

基于 SCADA 系统 OPC 通信的供水管网实时模拟

常 魁,高金良,袁一星,赵洪宾

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院,150090 哈尔滨,19401010@163.com)

摘 要: 建立基于 SCADA 系统 OPC 通信的城市供水管网实时模拟系统,结合管网实时运行信息与管网数字化分析系统,实现供水管网实时动态模拟分析;利用数据采集与监控(SCADA)软件对 OPC 的支持,实时获得供水管网运行信息,以供水管网数字化分析系统为基础,通过实时监测流量和压力数据驱动模型,对供水管网运行工况进行实时仿真模拟;实现了供水管网实时模拟、压力在线监测信息实时显示与数据报警功能,能够及时发现管网运行异常工况;供水管网实时模拟系统解决了传统供水管网数字化分析系统数据访问、有人参与等问题,为智能供水管网的发展提供了新思路。
关键词: 城市供水管网;数字化平台;实时模拟;数字采信与监控系统;智能管网
中图分类号: TU991.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2011)12-0063-05

The real time simulation of urban water distribution network based on OPC communication of SCADA

CHANG Kui, GAO Jin-liang, YUAN Yi-xing, ZHAO Hong-bin

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology,
150090 Harbin, China, 19401010@163.com)

Abstract: To combine the real-time run-off information and digital analysis system of water distribution network, and realize the real-time simulation and dynamic analysis for water distribution network, an urban water distribution network real time simulation system based on OPC communication of SCADA system was built up in this paper. Using SCADA software for OPC communication, the real-time operation information for water distribution network was gained. The simulation model was driven by real time monitoring flow and pressure data to simulate water distribution, to display pressure results online and to alarm pressure. The abnormal operation scenario could be detected in real time. The simulation system solved the problem of data input and user interaction of traditional network model, and offered a new idea for the development of intelligence water network.
Key words: Urban water distribution network; digital platform; real-time simulation; supervisory control and data acquisition (SCADA) system; intelligence water network

通过稳态模拟和延时模拟可以实现供水管网运行工况分析,为管网优化设计、优化调度及优化改扩建提供科学依据^[1-6]。随着供水管网模拟技术的发展,地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统

(GPS)广泛应用于供水管网计算数字化管理,为智能供水管网的发展奠定基础。本文将 SCADA 系统应用于供水管网水力模拟过程中,建立供水管网实时模拟系统,并应用于东北某大型城市。

1 SCADA 系统与 OPC 通信技术

1.1 SCADA 系统

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) 系统,即数据采集与监控系统^[7]。是以计算

收稿日期: 2010-06-06。
基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BA08B03)。
作者简介: 常 魁(1981—),男,博士研究生;
袁一星(1957—),男,教授,博士生导师;
赵洪宾(1934—),男,教授,博士生导师。

机为基础的生产过程控制与调度自动化系统,它可以对现场的运行设备进行监视和控制,以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节以及各类信号报警等各项功能。SCADA 系统在电力系统、给水系统、石油、化工、汽车、机械制造等诸多领域得到了广泛的应用^[8-9]。SCADA 系统的主要结构包括远程控制单元 RTU (Remote Terminal Unit)、通讯网络及中心站。

RTU 的主要作用是进行数据采集及本地控制。进行本地控制时 RTU 作为系统中一个独立的工作站,可以独立地完成连锁控制,包括前馈控制、反馈控制、PDI 等工业上常用的控制调节功能;进行数据采集时作为一远程数据通讯单元,完

成或响应本站与中心站或其他站的通讯和遥控任务。

中心站是一个局域网,可包含多个工作站和支持网络功能的设备,以完成不同的工作。它通过中心站软件管理系统数据库,每个工作站通过组态画面监测现场站点,下发控制命令进行控制,并完成工况图、统计曲线、报表等 SCADA 软件的标准功能。

采用 SCADA 系统 OPC 通信构建的实时仿真系统充分利用 SCADA 软件对 OPC 的支持,通过一致接口进行数据访问。SCADA 系统结构如图 1 所示。

