

基于虚拟原型的水泵网络化快速开发平台的构建

陈 田

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

摘 要: 面向当前产品的数字化、并行化、智能化、集成化和网络化要求, 基于虚拟原型技术, 构建了水泵的网络化快速开发平台。围绕快速开发集成体系的运作, 重点分析了 Pump CAD 系统的研制、水泵虚拟原型开发环境的组成模块、网络环境下水泵分布式协同设计的实施策略、水泵的远程快速成形及其关键技术, 并总结了原型系统的运行实例。实际开发结果表明将以上技术集成于该系统不仅能有效提高水泵的开发效率和水平, 而且为同类机械产品的虚拟原型开发提供了实用的参考价值。

关键词: 水泵; 快速开发; 虚拟原型; 网络化

中图分类号: TP391.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0128-05

1 引 言

快速产品开发技术与方法是在并行工程技术的基础上发展起来的基于现代设计理论和方法, 同时应用微电子、信息、管理等现代科学技术, 以缩短产品设计周期为目的的一切设计技术与方法的总称。随着因特网日渐成为全球化的信息共享平台, 现代网络技术为建立一种支持远程快速产品开发这一全新设计理念的信息环境提供了技术支撑, 使得网络化的分布式快速产品开发成为可能。虚拟原型(Virtual Prototype, VP), 亦称虚拟样机, 是当前网络时代的一种新型的基于集成化产品和过程开发策略的产品开发模式, 它是一种利用数字化的或者虚拟的数字模型来替代昂贵的物理原型, 以便于用户对产品进行观察、分析和处理^[1]。本文基于虚拟原型开发技术, 研究了如何集成快速产品开发技术与方法构建水泵的网络化快速开发平台, 这是将现代的先进信息技术应用于农业工程领域中的有益尝试和探索。

2 国内外水泵快速开发概况

水泵作为一种通用机械, 属于多品种、中小批量生产对象, 零部件较多、开发工作较为繁重, 如果完全依靠以往的手工研制方法需要很长的开发周期。国外利用先进的计算机技术对水泵进行开发的相关工作起步较早。一些具有一定实力的大公司, 一开始是在中型机或大型机上开展 CAD 工作的, 现在则进行了改造, 将原来的大中型计算机与新的性能价格比较高的工作站连在一起, 组成计算机网络, 从而将原来由大中型计算机担负的相当一部分 CAD 工作转到工作站上来完成, 中型机或大型机主要用于分析计算和统计管理等。目前, 国外水泵 CAD/CAM 系统正朝着进一步实用化、工程化的

方向稳步发展^[2]。欧洲最大的水泵生产商——威尔泵业公司(Weir Pump Ltd), 早在 1978 年就开始着手水泵 CAD 的研究, 英国的沃信顿-辛普森公司、日本的三菱电机公司也都在 20 世纪 80 年代就进行了水泵 CAD/CAM 系统的开发, 现已达到了比较成熟的阶段。

我国这方面的研究主要集中在高校及一些科研单位, 如北京农业大学、江苏理工大学、沈阳水泵研究所、华中理工大学等, 目前虽然已取得了初步成效, 但在先进技术的应用方面仍然相对落后。另外, 国外在水泵的开发中已有应用网络化虚拟原型技术的先例, 例如, ISR (Isothermal Systems Research) 公司已利用华盛顿州立大学开发研制的 VADE (Virtual Assembly Design Environment) 完成了第一代水泵样机的装配^[3]。在我国虚拟原型技术还处于探讨阶段, 而且主要应用于军事、航空航天领域。国内利用网络化虚拟原型技术进行机械产品开发, 特别是水泵开发的成功实例尚未见报道。目前亟待基于已有的虚拟原型技术, 汲取网络化快速开发的新思路, 研究水泵的网络化虚拟原型开发方法, 为实现水泵的快速设计、制造服务。

