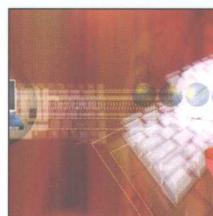
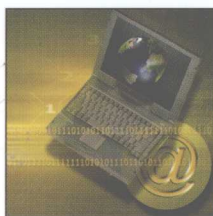


WANGLUOHUA ZHIZAO JICHENG PINGTAI  
GUANJIAN JISHU JI YINGYONG



● 井浩 张璟 著

# 网络化制造集成平台 关键技术及应用



陕西科学技术出版社

# 网络化制造集成平台 关键技术及应用

井浩 张璟 著

陕西科学技术出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

网络化制造集成平台关键技术及应用/井浩, 张璟著.

—西安: 陕西科学技术出版社, 2007.5

ISBN 978 - 7 - 5369 - 4229 - 5

I. 网... II. ①井... ②张... III. 机械制造—计算机辅助制造 IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 062601 号

---

**出 版 者:** 陕西科学技术出版社

西安北大街 131 号 邮编 710003

电话 (029) 87211894 传真 (029) 87218236

<http://www.snstp.com>

**发 行 者:** 陕西科学技术出版社

电话 (029) 87212206 87260001

**印 刷:** 西安理工大学印刷厂

**规 格:** 787mm × 1092mm 16 开本

**印 张:** 10

**字 数:** 220 千字

**版 次:** 2007 年 5 月第 1 版

2007 年 5 月第 1 次印刷

**定 价:** 20.00 元

---

版权所有 翻印必究

## 前 言

网络化制造是为应对知识经济和制造全球化的挑战,以快速响应市场需求和提高企业(企业群体)竞争力为主要目标的一种先进的制造模式。网络化制造集成平台是一个支持网络化制造的企业间协同支撑环境,它能为实现大范围异构分布环境下的企业间协同提供基础软硬件、相关协议、公共服务、使能工具以及系统管理等功能;同时为企业间信息集成、过程集成和资源共享提供透明、一致的信息访问与应用互操作手段,为实现不同企业间应用软件系统集成与制造资源共享提供支持。开展网络化制造集成平台相关理论与技术的研究开发具有非常重要的理论意义、应用价值和产业化前景。

本书以国家 863 计划项目“关中区域网络化制造集成平台开发与应用”为依托,以支撑区域网络化制造应用为目标,深入研究了区域网络化制造集成平台的若干关键技术,包括 VPN、XML、Web 服务、WSRF、制造资源建模与封装、应用系统集成、集成平台门户开发、制造知识发现等技术,在理论研究的基础上,完成了关中区域网络化制造集成服务平台的开发。

本书的主要研究内容如下:

在深入分析网络化制造集成平台功能需求的基础上,提出了面向服务的区域网络化制造集成平台六层体系结构,为区域性网络化制造集成平台的分析、设计、实现与维护提供了理论依据。

采用面向对象的思想对制造资源进行了科学分类,系统地建立了网络化制造资源层次结构模型,提出了遵循 Web 服务资源框架(WSRF)规范封装制造资源的新方法,可把制造资源封装成符合 WS-Resource 结构的制造网格服务,通过集成平台的 Web 服务系统发布,为实现异构分布环境下制造资源共享奠定了基础。

提出并实现了集成平台门户的系统结构以及基于 WSRF 的集中认证系统解决方案,可实现用户身份集中验证与授权的统一机制以及对制造资源服务级的访问控制。应用模块化门户网站设计技术以及基于角色的访问控制方法,可根据用户级别以及系统安全需要进行灵活控制,减小了权限管理的负担和代价。提出了基于门户、以流程为中心的网络化制造服务导航系统,给出并实现了主要算法。

提出并实现了基于 Web 服务的网络化制造应用系统集成框架以及基于 Web 服务的应用集成中间件算法,包括集成事务管理引擎和 SOAP 路由器算法,克服了传统技术的缺陷,满足了基于 Internet 的网络化制造的需求。

提出了一种融合 Web 服务与网格技术,基于 WSRF 的网络化制造应用系统集成框架模型,为网络化制造模式下虚拟企业应用系统集成提供了一种新的思路。

提出了一种基于语义 Web 的制造知识检索系统体系结构,包括一系列支持知识共享以促进网络化制造协作的机制。建立了基于五元组的语义信息检索模型,提出了网络化

制造知识检索测试方法,可有效地提高网络化制造模式下制造知识检索的准确度与查全率。

开发实现了关中区域网络化制造集成服务平台,并投入实际运行。该平台包括基础、资源、工具集、通用服务、应用服务和访问共六层。其中:基础层提供集成平台运行的基础硬件、软件支撑环境;资源层提供成员企业可共享的制造资源;工具集层包括实现资源整合所需支持工具;通用服务层提供集成平台的一系列共性基础服务;应用服务层以门户的形式连接了产品创新设计、开放式制造和网络化制造资源优化配置三大应用系统;用户访问层提供了身份认证与访问控制统一的单点登录用户界面。

在本书的编写过程中,西安理工大学李言教授、崔杜武教授和李军怀副教授给予了许多具体的建议和无私的帮助。本课题组的韩蓄、孟伟、吴学治、刘海玲等诸位研究生也做了大量细致的工作。在此,向他们致以诚挚的感谢。在编写过程中参阅了大量的文献与资料,限于篇幅,没有一一罗列,在此也一并向作者谨致谢意。

