

智能制造装备数字化设计与验证系统研究

秦永法 赵明扬 陈书宏 黄雪梅 (中科院沈阳自动化所,沈阳 110016)

A study on the digital design and verification system for intelligent manufacturing equipment

QIN Yong - fa , ZHAO Ming - yang , CHEN Shu - hong , HUANG Xue - mei
(Robotics Laboratory , Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences,
Shenyang 110016, China)

【摘要】智能制造装备的设计水平不高是制约我国装备制造业发展因素之一。在阐述智能制造装备特点的基础上,提出了一种基于 CORBA 规范的智能制造装备数字化设计与验证系统的体系结构,并探讨了实现该系统的关键技术。该系统的目的是降低智能制造设备开发成本,缩短开发周期,提高智能制造装备的设计质量。

关键词: 智能制造装备; 数字化设计; 数字化验证

【Abstract】The poor design is one of the restrict factors to the development of the equipment manufacturing enterprise in China. On the basis of expounding the features of intelligent manufacturing equipment, a CORBA - based system of the digital design and verification for the intelligent manufacturing equipment is presented. In the end, several kinds of key technologies to realize the system are discussed. The aim of the system is to reduce the cost and time for developing intelligent manufacturing equipment, and to improve the design quality for them.

Key words : Intelligent manufacturing equipment; Digital design; Digital verification

中图分类号: TH16 文献标识码: A

装备制造业是为国民经济和国家安全提供技术装备的制造业的总称。尽管我国装备制造业有了长足的进步,但现状仍然是“大而不强”[1]。装备制造业的滞后已成为制约我国国民经济运行效益提高、高新技术产业的发展以及国防安全的瓶颈。原因是多方面的。其中制造装备的设计水平是影响现代制造企业能否适应大批量定制、缩短生产周期、降低制造成本、提高企业在国际市场的竞争力的一个重要因素。随着信息技术的发展,制造装备呈现出智能化的趋势。因此,研究智能制造装备的数字化设计与验证系统对改变我国装备制造业的现状有一定的现实意义[2]。

1 智能制造装备

1.1 制造装备与智能制造装备

制造装备是指各类制造系统中所用的加工、成型和其它制造辅助设备。制造装备分单个设备、设备单元、生产车间设备系统几个层次。机床、工业机器人、工程机械、冶金机械、矿山机械、石油机械、发电与输变电设备等是工业生产中的重要制造装备。

智能制造装备是传统制造装备广泛地与微电子、光电子和人工智能技术相结合的产物[3]。未来产品的一个主要技术特

征是智能化。人工智能的应用、现代设计方法学、知识的表达与传递为智能产品的出现创造了条件。智能制造装备是指具有一定信息处理、通讯、学习、推理、决策能力,能适应迅速变化的市场,可采用敏捷的组织形态与控制机制的制造装备。如:智能化机床、智能机器人、智能成型设备、智能武器制造装备、智能运输工具(智能汽车、船舶、火车、飞机、航天器等)、智能生产线、智能化工厂等。智能制造装备的本质特征表现为个体的“自主性”与整体的“自组织能力”[4]。智能制造装备是实现智能制造系统的基础。

1.2 智能制造装备的结构特点

制造企业要适应市场需求变化,制造过程必须具有一定的柔性,而制造过程的柔性跟制造装备的性能密切相关。智能制造装备的结构特点体现在以下三方面:

一是标准化。标准化带来互换性,不仅降低了设备的安装和维护时间,而且也减少了夹具和刀具的交换时间。

二是模块化。模块化为制造装备的快速重构以适应新的制造过程提供基础。

三是具有智能闭环处理模块。这种智能闭环处理模块具有四个主要功能组件:过程传感器、过程执行器、过程控制器、

人的操作器。智能闭环处理模块如图 1 所示。

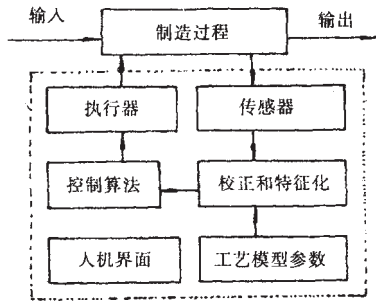


图 1 智能闭环处理模块

2 数字化设计

数字化技术是指以计算机硬件、软件、信息存储、通信协议、周边设备和互联网络等为技术手段。以信息科学为理论基础的技术。数字化技术包括信息离散化表述、扫描、处理、存储、传递、传感、执行、物化、支持、集成和联网等领域的科学技术集合。数字化技术在设计领域的广泛应用,改变了传统的设计流程和设计方法,形成了数字化设计技术。数字化设计技术已成功用于飞机、汽车等复杂产品的设计过程。

数字化设计的核心是设计过程中各种信息的离散化。所有的信息均以数字化来表示,设计、预装配、模拟测试工作全部在计算机上进行。将自然界的连续物理现象、模糊的不确定现象,以及人的经验与技能等离散化,进而实现数字化。离散数学、计算几何、计算力学等学科为数字化设计提供了理论支撑。

