



Collaborative Process Planning and Management
Oriented to Network Manufacturing

面向网络化制造的 协同工艺设计与管理

苏莹莹 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

Collaborative Process Planning and Management
Oriented to Network Manufacturing

面向网络化制造的 协同工艺设计与管理

苏莹莹 / 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

面向网络化制造的协同工艺设计与管理/苏莹莹著.

—北京: 经济科学出版社, 2016. 11

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7516 - 5

I. ①面… II. ①苏… III. ①计算机网络 - 应用 - 制造业 IV. ①F416.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 296070 号

责任编辑: 李 雪 初少磊

责任校对: 隗立娜

责任印制: 邱 天

面向网络化制造的协同工艺设计与管理

苏莹莹 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: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京汉德鼎印刷有限公司印刷

三河市华玉装订厂装订

710 × 1000 16 开 17 印张 230000 字

2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7516 - 5 定价: 56.00 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)

辽宁省自然科学基金：绿色云制造系统中服务组合优选技术研究（201602522）

前 言

网络化制造模式一经提出便得到了普遍关注和迅速发展，是对传统制造模式的扬弃和创新。它为制造企业提供在互联网环境下开展生产、经营活动的理论和方法，突破了地理空间给企业生产经营所造成的障碍，已成为提高现代制造企业快速响应市场机会、更好地满足顾客需求的新型制造模式。

计算机支持的协同工作（Computer Supported Cooperative Work, CSCW）一直是网络化制造领域中研究的热点，它要求处于不同地域的多个用户在网络环境下分工协作、共同高效地解决复杂问题。由于 CSCW 适应了现代社会的群体性、交互性、分布性和协作性等主要特点，因此有广泛的应用领域。

制造企业的工艺设计是一个知识密集的、企业和团队协同工作的复杂过程，随着新的制造模式，尤其是 CSCW 模式的出现，将协同技术与工艺设计过程结合，即协同工艺设计，是企业工艺设计发展的必然趋势。协同工艺设计将充分、合理地利用大范围内的设计资源（制造资源、智力资源等），有效降低产品成本、提高产品设计质量和缩短产品设计周期。因此，研究新模式下的工艺设计方法已经成为制造企业一个亟待解决的问题。

本书在相关项目基金的资助下，针对离散型制造企业产品工艺设计与管理的特点，针对企业的实际特点，阐述面向网络化制造的协同工艺设计与管理技术。本书共 8 章。

第 1 章 网络化制造概述：介绍了网络化制造的产生背景和概

念、网络化制造的特征和核心、网络化制造的关键技术和体系结构、网络化制造的研究现状、网络化制造的主要研究方向和发展趋势。

第2章 协同工艺设计的基本理论：介绍了计算机支持的协同工作（CSCW）技术，现代计算机辅助工艺设计，协同工艺设计的提出、内涵和特点，企业工艺设计在协同工作方面存在的问题以及协同工艺设计的研究现状及对现状的分析。

第3章 协同工艺设计的流程管理：分析协同工艺设计的结构及需求；根据工艺设计中协同的要求，提出了面向 workflow 技术的协同工艺设计过程模型；应用随机 Petri 网对整个工艺流程建模，用 UML 图来抽象 workflow 系统的具体功能，并建立组织模型和数据模型，以全面地描述工艺 workflow 系统；最后阐述了工艺 workflow 管理系统的功能。

第4章 同步协同工艺设计的实现方法：介绍了同步协同工艺设计的体系结构，对工艺设计的同步协同过程中数据交换方法、数据通信方法、会话管理方法和控制方法进行详细的阐述。

第5章 协同工艺设计中虚拟团队的组建与任务分配：介绍了虚拟团队的组建和面向团队成员的任务分配方法；建立了虚拟团队组建模型，应用改进蚁群算法求解，并给出算例验证；设计了基于 Q 学习的最优行为选择策略和 Q 学习的 BP 神经网络模型与算法，并将其应用到面向团队成员的任务分配问题；最后用算例验证其有效性。

第6章 面向协同优化的工艺路线规划与调度集成：介绍工艺路线规划与调度集成问题，提出集成模型，分析工艺路线与调度协同优化的集成策略，给出多工艺路线的网络图表示方法，研究网络图与改进蚁群算法的融合方法，最后以具体的实例验证方法的可行性和实用性。