3 基于虚拟原型的水泵网络化快速开发集成体系

要实现水泵的网络化快速开发, 支持网络化环境的水泵 CAD 系统是快速开发的前提和基础。由 CAD 系统生成的虚拟水泵模型在虚拟原型开发环境下应用虚拟交互设备完成水泵零部件的虚拟设计, 最后经虚拟装配检验、虚拟加工、虚拟测试合格的水泵虚拟样机利用网络化的快速成形系统则得到“真实”的物理原型, 以便确保多学科的水泵设计组在产品定型前快速检测、论证和确认设计, 对水泵的设计进行反馈、实时修改, 减少水泵产品从设计到制造, 再到测试的时间周期。水泵分布式协同设计技术的实施为水泵虚拟原型开发的整个过程提供了网络化协作的开发环境; 水泵虚拟产品信息模型的建立为全生命周期的产品开发提供统一性、一致性的保障。图 1 所示为水泵网络化快速开发的集成体系。

收稿日期: 2002-10-08 修订日期: 2003-03-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59975063)

作者简介: 陈 田(1973-), 女, 博士, 主要研究方向为 CIMS、VPD、VR、E-Commerce、网络环境下远程协同设计等。杭州 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 310027。Email: chentian@cad.zju.edu.cn

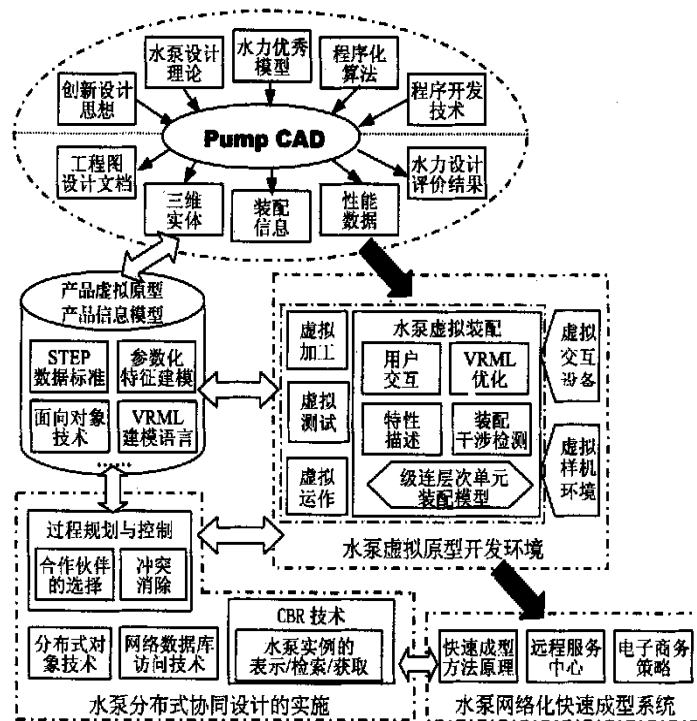


图1 水泵网络化快速开发集成体系

Fig. 1 Integrated architecture of network rapid product development for pump

3.1 Pump CAD 系统的研制

CAD 系统是以计算机硬件为基础,系统软件 and 支撑软件为主体,应用软件为核心组成的面向工程设计问题的信息处理系统。水泵的网络化快速开发始于CAD系统的研制,其研制的优劣直接影响到虚拟原型的生成效率、虚拟产品开发全生命周期的运作。

水泵通常是给定的性能、体积等指标进行产品开发,包括水泵各零部件的设计,特别是过流部件的设计。水泵虚拟原型的生成是通过将由专用水泵CAD设计系统生成的三维实体模型置于虚拟概念设计环境、虚拟装配环境、虚拟测试环境、虚拟运作环境中进行设计、评估、再设计,从而不断优化,以达到所需的性能要求。基于虚拟原型的水泵快速开发的首要问题,也是关键问题之一是开发具有三维实体建模功能的水泵CAD系统。根据水泵行业需求趋势和发展的要求,我们的Pump CAD系统在已有的水泵基本设计理论的基础上融入优化设计方法,特别是综合了厂家经过长期使用、实践积累的若干水泵优秀水力模型,以此增强了系统的灵活性与实用性。在整个系统的程序开发过程中主要以面向对象技术为中心思想,零件三维模型的建立选用Autodesk公司的面向对象的开发环境Object ARX (AutoCAD runtime Extension)以及MCAD API (Mechanical Application Programming Interface)应用程序接口,在Autodesk公司三维机械设计平台MDT (Mechanical DeskTop)软件基础上使用面向对象的编程语言Visual C++开发了基于虚拟原型的水泵CAD系统——Pump CAD,最终能够通过水泵CAD系统得到水泵的工程图档、设计文档、水泵各零件的三维实体模型

