

# 网络化协同工业设计研究

师鹏 季又君 著

汕头大学出版社

# 网络化协同工业设计研究

师鹏 季又君 著

汕頭大學出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

网络化协同工业设计研究 / 师鹏, 季又君著. -- 汕头 : 汕头大学出版社, 2018.3  
ISBN 978-7-5658-3569-8

I. ①网... II. ①师... ②季... III. ①计算机网络—应用—工业设计—研究 IV. ①TB47-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 062138 号

## 网络化协同工业设计研究

WANGLUOHUA XIETONG GONGYE SHEJI YANJIU

---

著 者：师 鹏 季又君

责任编辑：汪小珍

责任技编：黄东生

封面设计：瑞天书刊

出版发行：汕头大学出版社

广东省汕头市大学路 243 号汕头大学校园内 邮政编码：515063

电 话：0754-82904613

印 刷：廊坊市国彩印刷有限公司

开 本：710mm×1000 mm 1/16

印 张：7

字 数：290 千字

版 次：2018 年 3 月第 1 版

印 次：2019 年 3 月第 1 次印刷

定 价：47.00 元

ISBN 978-7-5658-3569-8

---

版权所有，翻版必究

如发现印装质量问题，请与承印厂联系退换

# 前 言

随着计算机和信息技术的发展及其在控制领域的广泛应用，推动了工业网络技术的不断发展和完善，已形成了覆盖管理、检测和控制的全局性网络。通常，工业网络由处理制造、执行和监控信息的网络和处理现场实施监控信息的监控网络两部分组成。

目前，在社会迅速发展的大潮中，工业设计面临的竞争异常激烈。如何提高企业产品设计能力、缩短产品设计周期，以满足顾客不断变化的需求，成为现代企业生存和发展的决定性因素。因此，不同领域、不同地域的企业或者部门通过协同完成产品开发任务，已经成为一种普遍的产品开发方式。传统的设计理论和方法已经不适应指导现代产品开发活动。当前，利用信息技术与计算机网络技术，特别是利用迅速发展的 Internet 技术，改造现有企业的设计模式，实施产品的网络化、协同化设计，已是现代工业设计的主要发展趋势之一。

网络化协同工业设计系统（Network-based Collaborative Industrial Design System，简称 NCIDS）以计算机支持的协同设计、多媒体技术、因特网技术、通信为基础，其目标是组织多学科的不同设计人员跨越地域和时间的障碍，在产品设计阶段综合考虑用户需求、造型设计、加工制造工艺、市场等因素，实现产品的协同设计，提高工作效率及企业的竞争力。

为适应复杂多变的市场，满足用户使用需求，工业设计需要将设计、制造、分析、市场等不同专业学科的技术人员共同纳入开发团队，通过团队合作和不同领域之间的知识融合碰撞，产生更具想象力的设计方案和解决方法。因此，将极具创新性的设计方式和设计理念的协同工作应用到工业设计中，使工业设计打破传统的相对独立、封闭的设计模式，提高工业设计效率，无疑是工业设计领域值得深入研究的课题。

由于编者水平和能力所限，书中难免存在错误，我们诚恳地希望各位专家、学者和广大读者批评、指正并提出宝贵意见，以便今后进一步完善。

# 目 录

第一部分 绪论.....	1
第一章 工业协同设计系统的相关概念.....	1
第一节 网络协同设计提出的背景.....	1
第二节 协同设计国内外研究现状及发展趋势分析.....	2
第三节 协同工作与协同设计.....	5
第二部分 计算机支持的协同工作理论.....	7
第二章 国内外相关技术发展及研究现状.....	7
第一节 网络化协同设计.....	7
第二节 知识管理及知识集成.....	11
第三节 用户知识获取.....	14
第三章 计算机支持的协同工作理论.....	16
第一节 计算机支持的协同工作 (CSCW) 的概念.....	16
第二节 CSCW 协作理论模型.....	18
第三节 计算机支持的协同工作的关键技术.....	22
第三部分 网络化协同设计系统体系结构和运行模式的研究.....	24
第四章 网络化协同工业设计系统分析.....	24
第一节 网络化协同设计.....	25
第二节 网络化协同工业设计系统 (NCIDS) .....	28
第五章 网络化协同工业设计系统 (NCIDS) 的实现.....	35
第一节 系统实现.....	35
第二节 系统的功能模块.....	36
第六章 网络化协同设计系统体系结构和运行模式的研究.....	39
第一节 网络化协同设计系统的提出.....	39
第二节 网络化协同设计系统的功能需求.....	40
第三节 网络化协同设计系统的体系结构.....	41
第四节 网络化协同设计系统的运行模式.....	47

