

基于本体的 产品协同设计支持系统分析与设计

Analysis and Design of Support System
For Collaborative Product Design Based on Ontology

徐 恒◎著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

基于本体的 产品协同设计支持系统分析与设计

Analysis and Design of Support System
For Collaborative Product Design Based on Ontology

徐 恒◎著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

基于本体的产品协同设计支持系统分析与设计 / 徐恒著.

北京: 中国经济出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5136 - 4760 - 1

I. ①基… II. ①徐… III. ①产品设计—计算机辅助设计—研究 IV. ①TB472 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 150083 号

责任编辑 张 户

责任印制 巢新强

封面设计 华子图文

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京九州迅驰传媒文化有限公司

经 销 者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 12.5

字 数 180 千字

版 次 2017 年 8 月第 1 版

印 次 2017 年 8 月第 1 次

定 价 58.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010 - 68330607)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010 - 68355416 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390)

服务热线: 010 - 88386794

作者简介



徐恒 男，1980年生，博士，副教授，硕士生导师，河南工业大学管理学院副院长，河南省教育厅学术技术带头人，河南省高校科技创新人才（人文社科类），河南省高等学校青年骨干教师。研究方向为知识管理、信息系统和电子商务，主持完成国家自然科学基金等省部级以上项目3项，在国内外核心刊物和重要国际会议上发表学术论文40余篇。



本书的出版得到了国家自然科学基金
青年基金项目（71001034）、

2015年度河南省高校科技创新人才支
持计划（人文社科类）和

2012年度河南省高等学校青年骨干教
师资助计划（2012GGJS-090）的项
目资助

责任编辑：张 户

封面设计：華研設計
WWW.HYDSH.COM

前 言

随着制造业信息化的不断发展,从产品设计角度分析,实现基于语义模型的设计数据管理和设计过程管理是必然的发展趋势;同时,在制造业供应链网络中实施有效的知识管理机制是培养制造业供应链整体竞争优势的重要途径。因此,建立能够支持制造业供应链环境下设计人员协同工作的知识应用平台具有重要的理论意义和实践价值。

本书在分析本体理论和技术的基础上,以制造业供应链产品协同设计为对象,建立一套完整的从产品协同设计知识建模到基于 WEB 的产品协同设计支持系统应用的技术方案。所做的工作和取得的创新成果主要体现在以下五个方面:

(1) 分析了本体理论和本体模型存储现状,提出了基于 RDF 的关系模型存储结构;进一步分析了计算机支持的协同工作模型和基于设计链的产品协同设计框架,在此基础上构建了制造业供应链基于知识共享的协同模型和基于知识管理的产品协同设计工作模型。

(2) 分析了本体的构建原则、方法和过程以及 OWL 语言的内在关系;以 OWL 语法元素为出发点,分析了 UML 和 OWL 的相似性,通过直接映射与扩展映射的方式,构建了 UML 和 OWL 的映射规则并设计了 UML 和 OWL 的转换过程;分析了制造业供应链协同成员 UML 模型,并通过映射转换得到了制造业供应链协同成员本体模型,从而验证了该技术的准确性和有效性。

(3) 分析了面向知识的产品协同设计过程模型,归纳出基于任务和部件的产品协同设计过程管理模型和产品协同设计知识应用模型;在产品设计任务分解结构的基础上分析了面向知识的产品设计任务结构模型,在面向对象

的设计特征知识和产品设计部件分解结构基础上分析了面向知识的产品设计部件结构模型,并采用本体技术构建了基于任务和部件结构的产品协同设计知识模型;以自行车产品为对象,建立了自行车产品协同设计知识本体模型,解决了产品协同设计知识内容的组织和建模问题。

(4) 分析了知识共享的动因和机理,从管理角度归纳出产品协同设计知识共享的障碍和保障策略;分析了基于 RBAC 和 WBS 的动态访问控制策略,并将 Task 和 Department 引入访问控制研究领域,进一步分析了基于 Task 和 Department 的 TD-RBAC 访问控制策略;将 TD-RBAC 模型与本体技术相结合,构建了基于本体的知识共享模型,从信息技术角度解决了知识系统的访问控制和知识共享问题。

(5) 分析了知识系统工程的方法体系,阐述了知识管理系统的设计原则和开发流程;分析了基于里程碑的知识管理系统开发质量控制体系,归纳出知识管理系统的质量特性指标体系。结合本书提出的理论和模型,设计了原型系统的应用环境与体系结构,并对原型系统的应用流程与数据结构进行了分析,最后完成了原型系统的实现与测试。

