

制造企业信息集成系统的研究*

蔡宗琰^{1,3}, 常志庆², 王宁生³, 李亚白³, 郝文育³

(1. 长安大学 信息集成研究所, 陕西 西安 710064; 2. 南京航空航天大学 人事处, 江苏 南京 210016; 3. 南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210016)

摘要: 提出制造企业信息集成系统的模型和组成方案, 并分析企业资源计划系统、工程设计系统、制造执行系统、车间底层控制和信息集成支撑系统等制造企业信息集成系统的组成模块的功能。

关键词: 飞行器制造技术; 制造企业信息集成系统; 信息模型; 企业资源计划; 制造执行系统

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)02-0062-03

Study on Manufacturing Enterprise Solution System

CAI Zong-yan^{1,3}, CHANG Zhi-qing², WANG Ning-sheng³, LI Ya-bai³, HAO Wen-yu³

(1. Research Institute of Informational Integration, Chang an University, Xi an Shanxi 710064, China; 2. Dept. of Human Resource Management, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing Jiangsu 210016, China; 3. College of Mechanical & Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing Jiangsu 210016, China)

Abstract: The modeling of manufacturing enterprise solution system and its realization methodology were suggested. Moreover, the function such modules as enterprise resource planning system, engineering design system, manufacturing execution system, and control layer as well as informational infrastructure was designed for manufacturing enterprise solution. The architecture of manufacturing execution system was also suggested for manufacturing enterprise solution.

Key words: Aeronautical and Astronautical Manufacturing Technology; Manufacturing Enterprise Solution System(MESS); Informational Modeling; Enterprise Source Planning; Manufacturing Execution System(MES)

制造企业信息集成系统(Manufacturing Enterprise Solution System, MESS) 是由 MESA International (Manufacturing Enterprise Solution Associations International) 于 2003 年提出的, 并已获得各种类型的制造企业、信息系统技术开发商的认可和积极响应^[1]。制造企业信息集成系统是计算机集成制造理念的发展和体现, 是实现企业的全面信息集成和优化运行的重要理念。研究和实施制造企业信息集成系统, 对推动我国企业信息化工程的全面实施具有重要意义。

1 制造企业信息集成系统的组成

制造企业信息集成系统的模型提供了企业全面信息集成和优化运行的框架, 如图 1 所示。该模型基于产品生命周期管理的理念, 在信息集成支撑系统的支持下, 实现企业的管理信息系统、工程设计系统、制造执行系统和车间底层控制之间的全面信息集成。制造企业信息集成系统由以下五个系统组成:

(1) 企业资源计划系统

企业资源计划系统是一个有效利用和管理企业整体资源的管理信息系统, 它由生产管理控制、库存管理控制、经营预测、采购管理、销售管理、质量管理、成本管理、设备管理、会计核算、固定资产管理、财务管理、人力资源管理、基础数据管理等基本功能组成。其中, 生产管理控制主要包括主生产计划、物料需求计划、能力需求计划、车间控制和制造标准等子功能。

采购管理主要包括供应商管理、采购计划管理、采购订单管理、采购收货管理等子功能。销售管理主要包括销售计划管理、销售订单管理、销售服务管理和收发货管理等子功能。质量管理主要包括质量标准管理、质量检验、质量分析和质量控制等子功能。库存管理主要包括库存准备计划、库存操作处理等子功能。会计核算功能主要总账、应收账、应付账、现金管理、工资核算、固定资产核算和成本核算等子功能。财务管理功能主要包括财务计划、财务分析和财务决策等子功能。人力资源管理主要包括人力资源规划、招聘管理、培训计划、人力资源考核和人事管理等子功能。此外, 有的 ERP 系统还向 SCM 和 CRM 扩展, 包括了供应链管理和客户关系管理的全部功能。

(2) 工程设计系统

工程设计系统的主要任务是产品和工装设计及其仿真优化、零件制造工艺和产品(部件)装配工艺设计、零件数控加工程序设计等^[2]。工程设计系统可通过产品数据管理(PDM)这一企业级技术信息系统集成计算机辅助设计(CAD)/计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺设计(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)等计算机辅助工具系统来实现。PDM系统是3C(CAD/CAPP/CAM)系统的信息集成平台。在制造企业信息集成系统中, 一个完善的PDM系统应具备对技术过程(主要是更改、检验和发放过程)进行控制、利用项目管理对并行工程过程进行管理、在产品全生命周期中利用配置管理对虚拟的产品模型进行无缝集成和全面质量管理等功能。总结某企业信息化工程的经验, 我们认为一个功能完善的PDM系统应包括文档管理、产品浏览和批注、零件分类管理、产品结构管理、 workflow管理、项目管理、配置管理、系统管理和应用集成等应用模块。