各零部件之间的装配信息、水泵设计的若干性能数据(包括流量 Q 、扬程 H 、转速 n 、汽蚀余量 $NPSH$ 、功率和效率等)以及根据不同指标得出的水泵水力设计的评价结果,为水泵快速开发后续过程的顺利完成奠定基础。水泵CAD系统开发的具体方法及其关键技术的具体论述参见文献[4]。

3.2 水泵的虚拟原型开发环境

水泵虚拟原型的开发是以计算机支持的协同工作为底层技术基础,通过支持协同工作、CAD、CAM、建模仿真、效能分析、计算可视化、虚拟现实的计算机工具,将各集成化产品小组(IPT)的设计、分析人员联系在一起,共同完成新产品的概念探讨、运作分析、初步设计、详细设计、可制造性分析、效能评估等工作的过程。图2所示为水泵虚拟原型开发的集成环境。

下面通过该集成环境分析水泵虚拟原型开发的具体运作^[5]:

1) 网络资源层:底层分布式网络环境与数据库服务系统使整个开发环境具有统一和一致的数据库管理机制。水泵虚拟原型的总体开发基于分布对象技术,主要以使用CORBA,通过ORB (Object Request Broker)把分布的对象连接成一个逻辑上统一的整体,以实现数据的网络传输与共享;

2) 水泵虚拟样机环境:水泵虚拟原型的开发过程是一个串并行交叉的过程,开发系统中的虚拟设计环境、虚拟加工环境、虚拟装配环境、虚拟测试环境及虚拟运行环境可以相互交互,能够避免传统线性、串行产品顺序开发的多种缺陷,提高设计过程的效率和灵活性。为了实践水泵的虚拟装配,我们基于水泵的级连层次单

元装配模型,通过对虚拟装配过程的特性描述,零件在虚拟装配过程中位姿关系变换,虚拟装配环境中的用户

交互等的研究,结合 VRML (V irtual Reality Modeling Language) 标准实现了水泵装配体的虚拟运转。

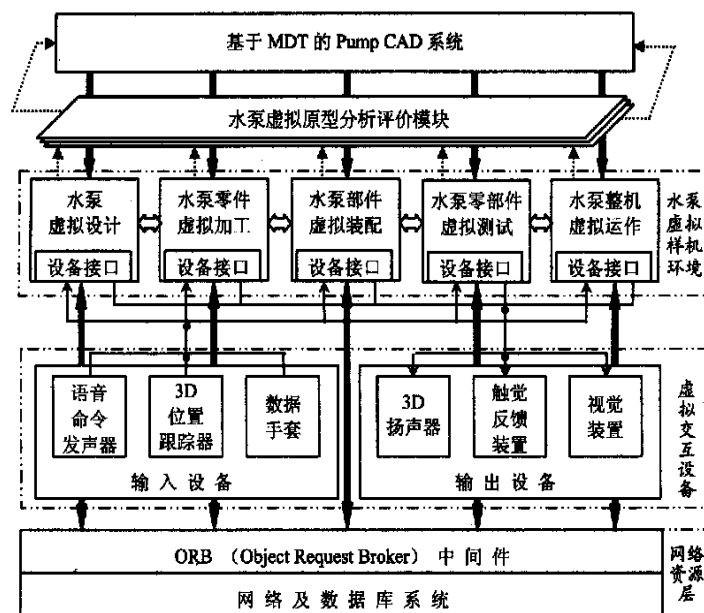


图2 基于虚拟原型的水泵开发环境

Fig 2 VP-based developing environment for pump products

3) 虚拟交互设备: 水泵虚拟原型的开发人员通过系统提供的输入输出设备在虚拟环境中对机械产品进行设计、加工、测试等, 虚拟环境提供有专门的设备接口。如在系统中通过发话机与数据手套等输入设备实现手势和声音的交流, 由发话机的命令、数据手套的动作调节水泵测试参数; 又如通过视觉装置及音响装置等输出设备“身临”水泵运转现场, 观看水泵工作状态;

