实现资源预留，特别是高效地实现联合预留？⑤如何保障制造网格 QoS 而执行资源调度作业？

本书围绕以上制造网格研究中存在的问题，在深入研究制造网格环境下的资源管理基础上，提出了制造网格资源管理体系架构。据此架构，设计了支持多种资源交易模式的制造网格资源市场平台，并系统分析了制造网格资源市场中各种经济现象。针对这些经济现象和制造网格资源的特

点,提出了基于经济学的制造网格资源管理整体解决方案并开发了实验平台。本书主要研究工作如下:

(1) 分析了制造网格资源管理中涉及的经济学原理和制造网格市场特征;构建了制造网格资源市场模型;设计了制造网格资源市场技术堆栈图和基于网格中间件的资源管理系统具体实现框架;建立了4种常用的制造网格市场交易模型;设计了资源共享流程。

(2) 提出了基于精炼贝叶斯均衡的制造网格资源交易诚信机制,并对该机制进行建模、求解和分析;对该诚信机制进行仿真实验和结果数据分析。

(3) 提出了一种制造网格资源预留机制与方法。研究了制造网格资源预留全生命周期;分析了3种网格资源预留模式;设计了制造网格资源联合预留架构,实现了两种制造网格资源预留模式;给出了资源联合预留协商流程和通信API;重点设计了基于图论的制造网格资源联合预留算法,并对该算法进行性能测试分析。

(4) 提出了基于混沌量子进化的制造网格资源调度算法。研究制造网格资源管理对QoS的需求;设计了制造网格QoS的层次结构模型;设计混沌量子进化算法对满足用户QoS需求的制造网格资源调度进行研究,进行多方面的算法性能仿真测试。

(5) 开发了面向汽车零部件的制造网格资源管理系统实验平台。尝试在制造网格资源管理平台上实现汽车零部件的产品搜索、生产采购、资源预留与调度等主要功能,打破了地域界限,在全球范围内配置资源。通过实验平台,对本书所提出的制造网格资源管理理论进行完善和修正。

本书主要根据作者攻读博士期间的研究成果并参考该学科发展最新相关文献撰写而成,并得到国家自然科学基金(51275485, U1404518)、航

空科学基金（2014ZD55008）、河南省高校科技创新团队支持计划（2012IRTSTHN014）、河南省高校科技创新人才支持计划（134200510024，13HASTIT036）、河南省科技厅软科学研究计划（132400410782）、河南省教育厅科学技术研究重点项目（15A630050）、郑州市创新型科技人才队伍建设工程资助计划（112PCXTD350）郑州市科技发展计划（20140583）等资助。在此一并表示衷心的感谢！本书适合理工科大学研究生、博士后和教师阅读，也可供自然科学和工程技术领域、特别是从事制造业信息化相关工作的研究人员参考。

由于制造网格是一门正在迅速发展的综合性交叉研究前沿，涉及的学科多，知识面广泛，非作者等少数几个人的知识、能力和经历所能覆盖，加之作者水平的局限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正，并衷心希望在于读者的交流中得到新的知识和力量。

张海军

2015 年 6 月于郑州

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景	2
1.2 相关概念	4
1.3 国内外研究现状及发展趋势	8
1.4 研究的目的与意义	14
1.5 主要研究内容和逻辑结构	16
1.6 本章小结	19
第二章 制造网格资源管理基础	20
2.1 制造网格资源的分类	21
2.2 制造网格资源管理目标与功能	23
2.3 制造网格资源管理策略	26
2.4 制造网格资源系统架构	28
2.5 本章小结	31

第三章 制造网格经济学分析	32
3.1 制造网格经济学定义	32
3.2 制造网格市场	37
3.3 制造网格市场中的经济关系与信息不对称	44
3.4 制造网格资源交易	47
3.5 本章小结	53
第四章 制造网格资源交易诚信机制	54
4.1 博弈论与诚信机制	55
4.2 基于精炼贝叶斯均衡的制造网格资源交易诚信机制	58
4.3 诚信机制仿真实验	66
4.4 诚信机制的实际管理意义	69
4.5 本章小结	70
第五章 制造网格资源描述与发现	71
5.1 基于本体的制造网格资源描述	71
5.2 基于蚁群的制造网格资源发现	79
5.3 本章小结	97
第六章 制造网格资源预留	99
6.1 概述	100
6.2 制造网格联合预留架构	103
6.3 联合预留算法举例	120
6.4 本章小结	124
第七章 基于混沌量子进化的制造网格资源调度	125
7.1 制造网格工作流	126

