

基于 MAS 的泵站智能控制-维护-技术管理集成系统

杨汉成¹, 张黎明², 索丽生¹, 陈守伦¹

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 水利部南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210012)

摘要 针对泵站自动化领域中控制、维护、技术管理之间彼此分离, 缺乏信息交流, 不能充分发挥系统综合优势的问题, 结合分布式人工智能的多智能体技术, 提出了基于多智能体的泵站控制-维护-技术管理集成系统。结合实例研究了集成系统特点、结构、工作机理及其实现, 实际工程表明, 基于 MAS 的 ICMMS 能有效改善控制、维护、技术管理隔离, 提高了系统的综合性能。

关键词 控制; 维护; 技术管理; 集成; 多智能体系统; 泵站自动化

中图分类号 TV734.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)03-0281-04

近几年来, 现代控制技术和管理技术尤其是计算机技术的迅猛发展, 给大型泵站的运行管理带来深刻的变化。泵站运行管理自动化主要包括相对独立又相互依赖的自动控制子系统、维护子系统、管理子系统 3 部分, 这 3 部分有机结合才能充分发挥系统的总体优势。但是, 在现实的泵站自动化系统中, 这三者因其具有相对的独立性常常是独立设计、独立实施的, 从而造成控制、维护、管理三者分离、缺乏有效信息交流, 在硬件资源、运行机理上缺乏总体优化, 出现决策不全面, 有时甚至出现不协调、互相冲突等问题。解决这 3 个子系统的集成问题成为提高泵站综合运行管理水平的关键问题。

多智能体技术(MAS: Multi-agent System)是分布式人工智能领域解决复杂的分布式问题的新技术, 其目标是将大的复杂系统建成小的、彼此相互独立、相互通讯及协调、易于管理的子系统, 从而解决复杂的技术难题^[1]。泵站自动控制系统也是由许多相对独立又彼此依赖的小系统组成的。基于多智能体的泵站控制系统就是采用该技术, 解决控制、维护、技术管理隔离的问题, 实现控制、维护和技术管理集成化, 充分发挥三者联合的优势, 使系统获得高性能、高可靠性和高效益。

1 多智能体及泵站智能控制-维护-管理集成系统

智能体及多智能体系统(MAS)是分布式人工智能研究的热点之一。MAS 是由多个简单智能体的集合, 每个智能体是一个物理的或抽象的功能实体, 能作用于自身和环境, 并能与其它智能体通讯^[2]。在 MAS 中, 智能体间的互通可以改善信息、知识片面性及不确定性, 智能体可以协作行动, 在解决实际问题时表现出很强的鲁棒性和可靠性, 因此可改善单个智能体的基本能力, 更利于发挥 MAS 的综合能力, 具有较高的问题求解效率。目前, MAS 已广泛地应用于监控及诊断、柔性制造、软件开发、专家系统和分布式智能决策等领域。

作为水利信息化和现代化的重要内容, 必须解决泵站自动化系统中控制、维护和管理三者分离、缺乏有效信息交流, 不能发挥泵站系统综合潜能这一问题。欧美等发达国家利用先进的信息技术, 综合可靠性、优化性、经济性等技术指标, 进行了探索^[3]。国内也做了大量的研究工作, 提出了控制-维护-技术管理集成 ICMMS 的概念^[4, 5]。

在泵站自动化方面, 目前的自动控制系统大多基于微处理器和网络技术, 已达到了相当水平, 大量成熟的智能仪表和可编程序控制器的运用, 使得系统自动控制的智能程度有较大提高。但在维护方面, 基本无自动化可言, 水平很低, 主要是事后维护不能做到设备故障的及时发现和排除。故障和事故处理只能根据控制系统产生的有限报告记录, 故障特性数据记录不够完善, 有效信息缺乏, 维护难度大。技术管理方面, 已有大

量关于泵站在线优化调度的研究结果,但如脱离了现场实时工情信息的支持,那么再好的技术管理手段也难以转化为实际效益.控制系统中有大量的实时监控信息,这些信息都是维护、技术管理所需要的.维护借助于实时监控信息,可以诊断设备的运行状态,并提出合适的维护措施,避免故障、事故的发生;技术管理借助实时信息,可以做出泵站最优运行方案,实现系统的经济运行.集成这三个部分必将大幅度提高泵站的综合自动化水平和经济效益.