由于网络化制造集成平台所涉及的内容广泛、学科跨度大,并且网络化制造技术发展迅猛,加之作者的水平和视野所限,书中难免有不当之处,恳请批评指正。

作 者

2007.1.8



## 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 网络化制造集成平台技术概述         | 1  |
| 1.1 引言                      | 1  |
| 1.2 研究背景                    | 1  |
| 1.2.1 先进制造技术的发展             | 2  |
| 1.2.2 网络化制造的发展              | 3  |
| 1.3 网络化制造集成平台的研究与发展         | 4  |
| 1.3.1 网络化制造集成平台概念           | 4  |
| 1.3.2 网络化制造集成平台关键技术         | 5  |
| 1.3.3 国内外网络化制造集成平台研究情况      | 7  |
| 1.4 网络化制造集成平台有待深入研究的问题      | 14 |
| 1.5 本书依托课题与研究意义             | 15 |
| 1.5.1 依托课题                  | 15 |
| 1.5.2 研究的意义                 | 16 |
| 1.6 本书主要研究内容和技术路线           | 16 |
| 1.6.1 主要研究内容                | 16 |
| 1.6.2 章节安排和技术路线             | 17 |
| 1.7 创新之处                    | 18 |
| 1.8 小结                      | 19 |
| 第 2 章 网络化制造集成平台体系结构研究       | 20 |
| 2.1 引言                      | 20 |
| 2.2 网络化制造集成平台需求分析           | 20 |
| 2.2.1 功能性需求                 | 20 |
| 2.2.2 非功能性需求                | 21 |
| 2.2.3 可用性需求                 | 22 |
| 2.3 网络化制造集成平台的数学模型          | 22 |
| 2.4 网络化制造集成平台体系结构           | 24 |
| 2.4.1 软件体系结构理论描述            | 24 |
| 2.4.2 网络化制造集成平台的总体结构        | 26 |
| 2.4.3 网络化制造集成平台主要功能模块功能详述   | 27 |
| 2.4.4 网络化制造集成平台的技术体系        | 30 |
| 2.5 网络化制造集成平台的网络支撑结构        | 32 |
| 2.5.1 VPN 技术概述              | 32 |
| 2.5.2 基于 VPN 的网络化制造集成平台网络结构 | 35 |
| 2.6 小结                      | 36 |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| <b>第3章 企业制造资源建模与封装</b> .....           | 37 |
| 3.1 引言 .....                           | 37 |
| 3.2 Web 服务资源框架技术原理 .....               | 38 |
| 3.2.1 WSRF 技术架构和核心规范 .....             | 38 |
| 3.2.2 WSRF 的资源管理模式 .....               | 39 |
| 3.3 网络化制造资源的内涵和分类分析 .....              | 41 |
| 3.3.1 制造资源的定义 .....                    | 41 |
| 3.3.2 网络化制造中制造资源的特点 .....              | 41 |
| 3.3.3 网络化制造对制造资源的功能要求 .....            | 41 |
| 3.3.4 网络化制造资源的分类 .....                 | 42 |
| 3.4 网络化制造模式下的制造资源层次模型 .....            | 43 |
| 3.5 基于 WSRF 的制造资源封装 .....              | 46 |
| 3.5.1 网络化制造资源的属性分析 .....               | 47 |
| 3.5.2 基于 XML 的资源模型 .....               | 47 |
| 3.5.3 应用 WSRF 实现制造资源的封装 .....          | 54 |
| 3.6 小结 .....                           | 60 |
| <b>第4章 网络化制造集成平台门户研究开发</b> .....       | 61 |
| 4.1 引言 .....                           | 61 |
| 4.2 网络化制造集成平台门户系统功能结构 .....            | 61 |
| 4.2.1 网络化制造集成平台门户的功能分析 .....           | 61 |
| 4.2.2 网络化制造集成平台门户的功能结构 .....           | 62 |
| 4.2.3 网络化制造门户网站的功能特点 .....             | 64 |
| 4.3 基于 UML 的网络化制造集成平台门户建模 .....        | 64 |
| 4.3.1 系统用例图 .....                      | 64 |
| 4.3.2 系统类图 .....                       | 66 |
| 4.4 系统涉及的关键技术 .....                    | 67 |
| 4.4.1 基于 WSRF 的单点登录系统 .....            | 67 |
| 4.4.2 服务导航系统的设计 .....                  | 72 |
| 4.4.3 模块化门户网站设计 .....                  | 78 |
| 4.4.4 基于角色的访问控制(RBAC) .....            | 79 |
| 4.4.5 数据库设计 .....                      | 81 |
| 4.5 小结 .....                           | 84 |
| <b>第5章 基于 Web 服务的企业应用系统集成</b> .....    | 86 |
| 5.1 引言 .....                           | 86 |
| 5.2 网络化制造模式下分布式计算技术的特征 .....           | 87 |
| 5.3 面向网络化制造的分布式计算技术的发展 .....           | 88 |
| 5.4 基于 Web 服务的网络化制造应用系统集成框架与关键技术 ..... | 88 |
| 5.4.1 基于 Web 服务的网络化制造 EAI 框架 .....     | 89 |
| 5.4.2 集成架构关键技术分析 .....                 | 89 |
| 5.5 基于 Web 服务的应用集成中间件设计 .....          | 93 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 5.5.1 应用集成事务管理引擎的主要算法与实现 .....      | 93  |
| 5.5.2 SOAP 路由器开发 .....              | 104 |
| 5.6 基于 WSRF 的网络化制造应用集成框架 .....      | 108 |
| 5.6.1 基于 WSRF 的虚拟企业内应用集成 .....      | 108 |
| 5.6.2 基于 WSRF 的虚拟企业应用集成 .....       | 110 |
| 5.7 小结 .....                        | 111 |
| 第 6 章 基于语义 Web 的网络化制造集成平台知识发现 ..... | 112 |
| 6.1 引言 .....                        | 112 |
| 6.2 语义 Web 技术简介 .....               | 112 |
| 6.2.1 语义 Web 的概念与体系结构 .....         | 113 |
| 6.2.2 语义 Web 的研究现状 .....            | 114 |
| 6.3 基于语义 Web 的网络化制造知识检索系统体系结构 ..... | 115 |
| 6.4 基于语义 Web 的信息检索改进模型 .....        | 117 |
| 6.4.1 基于语义的 Web 信息检索模型的支撑技术 .....   | 117 |
| 6.4.2 一种基于五元组的语义信息检索模型 .....        | 118 |
| 6.4.3 一种领域模型的语义树生成算法 .....          | 119 |
| 6.4.4 一种基于 OST 的语义互操作推理算法 .....     | 120 |
| 6.5 一种基于语义 Web 的网络化制造知识检索测试方法 ..... | 121 |
| 6.6 小结 .....                        | 126 |
| 第 7 章 网络化制造集成平台实例研究 .....           | 127 |
| 7.1 引言 .....                        | 127 |
| 7.2 项目研究背景和目标 .....                 | 127 |
| 7.3 关中区域网络化制造系统组成 .....             | 128 |
| 7.4 关中区域网络化制造集成服务平台体系结构 .....       | 130 |
| 7.5 关中区域网络化制造集成服务平台网络系统体系结构 .....   | 131 |
| 7.6 关中区域网络化制造集成平台门户 .....           | 132 |
| 7.7 关中区域网络化制造集成服务平台基础服务系统 .....     | 134 |
| 7.7.1 集成平台管理系统 .....                | 134 |
| 7.7.2 集成平台服务导航系统 .....              | 136 |
| 7.7.3 集成平台知识发现系统 .....              | 136 |
| 7.8 小结 .....                        | 138 |
| 第 8 章 结论与展望 .....                   | 139 |
| 8.1 引言 .....                        | 139 |
| 8.2 主要研究工作与成果 .....                 | 139 |
| 8.3 进一步工作展望 .....                   | 140 |
| 参考文献 .....                          | 142 |