数字化设计的中一个较为成熟的领域是 CAD,其建模技术经历了从线框模型、曲面模型和实体模型到基于特征的造型技术的发展。CAD 软件要具有既能描述零件的表面信息,也能描述零件的内部材料信息的功能。此外,各种 CAD 软件之间、CAD 软件与 CAM 软件、PDM 软件之间的数据交换标准的制订会推动数字化设计技术的发展。

智能制造装备的数字化设计除了要满足一般产品设计的要求外,还要考虑制造装备本身的特点:

(1) 由于智能制造装备通常是一个复杂机电系统或机、电、液、气系统,因此,进行智能制造装备数字化设计时,设计信息量大、信息之间的关系复杂。这给信息的存储、传递带来一定的问题。

(2) 智能制造装备的数字化预装配、机构运动模拟、制造过程的仿真都需要相应制造的主导知识,如制造过程中的力、热、声、振动、误差等物理量的建模。

(3) 未来的智能制造系统对智能制造装备的设计也提出了新的要求,如智能制造装备要易于可重构等。

3 数字化验证

虚拟现实技术、面向对象技术、传感技术、以及处理能力日益强大的计算机硬件和软件技术为智能制造装备的数字化验证提供了条件。智能制造装备的物理样机的建造时间长、费用高,数字化验证方法不仅可以在数字空间校验智能制造装备的结构和工艺参数,而且将设备使用时的各种物理和几何现象可视化。以智能装配机器人为例,数字化验证技术可以用来在计

算机中检验所设计的智能装配机器人的工作空间、运动轨迹、装配过程中是否出现干涉、装配力的大小,甚至可以用来校验多台智能装配机器人的之间的协调、信息的集成等。沉浸在数字空间中的人,会对智能装配机器人的构成和装配过程有深刻的理解。此外,基于虚拟环境的数字化验证技术有利于人的创造性思维,有利于进一步提高制造装备的智能,开发友好的人机界面。

4 智能制造装备数字化设计与验证系统

4.1 体系结构

智能制造装备数字化设计系统有着与一般产品设计系统不同之处。随着网络和通讯技术的发展,为了降低智能制造设备的安装、维护费用,智能制造装备的远程诊断和维护是大势所趋。这就要求智能制造装备数字化设计与验证系统是一个基于 Internet 的具有开放结构的系统。

智能制造装备是一个制造系统的子系统,因此需要在制造系统总体框架下考虑智能制造设备的设计与验证,在智能制造设备的设计与验证系统中集成了相关的制造系统信息,能设计出更好满足客户要求的产品。此外,智能制造装备使用时,会消耗能源,产生对环境有影响的物质,所以,智能制造装备要采用面向环境的设计,当然对环境影响的建模是一项较为复杂的工作。

这里所述智能制造装备数字化设计与验证系统的体系结构如图 2 所示。

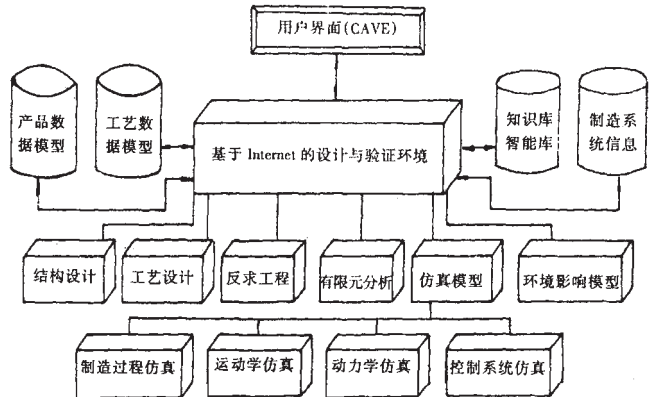


图 2 智能制造装备数字化设计与验证系统的体系结构

4.2 系统的软硬件组成

系统的软硬件组成如表 1 所示。

表 1 系统的软硬件组成

	分类	名称
软 件	结构设计	UG、Pro/E
	工艺设计	eM - Power
	有限元分析	Ansys、Nastran
	制造过程仿真	UG、eM - Power
	运动学仿真	Adams
	动力学仿真	Adams
	控制系统仿真	Matlab
硬 件	虚拟现实系统	CAVE 系统
	图形工作站	IBM
	网络基础设施	

4.3 关键技术

4.3.1 信息集成

信息集成的一个基本问题是信息的概念模型。传统信息集成的概念模型仅仅注重产品的几何数据,而不是几何数据的产生和使用的过程,因而,这样的数据模型是不能反映数据与时间之间关系的静态数据模型。

目前较为常用的对象和 Agent 模型,在不太复杂的信息系统集成应用较为普遍。一种称为功能转换模块 (Functional Transformation Module) 的信息模型有望更好地解决复杂制造系统信息的集成 [5]。