第7章 基于连接结构的装配序列规划：介绍连接结构的概念，建立基于连接结构的装配序列规划模型，把功能件、连接件封

装在连接结构之内,屏蔽零件的具体特征,简化产品装配关系的表达,并应用改进蚁群算法求解,最后给出实例验证方法有效性。

第8章 协同工艺设计与管理原型系统构建:在理论研究的基础上,针对网络化制造模式下协同工艺设计的特点,构建协同工艺设计与管理系统,介绍平台体系结构,并分析了系统功能;在此基础上,运用 Java/JSP/Servlet/SQL server/Tomcat 等技术,以离心压缩机为依托,构建了沈阳鼓风集团有限责任公司的协同工艺设计与管理原型系统。

本书在编写过程中参考和借鉴了不少国内外的相关资料,在引用中对其做了一定的修改,在此谨向有关作者表示深深的谢意!面向网络化制造的协同工艺设计与管理技术涉及面较广,还有许多内容尚需要深入细致地研究,加之作者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者给予批评指正。

苏莹莹

2016年7月于沈阳

目 录

第 1 章 网络化制造概述	1
1.1 网络化制造的产生背景和概念	2
1.1.1 网络化制造的产生背景	2
1.1.2 网络化制造的概念	3
1.2 网络化制造的特征和核心	5
1.2.1 网络化制造的特征	5
1.2.2 网络化制造的核心	8
1.3 网络化制造的关键技术和体系结构	10
1.3.1 网络化制造的关键技术	10
1.3.2 网络化制造的体系结构	12
1.4 网络化制造的研究现状	13
1.4.1 国外网络化制造的研究现状	13
1.4.2 国内网络化制造的研究现状	18
1.5 网络化制造的主要研究方向和发展趋势	20
第 2 章 协同工艺设计的基本理论	23
2.1 计算机支持的协同工作 (CSCW)	23
2.1.1 CSCW 概述	23
2.1.2 CSCW 的发展背景	26
2.1.3 CSCW 的应用领域	27

2.2	现代计算机辅助工艺设计	29
2.2.1	CAPP 技术发展回顾	30
2.2.2	现代计算机辅助工艺设计	31
2.2.3	计算机辅助工艺设计信息化进程	32
2.2.4	计算机辅助工艺设计发展趋势	33
2.3	协同工艺设计的主要内容	35
2.3.1	协同工艺设计的提出	36
2.3.2	协同工艺设计的内涵	37
2.3.3	协同工艺设计的特点	39
2.4	企业工艺设计在协同工作方面存在的问题	40
2.5	协同工艺设计的研究现状及分析	42
2.5.1	协同工艺设计的研究现状	42
2.5.2	协同工艺设计研究现状的分析	45
第3章	协同工艺设计的流程管理	47
3.1	协同工艺设计的结构及需求分析	47
3.1.1	协同工艺设计的结构	48
3.1.2	协同工艺设计的需求分析	50
3.2	面向 workflow 技术的协同工艺设计流程管理	51
3.2.1	workflow 技术	52
3.2.2	workflow 技术实现协同工艺设计过程管理的 必要性	57
3.3	协同工艺设计的流程分析	58
3.4	工艺 workflow 建模	59
3.4.1	工艺 workflow 建模方法	59
3.4.2	基于随机 Petri 网和 UML 的工艺 workflow 过程 建模	66
3.4.3	工艺 workflow 组织模型	71
3.4.4	工艺 workflow 数据模型	73

3.5	工艺 workflow 管理系统功能	74
第4章	同步协同工艺设计的实现方法	77
4.1	同步协同工艺设计的体系结构	77
4.2	同步协同工艺设计的数据交换方法	80
4.2.1	数据交换方法的确定	80
4.2.2	XML 基础理论	81
4.2.3	基于 XML 的数据交换过程	83
4.3	同步协同工艺设计的数据通信方法	84
4.3.1	网络通信传输协议	85
4.3.2	网络通信方式	87
4.3.3	基于消息的数据通信机制	90
4.4	同步协同工艺设计的会话管理方法	93
4.5	同步协同工艺设计的控制方法	94
4.6	同步协同工艺设计流程示例	95
第5章	协同工艺设计中虚拟团队的组建与任务分配	98
5.1	面向协同工艺设计的虚拟团队组建的相关问题	99
5.1.1	虚拟团队概述	99
5.1.2	协同工艺设计中组建虚拟团队的必要性	103
5.1.3	虚拟团队组建的原则	104
5.1.4	虚拟团队组建的流程	105
5.2	协同工艺设计中虚拟团队组建的实现	106
5.2.1	协同工艺设计虚拟团队组建问题描述	107
5.2.2	协同工艺设计虚拟团队组建的模型构建	109
5.2.3	基于改进蚁群算法的协同工艺设计中虚拟 团队的组建	110
5.2.4	虚拟团队组建的实例仿真	117
5.3	协同工艺设计任务分配的实现	120

