

# The Control-Maintenance-Management System Based on the Internet of Things for Life Cycle of Valves

Jiang Guo<sup>1</sup>, Junfang Zhang<sup>1,2</sup>, Yixin Wang<sup>1</sup>, Qijuan Chen<sup>1</sup>, Hongyun Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430072, China

<sup>2</sup> Hubei Hongcheng General Machinery Co. Ltd. Shashi, Hubei, 518003, China

Email: guo.river@whu.edu.cn, guo.river@163.com

**Abstract:** Valves are widely used in the industrial engineering. With the advances in technology and market competition, how to reduce the cost of valve's design, manufacture, operation and maintenance is a very difficult task that valve manufacturers have to face. On the basis of reviewing the current research of valve, the Life Cycle Control-Maintenance-Management Information System of Valves Based on the Internet of Things (VCMMS) is designed. The information systems integrated with Computer Supported Cooperative Work (CSCW), physical networking and multi-agent principles and methods are discussed. At last the system objectives, topology and functions, as well as the configuration and implementation methods of hardware and software are demonstrated in detail. The System has been put into trial operation in Hubei Hongcheng General Machinery Co. Ltd. on the production of ball valve. It proves that the initial objective of the system has been achieved.

**Keywords:** Information System, Control, Maintenance, Management, Internet of Things, Computer Supported Cooperative Work (CSCW), Multi-Agent

## 基于物联网的阀门全寿命控制-维护-管理系统

郭江<sup>1</sup>, 张军仿<sup>1,2</sup>, 王一鑫<sup>1</sup>, 陈启卷<sup>1</sup>, 王洪运<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 武汉大学动力与机械学院, 湖北, 武汉, 中国 430072

<sup>2</sup> 湖北洪城通用机械股份有限公司, 湖北, 沙市, 中国 518003

Email: guo.river@whu.edu.cn, guo.river@163.com

**摘要:** 阀门在工程领域应用十分广泛, 随着科技的进步、市场的竞争, 如何降低阀门的设计、制造、运行和维护成本是阀门制造企业面临的一项十分艰巨的任务, 本文在全面调研目前阀门研究现状的基础上, 设计了基于物联网的阀门全寿命控制-维护-管理信息系统, 探讨了采用计算机支持的协同工作、物联网和多智能体的信息系统原理和方法, 详细介绍了系统实现的目标、拓扑结构和系统功能, 以及软硬件的配置和实现方法, 设计的系统在湖北洪城通用机械有限责任公司生产的球阀上投入试运行, 初步达到了系统设计的目标。

**关键词:** 信息系统, 控制, 维护, 管理, 物联网, 协同工作, 多智能体

### 1 引言

随着市场竞争的日益加剧和科学技术的不断发展, 要立足于当前的市场化环境中, 各个制造厂面临十分艰巨的任务, 既要保证设备具有良好的品质, 又要具有较低的成本。阀门的生产成本除了最初的制造费用之外, 主要是后续的维护支出, 因此, 如何降低维护成本是阀门制造厂要解决的主要问题。控制-维护-管理集成是当前工程领域的一个重要发展方向, 根据远程状态监测信

息及早发现设备存在的隐患和缺陷, 有目的地指导进行设备控制策略的调整和维修保养, 实施远程调控体制, 加强管理、将会给用户和制造厂带来显著的经济效益和社会效益。如何根据收集到的监测信息进行正确的诊断决策是制定合理后续方案的基础, 因此, 本文在分析阀门现有控制、管理、维护系统的基础上, 根据目前应用系统中存在的问题, 提出了基于物联网的阀门全寿命控制-维护-管理信息系统。主要通过最新的信息技术手段, 实现阀门全寿命管理, 通过基于物联网的控制-

维护-管理信息系统，可以有效收集阀门全寿命周期内可能发生的缺陷和问题，在远程进行维护指导，同时通过对问题的分析和总结进一步指导设计，完善系统功能，进一步提高产品的市场竞争力。同时也解决了用户在维护过程中存在的问题。