# 第1章 网络化制造集成平台技术概述

## 1.1 引言

网络化制造是在网络经济下产生并得到广泛应用的先进制造理念,是基于网络技术的先进制造模式,是在因特网和企业内、外网环境下,企业组织和管理其生产经营过程的理论与方法<sup>[1,2]</sup>。先进制造技术的逐步完善和广泛应用,特别是信息技术的迅猛发展,促进了网络化制造这一先进制造模式的研究和应用,推动了现代制造业朝向网络化、全球化、智能化、数字化等方向发展<sup>[3-6]</sup>。

网络化制造集成平台是一个基于网络的企业间协同支撑环境,它为实现大范围异构分布环境下的企业间协同提供基础协议、公共服务、模型库管理、使能工具和系统管理等功能,并为企业间信息集成、过程集成和资源共享提供基于服务方式的透明、一致的信息访问与应用互操作手段,从而方便地实现不同企业间的人员、应用软件系统和制造资源的集成,形成具有特定功能的网络化制造系统。目前,网络化制造集成平台已成为网络化制造的关键技术攻关以及应用工程的主要研究方向之一<sup>[7-9]</sup>。

本书针对网络化制造集成平台研究现状及存在的问题,在充分借鉴与吸取当前网络化制造等先进制造技术研究成果基础上,以国家 863 项目《关中区域网络化制造集成平台开发与应用》为背景,对网络化制造集成平台的若干关键技术,如网络化制造平台系统建模、区域性网络化制造集成平台的体系结构、企业制造资源的建模与封装、网络化制造集成平台门户的设计、基于 Web 服务的网络化制造应用系统集成以及基于语义 Web 的网络化制造集成平台知识发现等技术问题进行了比较深入的研究。

## 1.2 研究背景

21 世纪的制造业仍是国民经济的坚实基础,将在国民经济发展中占据极为重要的地位。随着信息技术、网络技术等的高速发展以及市场需求的高度个性化与多样化,先进制造技术正在向网络化、精密化、柔性化、集成化、全球化、绿色化的方向发展。

网络化制造模式是在先进制造技术不断发展以及信息技术日益成熟的形势下产生的。在先进制造技术的支持与驱动之下,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。无论是早期的计算机集成制造、并行工程和精良生产,还是当前得到广泛重视的敏捷制造,都是以先进的制造技术和信息技术作为其核心使能技术,尤其是敏捷制造模式的应用和企业动态联盟的运行更是离不开信息技术的支持。网络化制造技术是实施先进制造的核心使能技术;同时,网络化制造技术又是先进制造技术与网络技术结合的产