2 基于多智能体的 ICMMS 系统

2.1 系统特点及工作机理

根据 MAS 的基本特性,将自动控制、维护、技术管理抽象为 3 个相对独立、彼此协作的智能体,各智能体有各自功能和目标,控制智能体用于实现泵站的自动控制,维护智能体用于系统维护,目的在于提高系统的可用性,保证各设备始终处于良好的技术状态,实时技术管理智能体是对控制智能体和维护智能体的补充,任务包括负荷预报、水量预报、优化调度方案等,用于提高整体效益.基于 MAS 的分层分布的递阶式泵站智能控制-维护-管理集成系统 ICMMS 系统如图 1.基于 MAS 的 ICMMS 系统主要具有测控、监控、诊断、调度、维护决策等功能.该系统既要在正常运行状态下实现机组及辅助设备的控制,又要辨识异常工况并做出正常决策和反应,同时根据实时技术状态和调度目标做出最优运行方案.

现场总线技术的应用和发展为建立高层次的泵站智能控制系统创造了条件.基于 MAS 的泵站 ICMMS 系统采用统一的标准化的现场总线作为平台.在此基础上,将智能分布到各个层次,与各级设备相结合,构成具有一定的特定功能的智能体,完成相对简单的功能^[6];每个智能化的设备或子系统(统称为 Agent)具有数据处理、存储、推理、决策、通信功能.以智能体表达设备的性能,通过现场总线,提供一致、有效的信息.控制智能体、维护智能体和技术管理智能体可共享这些信息,使 ICMMS 变成一个以智能体为基础的、以信息流为纽带的数字化信息系统.在协调智能体的指挥下,各类控制、状态、故障、决策、命令等信息在系统内各模块间有序流动,实现多个智能体协调工作,构成基于多智能体的 ICMMS 的集成系统.基于 MAS 的 ICMMS 采用“数字化软接口”连接各子系统和智能设备,只要遵循一致、标准的信息共享方式,任何智能设备或子系统都可以在保留该设备的原有特性和功能的同时接入到系统中来,提高了系统的开放性和分布性.系统的智能程度体现在 3 个层次上:即自适应、自学习、自完善,就是指系统或设备对内、外部环境具有一定的适应性,可以适应信息不完全、不确定情况下的问题环境,能执行拟人的智能化控制、维护、技术管理功能.

基于 MAS 的 ICMMS 系统能否充分发挥三者的优势,使系统获得高性能、高可靠性和高效益,关键在于系统能否进行有效的信息交流,并充分利用这些信息,实现控制、维护、管理的有效协作.因此,进行 ICMMS 的结构体制研究具有现实意义.

2.2 组织结构

基于 MAS 泵站自动控制、维护、技术管理集成的多智能体系统需在有效合作基础之上.根据分布环境下泵站控制、维护、管理等智能体自身行为的需要设计各智能体,不但要处理控制、维护和管理等智能体在不同背景下的行为,而且更重要的是协调它们之间的相互作用.在基于 MAS 的 ICMMS 系统中,每个控制、维护和管理系统都被抽象为智能体,正如独立运行的控制、维护和管理孤岛一样,它们都有自己的管理策略、组织模式、信息系统和业务模式.这些智能体构成一个智能体联盟,在处于盟主地位的智能体协调之下完成系统任务.个体智能体又可根据其功能、组织、分布情况继续细分为多个子智能体,并由一个子协调智能体协调完成本个体智能体的任务.依此类推,直到每一个子智能体是一个实际的智能设备单元.