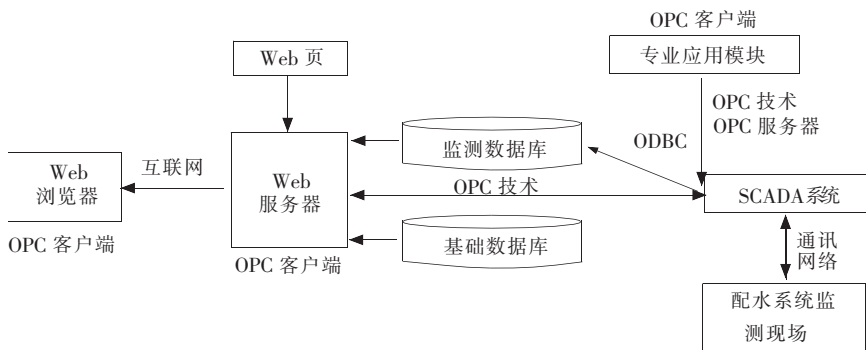


图 1 SCADA 系统结构图

1.2 OPC 技术

如图 1 所示,SCADA 系统与专业应用模块通过 OPC (OLE For Process Control) 进行数据交换。SCADA 系统的实时监测数据库从 I/O 驱动程序中获取过程数据,而 I/O 驱动程序负责软件和设备的通信。在 I/O 驱动程序里,其中一项就提供了对 OPC 数据访问的支持。

OPC 技术基于微软的 OLE (现在的 Active X)、COM (部件对象模型) 和 DCOM (分布式部件对象模型) 技术^[10]。OPC 包括一整套接口、属性和方法的标准集,用于过程控制和制造业自动化系统。OPC 定义了应用 Microsoft 操作系统在基于 PC 的客户机之间交换自动化实时数据的方法,可以实现不同硬件产品与软件产品之间的交互操作,所以,基于 OPC 标准的 SCADA 系统是真正开放的过程控制系统。

2 供水管网实时模拟模型的构建

2.1 实时模拟模型的提出

传统管网模型属性信息包含静态信息和动态信息^[1, 11]。静态信息包含管长、管径、管网拓扑结构等;动态信息包含节点流量、水泵、水池和阀门

等信息。传统管网模型计算速度较快,对包含几千条管段的大型供水管网进行稳态水力计算仅需 1~2 s。

传统水力模型计算方程如下:

$$Aq + Q = 0.$$

式中: A 为衔接矩阵; q 为管段流量向量; Q 为节点流量向量。

$$\sum h = 0.$$

式中 h 为环内管段水头损失。

$$h_{ij} = H_i - H_j = S_{ij}q_{ij}^n.$$

式中: H_i, H_j 为管段两端节点 i, j 的节点压力; h_{ij} 为管段水头损失; S_{ij} 为管段摩阻; q_{ij} 为管段流量。

传统模型中节点流量向量为已知量,通过实测与统计的方法绘制用户水量及水池水位变化的 24 h 变化曲线,结合日用水量数据计算各时刻节点流量向量,进行管网水力模拟,获得管道流量与压力信息。因此,传统水力模型采用人工方式为模型提供计算所需水量信息,不能实时分析供水管网运行工况,用水量及用水类型对模拟结果具有重要影响。

本文提出基于 SCADA 系统 OPC 通信的供水管网实时模拟模型,实时获得供水管网运行信息,

利用 SCADA 系统实时数据对供水管网运行工况进行实时仿真模拟,能够及时发现管网运行异常工况,实现供水管网运行工况实时分析、管理。

2.2 实时模拟模型的构建

供水管网实时模拟模型利用与传统管网模型相同的信息,但是采用实时监测数据作为模型边界条件和模拟初始参数值.基于实时监测数据和内置的用水类型预测工具,实时模拟模型可以对供水管网当前及未来一段时间内运行状态进行模拟计算。

传统供水管网水力计算模型基于理想化的 24 h 用水变化规律及节点流量分布.在模型校核的过程中,即使低精度的数据也可以获得一个合理的结果^[7].实时模拟模型采用较多的实时监测流量和压力数据,放宽了这些边界条件,导致对模型校核和监测结果精度要求的提高.因此,实时模拟模型需要准确的管网静态信息和一个校核较好的传统管网模型。