4) 分析评价模块: 水泵虚拟原型在虚拟环境的开发过程中, 随时接受设计、加工、装配、测试分析及评价, 并将相应的建议、信息反馈给 Pump CAD 建模系统, 形成虚拟原型开发的闭环回路。如通过对水泵虚拟原型导出的流体能量的测量, 可得出水泵的运作效率及实际扬程, 通过将评价结果反馈给输入设备, 在对相应参数进行调整的基础上, 经过若干次的评估和改进循环, 直至确定水泵虚拟原型达到设计要求后, 再将模型投入生产。

3.3 网络环境下水泵分布式协同设计的实施

基于虚拟产品的分布式协同设计技术是建立在计算机支持协同工作环境、因特网技术、虚拟现实技术、多媒体技术以及并行工程的概念等发展基础之上的, 旨在组织多学科专家跨越地域和时间的障碍, 在产品的初始设计阶段就考虑到后续的工艺和加工需求, 共同激发创新灵感, 促进设备资源的共享, 有利于快速获得制造技术信息, 实现复杂产品的协同开发^[6]。

该水泵分布式协同设计是基于多层技术的支撑: 底层为网络通信工具及环境, 包括 Internet/Intranet 以及数据库、数据交换标准等; 顶层为应用技术支撑层, 包括计算机硬件平台、操作系统、CAD 应用软件系统MDT

及其工具等, 直接面向设计者; 在底层和顶层之间是中间层, 用以集成不同设计者使用的不同工具。前面提到的分布式对象技术及网络数据库访问技术是网络环境下水泵分布式协同设计实现的基础。由于在网络环境下采用由多人设计小组分别承担不同设计任务的开发方式, 我们对协同过程的规划与控制, 特别是合作伙伴的选择、协作冲突的消解等问题进行了相应的研究, 以提高水泵的设计质量、保障协同开发的可靠性。另外我们通过应用基于 CBR (Case-Based Reasoning) 技术的设计知识及分布式知识的获取方法保证了虚拟设计单元之间的协同^[5]。

3.4 水泵远程快速成形的实现

尽管借助虚拟产品开发技术可缩短新产品的设计周期, 但在许多情况下, 仍然需要或希望能快速制造出产品的物理原型(样机、样件), 以便更直观地“检验”产品, 同时这也是零件虚拟设计的要求。快速成形以 CAD 技术为基础, 以缩短产品开发周期为目标, 快速成形可以将可视的虚拟原型变为实际的物理零件或产品, 为零件和产品提供更为快捷经济的设计制造方法, 为快速产品开发提供性能评价、功能验证及可制造性、可装配性分析与检验等功能, 提高产品设计质量和一次设计制造的成功率。

我们利用实验室组建的局域网, 基于上述的分布式远程 Pump CAD 系统, 通过对所设计的水泵若干关键零件 CAD 模型的小三角形平面的逼近及平面几何信息的分层处理, 最后实践了远程控制 CPS250A 紫外光成形机加工“真实”的水泵零件。水泵远程快速成形的具体实现过程参见文献^[7]。

3.5 水泵虚拟产品信息模型的建立

异构环境下快速、实时地进行信息交互是水泵快速开发、信息集成的要求,是虚拟原型开发得以顺利进行的基础和保障。信息的集成、交互要求具有统一的产品模型,满足产品信息的唯一性,让产品数据实现共享,支持虚拟设计下游的信息传递与交换。数据共享包括各水泵 CAD 系统之间及虚拟原型系统与水泵 CAD 系统之间的数据共享,而实现数据共享的关键问题在于水泵虚拟原型信息模型的建立。目前,STEP 是一种较为理想的产品数据交换标准。本系统所建立的水泵虚拟原型产品信息模型是应用面向对象技术,基于 STEP 标准,采