(3) 制造执行系统

制造执行系统是介于计划管理层和车间底层控制之间的面向制造过程的集成化车间生产管理控制系统^[3], 它处于 AMR 的三层企业集成模型^[4]的中间层。制造执行系统一方面对来自计划管理层的生产管理信息细化分解并作出决策, 将操作指令传递给车间底层控制; 另一方面它实时监控车间底层设备和仪表的运行状态, 采集设备和仪表的状态数据, 经过分析与决策后采取适当的措施, 并及时将生产状况反馈给计划管理层。这不仅方便可靠地将管理控制系统与信息系统联系在一起, 而且实现了计划管理层与车间底层控制之间的无缝连接。

制造执行系统由生产管理分系统、物料管理分系统、再制品管理分系统、DNC 管理分系统、设备管理分系统、质量管理分系统、人力资源管理分系统、成本管理分系统、生产数据分析分系统、基础数据管理分系统和系统管理分系统 11 个分系统组成。

(4) 车间底层控制

车间底层控制是混合的硬件/软件系统^[5], 通常包括: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)、分布式控制系统 (Distributed Control System, DCS)、计算机数控 (Computerized Numerical Control, CNC)、分布式数控 (Distributed Numerical Control, DNC)、监控控制与数据采集 (Supervisory Control and Data Acquisition System, SCADAS) 系统、机器人技术系统、材料传送系统和其他旨在完成生产任务的计算机化的过程控制。

(5) 信息集成支撑系统

制造企业信息集成系统的本质特征是信息集成和系统优化。实施信息集成的技术包括计算机网络技术、分布式数据库技术和软件技术等, 但其信息集成的支撑技术应为计算机网络和分布式数据库技术。因此, 制造企业信息集成系统的信息集成支撑系统是计算机网络和分布式数据库系统。信息集成支撑系统的功能是支持制造企业信息集成系统各组成系统的无缝集成。实现这种集成的关键技术是分布式对象技术。

从制造企业信息集成系统的各组成系统的功能看, 信息集成支撑系统为企业信息的全面集成提供支撑平台, 而产品生命周期管理则为制造企业信息集成系统提供了一种面向产品全生命周期管理的理念^[6]。工程设计系统是企业产品设计制造的技术支持和保证, 而企业资源计划系统 (包括供应链管理和客户关系管理) 则是企业级管理信息系统, 两者的集成实现了企业级技术信息和管理信息的全面集成。车间底层控制本质上是对车间设备的重复动作的控制。制造执行系统不仅实现了计算机辅助车间生产管理控制功能, 而且实现了企业级信息系统和车间底层控制之间的无缝连接。由此可见, 制造执行系统是制造企业信息集成系统的核心, 没有制造执行系统, 便没有企业的全面信息集成和优化运行。因此, 以制造执行系统为切入点实现企业的全面信息集成和优化运行是实施制造企业信息集成系统的一种切实可行的方案。

2 面向制造企业信息集系统的体系结构

面向制造企业信息集成系统的制造执行系统应具备可集成性、可重构性、可扩展性等特征, 因此, 本文借鉴可重构制造系统的可重构控制器的体系结构^[7], 提出面向制造企业信息集成系统的制造执行系统的体系结构, 如图 2 所示。其中, 分

布式对象技术是研究分布于网络不同节点上的对象如何协作、共同完成特定任务的软件技术。目前, 分布式对象技术的主流规范是 OMG 的 CORBA, Microsoft 的 COM/DCOM 和 SUN 公司的 Java Bean^[7]。这三种规范各具特色, 但都提供了软件构件技术的底层支持。因此, 根据所采用的分布式对象技术规范的不同, 面向制造企业信息集成系统的制造执行系统又可分为基于 Windows DNA 和基于 CORBA 的体系结构。