物,是先进制造模式在因特网环境下的发展和应用。

### 1.2.1 先进制造技术的发展

先进制造技术是制造业不断吸收信息技术和现代管理技术的成果,并将其综合应用于产品设计、加工、检测、管理、销售、使用乃至回收的制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,提高对动态多变的市场适应能力和竞争能力的制造技术的总称。先进制造技术引起政府的重视源于1991年美国白宫科学技术政策办公室发表的《美国国家关键技术》报告。在该报告中,明确将柔性计算机集成制造、智能加工设备、微米级和毫米级制造以及系统管理技术等四项技术,作为制造技术领域,列入总数为22项的国家关键技术中<sup>[10,11]</sup>。先进制造技术的提出充分显示了制造技术在国民经济发展中的重要地位与作用,也意味着制造技术的发展达到了一个新的历史阶段。它一经提出,立即得到欧洲各国、日本以及亚洲新兴工业化国家的响应。近年来,各国纷纷制定了各种发展计划,以支持发展先进技术,我国近年来也十分重视先进技术的发展。

先进制造技术的主要模式包括:计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)<sup>[12-14]</sup>、敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)<sup>[15-20]</sup>、虚拟制造(Virtual Manufacturing, VM)<sup>[21-26]</sup>和绿色制造(Green Manufacturing, GM)<sup>[27-33]</sup>,各国政府和工业界将发展先进制造技术作为提高本国制造业竞争力,占领世界市场的战略指标,高度重视先进制造技术的发展,许多著名大学也都在积极开展先进制造技术的研究和应用实施。

各国比较典型的先进制造技术发展计划主要有美国的先进制造技术计划<sup>[34,35]</sup>、制造技术中心计划<sup>[36,37]</sup>和敏捷制造的使能技术计划(Technologies Enabling Agile Manufacturing, TEAM)<sup>[38,39]</sup>,日本的智能制造技术计划<sup>[40,41]</sup>,欧共体的EREKA计划、ESPRIT计划、ALVEY计划和BRITE计划<sup>[42]</sup>,韩国的高级先进技术国家计划等。典型的研究项目主要有美国国家标准局(NBS)建立的自动化制造实验基地(AMRF),提出了著名的CIMS五级递阶控制模型,以及开展的开放式虚拟现实测试床(OVRT)和国家先进制造测试床(NAMT)研究<sup>[43,44]</sup>;美国国防部高级研究计划局(DARPA)和美国自然科学基金(NSF)资助的多项与敏捷制造相关技术的研究和设立的“环境意识机床系统”重大研究课题,美国国家清洁工业和处理技术中心(CenCITT)长期从事的支持环境意识制造方面课题的研究<sup>[45-48]</sup>;日本政府组织实施的智能制造系统(IMS)和先进制造国际合作研究项目,包括了公司集成和全球制造、制造知识体系、分布智能系统控制、快速产品实现的分布智能系统技术等<sup>[49]</sup>。

各大学开展的典型的研究项目有美国杨百翰大学(Brigham Young University)和普度大学(Purdue University)、法国波尔多大学(Les Universités de Bordeaux)、德国Saarland大学从事的CIM企业建模方法和集成信息体系结构等方面的研究<sup>[50-52]</sup>;美国马里兰大学(Maryland University)、密歇根大学(Michigan University)、华盛顿州立大学(Washington State University)和伊利诺斯大学(University of Illinois)芝加哥分校,英国Leeds大学、Loughborough大学、Heriot-Watt大学和利物浦(University of Liverpool)大学以及日本大阪大学开展的虚拟制造系统,三维建模,并行处理及虚拟现实等方面的研究<sup>[53-61]</sup>;美国加利福尼亚大学Berkeley分校(UCB)、内布拉斯加州立大学(UN)、伊利诺斯州立大学(UIUC)

等高校开展的环境意识制造方面的技术研究等<sup>[62-64]</sup>。

近十多年来,我国政府对先进制造技术的研究给予了高度关注,先进制造技术被列为“九五”“十五”“十一五”规划和国家中长期科学和技术发展规划中的主要技术与发展方向之一。国家在“十一五”规划中明确指出“坚持以信息化带动工业化,广泛应用高新技术和先进适用技术改造提升制造业,形成更多拥有自主知识产权的知名品牌,发挥制造业对经济发展的重要支撑作用”。清华大学、华中科技大学、西安交通大学、上海交通大学、西北工业大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、浙江大学等一批高校都长期开展先进制造技术的研究和应用推广,形成了从事先进制造技术研究的科研队伍,取得了显著的成果<sup>[65-77]</sup>。