## 2 控制-维护-管理信息系统的现状及趋势

近几年，随着科学技术的不断发展，国内外都在开展控制-维护-管理集成系统方面的研究工作，特别是欧盟从 90 年代就开始了相关的研究，也取得了一定的研究成果，我国在此方面也开展了一定的研究工作，主要集中在水电厂的控制-维护-管理集成方面，实验系统开发取得了成功，但是由于对象十分庞杂，难以实施，因此经过一段研究后，目前难以在实际系统中进一步应用。同时前期的研究主要集中在部分研究部门和高校，其研究成果和制造厂之间缺乏足够的衔接和融合。因此，转变思想从制造厂的需求出发，以提高产品竞争力和降低维护成本为核心，以最新的物联网技术为依托，建立阀门全寿命的控制-维护-管理集成系统具有重要的理论意义和现实意义<sup>[1-5]</sup>。

## 3 阀门全寿命信息系统功能参考模型

阀门是一个功能完善的小型系统，其包含的设备种类相对单一，同时又包含所有的控制-维护-管理全过程，因此便于实现控制-维护-管理的集成。但是由于目前阀门的控制-维护-管理彼此分离，缺乏信息技术交换的现状，以物联网为基础，并借助计算机硬件和软件，综合运用自动化技术、信息技术及管理技术，将控制、维护和管理集成到一个系统中，充分发挥三者的总体优势，对企业和生产过程中的技术性能、可靠性和课利用率、效益等方面统一管理，从而在整体上获得高性能、高利用率和高效益。它强调将维护和管理放到同控制同等重要的地位，将三者作为一个整体进行设计。其参考模型如图 1 所示<sup>[5]</sup>。

图 1 所示的功能参考模型体现了系统的概念、组成和方法，是分析与设计系统的基础。其中，Y（集成）轴表明了系统组成部分及其相互之间的关系，即：通过控制系统实现对系统性能的改善和安全生产；通过基于信息技术的智能维护管理系统，管理整个设备的全寿命维护活动，并逐步实现以更先进的维修制度，以提高系统的可用度；通过管理实现控制和维护系统的优化及经济运行，并将维护和管理集成到一起，在总的目标最优的前提下，统筹兼顾。X（系统）轴表明了系统是一种

应用于自动化领域的信息技术，它包括实现其功能所应具有的内容，级数据的收集与存储、数据通信、数据变换和处理。Z（模型）轴代表着系统的建模过程，即分析、设计与实现的基本步骤。

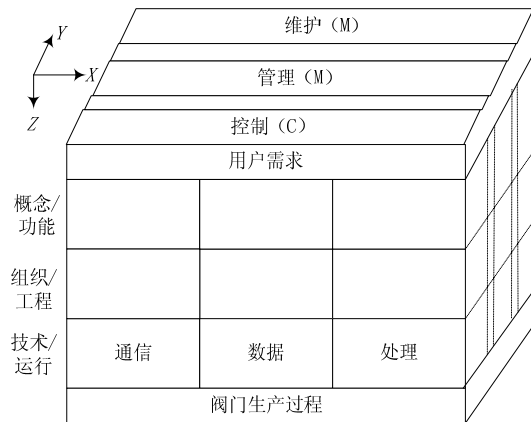


图 1 控制-维护-管理功能参考模型

## 4 系统目标

### 4.1 用户需求分析

要实现阀门的全寿命控制-维护-管理信息系统（VCMMS），让 VCMMS 去替代专家检测设备性能降低/故障、诊断分析性能降低/故障的原因、修改控制策略，完善系统设计，VCMMS 就必须掌握设备的技术信息并具备一定的专家知识。同时它应该帮助用户快速、形象地理解阀门支持信息，其实质就是应用系统通过计算机软硬件技术来改善传统上由人脑来完成的思维分析过程。在目前人工智能尚不足以完全取代人脑思维的技术水平下，我们可以通过研究人脑的思维过程，然后以此为基础开发出可以帮助人脑加速或缩短其部分思维过程的工具<sup>[1]</sup>。

### 4.2 VCMMS 目标

传统的控制系统集中在阀门控制方面，很少关注于设备的维护和故障处理，在阀门发生故障后，必须制造厂的专家到现场进行问题的排查和处理，这样既加大了维护的成本，又耽误了大量的时间，进而影响安全生产和运行；如何通过远程信息帮助分析人员快速找出故障根源，并提供解决方案，同时如果是设计中的问题反馈到设计部门，如果是运行控制的问题反馈到控制系统设计部门，如果是运行操作问题直接反馈到工程运行单位，全面综合各种信息，逐步完善阀门的全寿命性能是