<b>第四部分 网络化协同设计系统关键技术研究</b> .....	50
第七章 网络化协同设计系统协同工作的关键技术研究.....	50
第一节 系统的访问安全.....	50
第二节 系统的用户—权限管理.....	51
第三节 协同设计工作过程研究.....	54
第四节 基于层次的协同工具集成框架.....	59
第五节 基于 NetMeeting 的协同设计工具.....	60
第八章 基于网络的协同设计系统的技术方案.....	65
第一节 工业设计模式分析.....	65
第二节 基于网络的协同设计的系统目标.....	68
第三节 基于网络的协同设计系统的总体技术架构.....	69
第四节 基于网络的协同设计系统研究技术概述.....	70
第九章 协同感知技术的研究.....	72
第一节 协同交互.....	72
第二节 协同设计系统的协同感知.....	73
第三节 基于消息的协同感知.....	74
第十章 工业设计的协同 workflow.....	76
第一节 层次 Petri 网.....	76
第二节 工业设计协同 workflow 模型.....	77
<b>第五部分 网络化协同设计系统实现与评价</b> .....	84
第十一章 网络化协同设计系统实现与应用.....	84
第一节 系统技术框架的实现.....	84
第二节 协同设计系统的实现.....	85
第三节 多 Agent 架构演示.....	86
第四节 协同感知技术演示.....	87
第十二章 工业设计评价.....	89
第一节 工业设计评价特点.....	89
第二节 设计评价的过程.....	90
第三节 设计评价方法.....	91

第六部分 结论与展望.....	94
第十三章 总结与展望.....	94
第一节 主要工作与结论.....	94
第二节 展望.....	95
参考文献.....	97

# 第一部分 绪论

## 第一章 工业协同设计系统的相关概念

### 第一节 网络协同设计提出的背景

随着信息技术的发展和网络化经济的快速进步，制造业的信息化、规模化和专业化水平越来越高，产品开发趋于分散化，向跨学科跨领域合作的发展模式转变。在这一背景下，提高产品开发的工作效率越发依赖异地协同设计技术。由于中小型制造企业本身所具有的设计资源有限且彼此之间共享方式不足，不能很好地为协同设计提供资源支持，所以建立一个有效的、基于网络的异地协同设计系统来取代集中分享式资源管理系统便成为实施异地协同设计的重要支持技术，而有效地组织和管理这些设计资源，是提高产品开发效率、缩短产品开发周期、提高企业竞争力的重要途径，也是解决我国产品开发过程中创新能力不足、开发周期长等问题的有效方法。

计算机支持的协同工作，缩写为 CSCW（Computer Supported Cooperative Work），最早由美国麻省理工学院（MIT）的 Irene Greif 和 DEC 公司的 Paul Cashman 在 1984 年提出，它是指在计算机支持的环境中，一个群体协同工作完成一项共同的任务。计算机支持协同设计（Computer Supported Cooperative Work in Design，缩写为 CSCWD 或 CSCD）主要利用计算机技术，结合互联网通信技术、多媒体技术等先进技术为参与项目的

设计人员提供交流设计思想、讨论设计方案、分享设计成果的媒介，从而协调、解决设计过程中的矛盾与问题，避免重复工作与工作冲突，降低设计过程中的失误率，最终提高产品设计的工作效率与质量。

然而在高速发展的信息化时代中，多数企业的管理系统并不能充分利用分布式协作的优势，我们需要开发一个智能管理工作流过程，从中优化资源配置与任务调度，使设计主体能协同交互的协同平台。现在很多协同平台都是为特定企业或用途而实现的简单管理系统，本研究希望开发一个协同设计系统，将系统的易用性、简洁性与协同性作为研究重点，将协同设计运用到整个项目任务流程中，旨在提高协同工作人员的开发效率与工作积极性。