### 1.2.2 网络化制造的发展

网络化制造概念形成于20世纪90年代中期,以实现企业间的协同和各种资源的共享与集成为主要目的。它是在协同论、系统论、信息论、分形论等相关理论基础上发展起来的,其内涵处于不断的发展过程中<sup>[78-81]</sup>。网络化制造是覆盖产品整个生命周期全部或部分环节的企业业务活动,它采用先进的网络技术、制造技术及其他相关技术,以企业动态联盟的形式把分散在不同地域的生产设备资源、智力资源和各种核心能力,按资源优势互补的原则集成起来,实现资源共享与网上协同。国外比较典型的网络化制造技术研究项目有:由美国国防部提出和资助的计算机辅助后勤系统(Computer Aided Logistics Systems, CALS)<sup>[82-84]</sup>、企业集成网络(Enterprise Integration Net, EINet)<sup>[85]</sup>、零件族网络 Part-Net 和美国企业网(Factory American Net, FAN)等<sup>[86]</sup>。由国际半导体制造协会 ISMT(主要成员有 AMD、HP、Infineon Technologies、IBM、Intel 和 Motorola 等)和日本电子和信息技术工业协会 JEITA(主要成员有 Hitachi、Matsushita、NEC、Sanyo 和 Toshiba 等)发起的对半导体工业网络化制造应用的研究项目<sup>[87,88]</sup>。韩国发布的《网络化韩国21世纪》计划,旨在构筑知识经济时代的基本框架,强调了网络化制造的研究与应用<sup>[89]</sup>。由加拿大国家科学与工程研究委员会授权的“制造和工艺技术策略计划”资助,并受到沃尔沃集团 Prevost 汽车公司以及 APG Solution 技术公司支持的 NetMan 项目。该项目目标是开发一个支持敏捷制造网络的系统,提供一个网络化制造系统框架和一个协同业务框架,支持在动态环境中敏捷制造网络的运作<sup>[90,91]</sup>。由欧盟和中国科技部共同设立的国际合作 DRAGON (Development of an inteRActive enGineering portal for Open Networks, 基于开放网络的交互式工程门户的开发)研究项目,其目的是为合作产品开发全周期提供一个基于开放网络的交互式集成合作环境(Integrated Collaborative Environment, ICE)<sup>[92]</sup>。由欧盟组织实施的欧盟框架计划(Framework Program)针对相对分散的科技资源,致力于从整体上提升科技竞争力。在“第五框架计划(1998—2002)”中已将虚拟网络企业列入研究主体,其目标是为联盟内各个国家的企业提供资源服务和共享的统一基础平台;目前第六个框架计划(2002—2006)正在实施当中。“第六框架计划”的一个主要目标是进一步研究利用 Internet 技术改善联盟内各个分散实体之间的集成和协作机制<sup>[93,94]</sup>。

国际上许多著名高校也在网络化制造技术研究方面做了大量工作<sup>[95-100]</sup>。相关研究主要有:美国麻省理工学院将多 Agent 技术运用到先进制造中,解决协同设计、分布式工

艺设计规划、敏捷制造系统重构问题,取得了重要成果。美国 Berkeley 大学加州分析制造研究所研制了一系列网络化制造服务(Networked Manufacturing Service)。美国 UIUC 大学的机床敏捷制造研究所(MTAMRI)正在研究的虚拟网上制造技术。美国 Cincinnati 大学工业技术研究所开展的基于 Internet 网络环境下的用户大规模定制研究。英国剑桥大学正在开展“全球制造虚拟网络(GMVN)”项目的研究。美国加州大学圣地亚哥分校的 Tele-Manufacturing Facility(TMf)研究组和圣地亚哥 Supercomputer 研究中心联合进行的一项基于 Internet 的自动化快速原型研究。Wisconsin-Milwaukee 大学 Jay Lee 教授主持的 IMS 中心提供了一种网络化制造的实验平台等。

经过多年研究和发展,我国网络化制造研究取得了众多成果,不少关键技术取得了重大进展和突破。典型的研究项目包括由国家 863 计划 CIMS 主题部署的网络化制造研究项目、由国家科技部组织国内十几所高等院校和科研院所从事的现代集成制造应用网络 CIMSNET 项目、由清华大学主持的“下一代的制造模式——网络化敏捷制造”项目以及由上海交通大学与上海市电信有限公司共建的上海市网络化制造与企业信息化重点实验室项目等。这些研究丰富了网络化制造研究的理论,并对网络化制造的应用实践起了积极的促进作用。

### 1.3 网络化制造集成平台的研究与发展

网络化制造集成平台是支持网络化制造系统构建和运行的集成平台。其核心思想是为企业实施网络化制造提供支持平台和实施工具,在获取分散于虚拟企业内各联盟成员企业中的可共享资源并进行归整的基础上,使各联盟企业实现资源共享,并为资源共享服务平台支持下的联盟企业之间的相互协作提供支持。同时还为联盟企业的 Web 服务注册与发现提供标准的平台环境,利用网络化制造集成平台来统一组织企业之间的集成过程,最终实现虚拟企业应用系统集成。

通过网络化制造集成平台,提供了一个支持企业信息共享和工作协作的大环境,以支持企业开展网络化制造的应用。一个功能全面的网络化制造集成平台应该是一种在网络化制造模式下,通过联盟企业之间的资源共享和优化配置,支持企业之间进行技术合作、制造过程协作和企业业务过程重组等全面合作,建立战略合作伙伴关系,增强企业竞争力,以此占领更多市场份额的通用协作支持平台。其区别于其他众多的信息网的主要特点就是对企业间协同工作过程的支持以及以协作支持为引导的贯穿于网络建设、信息和技术服务为始终的理念和方法。

网络化制造集成平台目前已成为制造业信息化关键技术攻关及应用工程的重要研究方向之一,开展网络化制造集成平台相关理论、软件平台和工具系统的研究与开发具有重要的理论意义、应用价值和产业化前景。

#### 1.3.1 网络化制造集成平台概念

网络化制造集成平台是一个基于网络、支撑网络化制造系统构建和运行的企业间协同支撑环境,它为实现大范围异构分布环境下的企业间协同提供基础协议、公共服务、模

型库管理、使能工具和系统管理等功能,并为企业间信息集成、过程集成和资源共享提供基于服务方式的透明、一致的信息访问与应用互操作手段,为方便地实现不同企业间的人员、应用软件系统和制造资源的集成,提供有力的支撑环境和软件工具。

### 1.3.2 网络化制造集成平台关键技术

网络化制造集成平台的开发实施涉及多种使能技术的集成,包括企业内外部、产品全生命周期过程、大量硬件、软件以及技术和管理的集成,这些关键技术相辅相成,为集成平台的稳定运行提供有效的技术支撑和保证。