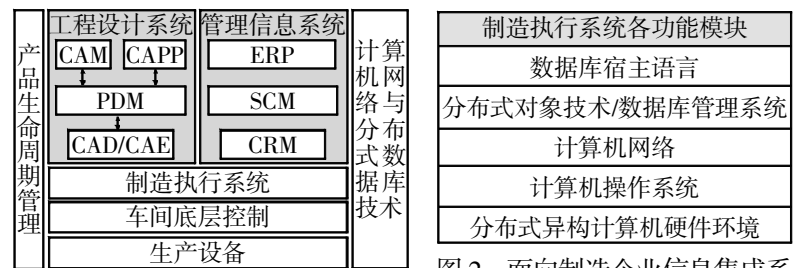


图 1 制造企业信息集成系统的模型

图 2 面向制造企业信息集成系统的制造执行系统的体系结构

2.1 基于 Windows DNA 的面向 MESS 的 MES 体系结构

Microsoft Windows DNA (Microsoft Windows Distributed Internet Architecture) 作为一种应用体系结构, 将 Internet, C/S 和 PC 计算模式集成到该体系结构中, 提供了一种创建高度分布的、可扩展的多层体系结构的应用解决方案。Windows DNA 以 Windows 为平台, 基于 COM/DCOM 来解决面向制造业的应用间集成。基于 Windows DNA 的制造执行系统的体系结构采用客户/服务器的结构和三层的分布计算模型。三层的分布计算模型包括表示层 (Presentation Tier)、构件层 (Component Tier) 和数据访问层 (Data Access Tier), 如图 3 所示。

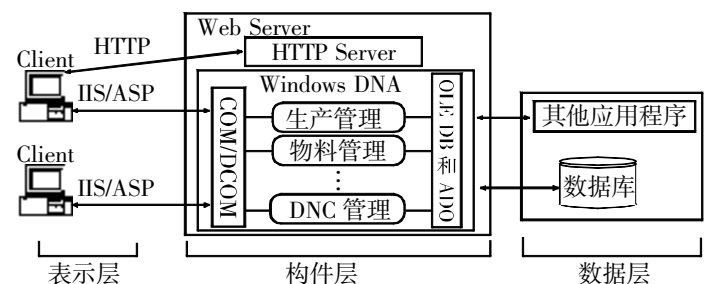


图 3 基于 Windows DNA 的制造执行系统的体系结构

其中表示层主要提供统一的图形用户界面, 负责与用户进行交互、向用户提供数据, 并有选择地允许用户编辑数据。构件层通过制造执行系统的各功能模块之间的相互交互、合作、协调完成制造执行系统的全部功能活动。在数据访问层, 主要包括数据的定义、访问、修改和删除等管理, 并响应业务服务的数据请求。此外, Windows DNA 提供通用数据访问功能 (UDA), 它通过 OLE DB 和 ADO, 提供对多种平台上各种信息源 (关系型、非关系型、E-mail、文件型数据、文本、图形等) 的高性能访问和易于使用的与工具和语言无关的编程接口。

基于 Windows DNA 的制造执行系统与其他系统的集成方案如图 4 所示。

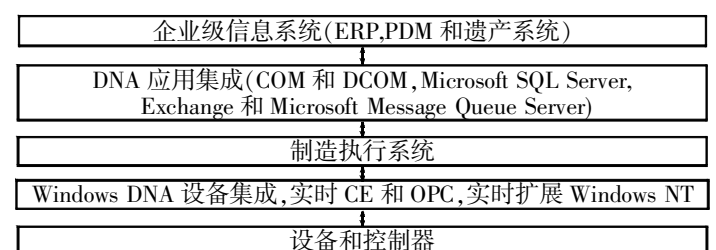


图 4 基于 Windows DNA 的制造执行系统与其他系统的集成

基于 Windows DNA 的制造执行系统可以方便地实现与

ERP, PDM 系统的集成, 并通过微软的消息队列服务器实现线程管理, 而在事务数据共享方面则由 SQL Server 实现。制造执行系统可以利用 OPC 和实时 CE 系统实现与设备的集成, 保证数据的实时采集与分析。

2.2 基于 CORBA 的面向 MESS 的制造执行系统体系结构

公共对象请求代理结构 CORBA 是 OMG 制定的一个工业规范, 它相当于一种“软件总线”。利用 CORBA 可方便地实现不同程序之间的通信, 而无须考虑程序设计的方式、编程语言和运行平台。基于 CORBA 的面向制造企业信息集成系统的制造执行系统体系结构如图 5 所示。在该体系结构中, CORBA ORB/IOP 相当于一根“软件总线”, 制造执行系统的各功能模块都作为 CORBA 的特定应用对象“插”到 CORBA 的“软件总线”中去, 并实现与工厂级信息系统和具有人机界面的设备控制器的通信和互操作。