7.2 制造网格 QoS	129
7.3 制造网格资源调度.....	132
7.4 制造网格资源调度算法实验.....	143
7.5 本章小结.....	153
第八章 技术验证与应用实例	154
8.1 系统开发背景与运行环境.....	155
8.2 系统开发与实现.....	157
8.3 应用实例.....	162
8.4 本章小结.....	171
第九章 结论与展望	172
9.1 工作总结.....	172
9.2 工作展望.....	175
缩写术语表	177
参考文献	180

第一章

绪 论

制造网络是在网络经济快速发展的背景下产生，并得到广泛研究的一种先进制造模式。与其他先进制造模式的产生和应用背景一样，制造网络的产生也是需求与技术双轮驱动的结果。需求是制造网络模式产生和应用的基础，技术是制造网络模式使能的条件。对制造网络模式的需求一方面来自于市场竞争的压力；另一方面来自企业提高自身资源管理水平的需要。网络技术和信息技术，特别是先进制造技术不断涌现，促进了制造网络这一先进制造模式的理论和应用研究。本章将从研究背景、研究现状及存在的问题、研究目的及意义和主要研究内容、逻辑结构等方面向读者一一展开。

1.1 研究背景

市场环境的剧烈变化、科学技术的迅速发展，促使制造活动在深度和广度上不断拓展，从而为各种先进的制造模式带来更大的机遇，也使传统的制造资源管理手段受到严峻挑战，需要在先进制造模式下探索灵活、有效的资源管理方法。如图 1-1 所示，左边虚线框表示对先进制造系统的挑战方面，右边的实线框表示对先进制造系统的机遇方面，具体分析如下：

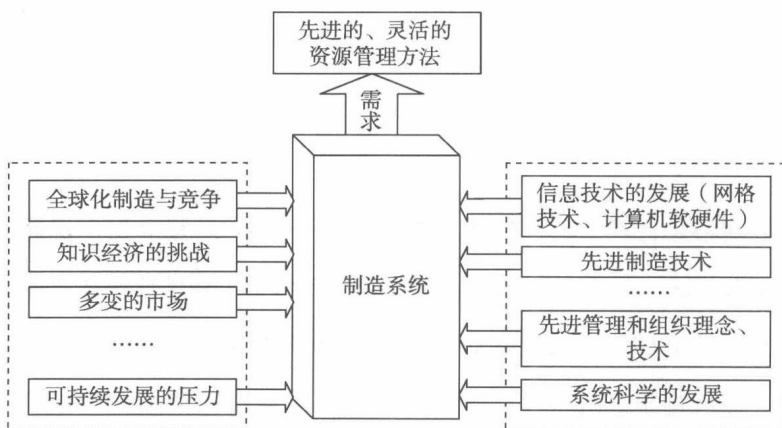


图 1-1 制造系统资源管理方法的机遇与挑战

(1) 现代的制造系统已经不再仅仅是传统意义上的制造行为了，还包括社会、经济、人文等综合因素，因此必须将制造系统置于社会、经济和人文环境中，使其成为一个复杂的社会化大系统。脱离了经济的制造系统研究将是虚幻的。

(2) 制造系统必须体现数字化、柔性化、敏捷化、全球化、低碳经济等新时代特征。数字化、柔性化和敏捷化是快速响应客户需求的前提,这意味着制造系统必须具有动态易变性,能快速重组、快速响应市场需求的变化。全球化是为了在全球范围内组织设计、生产和物流等最优活动,在快速响应市场需求的同时降低运行成本。低碳经济要求企业不仅具备“低碳”生产工艺设备,而且要有“低碳”管理意识,制造系统资源管理优势有利于实现产品生产全过程的低碳管理,包括设计、采购、生产、运输、市场消费者使用、回收等整个全生命周期。

(3) 制造系统须满足市场需求驱动的、全球分布式网络化需求。制造系统本质上是一个复杂的社会、经济和人文交互系统,这就要求采用新的有效的管理手段来实现复杂制造系统的动态重组与运行控制。因此,制造企业的组织形态、经营模式和管理机制都需要有全方位的创新。