#### 1. 体系结构

网络化制造集成平台体系结构可通过描述网络化制造系统的一组模型集合来表达,包括其总体结构、功能架构、技术体系和网络支撑结构等,这些模型描述了网络化制造系统的功能结构、特性和运行方式。研究网络化制造集成平台的体系结构的目的在于更加深入地分析和描述网络化制造系统的本质特征,并基于所建立的系统模型进行网络化制造系统的设计实施、系统改进和优化运行。如在进行网络化制造系统规划设计时,对目标系统进行全面的定义;通过网络化制造系统的建模,发现当前网络化制造系统存在的问题,进而改进当前网络化制造系统结构或优化系统运行等。因此,建立适应多种企业和行业模式的网络化制造集成平台运行体系结构,并研究适应多模式的网络化制造集成平台的体系结构不但具有较高的理论意义,而且具有很强的实用价值。这部分内容将在本书第二章详细讨论。

#### 2. 制造资源建模与封装技术

掌握企业资源的布局和拓扑结构,理清企业资源之间的关系,是有效管理企业资源的前提,同时可以更好地控制和评估企业生产的执行情况,实现资源的动态调度,并实现资源的集成和快速重构,提高企业的柔性和敏捷性。企业资源建模技术就是通过定义企业生产经营过程中所涉及的关键资源之间的逻辑关系和资源的具体属性,从而描述企业主要资源构成和约束的模型的技术方法。建立具有良好的准确性、全面性、开放性、可集成性和柔性的面向网络化制造的资源模型,不仅可以为企业业务流程重组设计、资源的合理化管理和优化配置及运行仿真提供有效的方法和工具,还可以有效地满足网络化制造系统知识密集、敏捷性、规模可调以及动态重构等需要,有利于实现网络化制造系统资源的全局优化利用和系统全局生产成本最小化等目标,为实现网络化制造奠定坚实的基础。共享资源封装一方面是为了实现资源的即插即用,另一方面是为了提高个体制造资源的智能性,能够使异构的制造资源之间具有信息交互与协调以及制造任务规划与自适应能力,从而能够快速集成到网络化制造系统中。这部分内容将在本书第三章详细讨论。

#### 3. 集成平台门户构建技术

网络化制造的集成平台首先是一个网络化协作制造的信息门户,为实施网络化制造的企业提供信息发布、交换、传输和存储平台。网络化制造集成平台门户是指在网络化制造模式下,将成员企业的各种应用系统、数据资源和互联网资源统一集成到企业平台门户之下,以一致的方式为用户提供可定制的个性化用户操作界面、统一的资源入口和整体的安全机制,并且通过对事件和消息的处理传输以门户的入口服务方式协同和高效地完成



工作。它不仅局限于建立一个企业网站,提供一些企业、产品、服务信息,更重要的是要求成员企业能实现多应用系统的集成、能对客户的各种要求做出快速响应,并且能对整个供应链进行统一管理。正是因为网络化制造集成平台门户在实施网络化制造集成平台所起的重要作用,平台门户已成为实施网络化制造集成平台所必须研究的重要技术之一。这部分内容将在本书第四章进行详细分析。

#### 4. 应用系统集成技术

网络化制造集成平台作为网络化制造的支持平台和实施工具,为成员企业开展网络化制造提供了有效的服务。然而,由于历史原因,大多数成员企业都存在异构系统,这些异构系统共同的特征是:开发语言不同、部署平台不同、通信协议也可能不同,对外交换数据的格式更是可能存在巨大的差异。一方面,当一个企业需要加入到一个供应链环节或者以核心企业为中心的网络化制造系统时,如何使其原来的系统与现有的供应链平台以及网络化制造集成平台敏捷、快速地进行信息共享与集成成为难题;另一方面,这些异构系统的大量存在使得以网络化制造协同为目的,将分布在集成平台门户和各成员企业中的可共享的、异构的信息系统和数据库从逻辑上整合在一起,实现信息共享的技术难度大为增加。

网络化制造模式下的应用系统具有分散、多样和不确定的特点,不再仅仅从属于某个企业,满足本企业内部制造的需求,被该企业集中管理、调度和控制,而是在网络化制造支持的企业协作模式下能够被其他协作企业或组织利用、配置、控制,从而形成跨企业的集中管理和控制。因此,从涵盖范围、存在形式和管理方式都将有别于传统制造模式,被赋予了新的特征。这部分内容将在本书第五章重点阐述。

#### 5. 制造知识发现技术

网络化制造集成平台已成为一个内容空前丰富的制造信息源,如何合理有效地管理好这些制造知识资源,促进知识共享程度的最大化,关键在于建立有效的知识发现机制,因此,需要建立完备的知识检索系统,实现制造资源有效而准确的检索。由于制造资源具有动态性、海量性、模糊性等特征,信息系统难以获取主题信息需求,难以将信息需求转化为准确的查询表示。基于 Web 服务的制造知识描述目前只能通过 XML 和 WSDL 技术来处理。WSDL 只能描述服务的物理信息,对语义和性能信息描述不足,服务之间不能很好地理解其相互传递的消息。传统信息检索技术所采用的只是基于语法层面上字、词的简单匹配,缺乏对知识的表示、处理和理解能力,从而导致缺乏必要的智能性,难以适应网络化制造模式的要求。解决这些问题的一种有效方案就是采用语义 Web 技术。