5.3.1	协同工艺设计任务分配的问题描述	121
5.3.2	Q 学习算法和 BP 神经网络的基本理论	122
5.3.3	基于 BP 神经网络的 Q 学习算法的提出	128
5.3.4	基于 BP 神经网络和 Q 学习算法的任务分配 方法	131
5.3.5	任务分配的实例仿真	132
第 6 章	面向协同优化的工艺路线规划与调度集成	136
6.1	工艺路线规划与调度集成优化的内涵及必要性	137
6.1.1	工艺路线规划与调度集成的内涵	137
6.1.2	工艺路线规划与调度集成的必要性	139
6.2	工艺路线规划与调度集成优化的建模	140
6.2.1	零件多工艺路线与资源的表示方法	140
6.2.2	工艺路线规划与调度集成优化模型	145
6.3	基于网络图和蚁群算法的工艺路线规划与调度 集成优化	146
6.3.1	面向协同优化的集成优化策略	147
6.3.2	基于网络图的蚁群算法求解	149
6.4	实例应用分析	159
第 7 章	基于连接结构的装配序列规划	168
7.1	装配序列规划模型构建	169
7.1.1	连接结构的提出	169
7.1.2	基于连接结构的装配序列规划模型	171
7.2	装配序列规划问题的数学描述	174
7.2.1	适应度函数的建立	174
7.2.2	组合权重法确定指标权重	176
7.3	装配序列规划的蚁群优化方法	179
7.3.1	装配序列规划的蚁群算法设计	180

7.3.2 基于改进蚁群算法的规划流程	182
7.4 实例仿真分析	184
第 8 章 协同工艺设计与管理原型系统构建	188
8.1 系统开发背景	188
8.1.1 背景企业介绍	188
8.1.2 主要依托产品介绍	189
8.1.3 企业构建协同工艺设计与管理系统的必要性	191
8.1.4 系统可行性分析	193
8.2 协同工艺设计与管理系统总体设计	194
8.2.1 系统结构设计	194
8.2.2 系统的体系结构	197
8.3 系统主要功能的实现技术	199
8.3.1 基于工作流的工艺过程管理实现技术	199
8.3.2 Matlab 网络化决策功能的实现技术	206
8.4 系统数据库设计	208
8.4.1 系统数据表及实体 E-R 图	208
8.4.2 数据表的连接	210
8.5 协同工艺设计与管理原型系统应用	212
8.5.1 协同工艺设计与管理系统的主要功能	214
8.5.2 协同工艺设计与管理系统的实例	219
8.5.3 协同工艺设计与管理系统的效果	234
结论与展望	235
参考文献	238

第 1 章

网络化制造概述

随着信息技术和计算机网络技术的迅速发展,世界经济正经历着一场深刻的革命。这场革命极大地改变着世界经济面貌,塑造了一种“新经济”,即“网络经济”。面对网络经济时代制造环境的变化,需要建立一种按市场需求驱动的、具有快速响应机制的网络化制造模式。

制造业是国民经济的基础,随着信息技术和互联网技术的飞速发展,制造技术正面临着前所未有的挑战和变革。全球化市场环境下,产品生产逐渐转为面向客户个性化需求的拉式生产,多品种、小批量的生产开始占据主导地位^[1-3]。网络化制造模式正是在这种需求和技术的双轮驱动下产生的,它以网络技术为基础、以制造技术为核心、以管理技术为手段,集成和协调企业内、企业间资源,快速、高质量、低成本地为市场提供产品和服务。实施网络化制造是为了适应当前经济全球化、区域经济发展、行业经济发展和重大技术装备研发的需求,此外它也是实施敏捷制造和动态联盟的需要,网络化制造模式还是企业为了自身发展而采取的加强国际合作、参与国际竞争、开拓市场、降低成本的需要。

网络化制造是传统制造业在网络经济中必然要采取的行动,制造企业将利用 Internet 进行产品的协同设计和制造。通过 Internet,企业将与顾客直接接触,顾客将参与产品设计,或直接下订单给企业进行定制生产,企业将产品直接销售给顾客。由于 Internet 无所