笔 者
2017 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状分析	6
1.2.1 产品协同设计	6
1.2.2 设计知识建模	10
1.2.3 研究现状评述	14
1.3 研究问题的提出	16
1.4 研究对象及概念	17
1.4.1 制造业供应链	17
1.4.2 产品协同设计	18
1.4.3 设计知识	19
1.5 本书的研究框架	20
1.5.1 研究目标	20
1.5.2 研究内容	21
1.5.3 研究方法	22
1.5.4 技术路线	24
1.5.5 本书组织结构	25
第二章 制造业供应链产品协同设计支持系统集成框架	27
2.1 引言	27

2.2 本体基本理论分析	27
2.2.1 本体的定义	27
2.2.2 本体的结构与规则	29
2.2.3 本体研究对象的层次结构	31
2.2.4 本体的作用	32
2.2.5 本体与知识库的比较分析	34
2.3 基于本体的产品协同设计知识库的存储策略	35
2.3.1 知识库存储研究现状	35
2.3.2 知识库存储策略的基本原则	37
2.3.3 RDF 与 RDFS 模型	37
2.3.4 RDF 的存储模式	39
2.3.5 基于 RDF 的关系模型存储结构	40
2.4 基于知识管理的制造业供应链集成模型	42
2.4.1 供应链协同的动因	42
2.4.2 计算机支持的协同工作模型	44
2.4.3 基于设计链的产品协同设计框架	46
2.4.4 制造业供应链环境下虚拟协同的逻辑模型	48
2.4.5 制造业供应链基于知识共享的协同模型	51
2.4.6 基于知识管理的产品协同设计工作模型	54
2.5 本章小结	56
第三章 基于 OWL 的本体建模与 UML 的映射转换研究	58
3.1 引言	58
3.2 本体的方法体系	58
3.2.1 本体的构建原则	58
3.2.2 本体的构建方法和过程	60
3.2.3 OWL 语言及子语言间的关系	62
3.3 OWL 与 UML 的映射和转换研究	63

3.3.1	OWL 与 UML 的映射研究现状	63
3.3.2	本体和 UML 的比较分析	65
3.3.3	UML 与 OWL 的映射规则分析	68
3.3.4	UML 与 OWL 的转换过程	72
3.4	制造业供应链协同成员本体模型的构建	74
3.4.1	制造业供应链协同成员 UML 模型	74
3.4.2	制造业供应链协同成员 UML 模型的转换	75
3.4.3	制造业供应链协同成员本体模型的检验	77
3.5	本章小结	79
 第四章 基于本体的制造业供应链产品协同设计知识模型研究		80
4.1	引言	80
4.2	面向知识的产品协同设计知识管理	80
4.2.1	面向知识的产品协同设计过程模型	80
4.2.2	基于任务和部件的产品协同设计过程管理模型	83
4.2.3	基于任务和部件的产品协同设计知识应用模型	84
4.3	基于任务和部件的产品协同设计知识本体模型	85
4.3.1	产品设计任务分解结构	85
4.3.2	面向知识的产品设计任务结构模型	88
4.3.3	基于设计特征的产品设计部件分解结构	91
4.3.4	面向对象的设计特征知识	94
4.3.5	面向知识的产品设计部件结构模型	96
4.3.6	基于任务与部件结构的产品协同设计知识本体模型	97
4.4	产品协同设计知识本体模型的表述与实现	99
4.4.1	自行车产品设计知识研究背景	99
4.4.2	自行车产品设计知识本体结构	100
4.4.3	自行车产品设计知识本体的验证与查询	102
4.4.4	基于 OWL 的自行车产品设计知识语义描述	103