## 第二节 协同设计国内外研究现状及发展趋势分析

协同设计的研究在国内起步较晚，虽然近年来协同设计在工业中的应用研究得到了很大的发展，但主要集中在异构 CAD、CAM、CAE 系统的协同支持与系统集成、协同产品标准模型（基于 XML、VRML 或 STEP）的研究以及分布式架构的网络化协同设计研究。国外研究起步早，在互联网技术下远程协作达到了很高的水平，研究被应用到航天、建筑、虚拟现实等产品中，在各领域都涌现出大批协同工作软件。

### 一、国内研究现状

下面介绍几个国内的计算机支持协同设计系统，并分析其主要特色与实现技术要点。

一些学者在研究计算机支持的协同工作和传统的三维实体建模相结合时，做出基于 Web 的同步协同实体建模系统（WebCOS-MOS）。其主要模块包括服务器端、客户端和 CORBA 中间层。系统的总体目标是允许多个设计人员通过基于 Web 的客户端调用服务器提供的实体建模服务，进行同步协同实体建模。客户端的作用是为用户显示实体模型，并在 Web 界面上提供远

程交互操作，使用户可以通过服务端进行操作。图形显示基于 Java3D 技术，而框架 Web 中间件则是利用 CORBA 实现信息传递。

一些学者研制的协同集成设计环境的计算机辅助工具 Co-CAD Tool Agent 等，引进了协同工作的概念。该系统的主要功能有协同工具、信息发布、阅读、评论、私有注释、项目管理、用户管理、版本管理、软件工具管理等。具有不同角色的工作组成员所拥有的责任和义务也不同。系统的主要界面是基于 TCP / IP 网络通信协议的，有异步通信窗口、共享讨论窗口、私有编辑窗口和版本管理窗口等，初步实现多个用户在网络环境下通过协商和有效的工作流控制，操作计划协同设计工作的有关实例。

清华大学的田凌教授主持网络化产品协同设计理论及支持系统的研究，并在此研究中提出支持网络化产品协同设计的设计模式及协同机制，建立了相应的集成模型支持网络化协同设计，最后开发出具有自主知识产权的网络化产品协同设计支持系统 CoDesign Space。这个系统提供了一套可独立使用的协同工具，如三维模型、二维图纸与文档的异地协同浏览与批注工具、利用 VRML 格式可视化的协同虚拟装配工具、冲突检测与协商支持工具等。此外，清华大学自动化系国家 CIMS 工程技术研究中心研发出了复杂产品“协同设计、协同仿真、协同优化”一体化平台，旨在提升复杂产品自主研发能力，加快研发速度，提高设计质量。

沈阳理工大学 CAD / CAM 技术研究与开发中心针对分布式异构环境下的协同设计，将协同设计方式应用到协同批注流程中，提出了一套基于网络的产品模型的异步协同批注解决方案，实现了一个异步协同批注系统。该系统通过服务器转化成共享模型并以 Web 方式发布，对批注者和其他设计者而言，无需其他的建模系统，即可通过浏览器内嵌插件的方式，对产品设计的共享模型进行浏览和批注，极大降低了客户端的复杂性，使产品的设计更方便快捷。

## 二、国外研究现状

协同设计在外国起步较早，而且不仅限于工业产品设计领域，几乎在

所有设计领域都有相应的应用。每年召开大型国际会议，讨论最新协同工作在设计中的应用的最新技术与应用成果。目前，一些成熟的商品化软件已经研制成功，并且已产生相当好的生产效益。在国外，协同概念出现于 20 世纪 80 年代，在 90 年代迅速发展。例如 IBM 的 Lotus / Notes、微软的 Exchange，到后来的电子邮件、办公自动化、客户关系管理、企业资源规则等软件，都应用了协同的概念。国外从协同 CAD 系统的研究向更加智能化的协同设计系统发展，以下是一些成功的工业化案例与研究成果：A006Cibre 公司的 Alibre Design，德国 CoCreate 公司的 CoCreate OneSpace，AutoDesk 公司的 AutoDesk Inventor 和 Collabor-active Tool，CollabCAD 公司的 Collab-CAD。其他带有项目管理、 workflow 管理、文档管理等用于产品设计的协同应用也并不局限于模型的设计，更多的是偏向设计过程中知识的协同应用。

