

# PAI-CAD/CAM 模型及实现技术研究\*

唐罗生 李圣怡 刘阳 柳卓之

(国防科技大学机械电子工程与仪器系 长沙 410073)

**摘要** 本文根据敏捷制造与动态联盟将制造系统空间扩展到全国乃至全球,传统的用于产品开发的 CAD/CAM 系统已无法满足动态联盟条件下的产品开发要求,必须开发一种新的 CAD/CAM 系统才能满足这一要求。笔者根据国际 CAD/CAM 发展趋势,结合我国具体国情,在传统的 CAD/CAM 基础上提出了“PAI-CAD/CAM (Pseudo-Agile Intelligent CAD/CAM)”的新概念,并建立了一种系统模型,此外,文章还对系统的实现技术进行了深入的探讨。

**关键词** 敏捷制造,虚拟制造,CAD/CAM,PAI-CAD/CAM

**分类号** TH 165

## Research on Model of PAI-CAD/CAM and Developing Technique

Tang Luosheng Li Shengyi LiuYang Liu Zhuozhi

(Department of Mechatronics Engineering and Instrumentation, NUDT, Changsha, 410073)

**Abstract** Due to the appearance of the Agile & Virtual manufacturing and global manufacturing system, the old CAD/CAM system can't be applied to product development of virtual enterprises and a new CAD/CAM system must be developed. According to our national conditions, this paper discusses a new CAD/CAM system—Pseudo-Agile Intelligent CAD/CAM (PAI-CAD/CAM) system

**Key words** agile manufacturing, virtual manufacturing, CAD/CAM, PAI-CAD/CAM

敏捷制造与动态联盟的概念最初是于 1991 年在美国里海大学向美国国会提交的一份研究报告中提出的。报告提出后,受到了美国国会和工业界的广泛重视。目前,几乎所有的美国大公司都参加了这一研究计划。1991 年刚开始时,美国国防部及国家自然科学基金会给予了大力资助,到 1996 年,敏捷制造及动态联盟逐步过渡到通过为工业界提供服务来获得资金。与此同时,欧洲和日本等发达国家也纷纷成立了相应的机构,进行着相应的研究和实施工作。在我国,国家 863/CIMS 主题专家组从 1993 年起,就开始了这一技术的跟踪和研究,取得了一些成果。

由于敏捷制造及动态联盟是围绕着新产品或新经营机遇的产品开发过程而提出来的,它通过信息高速公路建立全新的企业——“虚拟公司”或“动态联盟”,将制造系统空间扩展到全国乃至全球。鉴于产品经营、开发、生产和销售与传统的 product 经营、开发、生产和销售相比发生了根本性的变化,传统的用于产品开发的 CAD/CAM 系统已无法满足动态联盟条件下的产品开发要求,因此必须开发一种全新的 CAD/CAM 系统,即敏捷化智能 CAD/CAM (Agile Intelligent CAD/CAM, 简称 AI-CAD/CAM) 来满足这一要求,国外在这方面的研究刚刚开始,大多在作一些跨国家或地区的 CAD 协同设计及异地加工研究,基于网络速度及数据压缩等一些技术问题尚未解决,研究工作没有很大的进展。由于我国是一个发展中国家,经济还比较落后,信息高速公路的建立还有一段时间,且各地的水平不一,另外,由于经济的落后,我国的计算机硬件条件普遍较差,如何根据国际上敏捷化智能 CAD/CAM 技术的发展趋势,开发出适合我国国情的新一代产品设计/加工系统至关重要。我们把满足这种要求的系统称作“准敏捷化

\* 1998 年 4 月 6 日收稿

第一作者:唐罗生,男,1965 年生,博士

智能CAD/CAM系统(Pseudo-Agile Intelligent CAD/CAM System,简称PAI-CAD/CAM)”。笔者认为PAI-CAD/CAM对于我国的制造业乃至整个国民经济建设将产生重大的影响。对比传统的CAD/CAM系统,准敏捷化智能CAD/CAM系统具有以下特点:

(1)开放性和协同性。动态联盟以竞争能力和信誉为依据选择合作伙伴,进行企业大联合,共同冒险,共同获利,企业在设计某一新产品时,可以在全国乃至全球寻找合适的设计师和制造厂家,众多的设计师和工艺师可协同工作。因此基于动态联盟的准敏捷化智能CAD/CAM系统必须具有开放性和协同性。