语义 Web 为制造知识管理提供了一个优良的语义平台,使得人们可以深层次地发现、理解制造知识,进而实现制造知识的主动管理。本体论的出发点是知识共享和重用,覆盖了知识管理的本质需求。而 Web 服务提供的解决异构企业应用的集成方案,迎合了网络化制造协作的技术需求,促进了新的网络化制造模式的产生。因此,融合上述三种技术对于网络化制造模式下的知识发现,有效解决存在的问题,满足网络化制造环境下的制造知识管理需求都极为有益。这部分内容将在本书第六章阐述和分析。



### 1.3.3 国内外网络化制造集成平台研究情况

网络化制造集成平台技术已在世界范围内引起了众多学者、专家、研究机构、企业乃至政府的高度重视,相关研究正在全球迅速兴起。国内外研究机构和开发商提出了多种集成平台的技术结构并进行了大量卓有成效的应用实践工作。

#### 1. 国内外比较有影响的研究项目

(1) CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture)<sup>[101-103]</sup>: 由欧共体的 20 余家公司、研究所和大学组成的 ESPRIT-AMICE 组织经过六年多的努力而开发出的一个 CIM 开放体系结构。其目的是提供一个面向 CIM 系统生命周期的、开放式的集成平台,它从多个层次和多个角度反映了 CIM 企业的建模、设计、实施、运行和维护等各个阶段,提供了 CIM 系统描述、实施方法和支持工具,并形成了一套形式化体系。使得不同的单元技术、异构的应用软件、人机接口等之间的互连和通讯变得更为方便。在具体建模方法方面,CIM-OSA 提供了详细的功能模型和信息模型的建模方法,但在资源和组织方面,始终只看到过简单的叙述。

(2) 欧共体 CCE 项目提出的 CCE-CNMA<sup>[104,105]</sup>: CCE-CNMA 是一个用于在开放环境中开发、集成和执行分布制造和工程应用软件共享的集成平台。主要包括 5 部分内容:通讯服务、分布服务、应用服务、用户服务、工具和管理。CCE-CNMA 的特点是结合多个不同类型的应用企业进行开发和运行验证。

(3) CIM-BIOSYS (CIM-Building Integrated Open Systems)、OpenFramework<sup>[106-108]</sup>: 由英国 Loughborough 大学 MSI 研究中心提出,它针对制造企业异构、分布环境下应用系统资源进行整合,并通过接口服务的方式提供透明、一致的访问与应用的集成平台框架,同时对资源整合的统一标准也进行了较为深入的研究。

(4) 美国国防部高级研究计划局 (ARPA) 的敏捷制造网络研究子项<sup>[109]</sup>: 致力于制造集成平台国家信息基础结构的研究,制造企业能共享资源功能和应用服务,并通过自动多代理来执行实际制造和制造商务活动中的各种角色,通过基于知识的系统来评估产品的可制造性,以满足生产调度和规划的要求。

(5) 美国 Stanford 大学设计研究中心致力于开展基于新型快速成型加工的快速产品开发与制造服务系统,包括 AutoCAD 浏览器插件、RP 工艺规划插件、中间件 Broker 技术、产品开发方法等研究,其网络化制造集成平台提供协同设计、分布式协同工程计算代理的体系结构和基于网络的工艺规划等服务<sup>[110]</sup>。

(6) 美国加州大学 Berkeley 分校的 CyberCut 项目<sup>[111]</sup>: 完成了开放式网络化制造集成平台体系结构、网络化接入、基于 Java 的 WebCAD (一种基于 ASP 的程序模式) 和 Web 工艺咨询等研究。

(7) 国家 863 计划 CIMS 主题研究项目 (关中区域、成德绵区域、粤港渝陕区域、北京地区、江浙区域和重庆地区等): 均以网络化制造集成平台作为支持区域网络化制造系统构建和运行的基础设施,获取分散在各成员企业中的可共享资源并进行制造任务协同,这些项目的实施和推广在促进我国网络化制造集成平台技术的研究和应用方面起到了重要的示范作用。

(8)清华大学国家 CIMS 工程技术研究中心提出的制造业 CIMS 应用集成平台<sup>[112]</sup>:采用“软件总线”的构想,致力于为企业提供一个实现信息集成和应用集成的软件框架环境,通过提供应用开发工具、原型系统、应用集成接口、GIS 共享信息定义工具和应用软件系统集成等方面的功能,给实施 CIMS 的企业提供全方位的支持,完成应用系统间的透明信息交换,提供应用软件集成的机制和接口,使得在异构分布环境下的应用软件可以通过该接口集成到平台上,共享平台所拥有的资源。

(9)哈尔滨工业大学开展的支持多企业业务协同的集成平台研究<sup>[113,114]</sup>:提供了分布交互仿真系统测试—评估—协同工作—一体化集成平台方案,实现了对网络化制造分布交互仿真系统全生命周期测试评估活动的全方位支撑。

(10)西安交通大学开展的面向扩展企业的网络化制造集成平台研究<sup>[115]</sup>:面向扩展企业(extended enterprises,简称 e2)的网络化制造模式方法及关键使能技术,并据此构建了与 PDM/ERP/CAX 等系统具备良好接口的面向扩展企业的网络化制造 ASP 平台 e2-MES,同时对支撑其运行的关键技术和运营模式进行了较为深入的研究。近期的研究目标是基于制造链的制造过程全局控制以及即插即用的基于 ASP 的使能工具等。

(11)东北大学开展的 ViaScope 项目<sup>[116,117]</sup>:开发了一个多层基于 C/S 结构的异地制造协作平台,为虚拟企业提供高级、有效的信息集成机制。提出了虚拟企业信息对象管理模型,设计了企业对象定义语言和元数据管理机制,建立了基于集成平台的面向盟友选择的访问协商控制机制。

