

基于先进过程控制技术的 综合自动化系统的实现

(中国航天科工集团测控中心) 范佳平 董秀军

范佳平 (1966-)

男, 硕士, 中国航天科工集团测控中心, 研究员, 时任总经理助理和副总工程师, 主要从事工业自动化测控及应用技术研究。

摘要: 本文简要论述了先进过程控制技术的产生与发展背景, 介绍了全集成新一代工业自动化控制系统的组成及技术特点, 通过两个具体的应用实例, 验证和说明了自动化测控系统及先进的智能预测控制技术对多变量、强耦合、非线性、大时滞等复杂被控对象具有很好的控制品质, 能较好地满足对安全、高效、优质、低耗等自动化生产需求。

关键词: 智能预测控制; 全集成; 工业自动化; OPC; HLA; SPC

1 引言

随着现代工业生产过程控制日趋多样化和复杂化, 常规控制理论及技术难以解决复杂过程控制中遇到的诸多问题, 比如多变量、强耦合、非线性、大时滞等。伴随人们对安全性、高效率、高质量、低能耗自动化生产需求的不断提高, 各种先进控制技术应运而生, 比如自适应控制、预测控制、鲁棒控制、智能控制、专家系统、模糊控制, 等等。随着测控技术的飞速发展和测控领域的不断扩展, 人们对测控系统的要求越来越高, 因此, 基于原始的低水平、单功能的重复开发模式已不适应现代测控系统的需求, 而通用化、标准化、模块化、集成化设计理念已经成为当今测控系统的主流。自动控制技术、电子技术、计算机技术、网络通信技术的飞速发展与成熟, 为研究与实现全集成新一代工业自动化控制系统创造了有利条件。伴随着世界各国工业自动化需求不断增加和工业生产过程控制

的多样化和复杂化, 推广应用具有先进过程控制功能的全集成新一代工业自动化测控系统势在必行。

中国航天科工集团测控中心(航天测控中心)将先进控制理论与多年在军工、民用领域的实际测控经验相结合, 针对大型复杂生产过程的控制特点, 推出了全集成新一代工业自动化控制系统—友力2008。通过在航空航天、石油化工、钢铁、电力、军工等测控领域的具体应用与实践证明, 具有先进智能预测控制功能的综合自动化控制系统——友力2008, 能有效解决常规测控系统中无法解决的多变、强耦合、大时滞等复杂控制对象的动态控制问题, 实现了整个自动化生产过程安全、高效、平稳运行, 产生了很好的经济效益和社会效益。

2 全集成新一代工业自动化控制系统简介

全集成新一代工业自动化控制系统集信息链接技术、现场总线技术、智能预测控制技术、HLA仿真技术、数据处理技术、OPC技术、组态技术于一身, 遵循网络化、层次化设计理念, 将生产调度、数据采集、质量控制、文档管理、绩效管理等相关功能进行有机集成, 为控制包括物料、设备、人员、流程指令和设施在内的所有工厂资源提供了统一的管理平台, 为企业精细化、弹性化生产制造提供了良好的管理环境, 可以帮助企业灵活地进行生产调度、合理安排企业产能、提高生产效率、实时监控生产过程、减低成本和物资损耗, 从而提高企业产品质量和按期交货能力, 实现生产制造过程的敏捷化。

2.1 硬件体系结构

按功能分层, 全集成测控系统大致分为3个功能层次: 过程控制层、企业生产管理层和企业经营管理层, 通过现场数据服务器和实时关系数据库将3个功能层次紧密联系在一起, 实现了海量数据的有效管理和厂级数据共享, 如图1所示。

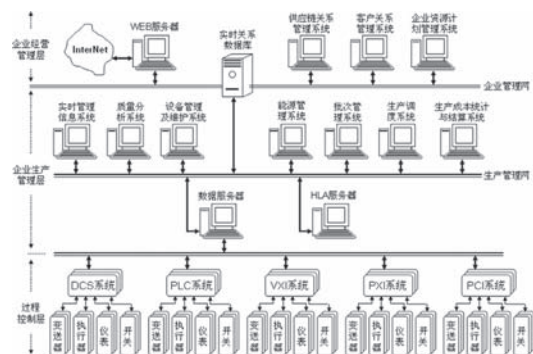


图1 全集成新一代工业自动化控制系统硬件体系结构

2.1.1 过程控制层

全集成测控系统采用开放式设计风格，依据控制成本、控制规模（控制点数）等实际测控需求，既可以用集散控制系统（DCS）对自动化生产实施过程控制，也可以采用传统的工业自动化控制设备PLC系统、军工测试与控制领域常用的VXI系统、小型化PXI系统以及CPCI系统等。不管采用何种控制系统，均可使用OPC或其他连接技术将各系统实时数据进行归一化处理，并将处理结果数据上传到现场数据服务器中。每套控制系统均与现场仪表、变送器、执行器、开关等现场设备连接，这些现场设备将依据各系统控制站预定流程采集现场数据和控制实际被控对象。