(2)用户交互性和可视性。动态联盟管理模式要求产品的功能和性能可以根据用户的需要不断改变,用户可利用极其丰富的通讯及软件资源,向供应商提出各种性能和质量要求,同时可很快地获得可视化的产品电子模型及性能参数。因此基于动态联盟的准敏捷化智能CAD/CAM系统必须具有用户交互性和可视性。

(3)集成性和全过程性。准敏捷化智能CAD/CAM系统其信息传递和集成必须是双向的,既要求CAD系统生成的数据能直接为CAM系统所利用,又要求在设计过程中尽早考虑后续阶段对设计的约束,如面向性能的设计(DFP)、面向制造的设计(DFM)、面向装配的设计(DFA)等。因此,基于动态联盟的准敏捷化智能CAD/CAM系统必须是全过程的集成。

(4)复杂性和灵活性。准敏捷化智能CAD/CAM系统由于其支持多学科、地域分布的协同作业,因此,系统必须十分复杂和庞大,对于如此庞大的系统,为了确保系统的可靠性和有效性,建成的系统必须十分灵活。

(5)智能性和网络化。准敏捷化智能CAD/CAM系统由于其涉及的设计人员及涉及面越来越广泛,设计/加工知识越来越多,同时,随着各种知识库的不断建立及人工智能的飞速发展,可供共享的知识越来越多;另外由于动态联盟地域分散,要实现全面集成及协同工作、资源共享,必然采用网络和面向目标的数据库技术。因此,准敏捷化智能CAD/CAM系统必须实现智能化和网络化。

(6)信息共享与数据安全性保证。信息共享从一般的数据库管理技术发展面向复杂工程应用的产品数据管理(PDM)技术,仍不能满足准敏捷化智能CAD/CAM系统之间的信息共享要求,这是因为动态联盟的信息共享主要存在以下难点:(a)安全性:在一个产品开发项目中合作的企业,可能在另一个项目中又是相互竞争的。产品数据访问的权限管理变得更复杂。(b)项目控制:企业间如何实现 workflow 的管理和工程变更的控制,联盟内不同系统间的数据无缝流通控制等。(c)标准化问题:联盟内涉及大量的标准,如何建立不同标准的映射关系,是十分关键的技术。

(7)适合我国国情。准敏捷化智能CAD/CAM系统除了应具备上述特性以外,还必须考虑到我国的具体国情,即网络设备及信息高速公路普及率不高,CAD/CAM基础较低等。

通过对上述特性分析可知,在现有CAD/CAM系统基础上,采用并行工程技术、面向目标的数据库技术、网络技术、人工智能技术、成组技术等,通过解决网络传输速度、图形交换标准、产品数据管理、成组编码及数字图像压缩等技术问题,在近期内开发出适合我国国情的准敏捷化智能CAD/CAM系统,是完全可能的。

## 1 准敏捷化智能CAD/CAM系统网络结构

图1所示为准敏捷化智能CAD/CAM系统网络结构,它是在企业INTRANET网络的基础上,通过ISDN或INTERNET将动态联盟所属企业连接起来,并通过准敏捷化智能CAD/CAM系统软件,来实现传统CAD/CAM网络系统向准敏捷化智能CAD/CAM系统转变的。

## 2 准敏捷化智能CAD/CAM系统功能模型

准敏捷化智能CAD/CAM系统是在传统CAD/CAM系统的基础上,将网络技术、并行设计技术、O-O数据库技术、DFX技术、人工智能及专家系统、敏捷制造等众多技术结合在一起,而形成的新一代CAD/CAM系统,图2所示为PAI-CAD/CAM系统功能模块示意图,其中:

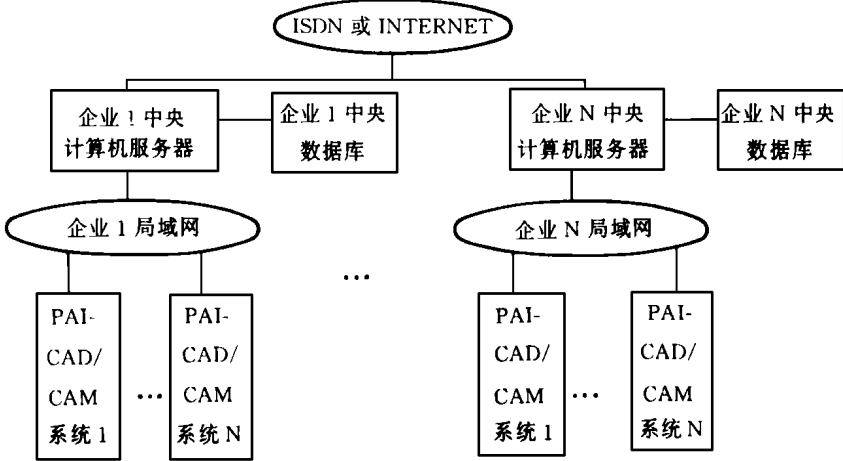


图 1 PAI-CAD/CAM 系统网络结构示意图

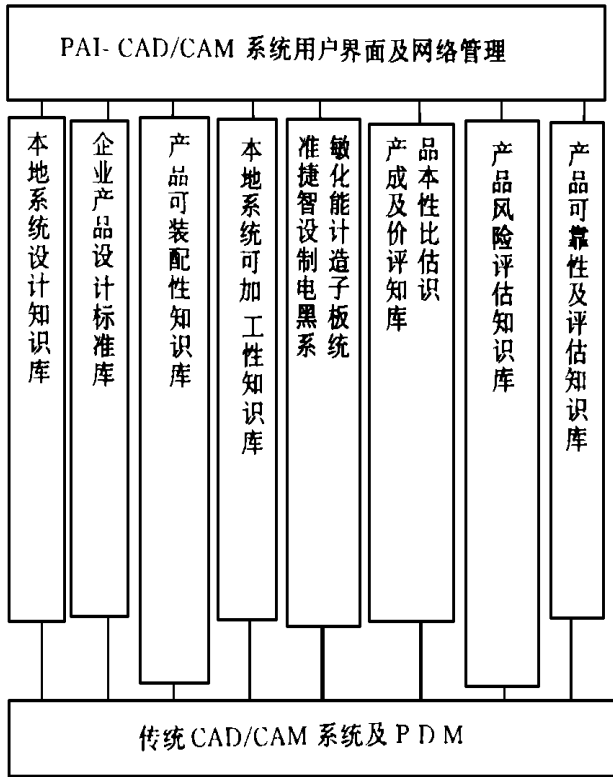


图 2 PAI-CAD/CAM 系统功能模块示意图

(1) 系统用户界面及网络管理模块: 为系统核心模块和支持平台, 具体完成如下功能:

- 对网络系统进行管理、协调和控制, 用于产品开发者与产品开发者之间、产品开发者与用户之间的工作协调、版本管理、信息资源共享及网络服务等;
- 协调、控制本地系统各功能模块的运行, 为本地系统提供友好的用户界面。

(2) 本地系统设计知识库: 本模块作为本地系统的知识库, 完成如下功能:

- 提供材料、加工设备、产品结构形式等选择所需的知识和方法;
- 在结构设计阶段为设计者提供像结构尺寸计算、强度设计、刚度计算等算法库或方法库。

(3) 企业设计标准库: 为本地系统提供产品开发所需的各种标准。

(4) 产品可装配性知识库: 本模块完成如下功能:

- 为产品设计提供装配设计工具, 通过漫游工具完成装配干涉检查及其修改依据;
- 为产品设计提供可装配性知识, 以达到产品设计零件最少、装配最合理、试制一次成功。

(5) 本地系统可加工性知识库: 本模块完成如下功能:

- 提供工艺设计、加工代码生成、加工仿真、加工质量评定、加工工艺与 NC 代码修改等功能;
- 提供可加工性知识及其判定规则, 为产品开发提供可加工性检验, 确保产品加工一次成功。

(6) 准敏捷化智能设计制造电子黑板系统: 本模块是为产品开发者之间或产品开发者与用户之间建立的一个图文并茂的电子论坛及信息窗口。黑板结构是一种系统组织方式, 其核心由知识源、全局数据库和控制结构三部分组成。知识源的引用可以对黑板进行操作, 并通过黑板进行通讯。黑板是可公共访问区, 控制结构则按人的要求控制知识源和黑板之间的信息更换过程, 完成问题的求解。

(7) 产品成本及性价比评估知识库: 本模块通过对产品成本核算及制件性能测定, 建立制件性价比评估专家系统, 以便为产品设计者提供必要设计信息。

(8) 产品风险评估知识库: 本模块通过成本核算及投入产出计算, 为产品设计作出风险评估。

(9) 产品可靠性评估知识库: 本模块通过建立可靠性基础数据库及计算方法库, 为系统产品开发提供可靠性评估。

(10) 传统 CAD/CAM 系统及产品数据管理(PDM): 本模块作为整个系统的基础, 为系统提供 CAD/CAM 平台及产品数据管理服务, 具体完成如下功能:

- (a) 提供 CAD/CAM 平台;
- (b) 实现产品数据管理, 包括
  - 电子仓库功能(Electronic Valut);
  - 工作或过程管理功能(Workflow or Process Management);
  - 配置管理功能(Configuration Management);
  - 查看和圈阅功能(View & Markup);
  - 扫描和成像功能(Scanning and Image);
  - 设计检索和零件库功能(Design Retrieval/ Component Libraries);
  - 项目管理功能(Project Management);
  - 电子协作功能(Electronic Collaboration);
  - 工具和“集成件”功能(Tool & Integration)。

### 3 PAI-CAD/CAM 系统的实现技术

前所述, PAI-CAD/CAM 是一个全新的概念, 要在传统 CAD/CAM 系统的基础上建立准敏捷化智能 CAD/CAM 系统, 除要建立其理论体系外, 还必须解决下述实现技术问题:

(1) 低速异构网络条件下的异地异构 CAD/CAM 协同工作

由于异地异构 CAD/CAM 系统间传输的工程数据主要为图形数据, 数据量十分巨大, 目前的 INTERNET 是无法满足这一要求的, 而未来的信息高速公路的建立尚有一个过程, 尤其是对于我国, 信息高速公路的建立过程将会更长, 因此, 如果能够通过成组技术等简化数据传输量, 采用现有的 INTERNET 网即可实现异地异构 CAD/CAM 协同工作。

(2) 基于分布式 O-O 数据库及 PDM 的数据共享技术

该项技术是试图将系统的数据库合理地分配到系统各个工作站, 然后通过成组分类编码及分布式面向对象数据库技术将其合理地组织起来, 达到系统网络传输最少, 资源共享充分, 安全可靠。

(3) 基于 STEP 标准及特征提取的异构 CAD 系统间的图形交换接口设计

该项技术是试图通过对 STEP 标准图元进行特征提取, 一方面便于 CAD/CAPP 集成, 另一方面可减少系统网络传输量, 同时确保异构 CAD/CAM 系统间的图形交换的兼容性。

(4) PAI-CAD/CAM 环境下的分布式设计/制造知识库的合理配置及信息管理技术

该项技术试图合理配置系统的设计/制造知识库及信息资源来减少网络传输量。

#### (5) PAI-CAD/CAM 环境下的智能化电子黑板系统

PAI-CAD/CAM 系统试图通过智能化电子黑板系统为产品开发者之间或产品开发者与用户之间,建立起一个图文并茂的信息窗口。

## 4 结束语

PAI-CAD/CAM 系统是根据 21 世纪制造业的飞速发展及敏捷制造模式的产生而提出的一种新的产品设计、制造模式,它是在传统的 CAD/CAM 系统基础上建立起来的新一代 CAD/CAM 系统,它从根本上改变了传统的产品开发方法,无论从 PAI-CAD/CAM 系统概念到特点,还是从 PAI-CAD/CAM 系统获得的好处,我们深深感到这一新技术即将对制造业产生巨大的影响,因此开展该课题研究将具有十分重大的意义。

## 参考文献

- 1 徐晓飞. 未来企业的组织形态——动态联盟. 中国机械工程, 1996, 7(4)
- 2 Roger N N. The 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy Report. Vol. 1, ADA257167, 1991
- 3 张申生. 从 CIMS 走向动态联盟. 中国机械工程, 1996, 7(3)
- 4 I Black BSc, MSc Product design in British Manufacturing...new processes from old practices Proc Instn Mech Engrs Vol 208
- 5 顾新建, 胡树根. 敏捷制造模式中的 CAD/CAM 系统. 计算机辅助设计与制造, 97. 1
- 6 Dove R, 张申生. 敏捷企业. 中国机械工程, 1996, 7(3)
- 7 张申生. 我国研究先进制造技术应重视的几个问题. 中国机械工程, 1995, 6(4)
- 8 李建民等. 产品数据管理(PDM)与平行设计的支撑环境. 计算机集成制造系统, 1996, 9
- 9 Kao Y C, Lin G C. CAD/CAM collaboration and remote machining. Computer Integrated Manufacturing System, 1996, 9(3)
- 10 Schulman M A. Collaborative Communication in 3D. Proceedings of Concurrent Engineering—A Global Perspective(CE95) 1995
- 11 Gay R K L, Seet P K, Le B S. Network-based concurrent design environment for distributed based CAD. Computer & Control Engineering Journal, 1993