不在,市场全球化和制造全球化将是企业发展战略的重要组成部分。由于在 Internet 上信息传递的快捷性,并由于制造环境变化的激烈性,企业间的合作越来越频繁,企业的资源将得到更加充分和合理的利用。企业内的信息和知识将高度集成和共享,企业的管理模式将发生很大变化。因此,网络化制造将成为制造企业在 21 世纪的重要制造战略。

1.1 网络化制造的产生背景和概念

1.1.1 网络化制造的产生背景

网络化制造是在网络经济情况下产生并得到广泛应用的先进制造模式。信息技术与网络技术,特别是因特网技术的迅速发展和广泛应用,促进了网络化制造这一先进制造模式的研究和应用。^[4-13]

1. 网络化制造的需求

网络化制造这种先进制造模式的产生是需求与技术双轮驱动的结果。需求是网络化制造模式产生和应用的基础。

- (1) 经济全球化的需要。
- (2) 区域经济发展的需要。
- (3) 行业经济发展和重大技术装备研发的需要。
- (4) 实施敏捷制造和动态联盟的需要。
- (5) 企业自身发展的需要。

①加盟国际合作、参与国际竞争的需求。

②开拓市场、降低成本的需求。

③定制化生产的需求。

2. 网络化制造的技术驱动力

网络化制造模式是在企业生产经营中心不断转变、产品设计生产管理模式日益创新、企业信息应用技术范围不断扩大、先进制造

技术不断发展和应用、网络技术日益成熟的趋势下产生的,在这些先进技术和方法的支持与驱动下,网络化制造技术和系统在企业中得到了越来越广泛的应用。

随着网络技术的进一步发展,许多新的技术将不断出现,如高速网络技术、网格计算技术等,这些新技术的发展和应用将不断促进网络化制造技术的发展和應用,同时,在网络化制造技术的发展和應用过程中也会对网络技术提出许多新的需求,如网络安全问题、网络可靠性问题、网络传递速度和质量问题等,这些需求又反过来促进网络技术的研究和发展。

1.1.2 网络化制造的概念

面对制造业的重大变革、各种先进制造理念的不断涌现,网络化制造已成为先进制造领域的研究热点。随着世界制造业向中国的转移,加剧并促进了我国企业间的竞争与协作。为了支持这种竞争与协作,实施网络化制造已成为必然趋势。

网络化制造^[14-20]是为应对经济全球化的挑战所提出的一种先进制造模式、思想、战略。它借助于先进的网络技术和生产、管理技术,通过企业间的协同和资源共享与集成,对涉及产品生命周期各个环节的企业活动进行统一协调管理,从而提高企业的核心竞争力。实现网络化制造的组织形式是虚拟企业即动态联盟,技术手段是构建网络化制造系统,管理方法是一系列先进管理思想如精益生产、全质量管理、企业资源计划(ERP)等。其概念如图1.1所示。

网络化制造模式是一种市场需求驱动的、具有快速响应机制的制造模式,能够极大地提高企业基于网络环境获取、融合、运用和传输信息以及共享资源的能力,增强其对外交流与合作的能力,提高企业的运作效率,为企业快速响应市场变化所需的柔性、敏捷性、可伸缩性和可重组性奠定基础。如图1.2为网络化制造的轮图,通过各种连接揭示了网络化制造的内涵。