本系统的最终目标。

VCMMS 通过软件化原本存在于分析人员头脑中的思维过程，帮助或者代替用户完成信息感知、知识建模和知识分析这三个阶段的工作<sup>[1]</sup>。同时可以提高设计、开发和操作员的水平和技能，最重要的是为优化系统设计提供最优的支持，使阀门的性能逐步提高，进而提高产品的可靠性和市场竞争力。

### 5 VCMMS 系统结构

基于物联网的阀门全寿命控制-维护-管理信息系统的系统结构如图 2 所示。系统由 4 个层次组成，分别是现地层、单元层、制造厂层和远方。

1) 现地层主要包括原有的控制系统和智能诊断单元，智能诊断单元主要实现阀门的诊断功能，其信息来源于控制系统和新加装的阀门采集单元，实现阀门的现地诊断功能。

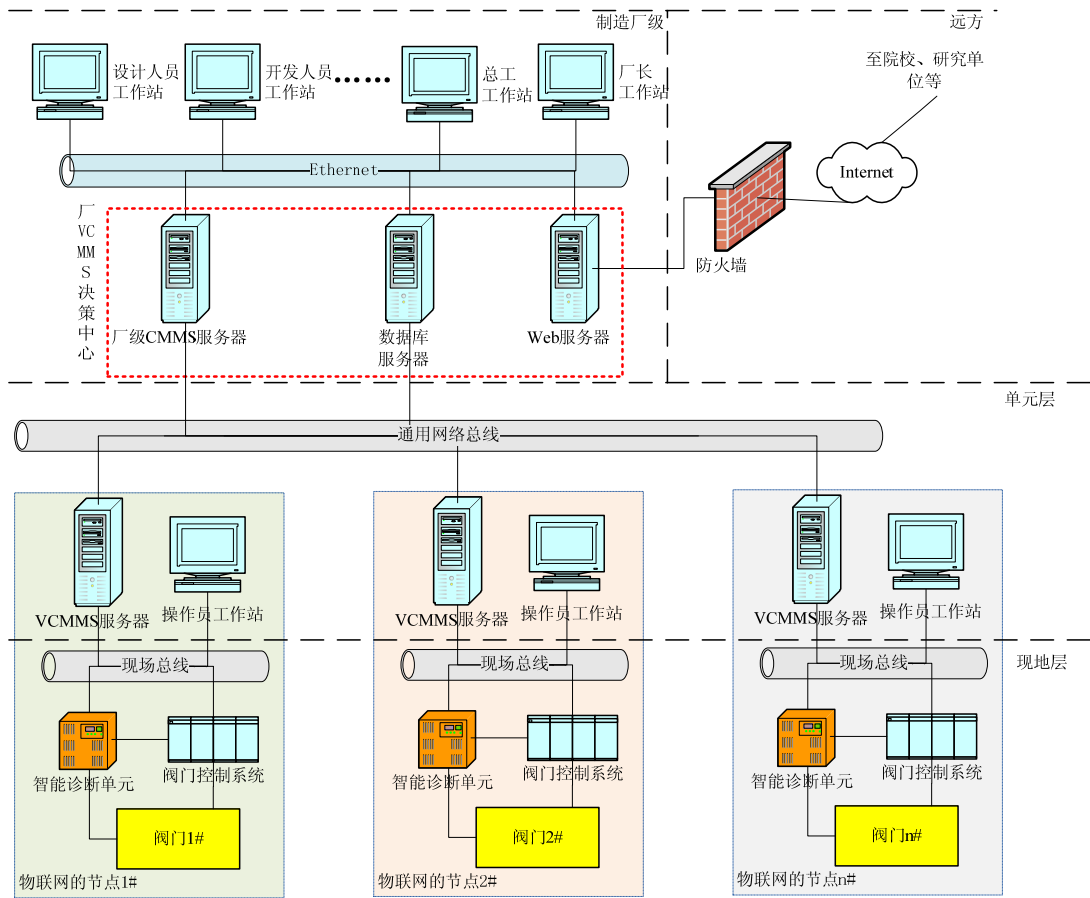


Figure 2. System Function of VCMMS  
图 2. VCMMS 系统结构

2) 单元层主要是在现有的控制系统的基础上，添加了用于诊断的服务器，这部分是可选装置，其功能也可以集成在现地层，但是功能要弱化很多，在这里可以通过网络获取其他节点的诊断信息，同时将本节点的信息在物联网内共享，实现全局的诊断功能，可以有效帮助现场操作员进行阀门的诊断与维护。