4.5 本章小结	105
第五章 基于 RBAC 和本体的知识共享策略研究	107
5.1 引言	107
5.2 知识共享的概念分析	107
5.2.1 知识共享的基本概念	107
5.2.2 知识共享的动因	108
5.2.3 知识共享的机理	109
5.2.4 产品设计知识共享的障碍	110
5.2.5 产品设计知识共享的保障策略	111
5.3 基于 RBAC 和 WBS 的动态访问控制策略	113
5.3.1 RBAC 模型	114
5.3.2 WBS 模型	116
5.3.3 基于 WBS 的动态访问控制模型	118
5.3.4 基于 WBS 的动态访问控制模型的 UML 描述	120
5.4 基于 Task 和 Department 的 TD-RBAC 访问控制策略	121
5.4.1 TD-RBAC 模型的定义	122
5.4.2 TD-RBAC 模型的约束条件	123
5.4.3 TD-RBAC 模型的授权策略	124
5.4.4 TD-RBAC 模型的控制策略	125
5.4.5 TD-RBAC 模型的 UML 描述	125
5.5 基于 RBAC 和本体的知识共享模型	126
5.5.1 知识共享功能分析	127
5.5.2 知识共享模型 UML 描述	128
5.6 本章小结	129
第六章 基于 .NET 和本体的产品协同设计支持原型系统	131
6.1 引言	131

6.2 知识管理系统的基本理论研究	131
6.2.1 知识系统工程的方法体系	131
6.2.2 知识管理系统的设计原则	135
6.2.3 知识管理系统的开发流程	136
6.2.4 知识管理系统的质量控制研究	140
6.2.5 知识管理系统的项目文档管理	146
6.3 产品协同设计支持系统原型的构建与实现	147
6.3.1 系统应用环境与体系结构	147
6.3.2 系统功能模块与业务流程	149
6.3.3 系统的数据结构	151
6.3.4 系统开发与应用的参考环境	153
6.3.5 系统的实现	153
6.3.6 系统负载仿真测试	155
6.4 本章小结	157
 第七章 总结与展望	 158
7.1 总结	158
7.1.1 本书的主要工作	158
7.1.2 主要创新点	160
7.2 未来的工作展望	161
 附 录	 163
 参考文献	 167
 后 记	 187

第一章 绪论

1.1 研究背景

网络化制造已经成为全球经济一体化背景下企业实施制造战略的重要途径。在网络化制造背景下，知识管理在需求和供给方面的不确定性，组织文化的冲突以及不同制造主体之间的协同策略等问题在管理中产生着越来越重要的影响（李刚，2008）。在制造业供应链网络中实施有效的知识管理机制是培养制造业供应链整体竞争优势的重要途径。因此，研究制造业供应链环境下网络组织的知识管理与应用等问题就显得尤为迫切和重要。

产品设计中知识要素的增加与目前动态多变的市场，以及以计算机技术为核心的信息革命迫使制造业在产品设计方式、制造模式和相关技术方面进行变革。这种变革在设计方面体现为知识的表达和运用，并成为设计过程的核心，产品设计由传统的基于经验的设计转变为基于知识的设计；同时，剧烈的市场竞争和需求的个性化要求企业的设计和制造方式必须要以客户为中心，实现产品的定制设计（谭建荣，2007）。随着制造业信息化的不断发展，产品开发与设计将越来越多地在虚拟组织环境下进行，借助于计算机和互联网支持的分布式计算环境，虚拟组织能够将时空上分布但是能力和资源互补的常规组织或个人高效地组织起来，具有不同知识背景的人能够在不同地方为共同的产品开发或设计任务而进行分布式并行协作，以提高解决问题的能力，增强对挑战性机遇的快速应变能力。从产品本身的角度分析，21 世纪的制造业以大批量生产被基于客户的多品种、单件小批量制造所替代是必然的

趋势；而从产品设计角度分析，实现基于语义模型的设计数据管理和设计过程管理则是必然的趋势。因此，面向制造业信息化的产品设计过程管理与产品设计知识管理引起了研究者的广泛重视，如何快速建立能够支持设计人员协同工作的知识应用平台成为了重要的研究内容。

1. 制造业供应链的发展趋势，要求产品协同设计

在全球化和竞争力的推动下，标准的线性供应链已经发展为复杂的供应链网络，该网络由参加公共业务的协同伙伴组成（Homann，2007）。图 1-1 和图 1-2 演示了从线性价值链到复杂的供应链网络的发展过程。这些网络正在不断地扩展，逐渐包含不断增多的协同伙伴（客户、政府、金融服务组织等）和其所提供的附加服务。