对于实时监测数据中存在的无效数据,实时模拟模型自动进行容错判断,采用同一时段内历史数据或用户提供的默认值进行计算分析。

供水管网实时模型根据管网运行历史数据周期性进行模型校核,以保证管网模型精度.模型校核周期根据供水管网规模及其运行状况确定。

3 供水管网实时模拟系统的实现

3.1 实时模拟系统设计框架

本文建立的供水管网实时模拟模型以供水管网数字化分析系统^[13-14]为基础,通过实时监测流量和压力数据驱动模型.实时数据通过 SCADA 系统每间隔 15 min 采样一次,采样结果通过 OPC 通信技术传递给供水管网数字化分析系统.实时模拟系统设计框架如图 2 所示。

供水管网实时模拟系统建立在客户/服务器 (Client/Server) 模式基础之上,具有较高的稳定性与可靠性。

实时模拟系统的上层充分利用供水管网专业分析平台对管网分析计算的支持与 SCADA 系统对实时数据库、I/O 驱动程序以及各种网络服务组件的支持,通过 OPC 技术将二者进行集成。

实时模拟系统的下层,把 OPC 服务器嵌入到供水管网工况分析的数学模型程序、数据库以及现场实际的物理设备中,通过 OPC 通信技术实时获得管网运行信息,为供水管网计算分析及模型校核提供数据支持。

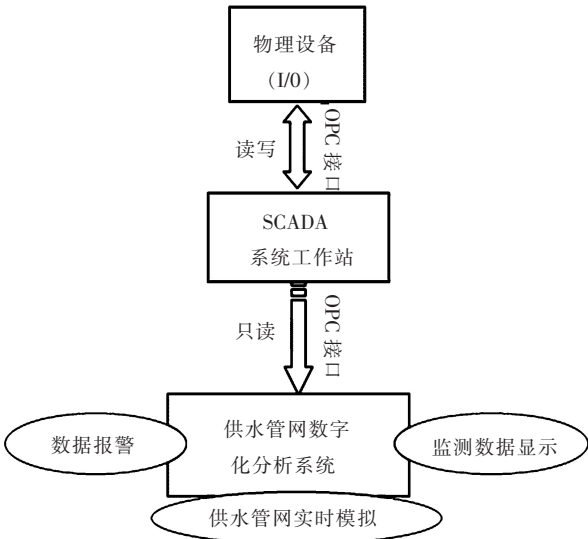


图 2 实时模拟系统设计框架

3.2 实时模拟系统 OPC 服务器的设计与实现

实时模拟系统 OPC 服务器为供水管网数字化系统进行实时模拟提供输入数据,结构如图 3 所示。

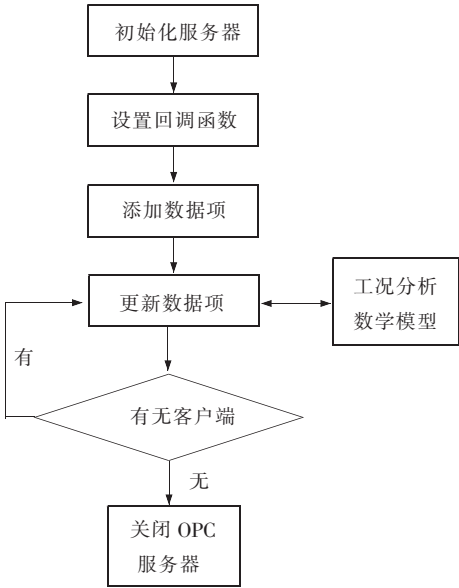


图 3 实时模拟系统 OPC 服务器的结构

OPC 服务器内部的数据项代表着与数据源的连接,但这些数据项并非数据源本身.本文在服务器划出一个数据存储区,用来存储工况分析数学模型所需的控制量、过程数据等.工况分析数学模型周期性执行,在数学模型执行的一个周期里,首先,从数据存储区里获得必要的数 据 (如水量);其次,根据所获得的控制量运算数学模型模块得到结果 (如压力);最后,将这些结果写到数据 存储区里.OPC 服务器所要做的事情就是将每一个数据项与数据 存储区的每一个数据点正确关

联起来。

供水管网实时模拟模型中各监测点数据包含 SCADA 系统编号、数据类型、单位、水力模型编号、监测结果等属性。实时监测数据包括各水源流量、出厂压力、水泵状态、阀门状态及监测点压力。