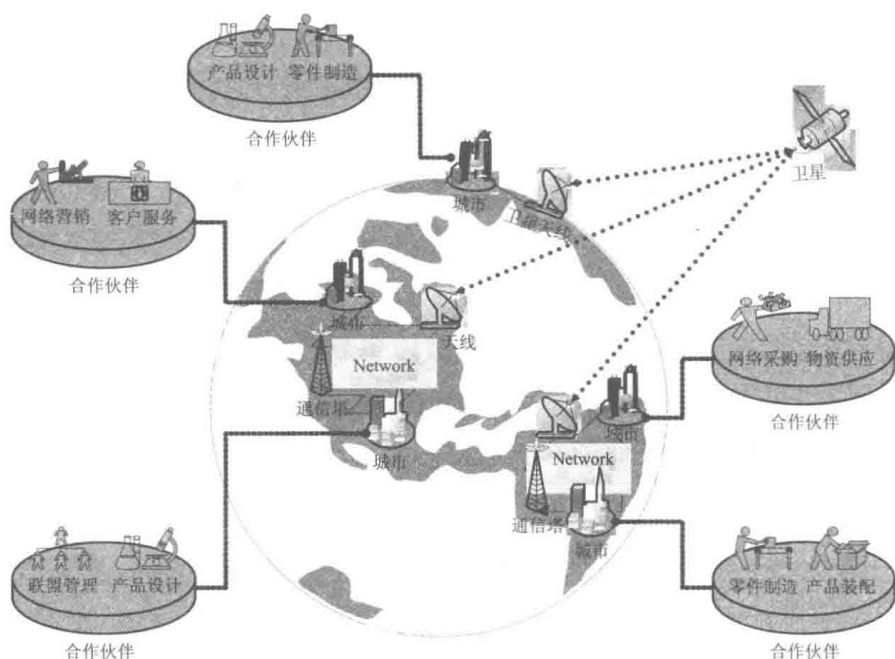


图 1.1 网络化制造的概念图

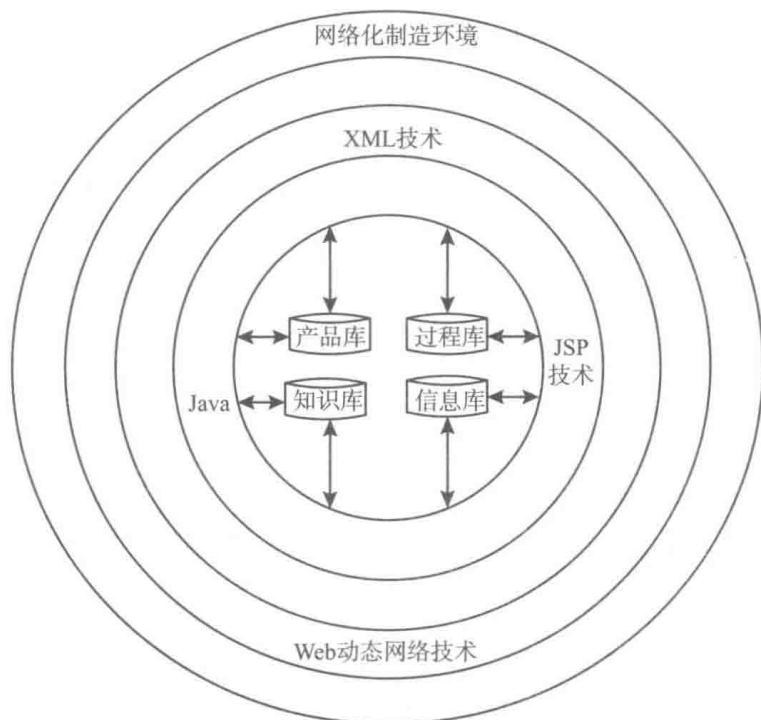


图 1.2 网络化制造环境

1.2 网络化制造的特征和核心

1.2.1 网络化制造的特征

网络化制造具有丰富的内容，它与传统制造模式的区别见表1.1。其理论是在协同论、系统论、信息论等相关理论的基础上发展起来的，通过归纳总结，得到如下的网络化制造特征^[21-23]。

表 1.1 网络化制造模式与传统制造模式的区别

指标	传统制造模式	网络化制造模式
空间范围	小范围，只关心企业内部的生产运作，不注重企业	大范围，高度重视企业之间的合作，把企业的资源集中放在有增值能力的关键领域上，把大量业务外包
企业模式	稳定的、封闭性较强的企业结构	基于网络的、虚拟的、开放的、动态的企业结构
生产方式	大批量，少品种，预测型，集中化，是一种大批量生产方式	小批量，多品种，定制型，分散化，是一种大批量定制生产方式
产品特征	产品注重共性，注重数量，成本与数量成反比	产品注重个性，注重服务，成本与数量无关
管理模式	严格的、细化的管理；等级式组织管理；以控制与预测为主	强调知识管理、以人为中心的管理；基于网络使信息和知识得到共享，使管理透明化；建筑式组织管理以参与为主
创新模式	靠一个创新获得很长时期的垄断利润	不断创新，快速创新，并从创新中获得回报
竞争优势	企业靠规模大、批量大取胜	企业靠速度快、创新多取胜
企业与环境	企业是一个向需求已知的市场生产和销售产品的效率系统	企业是一个在未知环境中响应未知需求的适用性系统