(12)重庆大学提出的陶瓷产品网络化协同制造及电子商务集成平台<sup>[118,119]</sup>:以集成平台为依托开展远程异地协同设计与网络化销售定制等服务,对陶瓷企业管理信息系统集成技术、陶瓷产品的计算机辅助全过程设计的集成技术、陶瓷产品模具制造过程的数字化技术、陶瓷虚拟产品技术和陶瓷产品逆向工程技术等关键技术进行了充分研究,并以重庆兆瓷有限公司为应用企业,实施了我国陶瓷行业第一个 CIMS 应用示范工程。

(13)浙江大学开展的基于 ASP 的网络化制造应用集成平台项目<sup>[120-122]</sup>:研究了基于 Web 的开放式协同工作引擎体系结构及其相关技术,对基于集成平台的数据挖掘、供应商搜索引擎实现技术、合作企业的制造资源综合评价体系以及通用产品配置问题处理框架的构建等进行了卓有成效的研究。

(14)同济大学开展的网络化制造应用集成平台 CEIPS 项目<sup>[123-125]</sup>:研究基于集成平台的虚拟企业建模体系及建模方法、虚拟企业过程仿真、基于模型的企业诊断技术、企业性能评价等技术进行了充分研究,并开发了相应的支持工具集、工作流管理工具集和决策支持工具集等。

## 2. 本书相关技术的研究现状

目前,与本书相关技术的研究主要集中在以下几个方面:

(1)网络化制造集成平台体系结构的研究。目前对网络化制造集成平台支持系统的体系方面的研究,主要集中在功能结构、运行过程以及构建方法等方面。

文献[126]通过对国内外网络化制造平台的调研,总结出网络化制造集成平台面向服务的发展趋向,在此基础上建立了一种面向服务的三层网络制造集成平台架构,对该架构进行了体系结构的分析;并提出了将 Grid 技术和 Web 服务技术相结合,建立一个应

用于分布式系统整合的开放式 Grid 服务体系,以应用于获取 Web 服务属性,如服务描述和发现等的构想。

文献[127]从独立于应用服务系统的角度出发,建立了一套网络化制造平台的集成框架,该框架由基础平台框架和应用服务平台框架组成。其中,通过基础平台框架研究建立了一套支持网络化制造平台运行机制和支持体系以及与该框架相适应的标准规范和协议,同时,对该集成平台的运行过程进行了详细的阐述;通过服务平台框架的研究,作者为解决网络化制造中分布、异构的应用服务系统的运行以及系统之间的集成问题提出了一套应用服务系统的二次封装体系。

文献[128]探讨了采用 ASP 服务方式为企业有效支持工具的网络化制造集成平台的模式,建立了一种基于 ASP 服务平台的,具有通用性和开放性特点的区域网络化制造体系结构,对实现 ASP 集成服务平台的若干关键技术进行了研究,并提出应加强对网络化制造平台整体安全性方面的研究。

文献[129]运用系统方法分析了网络化制造集成平台标准体系的建立方法及对该标准体系的基本要求,从网络化制造系统的层次结构出发分析该领域的标准化发展需求;在此基础上,提出了网络化制造标准体系结构,描述了该体系结构中的网络化制造通用标准、网络化制造通用平台、系统集成体系结构和框架、制造软件、工业数据和物理设备控制各类标准的技术内容,并阐明了该体系的实施策略。

文献[130]提出了一种基于服务驱动机制的网络化制造集成平台的运行流程,用以解决网络化制造集成平台向企业提供应用服务过程中存在应用服务间协作不足的问题;该流程以六阶段服务的集成运行为主要特征,为企业提供了一个从产品销售和客户化定制到协同设计以及供应链管理等整个工作过程的协作服务环境。同时,作者设计了一种实现该运行流程的服务驱动机制,该机制由基于主调度器的消息驱动机制、二层服务组件封装、基于 XML 模板的服务信息交换协议组成,解决了运行流程中复杂服务集群的驱动问题。

文献[131]提出了构建面向网络化制造的资源共享集成服务平台的技术方案,给出了该平台的功能体系结构,详细分析了网络化制造模式下的资源获取和集成技术、共享资源的网络化和集成化管理技术、基于资源共享的异地企业协同工作技术、基于应用服务提供协商模式的网络化制造服务技术,以及基于 Web 服务的虚拟企业应用系统集成技术等关键使能技术,并通过原型系统的开发和初步应用验证了该技术方案的可行性和实用性。

文献[132]提出了一种用来支持模块化设计的基于 Agent 的集成信息系统体系结构和运行过程。作者认为远程协同网络化产品模块设计过程非常复杂,需要通过智能代理来协助,设计了该体系的体系结构和运行过程,解决了如何通过智能代理体来开发由地理上分布在不同系统平台上供应商提供的模块所组成的产品的问题。

文献[133]针对全球化采购和制造环境,提出了一个基于多 Agent 的订货和供应管理框架。基于该框架设计的系统为制造企业提供全球采购和协同制造的功能。订货和供应管理过程由从原材料的采购到产品完成的一系列业务过程活动组成,通过使用 ASP、KQML 和 CORBA 技术构建了面向生产企业协作的信息系统,协作 Agent 被用于现实世界中的供应链管理过程。能够降低实时信息交换的耗费,实现全球化制造的环境。