Alibre Design 在基于会话的协同机制下，提供二维与三维模型标注显示、文字声音协同交互的 CAD 模型传输，小组设计被定义成会话，一个设计会话是整个虚拟小组二维 / 三维模型设计任务的管理环境。同时提供仓库机制，使用户可以安全分享与访问文档，提供消息中心实现用户消息共享。

CoCreate 公司开发的协同 CAD / PLM 应用系统 OneSpace 集成实时在线会议、模型管理、项目管理，实现用户二维 / 三维模型协同设计、版本控制与权限访问，并支持与 PDM 工具集成。

Autodesk Inventor Collaborative Tool 将微软的网络会议工具嵌入到 Inventor 系统里面以组织协同设计活动，每个设计者都有单元控制与管理远程的权限。Collab-CAD 允许同一个设计组里的成员同步设计与分享二维 / 三维模型，设计者提供协同设计功能，协作者提供评论与建议，消息助手以文本、视频与音频等方式交换协同意见。

此外，Texas 大学开发了基于 CSCW 的原型系统的 Shastra，此系统不仅提供几何造型、模拟、查询及设计等功能，将提供的基础几何数据结构和算法作为目标，设计支持分布式构造，还可提供模型属性查询、协同交互与基于冲突检测的快速计算，实现实时场景的显示与可视化信息的动态模拟。法国 Compiègne 科技大学将初步设计过程（PDP）的研究与 CSCD

结合, 开发出 TATIC-PIC CSCWD 系统, 将协同设计与最新移动技术相结合, 集成交互式桌面、交互式白板、交互式平板、智能手机与头部设备等, 为用户提供基于 Agent 系统的设计工具。

### 第三节 协同工作与协同设计

协同设计的概念源于计算机支持的协同工作 (Computer Supported Cooperation Work, CSCW)。CSCW 是指在计算机技术支持的环境下, 一个群体协同完成一项共同的任务。1984 年 MIT 的 Iren Grief 和 DEC 公司的 Paul Cashman 两人领导了一个由来自不同领域的 20 个科研工作者组成的工作组, 共同探讨如何发挥技术在协同工作中的作用问题, 并第一次正式提出了 CSCW 的概念。美国 ACM 于 1986 年 12 月在德克萨斯组织了第一次国际性 CSCW 学术会议, 正式提出了将计算机科学、人类工程学、认知科学、社会学等多个学科综合在一起的新的领域——CSCW。在信息化时代, 人的生活方式和劳动方式具有群体性、交互性、分布性和协作性, 计算机技术 (包括并行及分布处理技术、多媒体技术、数据库技术、认知科学等)、通信及计算机网络技术的飞速发展, 为 CSCW 提供了技术基础, 同时并行工程概念的出现也起到了重要的作用, 因此 CSCW 就是以现代社会人们协同工作方式为背景, 以计算机、通信技术的发展和融合为基础, 以广泛的应用领域为条件而自然形成的产物。从方法学层面上看, CSCW 为在时间和空间上分散的人们提供了一个虚拟工作空间来实现同步与异步共同工作。从技术层面上看, CSCW 是一个利用计算机技术、网络与通信技术、多媒体技术以及人机接口技术将时间上分隔、空间上分散的工作人员组织在一起, 共同完成某项工作的分布式计算机环境。

协同设计就是一种以 CSCW 和并行工程为基础的产品设计方式。在这种方式下, 分布在不同空间的设计人员以及相关的人员, 通过网络利用各种计算机辅助工具协同进行产品设计活动。协同设计主要可以实现以下功能:

## 一、共享资源

不同地点的产品设计人员基于相同的设计平台，通过网络进行产品信息的共享和交换，实现对异地软件工具、平台的调用和访问。

## 二、适时协调沟通

参与设计相关的人员都可通过网络讨论设计方案，检查和修改设计结果。

## 三、不受地域与时空限制

产品设计工作能够跨越时空、跨地域协同进行。

分布式协同设计研究开始于 20 世纪 90 年代前后，斯坦福大学设计研究中心的 Cutkosky 是这一领域的主要开拓者，其研究工作其实是将网络通信、分布式计算、计算机支持的协同工作、Web 技术等与现有 CAX / DFX 技术进行简单结合。近年来转向了深层次、核心技术的研究，比如 CAX / DFX 工具的分布集成、异步协同设计、同步协同设计、协同装配设计等。

# 第二部分 计算机支持的协同工作 理论

## 第二章 国内外相关技术发展及研究现状

### 第一节 网络化协同设计

自 1984 年提出 CSCW 概念以来,经过 30 多年的研究发展,CSCW 在军事、医疗、教育、商业、金融,尤其是生产制造领域得到了广泛的应用。近些年,各国纷纷制定了基于网络的先进制造技术发展战略,旨在建立共享、集成、协作的产品开发模式,进一步缩短产品开发周期,提高产品质量,从而在激烈的市场竞争中获胜。协同设计作为企业赢得竞争的有力手段,是 CSCW 应用的一个重要研究领域。

国内外不少学者围绕协同设计中的异地协同工具、协同行为和设计过程、协商机制、设计任务的规划和分解、协同冲突及其解决方案、统一产品数据模型等一系列问题进行了讨论与研究,并研制开发了相关的应用系统。

国外在协同设计系统研究和实践中处于领先地位。瑞士的 St.Gallen 应用科技大学将 Class DAC、Kooperatives、AutoCAD、Netmeeting 等技术综合起来,建立了一个支持协同构造设计的原型,着重致力于同步 CSCW 系

统的可行性研究,该系统特别考虑了不同的 CAD 系统之间的协同演示问题;美国 UGS 公司开发了基于 Internet 的多平台可视化协同设计环境;荷兰的 Eindhoven 大学的 DS (设计系统) 研究小组考虑在建筑设计中多个用户共享知识的问题,提出了概念模型框架,其概念模型框架提出了用分布式对象模型来模拟仿真设计信息,构造更加灵活的方式来控制多用户访问概念和示例信息;韩国国家大学工业工程系开发的 3D-Syn 系统,可以使分布在不同地方的设计人员通过 Internet 针对同一个 3D 模型视图,实现浏览、协同设计、实时模型处理和交互活动,这个系统采用了 Applet-sever 结构,用户应用这个结构可使 Web 主页与系统相连,通过用户的请求,Applet 从 server 端下载到客户端并在客户端执行,并且 Applet 可以和 sever 通过交互信息进行通信;Co Create 公司推出商品化协同设计软件 One Space,它能在自己提供的造型器下实现协同查看和协同造型,从而实现协同工作;德国 Fraunhofer 图形研究所开发的分布式 CAD 系统,利用了 CSCW 思想,在一定程度上支持多个合作者的协同设计;德国的 Damstadt 和 Rostock 计算机图形中心研制的 Cooperatibe Suto DAC 插件,可以无缝介入 Suto DAD T114,为每个 CAD 用户进行两个或更多的连接,还可以使本地分散的设计组通过 Internet 同步的生产、讨论和操作他们的 2D 和 3D 模型;Iowa 大学 Internet 实验室的 Kang 和 Grandy 提出了基于 WWW 的协同设计系统总体框架 Cyber View,它采用 VRML 在浏览器下实现分布设计小组的协同浏览;Kentucky 大学计算机系的 Zhang 和 Chen 研究了基于 Web 架构的 CAD 系统,还深入地研究了协同感知支持、同步与异步、协同用户界面以及安全性等技术;Standford 大学联合 Lockheed、EIT 和 HP 进行 PACT (Pola Alto Collaborative Tested) 项目,用于研究大规模分布式并行工程系统,较为系统地研究了分布式协同设计问题。

国内对协同设计的研究起步较晚。1997 年开始进行 CSCW 的跟踪研究,主要内容包括 CSCW 的研究背景、基本概念、系统结构、关键技术及典型应用。如清华大学开发了基于 CORBA 的面向对象技术的计算机支持的协同设计系统,实现跨异构平台产品设计的整体优化、冲突协调和协同决策;四川大学建立了一种基于多 Agent 技术的计算机支持协同设计模型,通过