用参数化建模方法,并结合虚拟现实建模标准来构建的,该部分已在另文中予以论述。

4 水泵网络化快速开发原型系统应用

基于以上提出的水泵网络化快速开发的集成框架,我们基于实验室内部局域网,研制了基于虚拟原型的水泵快速开发原型系统^[7],如图3所示。该原型系统面向叶片泵的开发,主要包括4大模块:水泵分布式协同 CAD 系统、水泵虚拟样机环境、水泵虚拟原型产品信息管理模块、水泵快速原型制造服务系统。



图3 水泵网络化快速产品开发平台

Fig. 3 VP-based rapid developing platform for pump

由分布式水泵远程协同 CAD 系统完成各种类型叶片泵的设计,并返回各个零部件的设计结果,如前3.1节所述。基于已设计的若干零件(叶轮、轴、泵体、泵盖、密封环等)的数字化模型,则可将其置入虚拟样机环境中通过相应的虚拟操作进行可制造性、可装配性等的分析评价;同时经过虚拟装配测试合格的水泵零件的 CAD 实体模型也可递交到远程快速原型制造服务系统(本服务系统采用 CPS250A 型紫外光快速成形机实现快速制造)只需要一周时间即可得到某一类型叶片泵所有零件的物理模型,由此通过一些物理测试更直观地“检验”水泵。其中,水泵虚拟原型产品信息管理模块基于水泵虚拟产品信息模型,实现整个开发过程产品信息的集成与共享。

5 结 语

产品开发是产品形成过程中的创造性阶段。本文基于虚拟原型开发技术,研究了如何集成快速产品开发技术与方法构建水泵的网络化快速开发平台,重点分析了 Pump CAD 系统的研制、水泵虚拟原型开发环境的组

成模块、网络环境下水泵分布式协同设计的实施策略、水泵的远程快速成形及其关键技术。本文提出的水泵网络化快速开发原型系统着眼于支持产品开发与生产全过程的数字化、并行化、智能化、集成化要求,其构建技术与方法有助于水泵虚拟原型开发的进一步开展与完善,对于同类产品的开发同样具有参考价值。

[参 考 文 献]

- [1] Salmela Marko, Kyllonen Harri. Smart virtual prototypes: distributed 3D product simulations for Web based environments[A]. Proceedings of the Annual Symposium on the Virtual Reality Modeling Language[C]. VRML, Feb 21- Feb 24, 2000, 87~ 93.
- [2] 王福军, 骆大章. 国外水泵 CAD 的硬件和软件[J]. 水泵技术, 1992, (4): 27~ 31.
- [3] Sankar Jayaram, Yong Wang, Uma Jayaram, et al. A virtual assembly design environment[A]. Proceedings of IEEE Virtual Reality 1999 Conference[C], VR'99, 172~ 179.
- [4] 陈 田, 殷国富, 舒 斌, 等. 基于三维特征建模的叶片泵 CAD 系统研制[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2001, 7

- (2): 59~ 64
- [5] 陈 田 基于虚拟原型的机械产品网络化快速开发原理与实施方法及其在水泵 CAD 系统中的应用[D] 成都: 四川大学制造科学与工程学院, 2001
- [6] Yin Guofu, Hu Xiaobing, Chen Tian. A cooperative approach based MultiAgents for distributed CAD/CAM systems[A]. International Conference on Advanced Manufacturing Technology'99[C], 1999, 715~ 717.
- [7] 陈 田, 殷国富, 王经卓, 等. 快速原型技术在网络远程设计制造系统中的应用方法研究[J]. 中国机械工程, 2002, 13(16): 1398~ 1401.

Virtual-Prototype-based network rapid development platform for pump

Chen Tian

(State Key Laboratory of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract With requirements for product of digitization, parallelization, intelligence, integration and network, the network rapid development platform for pump is built based on virtual prototyping technology. Surrounding with the integrated architecture of network rapid product development for pump, the key technologies and methods of developing a pump CAD system, building environment of virtual prototyping development, carrying out distributed cooperative design and realizing remote rapid prototyping service for pump, are discussed. The running case of the prototyping system is summarized. The practical result shows that the product development efficiency and the time-to-market speed of pump can be improved greatly through integrating the proposed technologies and methods in this system. Furthermore, that is valuable for the virtual prototype development of similar mechanical products.

Key words: pump; rapid product development; virtual prototype; network