(4) 信息量急剧增长。柔性敏捷化要求、分布式网络化结构及智能化水平的提高,使制造过程中所需接收和处理的各种信息正在呈爆炸式增长,海量制造信息成为制约系统效能的关键因素。

(5) 制造系统的复杂性问题的突出。制造系统的复杂性一是来源于系统本身的非线性特征;二是来源于分布式制造系统的自组织、自适应和多自主体在信息共享基础上的分布式协同;三是来源于资源调度决策中“组合爆炸”问题。

为此,制造系统必须结合先进的网络技术、制造技术、信息技术,融合先进制造技术与经济、管理等学科,通过企业间有效的协同、资源共享,才能快速响应动态的市场需求^[1]。当前,研究和应用先进制造系统理论已经成为增强国家经济实力与国防实力,提高市场竞争力和可持续发展

的迫切要求。

1.2 相关概念

1.2.1 制造网格

通过网格的概念和技术特征,可以看出,网格技术提供的手段和功能能够很好地满足实施支持制造企业协同的网络化制造系统的需求。因此,将网格技术应用于制造业,基于网格技术构建支持制造企业协同的制造网格,成为一个制造领域的热点研究方向。

制造网格是利用网格技术、信息技术和先进制造技术等,通过 Internet 共享和集成制造资源,克服空间上给企业协同带来的障碍;提供封装和集成等资源管理功能,屏蔽资源的异构性和地理分布性,以服务的方式为制造用户提供资源共享和集成,从而构建面向协同的制造系统的支撑环境;使制造网格环境下运行的虚拟组织 (Virtual Organization, VO) 能够以成本 (Cost) 低、时间 (Time) 短、服务 (Services) 优、质量 (Quality) 高、环境 (Environment) 友好的标准制造出符合动态市场需求的产品^[2,3]。

实施制造网格的目的是实现企业间的协同,使企业能够真正实现基于网络的制造。因此,制造网格实施的最终目标是将分散在不同区域,不同企业、组织和个体中的各类资源有效地组织起来,形成一个系统化的制造网络,通过制造网格使用户能够像目前从 Internet 上获取信息一样方便地获取各种制造服务,并形成面向特定制造需求的专业化系统,实现企业间

的商务协同、设计协同、制造协同和供应链协同^[4]。

从运行方式和形态上,制造网格与目前的 Internet 有很大的相似性,但是由于制造网格的用户主要是制造类型的企业或个人,提供的制造服务与 Internet 提供的信息服务存在很大的区别,主要体现在以下几个方面^[5]:

(1) 多方协同:在很多情况下,单一的制造资源服务不能独立完成某一制造任务,如对工程机械的加工制造,在制造网格支持下,用户应该能协同多个单位或企业,合作完成零部件制造、总装、调试等任务。

(2) 周期长:与信息服务相比,制造服务的周期可能会很长。服务执行时间单位可以为天、周、月、年等。

(3) 专业化程度高:由于制造领域涉及大量专业性知识,提供的制造服务多而复杂,服务流程会多样化和灵活化。与 Internet 提供的信息服务相比,制造网格的专业知识密集程度更高。

除了以上方面,范玉顺教授指出制造网格与 Internet 不同之处还包括:互动性、实时性、数据量大和用户多样化。本书认为,随着网络技术的飞速发展,在这些方面已经不存在制造网格与 Internet 之间较大的差异,相反地,Internet 上的用户比未来制造网格用户的类型更多样。

上述特征构成了制造网格的特点,也形成了制造网格技术研究的重点和难点。依靠先进的网格技术和信息技术,从满足企业实际应用需求出发,本书将制造网格环境下的资源管理作为研究突破点,为构建制造网格系统奠定理论基础。

1.2.2 资源管理与经济学

实现资源管理是实施制造网格的一个核心内容。制造资源通过网格加

入一个动态的市场中,加入的企业能方便地搜寻产品的市场供求信息、搜寻加工任务、发现合适的生产合作伙伴、进行产品的合作开发设计和制造以及产品的联合销售等,即通过制造网格系统进行生产经营业务各种活动,以实现企业间的资源共享和优化组合配置,全球范围内的异地制造,提高设备的利用率,降低企业的固定资产投资成本。在制造网格环境下,通过有效的资源管理快速响应市场的需求,根据需要迅速地与其他企业组成 VO 进行产品的协同设计和制造;组成 VO 的各个企业发挥各自的优势,以 TQCSE 为目标制造出满足用户需求的产品和提供用户需要的服务。因此,可以说制造网格是一个经济全球化的制造业发展方向。