4 实例研究

4.1 项目背景

通过 SCADA 系统 OPC 通信实现 H 市供水管网数字化分析系统与 SCADA 系统的集成,实现供水管网实时模拟。

H 市供水管网数字化分析系统构建了该市复杂旧管网供水管网 GIS 图文信息系统,数据库录入 8 383 张 1:500 图纸,包含全部入户管,覆盖全市供水系统,建立包括 14 199 个节点,15 132 条管段管网模型,可以进行供水管网水力模拟计算,进行管网运行工况分析,实现 H 市供水管网的全面数字化。H 市供水系统 SCADA 系统实现了对制水及输配水过程的实时数据监测与采集。

4.2 实时模拟系统实现

基于 SCADA 系统 OPC 通信的供水管网实时模拟系统连接供水管网数字化分析系统与 SCADA 系统,全市供水管网布设 50 个在线监测点,如图 4 所示。

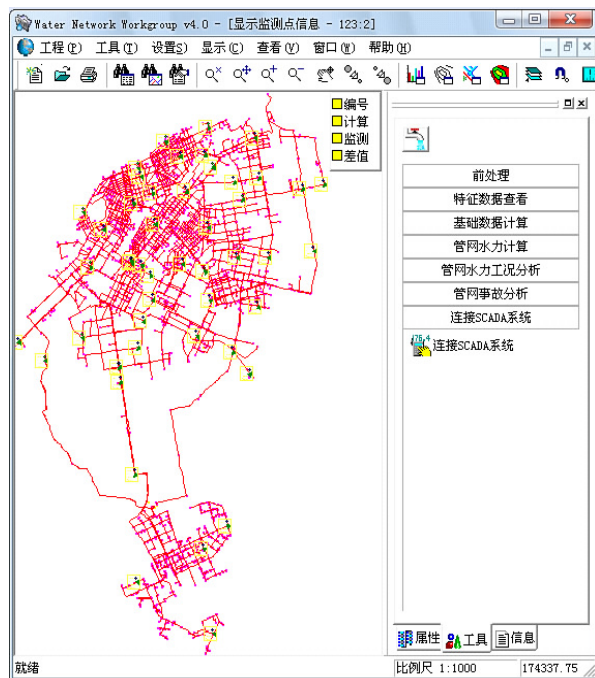


图 4 供水管网实时模拟系统

系统利用 SCADA 系统实时采集数据对供水管网进行实时模拟,实时分析管网运行工况,部分水厂流量监测结果如图 5 所示,其中 L811、L812、L821、L822、L83、L84 为监测点编号。在线监测点

0106 实时监测与模拟结果如图 6 所示。实时模拟系统将在线监测点实时采集数据与模型实时计算结果同时显示,当在线监测数据超出数据限定范围,实时模拟系统进行报警提示,如图 7 所示。