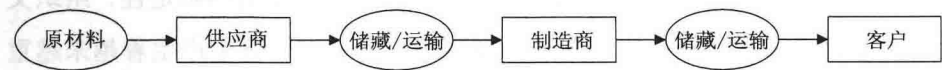


图 1-1 传统的线性供应链

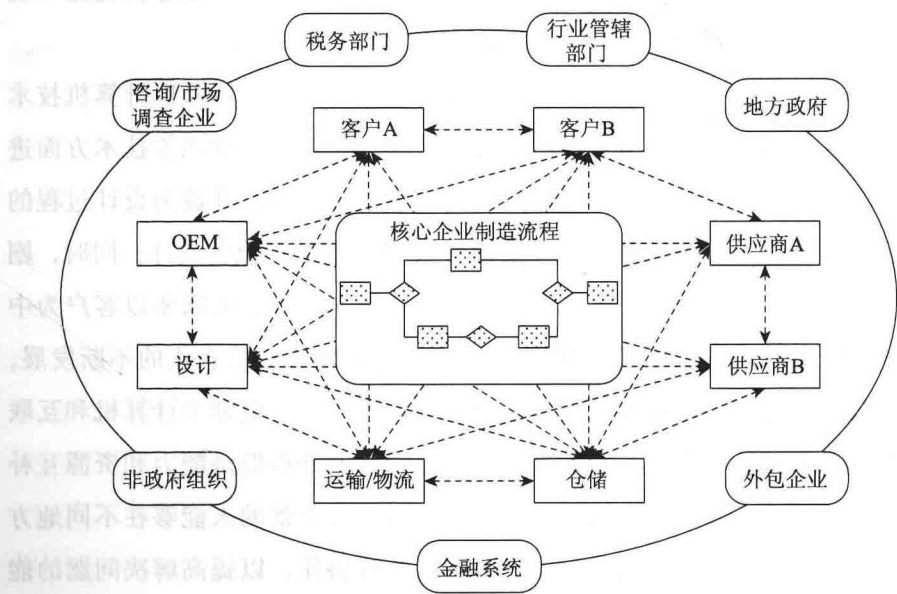


图 1-2 以协同为基础的扩展供应链网络

如图 1-1 所示,传统的供应链协同伙伴主要从事以下工作:获得材料,将它们转化为半成品或成品,将这些成品分配给客户。如图 1-2 所示,在以协同为基础的扩展供应链网络中,考虑公司、公司的客户、政府以及他们协同实现业务目标的发展过程时,业务流程外包商(BPO)能够针对材料转化或产品分配之外的业务要求提供服务,从而扩大了供应链。例如:人力资源服务、设计服务的外包,同时,他们提供的服务变得越来越复杂,而且更多地集中在关键业务活动方面。从客户或协同伙伴要求与供应商和设计方进行更加灵活的交互,到供应商和设计方为客户和协同伙伴提供积极的反馈,这种协同以各种更加灵活的在线活动(比如:填充表格或规格需求)进行交互,最终将会促使政府也加入到协同的网络环节之中。由此就产生了如图 1-3 所示的以协同为基础面向服务的组织模型。在该模型中,市场的主体紧密围绕着设计服务、制造服务与仓储运输服务而连接在一起,构成协同的客观环境;而外在的环境能够影响模型中价值的传递,例如:客户的期望、政府所制定的行业标准或供应商的竞争力等方式。核心企业的主要职能转变为供应链的生产计划与管理,其非核心的生产业务可以进行外包,从而最终实现向服务型企业的转变;而将各种服务连接在一起的关键要素则是协同,这就要求各个服务提供者需要建立统一的、明确的业务目标的价值,诸如:所提供的产品或服务满足什么样的需求,如何与上下游伙伴建立积极的通信关系等。

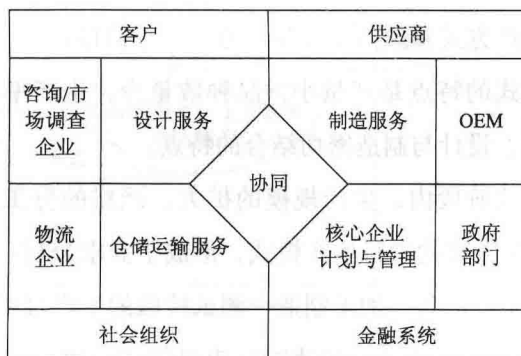


图 1-3 以协同为基础面向服务的组织模型

在国际范围内,制造外包和生产性服务已经成为推动制造业升级的重要途径。“中国制造业发展战略的管理研究”课题组自2001年以来经过连续的对长江三角洲、珠江三角洲等我国制造业的主要发展区域采用调研、访谈、问卷调查和研讨等方式进行跟踪研究,分析出我国制造业在微观方面存在的问题之一就是企业应当在传统的制造战略中融入服务内涵,以实现产业升级和企业竞争力的提高(李刚,2008)。制造与服务的融合,促使传统的概念向具有丰富内涵的“产品系统”的演变以及促使“新制造业”的涌现(Drucker, 1998; Pilat, 2005),以生产性服务、服务性生产(制造外包)以及顾客成为“合作生产者”为核心理念的服务型制造模式,是“新制造业”的先进模式。