Agent 之间的信息交换,以达到协同工作的目的。西安交通大学的 Coop CAD 系统具有多媒体会议服务器、白板服务器等服务功能,一定程度上支持实时协同设计小组的设计活动;清华大学的 CoDesign 是一个紧密耦合的实时协同设计支撑系统原型,对协同设计系统的体系结构、用户管理和访问控制、群组用户界面和并发控制的理论和算法等进行了深入的研究。此外,西北工业大学、浙江大学、重庆大学、上海交通大学等在协同设计的理论及应用方面也做了大量的研究工作。北京北航海尔软件有限公司利用原有的二维/三维 CAD 系统产品,开发了支持协同的设计系统,并与 PDM/PLM 系统进行了集成。

总结国内外网络化协同设计研究现状,主要表现为(表 2-1): (1) 协同设计的理论与方法、工具平台研究; (2) 协同设计与协同装配、协同制造、协同商务等协同工程的集成研究; (3) 协同设计中的产品数据管理研究; (4) 协同设计中的约束研究以及冲突消解管理研究; (5) 协同设计的智能性、安全性等的研究。

表 2-1 协同设计主要研究现状

学科	研究内容	主要研究者
设计原理	现代设计理论、公理设计、TRIZ	谢友柏; Grabowski; Suh 等
项目与运筹 管理学	研究设计过程中 workflow 管理	严隽祺; Adler; Eppinger
系统控制 科学	从复杂系统角度研究协同设计过程的动态特征以及决策制定、消解冲突和多学科优化	Klein; Hazelrigg; 辛明军; 谢洪潮; 李祥; Falquet; Michalek; 李涛等
计算机 科学	从数据管理的角度,将设计过程看作是数据管理,研究设计数据的交换标准、数据集成共享	Nee; 陈继忠; 李健等
网络通信	设计过程看作是分布移动式应用,研究网络资源匹配、设计平台安全性和移动访问平台	Wang; Huang; Taylor; 刘敏等

续表 2-1

人工智能	将多 Agent 技术应用到协同设计过程，提高设计过程的智能性、有效性和健壮性	Wang; Shen; Liu; Frazer; 赵骥等
社会科学	以社会技术框架来对协同设计过程建模，研究设计决策制定时的社会因素。	S.C-Y.Lu; J.Cai; Warr; Dickinson; Buchal 等

国内外关于协同设计工作流的研究主要表现在以下几个方面：协同设计工作流建模；协同设计中的协调消解方法；多学科优化协同方法；协同设计中的决策支持等。其中，协同设计的工作流管理是目前企业管理者和学术界逐渐关注的一个领域。

随着 workflow 管理技术研究的开展与深入，以及计算机网络技术和分布式数据库技术等的发展和成熟，人们越来越意识到，workflow 管理是一种能够有效控制和协调复杂活动执行、实现人与应用系统之间良好交互的信息技术手段。具体来说，workflow 管理可以实现业务流程的全部或部分自动化。在此过程中，一方面，文档、信息或任务按照某种预定义的规则在多个参与者之间自动传递，实现组织成员间的协调工作，从而实现预期的业务目标；另一方面，以 workflow 管理技术为核心，建立以项目和任务为中心的协同设计任务多层组织与管理模式，可以有效组织项目的协同设计，实现分布式环境下多任务、多群体间的有效协作与管理。但是，目前的工作流管理重点主要停留在任务的执行监控、文档和信息的流转等方面，即停留在协调设计任务和提高协同设计工作效率的层面上，对 workflow 管理、知识集成及过程知识获取的研究较少，缺乏对协同设计过程的知识资源系统管理和应用支持。

综合目前协同设计研究现状可以看到，与国外相比，我国关于协同设计关键技术的研究，关于协同设计中的深层次问题如协同设计中的过程控制模型的建立、过程管理以及分布式协同问题求解，协同设计资源共享等问题还有待深入研究。此外，国内外研究较多的是协同设计中的人与人协同、人与工具协同、任务与任务协同等，但针对人与知识的协同、任务与知识的协同、过程与知识的协同研究较少。