基于 MAS 的 ICMMS 递阶式结构如图 2 所示,系统为一个包括盟主地

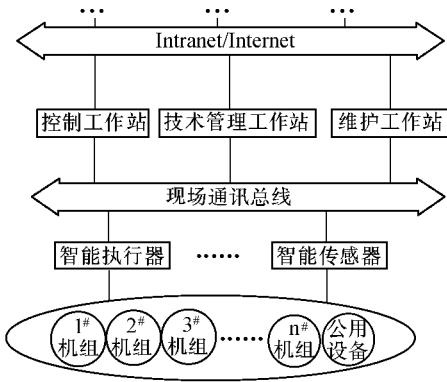


图 1 ICMMS 系统体系结构
Fig.1 Structure of ICMMS

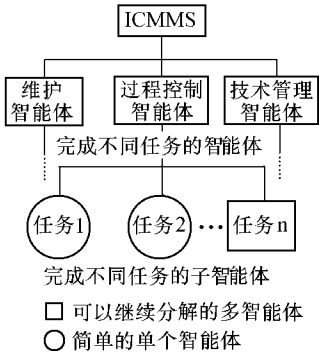


图 2 ICMMS 的递阶结构
Fig.2 Recursive frame of ICMMS

位的协调智能体及子功能领域代理的多智能体系统,系统的“叶子节点”为单个智能体,对应实际系统中的每个设备单元或子系统。

虽然从组织结构的角度看,基于 MAS 的 ICMMS 是一个递阶控制结构,每一层联盟内的智能体只需要向其盟主负责,但由于其在 Intranet 或现场总线上实现,各智能体按照标准的通信协议在同一网络环境下实现信息交互,完成协调与磋商,使系统具有良好的开放性和鲁棒性,系统结构可以扁平化,如图 3 所示。ICMMS 的扁平化结构,可使系统的任意个体智能单元之间实现“对话和协商”,提高系统的灵活性,降低维护难度。

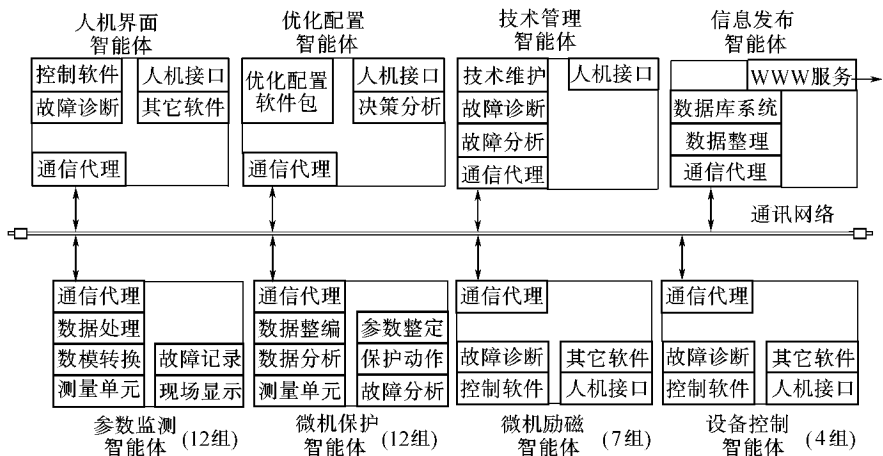


图 3 江都 4 站机组控制-维护-技术管理集成系统

Fig.3 ICMMS of 4th Jiangdu pumping station

3 基于 MAS 的泵站 ICMMS 系统的实现

3.1 多智能体的构成

由于泵站自动化系统监控和管理区域分散和复杂,信息的种类繁多,功能要求各异,为实现对泵站控制、维护和技术管理的自动化、集成化,要根据系统任务将这个复杂系统分解为相对独立的 3 块,并采用合适的策略继续分解,设立相应的智能体完成特定的功能。基于 MAS 的泵站控制系统主要包括下列智能体:参数监测、微机保护、微机励磁、设备控制、人机界面、优化调度、技术管理、信息发布等智能体。这些智能体在以 Ethernet 构成的现场总线平台上,形成图 3 所示的集成系统。

参数监测智能体、微机保护智能体、设备控制智能体共同协作,完成泵站上下游水位、机组电压、电流、温度、叶片角度、公用油、汽、水系统压力、阀门、开关等技术参数测量,所有信息在现场总线上按 TCP/IP 协议传输。优化配置智能体、技术管理智能体利用实时信息,调用优化配置计算程序做出优化配置方案,并告知设备控制智能体,设备控制智能体对这些信息进行校验和判断,并向现地控制单元即 LCU 智能体发出控制指令,完成机组的开停、电气开关的合、分,励磁参数的调整等,并根据各技术状态,各现地监控单元将实时技术参数传送出来。