全集成测控系统具有很好的开放性、可伸缩性及安全性和可靠性。根据实际的测控需求，既可以采用单一总线形式的测控系统，也可以将几套不同总线形式的测控系统集成到一起共同完成预定的测控任务。一般控制系统可以实现没有点数限制，可以依据实际控制规模任意裁剪或扩展（增减成套系统或功能板卡），不论系统大小，均能圆满完成测控任务，为企业节约了控制成本。同时关键部件可采用冗余设置（电源、网络、控制卡、IO卡等），出现故障自动切换，并发出声、光报警信号，全部支持热拔插，从而有效保证了整套系统长时间安全、稳定、可靠的运行。

2.1.2 企业生产管理层

企业生产管理层由多套管理系统组成，主要有现场数据服务器系统、HLA服务器系统、实时管理信息系统、质量分析系统、设备管理及维护系统以及能源管理系统、批次管理系统、生产调度系统、生产成本统计与结算系统等。现场数据服务器负责接收与管理过程控制层中各个测控系统上传的实时数据，企业生产管理层中其他系统的数据来源均出自现场数据服务器。各个生产管理系统依据各自职责随时从现场数据服务器中提取相关数据信息，分析处理后进行结果显示、存储、打印等操作。通过设备管理及维护系统可以监督、指导现场人员进行有效的系统维护、故障排查甚至远程诊断。

HLA服务器系统是基于高层体系结构的仿真服务器（RTI），通过HLA客户端程序可以在线进行分布式仿真，比如事故追忆仿真、工艺流程仿真、生产过程仿真等。

2.1.3 企业经营管理层

企业经营管理层通过实时关系数据库系统与企业生产管理层互联，其他管理系统均从实时关系数据库中提取数据，这些系统包括供应链关系管理系统、客户关系管理系统、企业资源计划管理系统以及WEB服务器等。

企业生产管理层中的相关管理系统将有关数据处理结果及时上传到实时关系数据库，企业经营管理层中的其他管理系统按需从实时关系数据库提取数据信息，经过分析处理后，进行显示、存储或直接形成表格，以供企业领导或管理人员查阅。WEB服务器是企业的门户网站，是联通世界各地客户的大门，各地区客户通过IE浏览器可以随时调阅企业的相关信息，比如企业概况、产品目录、报价、产品介绍、用户手册等。WEB服务器一旦检测到用户获取信息请求，将立即检索实时关系数据库。检索到用户所需信息后，WEB服务器将把结果数据按预定格式生成网页，并及时回传给用户。

2.2 软件体系

依据全集成测控系统硬件体系结构划分，其软件体系结构大致也分为3个层次，如图2所示。

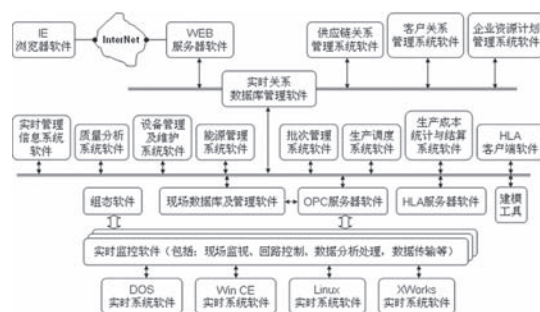


图2 友力2008软件体系结构

2.2.1 过程控制层软件

主要包含实时操作系统软件、实时监控软件、组态软件以及OPC服务器软件等，这些软件将分别运行在控制站、智能板卡、操作员站、工程师站中，它们相互配合，共同完成过程监测、先进过程控制、综合数据处理、数据传输等测控任务。组态软件是工业自动化控制系统中的重要工具软件，它完全遵循IEC61131-3标准设计，繁琐的工艺流程、复杂的现场控制流程图，变量定义、画面定制等工作，均可用可视化的组态软件完成。

为满足复杂多变过程控制需求，实时控制系统中嵌有多种先进控制算法，如航天测控中心自主研发的智能预测控制算法SPC2008（原理参见图3所示），将预测控制理论、自适应控制理论和智能控制技术有机结合，通过对被控对象连续实施模型预测、反馈控制和滚动优化，有效解决了其他控制算法无法解决的多变、强耦、大时滞复杂控制对象的动态控制问题。航空航天、石油石化、钢铁电力等大型复杂自动化过程控制中，大多具有多变量、非线性、时变性特征，有时还对响应的快速性和控制的精确性提出更加苛刻的要求，应用SPC2008可以使这些难题得到圆满解决。它是一种无模型控制技术并具有很强的自学习能力，在实际测控过程中不需要建立控制对象的数学