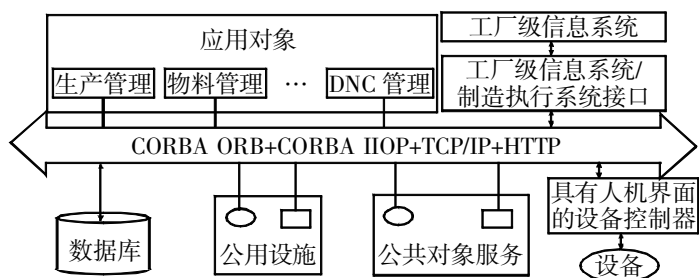


图 5 基于 CORBA 的面向制造企业信息集成系统的制造执行系统体系结构

基于 CORBA 和基于 Windows DNA 的面向制造企业信息集成系统的制造执行系统的体系结构, 都能支持制造企业解决方案的全面信息集成和优化运行, 而且各有特色。如果制造企业解决方案中的各应用系统是面向 Windows 平台, 那么使用基于 Windows DNA 的制造执行系统体系结构是最佳选择。但如果制造企业解决方案中的各应用系统存在跨平台互操作, 那么基于 CORBA 的制造执行系统体系结构是最合理的选择。

3 应用例子

在某航天制造企业信息化工程中, 我们在根据本文提出的制造企业信息集成系统的模型对该企业的业务流程进行重组的基础上, 利用基于 CORBA 的面向制造企业信息集成系统的制造执行系统体系结构, 实现了该企业的全面信息集成。在具体实现中, 厂部生产计划部门、车间计划调度室和其他厂部或车间的生产技术准备部门的计算机和每台 DNC 前的计算机终端通过计算机网络相连接。在实际运行时, 厂部的生产计划通过企业资源计划与制造执行系统的接口导入制造执行系统, 如图 6 和图 7 所示。制造执行系统根据厂部的生产计划生成车间月计划和 DNC 工段的周计划, 如图 8 ~图 10 所示。根据周计划生成 DNC 工段的日计划并派工, 如图 11 和图 12 所示。工人是否完工以及设备状态等数据可通过 DNC 前的计算机终端反馈给计划部门和领导, 如图 13 和图 14 所示。

目前, 本系统在该企业实际运行近一年, 系统运行情况正常。本系统的使用不仅改善了该企业的生产管理, 而且提高了该企业的生产绩效。以该企业的某车间为例, 在使用本系统后制造周期缩短 23%, 再制品减少 36%, 制造提前期缩短 18%, 废品率降低 20%, 员工工作效率提高 62%。

应用例子的运行情况表明, 本系统实现了企业资源计划、

制造执行系统和车间底层控制之间信息的全面集成, 而且提高了企业的生产绩效。



图 6 ERP 与制造执行系统的接口界面



图 7 厂部生产任务管理界面



图 8 车间月计划界面



图 9 DNC 工段的周计划界面



图 10 周计划管理界面



图 11 日计划管理界面



图 12 派工单管理界面



图 13 日完工报告界面



图 14 设备故障报告界面

4 结论

制造企业信息集成系统是制造企业全面信息集成和优化运行的关键技术。本文提出在信息集成支撑系统的支持下, 由企业资源计划系统、工程设计系统、制造执行系统和车间底层控制全面集成组成制造企业信息集成系统。同时, 本文根据制造执行系统是制造企业信息集成系统中信息集成的切入点, 提出面向制造企业信息集成的制造执行系统的体系结构。某航天制造企业信息化工程中的一个应用例子验证了本文提出的制造企业信息集成系统的模型和面向制造企业信息集成的制造执行系统的体系结构是正确可行的。

参考文献:

[1] ESA International. Why did MESA Change the Meaning of Its Name [EB/OL]. <http://www.mesa.org/about/faqs.asp>, 2003-11-16/2004-01-16.

[2] 蔡宗琰, 严新民. 计算机辅助可重构制造系统设计 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(2): 125-129. (下转第 67 页)