制造网格的实施使得制造企业在生产组织方式、营销方式、信息传递和获取方面都发生了根本的变化。资源管理的主要活动将在虚拟的数字化空间中进行,因此制造网格环境下的资源管理呈现出与传统资源管理不一致的经济特性,如交易费用极大降低、具有规模经济效应和范围经济效应等。这些经济特性的变化,给相应的资源管理活动带来了挑战,制造网格环境下的资源管理必须做相应的变革,主要体现在以下几个方面(见图 1-2):

1. 组织机构扁平化、网络化和虚拟化

资源管理延伸了人的大脑,使企业的管理力度加大,高层管理者可以和执行者之间建立直接的互动联系,组织机构进而扁平化。每一个脑力劳动者将是企业的基本单位,可以根据工作需要自由组合。企业的制造、研发、销售等数字化、虚拟化后,在竞争的同时引进合作机制,利用 Internet 建立动态的 VO。

2. 经营直接化和角色模糊化

制造网格使生产者与消费者之间可以建立直接的联系,而使中间商失

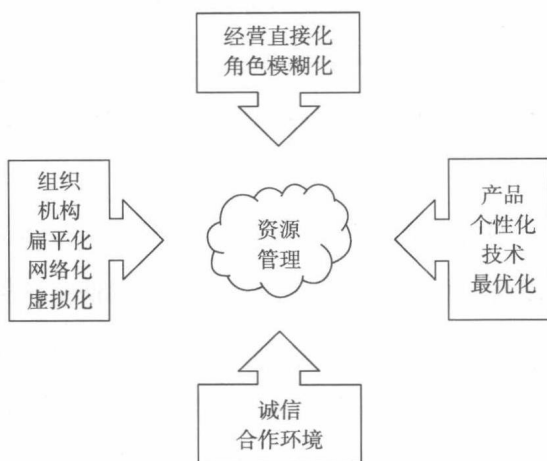


图 1-2 资源管理与经济学效应

去市场，并密切了资源提供者和资源消费者的关系。资源消费者可以通过网络系统将自己的意见加入生产过程而成为部分生产者，模糊了生产者和消费者间的界限，企业的管理活动将关注整条价值链的核心活动，进行“价值再造”。

3. 产品个性化与技术最优化

通过制造网格系统，企业能快速响应市场的变化，以多品种、小批量满足消费者的个性化需求，迎合消费者个性化需要的定制生产将取代过去的大批量生产方式，企业的研发、生产及销售等整个资源管理过程更加“弹性化”。制造网格中信息传播的快速和获取的方便容易，使不同地域的企业通过网格快速联系起来，各个企业可以充分发挥各自的核心优势，在全球范围内选择最好的企业作为自己的合作伙伴。

4. 诚信的合作环境

在制造网格系统中，任何一个注册的用户，即网格节点，都能够发布

资源信息和寻找资源信息。这些信息都将快速在网格系统中传播和被共享。另一方面制造资源的跨文化、跨地域的管理需要企业站在利益相关者的角度,使整体利益最大化并能协调发展,保障制造网格健康的、诚信的市场运行环境。

概括地讲,在网络经济发展的大背景下,制造网格作为一个复杂的系统,在其内部流通着信息流、物流和价值流,如何使制造资源转换和利用过程更加快速、合理、有效,是企业经营者的目标,也是制造网格研究者努力的方向。国内外众多的经验表明,制造业竞争力的提高和改革的成功,不仅仅是技术问题,先进的制造技术还必须有与之相匹配的经济运行模式才能充分发挥作用。

1.3 国内外研究现状及发展趋势

1.3.1 国内外研究现状

将经济学理论应用于计算机系统资源配置可以追溯到 1968 年 Sutherland 在 PDP-1 机器中提出的资源分配的拍卖机制^[6],随后被更多地用来解决集群和分布式系统的负载均衡问题。Ferguson 等人探讨了一般均衡理论和 Nash 均衡在分布式资源管理中的应用问题^[7]。Waldspurger 等人针对一组联网的异构计算机设计并实现了 Spawn 系统^[8],这是一个面向市场的调度系统。Bogan 使用市场机制进行处理器时间分配,并提出了基于每个时间单元的处理器租用协议^[9]。近年来随着网格研究的展开,将价格机制