现地监控单元采用可编程序控制器建成,完成对水泵机组和公共设备的控制,实现机组的自动开停、叶片角度调整、辅助设备的操作,交流采样等智能仪表作为参数监测智能体,采集电机的电压、电流等参量由固化在仪表内的信息代理通过网络传送至有关单元,励磁调节系统为另一类智能控制智能体,它测量当前各机组的定子电压、电流、励磁电压、电流、功率因数,并执行控制中心发来的调励指令,其信息的传输也由其相应的信息代理单元完成,继电保护系统单元则根据系统的技术参数来判别机组运行状态,在发生异常时做出跳闸、警告等保护动作,给出相应的保护信息。各智能体内设置故障判断单元,结合获取的信息对自身所处得较小领域内的故障进行判别,发送到维护智能体和技术管理智能体。维护智能体和技术管理智能体依据这些实时信息做出维护决策,可提高维护和技术管理的实时性,使故障和事故发生前得以排除。

3.2 系统实现

作者结合水利部 948 项目——大型泵站机组监控关键技术,在江都排灌站 4 站实现了基于 MAS 的泵站控制-维护-技术管理集成系统(图 3)。系统能够实现对所有机组及辅助设备的自动控制,并可在优化调度智

能体所作的实时调度方案的指导下对机组运行姿态进行在线调节,对运行中出现的故障能够及时报警,或采取相应的动作。

工程的实际应用表明,基于MAS的ICMMS集成可以有效改观控制-维护-技术管理隔离的现状,降低了操作员劳动强度,提高了泵站的管理水平和自动化程度,创造了较大经济效益和社会效益。

4 结 论

随着泵站综合自动化的发展,需要实现控制、维护和技术管理的集成。智能体及MAS技术可很好地实现分布式复杂系统的信息采集和集成,为解决复杂、分布式环境下的动态交互问题提供了新的视角和理论框架。本文建立了基于多智能体的智能分布式泵站控制、维护和管理集成系统的框架,讨论了系统特点、工作原理,并结合实际工程探讨了基于MAS的泵站ICMMS系统的实现问题。控制、维护、管理系统的集成问题非常复杂,尤其是对其中的智能化问题、通信问题仍然有大量的工作需要去做。

参考文献:

- [1] 刘金琨,尔联洁.多智能体技术应用综述[J].控制与决策,2001,16(3):133—140.
- [2] NILSSON J. 人工智能——一种新方法[M].郑扣根,庄越挺译.北京:机械工业出版社,2000.3—6.
- [3] YE Lu-qing, LI Wei-dong, LI Zhao-hui. An integral criterion for appraising the overall quality of a computer-based hydroturbine governing system[J]. IEEE Trans on Energy Conversion, 1995, 10(2): 376—381.
- [4] 张永刚,叶鲁卿,曾为明.智能控制-维护-技术管理集成系统(ICMMS)及其在电力系统中的应用[J].电力系统及其自动化,2000,24(23):34—37.
- [5] 李朝晖,叶鲁卿.水电厂智能控制-维护-管理集成系统[J].水电能源科学,1998,16(2):71—72.
- [6] 傅闯,王生铁,叶鲁卿.智能控制-维护-管理集成系统中的智能化问题[J].水电能源科学,1999,17(1):9—12.

MAS-based intelligent control-maintenance-technical management integrated system for pumping stations

YANG Han-cheng¹, ZHANG Li-ming², SUO Li-sheng¹, CHEN Shou-lun¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China;

2. Nanjing Automation Institute of Water Conservancy and Hydrology,
Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China)

Abstract: To strengthen the cooperation between three independent systems, i. e. the control system, the maintenance system, and the management system, an MAS-based intelligent control-maintenance-management integrated system (ICMMS) is designed in combination with the distributed artificial intelligent MAS. Through a case study, the characteristics, structure, mechanism of operation of the system and its realization are researched. Practices show that the MAS-based ICMMS can effectively overcome the separation of three independent systems and obviously improve the comprehensive performance of the system.

Key words: control; maintenance; technical management; integration; MAS; automation of pumping station