信息系统标准的开发是信息集成的关键。智能制造装备信息的无缝集成依赖于普遍接受的信息系统标准。集成信息框架要提供系统中各部分的连接和通讯,包括物理连接和消息传递,数据、信息、对象和知识的管理,以及系统中各实体的读取、创建、编辑、执行、监测、控制等操作 [6]。这里所述智能制造装备数字化设计与验证系统的采用基于 CORBA (公共对象请求代理结构) 规范的信息集成策略。CORBA 通过引入 ORB 解决了异构环境下的应用环境互操作问题,应用程序可以透明地访问位于不同计算机和操作系统环境地对象。CORBA ORB 的结构如图 3 所示。

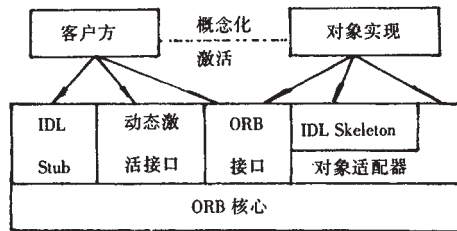


图 3 CORBA ORB 的结构

语言用来定义对象地请求/服务接口,描述应用对象所封装地内容和界限。只要应用程序有 CORBA 的接口和一致的语义,就可以集成到图 2 的所示体系结构中。这样可以创造一个协同的虚拟设计环境。

4.3.2 制造过程仿真

为了验证所设计智能制造装备的性能,在智能制造装备数字化设计与验证系统中集成了制造过程仿真模块。仿真其实是一个迭代的过程,先对研究对象建立仿真模型,通过仿真试验得到仿真结果,对仿真结果进行解释,将仿真结果与经验和理论值进行对比,改变研究对象地参数,完善仿真模型,再进行仿真试验。

最终达到加深对研究对象地理解和优化设计的目的。这里所述系统采用面向对象的仿真方法对制造过程进行仿真,面向对象的仿真流程如图 4 所示。

4.3.3 虚拟环境中的人机交互

智能制造装备数字化设计与验证系统中的虚拟场景的产生

采用美国依利诺斯大学研制的 CAVE 系统。采用三个背投式投影机将场景投在“房间”三个墙壁上,一个反射式投影机将场景投在地面上。CAVE 虚拟环境示意图如图 5 所示。该系统可以产生高清晰全彩色的逼真影像,改善周边视野效果,减少影像的几何变形,减少用户负重的硬件,消除头部转动的误差。能够开发与超级计算机联网的可视化的工具和数据源。

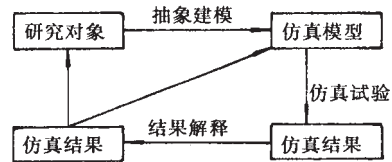


图 4 面向对象的仿真流程

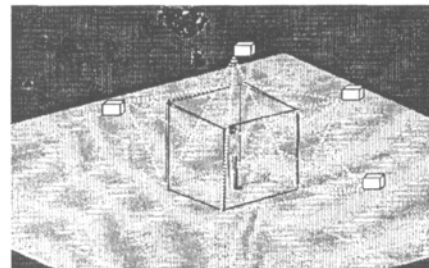


图 5 CAVE 虚拟环境

智能制造装备数字化设计与验证系统中的人机交互的另一个问题就是虚拟控制器和虚拟传感器的设计。虚拟控制器用来接受人给出的指令从而驱动虚拟环境中的对象。虚拟传感器用来感受虚拟环境中的对象的变化,如感受虚拟环境中智能机床工作状态的变化,虚拟环境中移动机器人的路径跟踪等。部分虚拟设备的三维建模采用虚拟现实建模语言 (VRML) 该语言和 Java applet 相结合可以在 Internet 上开发和浏览三维图形。

5 结束语

这里针对我国装备制造业的现状和智能制造装备的特点,提出了智能制造装备数字化设计与验证系统的体系结构,并探讨了实现系统的关键技术。数字化的设计方法和虚拟验证系统将会降低智能制造设备开发成本,缩短开发周期,提高智能制造装备的设计质量。

参考文献

- 1 屈贤明. 装备制造业的振兴和产品创新. 中国机械工程, 2002. 4.
- 2 国家自然科学基金委员会. 先进制造技术基础. 北京: 高等教育出版社, 施普林格出版社, 1998.
- 3 张伯鹏, 孟威, 赵大泉等. 新型机器人化制造装备设计研究及建造. 清华大学学报 (自然科学版), 2000. 8.
- 4 刘光富, 张曙. 面向联盟企业的智能化制造装备. 制造技术与机床, 2001. 3.
- 5 James A. Jodan, JR. Frederick J. Michel. Next Generation Manufacturing - Method and Technology. New York: John Wiley & Sons, INC. 2000.
- 6 张曙. 分散网络化制造. 北京: 机械工业出版社, 1999.