因此,现代的企业核心业务在多个方面跨越了传统的公司边界,而与之相应的是建模技术和解决方案也要体现出以上特点,才能满足企业的发展需求。同样,随着传统的制造型企业产品设计职能向以面向服务为基础的协同设计转变,必然要求产品协同设计的建模技术和解决方案能够适应新的环境。

2. 产品设计模式的演变,要求能够从理论、技术与方法上支持产品协同设计过程中的知识管理

产品的生产模式基本上可以分为串行和并行两个大类,经历了手工业生产方式、大工业生产方式和虚拟工业生产方式三个阶段:

手工业生产方式的特点是产量小,品种数量少,生产率较低,但生产过程体现了体脑结合、设计与制造密切结合的特点。

大工业生产方式阶段内,生产规模的扩大、严格的分工体系,造成了设计与制造脱节、体脑分离的串行生产模式,形成了需求分析—方案设计—结构设计—工艺设计—生产准备—加工制造—测试检验的生产过程。

虚拟工艺生产方式的特点是快速响应市场需求,缩短产品开发周期。它是基于敏捷制造、虚拟制造、网络制造的生产模式,要求产品从设计的开始

就要考虑产品全生命周期中的各种问题。在这一阶段，并行工程的概念得到完善和拓展，它强调并行有序的产品开发和上下游的共同决策过程，而且要在产品数据管理（PDM）下进行过程控制与管理，从而解决设计与工艺长期脱离的矛盾，并为多品种单件小批量生产的自动化提供了有效途径。

根据以上分析，可以看出产品的生产模式是由初级并行模式到串行模式，再由串行模式向高级的并行模式和协同设计的方向发展，是一种螺旋式的上升和进步（于海滨，2004）。从图 1-4 可以看出，手工业生产方式时，产品设计制造是一体的，其信息反馈是在产品销售使用后才能得到的；大工业生产方式时，其信息反馈主要是在产品加工制造以后，这时发现了问题虽然可以反馈到产品结构设计中，但已然会造成严重的损失；虚拟工业生产方式则是在产品的全生命周期的各个阶段，都可以进行信息反馈，绝大部分工作可以通过计算机仿真进行，因此，能够快速发现设计和制造中存在的问题并加以改正。

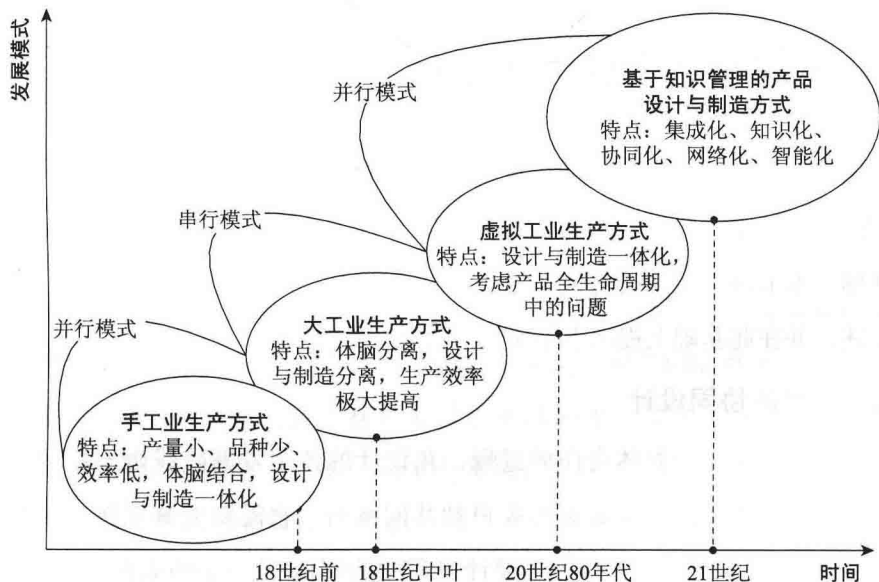


图 1-4 产品设计与制造模式的演变