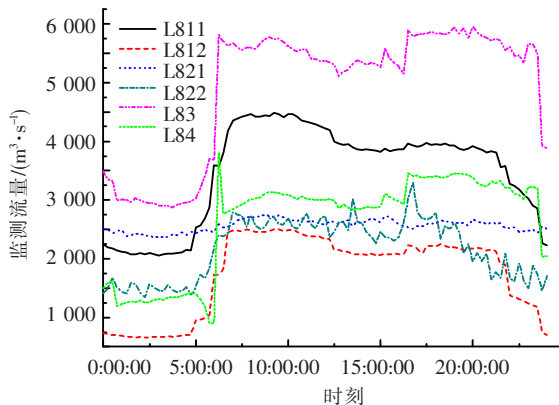


图 5 水厂流量实时监测结果

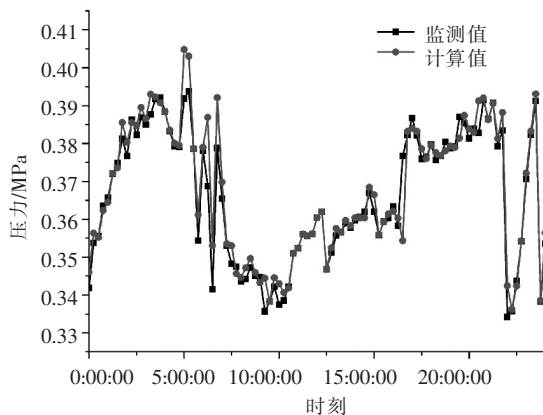


图 6 0106 点监测与计算结果

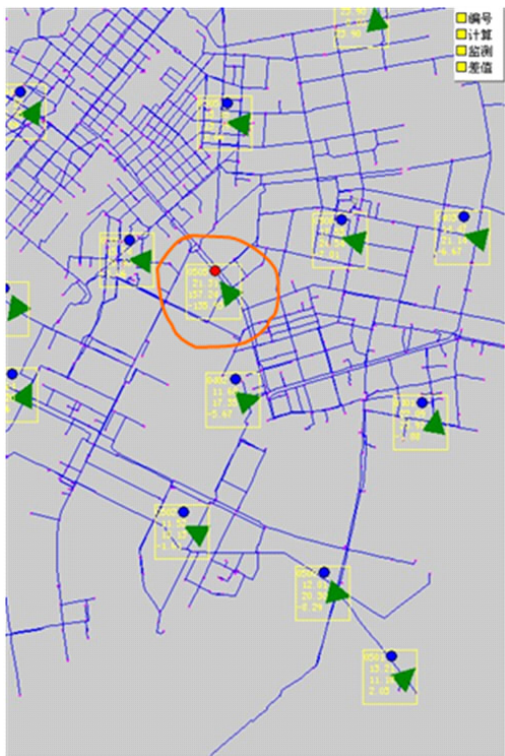


图 7 监测点超压报警

5 结 论

1)建立了基于 SCADA 系统 OPC 通信的供水管网实时模拟系统,将 SCADA 系统实时监测数据连续传递到供水管网水力模型,实现供水管网实时模拟分析.模拟结果表明,实时模拟系统可以为调度人员提供预警信息,保证供水管网安全运行.

2)供水管网实时模拟系统为供水管网运行管理提供有力工具,管网调度人员根据实时模拟结果及监测信息可以及时制定调度方案,调整管网运行状态;通过管网压力分析及时发现管网突发事件,如爆管.

3)基于 SCADA 系统 OPC 通信的供水管网实时模拟系统解决了传统供水管网数字化分析系统数据访问、有人参与等问题,为智能供水管网的发展提供了新思路.

参考文献:

- [1] 赵洪宾. 给水管网系统理论与分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] WATSON J P, MURRAY R, HART W. Formulation and optimization of robust sensor placement problems for drinking water contamination warning systems[J]. Journal of Infrastructure Systems, 2009, 15(4):330-339.
- [3] ALFONSO L, JONOSKI A, SOLOMATINE D. Multiobjective optimization of operational responses for contaminant flushing in water distribution networks[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2010, 136(1):48-58.
- [4] RECA J, MARTÍNEZ J, BAÑOS R, *et al.* Optimal design of gravity-fed looped water distribution networks considering the resilience index[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2008, 134(3):234-238.

- [5] IZQUIERDOA J, MONTALVOB I, PÉREZA R, *et al.* Sensitivity analysis to assess the relative importance of pipes in water distribution networks[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2008, 48:268-278.
- [6] KLEINER Y, ADAMS B J, ROGERS J S. Water distribution network renewal planning[J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2001, 15(1):15-26.
- [7] WEBER C, BUNN S. Water distribution optimization: taking scada one step forward[C]//Proceedings of World Environmental and Water Resources Congress. Kansas:[s.n.], 2009: 2182-2190.
- [8] 路小俊, 冬大龙, 宋斌, 等. 基于 OPC 技术的风电厂数据采集与监控系统方案[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(23): 90-94.
- [9] 郭圣安, 城市供水调度 SCADA 系统的应用与发展[J]. 工业控制计算机, 2009, 22(4): 29-30.
- [10] OPC Foundation. OPC data access custom interface specification version 3.0 [EB/OL]. <http://www.opcfoundation.org>, 2003.
- [11] ROSSMAN L A. The EPANET programmer's toolkit for analysis of water distribution systems[C]//Proceedings of the Annual Water Resources Planning and Management Conference. Reston: CD-ROM, ASCE, 1999:61-76.
- [12] MACHELL J, MOUNCE S R, BOXALL J B. Online modelling of water distribution systems: a UK case study[C]//Proceedings of the Integrating Water Systems. Sheffield: University of Sheffield Press, 2009: 65-73.
- [13] 邓汇, 赵洪宾, 高金良. 供水信息系统模型的建立及应用研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37: 63-65.
- [14] 高金良, 常魁, 方海恩, 等. 城市配水管网改造工程配水分析及其应用[J]. 中国给水排水, 2008, 24(2): 32-35.

(编辑 刘 彤)