3) 制造厂级是系统的核心，其收集各个节点发来的

的信息，并进行综合诊断与分析，为各个节点提供诊断决策支持，同时随着系统信息的逐步收集和专家系统的不断完善可以在收集现有信息的基础上不断完善系统设计和开发，逐步提高产品的可靠性和可利用率，进而提高产品的市场竞争力。

4) 远方是系统必不可少的组成部分，其主要是从高校和研究单位获取专家信息，也可以和同类厂家组成

联盟，共同为同类产品的研发打下基础，共同开发、共同提高。

### 5.1 硬件配置

系统硬件要从具体的需求出发，在现地层主要采用 ARM 系统进行数据的采集和分析，也可以采用目前成熟的 PLC 进行设计；在单元层根据用户的实际需要，可以采用普通的 PC 机作为服务器，也可以和用户现有的服务器结合使用；制造厂级是系统的核心，包括实时运行数据和专家知识等，因此需要配置相对较好的服务器和辅助装置。

整个系统的核心是通信总线的选择，由于考虑到系统的安全性和可靠性，在现地层与现场总线采取相同的通信总线，但是为了保证系统的可靠性，采用控制系统单向外送信号的方式，不会因为外部信号的传入影响系统的控制功能；在单元层，由于电厂控制网络与外部网络是断开的，因此可以采用 GPRS 方式进行信息的传递，如何有外网也可以通过加装隔离网闸或者防火墙的方式将内部控制总线信息传递到外部网络，进而传递到制造厂的网络。

由于每个阀门都会分配一个唯一的标识，因此不同阀门传递过来的信息可以很好的进行甄别，而不会彼此混淆。这也是目前物联网的主要工作方式。

### 5.2 软件结构

VCMMS 采用 Windows2003 作为操作系统，用于开发的软件主要包括 Visual C#,SQL SERVER 2005 等软件。软件开发采用面向 Agent 的编程风范 (AOP)，AOP 被视为面向对象编程 (OOP) 的特例，具有继承性和多态性，方便系统的调试、维护和扩展。新的代理很容易被集成到软件之中。

## 6 结论

本文以基于物联网的阀门全寿命控制-维护-管理信息系统的建设为指导思想，设计系统功能模型和体系结构，并对个部分功能进行了阐述，该系统的开发将大大改善阀门的现有管理模式，有效提高产品的可靠性和利用率，进而提高产品的市场竞争力。

## 致 谢

本文非常感谢湖北洪城通用机械有限公司的领导和工作人员，他们为本系统的研发提出了大量宝贵的意见和建议。

## References (参考文献)

- [1] GUO Jiang. Man-Machine Fusion Techniques based on Virtual Reality and Agent in Maintenance of Power Plants [M]. Wuhan: Huazhong University of science and technology, 2003. 郭江. 电厂维护中基于虚拟现实及智能代理的人机融合技术 [博士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2003.
- [2] Jiang Guo, Zhaohui Li, Yitao Chen. Visualization of a Hydro-electric Generating Unit and Its Applications. 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2003, (3): 2354~2359.
- [3] Jiang Guo, Zhaohui Li, Yitao Chen, Yuewu Wang, Shijie Chen. virtual environment conception for CBM of hydro-electric generating Units. Proc 2002, International conference on power system technology,2002, (3): 1957-1961.
- [4] Bellamine, M.; Abe, N.; Tanaka, K.; Taki, H. Remote machinery maintenance system with the use of virtual reality. 3D Data Processing Visualization and Transmission, 2002. Proceedings. First International Symposium on, 2002, 38-43.
- [5] YU Ren, ZHANG Yong-gang, YE Lu-qing, LI Zhao-hui. The analysis and design method of maintenance system intelligent control-maintenance -technical management system(ICMMS) and its application) [J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(4): 60-65. 余刃, 张永刚, 叶鲁卿, 李朝晖. 智能控制-维护-技术管理集成系统中维护子系统分析与设计方法的研究及应用 [J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(4): 60-65.