

# OPC 技术及其在南水北调中线工程 自动化调度系统中的应用

黄会勇<sup>1,2</sup>, 黄伟锋<sup>3</sup>, 王汉东<sup>2</sup>, 黄少华<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 武汉 430010;  
3. 南水北调中线干线工程建设管理局, 北京 100053)

**摘要:** 水量调度系统是南水北调中线工程自动化调度系统的核心组成部分, 由闸站监控系统采集的水位、流量、闸门开度等监测数据反映了输水干渠水量调度控制的实时状态, 是水量调度系统中控制指令生成必不可少的输入参数。因此, 需要建立水量调度系统与闸站监控系统之间的数据通信。根据 OPC 基本原理和数据访问规范, 提出了基于 OPC 技术的系统集成方案, 即在水量调度系统中开发 OPC 客户端应用程序, 用于实时获取闸站监控系统采集的监测数据, 并将指令发送到闸站监控系统。实践表明, 基于 OPC 技术的集成方案能够很好地实现两个应用系统之间的数据传递, 降低了系统集成的成本, 增强了系统的稳定性和灵活性。

**关键词:** OPC; 南水北调中线; 自动化调度; 水量调度; 闸站监控; 监测数据; 系统集成

**中图分类号:** TV 213; TV 68   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-1683(2013)04-0114-05

## Application of OPC Technique in Automatic Dispatching System of the Middle Route of South to North Water Diversion Project

HUANG Hui yong<sup>1,2</sup>, HUANG Wei feng<sup>3</sup>, WANG Han dong<sup>2</sup>, HUANG Shao hua<sup>2</sup>

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China; 3. Construction and Administration Bureau of South to North Water Diversion Middle Route Project, Beijing 100051, China)

**Abstract:** Water regulation system is one of the core compositions of automatic dispatching system of the Middle Route of the South to North Water Diversion Project (MSNWDP). The survey data such as the canal water level, flow rate, and sluice gate opening a collected by monitoring devices reflect the real time state of water transfer control in the canal, and they are the necessary input data for the water regulation system. Consequently, an appropriate data transfer approach is needed between the water regulation system and sluice gate monitoring system. Based on the basic principle and data access specification of OPC technique, this paper proposed an OPC based system integration scheme to retrieve the real time survey data from sluice gate monitoring system and to send control orders back to sluice gate monitoring system. The implementation of water regulation system in the Jingshi Section of MSNWDP suggested that the proposed OPC based integration scheme can better realize the data transfer between the two systems with the reduction of the integration cost and improvement of the system stability and flexibility.

**Key words:** OPC; South to North Water Diversion Project; automatic operation system; water regulation; sluice gate monitoring; survey data; system integration

南水北调中线工程跨越长江、黄河、淮河、海河四大流域, 是解决京、津、华北地区缺水问题的重大战略基础设施, 担负着北京、天津、石家庄、郑州等数十座城市供水任务<sup>[1]</sup>。水量调度系统是南水北调中线工程自动化调度系统的核心

组成部分, 是实现统一调度、集中控制的基础<sup>[2]</sup>。水量调度系统的重要任务之一, 就是利用各节制闸、分水口、退水闸实时的监测数据, 计算出正常运行状态、冰期运行以及应急状态下的闸门控制指令<sup>[3-6]</sup>。闸站监控系统则负责采集并为水

收稿日期: 2013-02-22   修回日期: 2013-06-13   网络出版时间: 2013-07-28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130728.1310.028.html>

基金项目: 水利部公益项目“汉江流域水资源统一调度研究”(201101002); 水利部 948 项目“水利工程勘测设计三维协同技术”(201308)

作者简介: 黄会勇(1979-), 男, 江西高安人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事水文水资源研究。E-mail: huanghuiyong@cjw.sjy.com.cn

量调度系统提供监测数据,再根据接收到的控制指令,对节制闸、分水口、退水闸等进行远程控制<sup>[7]</sup>。因此,需要在水量调度系统与闸站监控系统之间建立数据通信,完成大量的实时数据传递任务。基于 OPC 技术可以建立彼此独立的应用系统之间实时数据通信的桥梁,能有效克服应用系统之间的不兼容问题,实现系统集成应用。

## 1 OPC 简介

OPC(OLE for Process Control,过程控制对象连接与嵌入技术)是 OPC 基金会组织推广的工业控制和生产自动化领域中的硬件和软件之间的标准接口<sup>[8-9]</sup>。OPC 以组件对象模型为基础,采用客户端/服务器模式,允许各种不同设备之间以相同的方式进行通信。OPC 是应用程序之间交换实时数据的一种方法,既可以应用于软件系统之间的集成,也可以应用于软件系统与硬件系统之间的集成<sup>[10-15]</sup>。

### 1.1 OPC 的组成

OPC 服务器由三类对象构成<sup>[8]</sup>: OPC 服务器(OPC Server)、OPC 组(OPC Group)和 OPC 项(OPC Item)。OPC 服务器提供数据源以及数据访问接口,并负责维护有关 OPC 服务器的相关信息,OPC 服务器是组对象的容器,可以包含一个或多个组对象;OPC 组提供了一种容纳和组织 OPC 数据项的机制,从逻辑上完成对数据项的管理,组可以包含一个或多个数据项;项是最小的对象单元,由数据值(Value)、数据质量(Quality)、时间戳(Time Stamp)等构成,代表着与 OPC 服务器的数据连接。OPC 包含两种标准接口:自定义接口和自动化接口,自定义接口是一组 COM 接口,由 OPC Server 服务商提供;自动化接口是一组 OLE 接口,主要用于 OPC 客户端应用程序开发。OPC 体系结构见图 1。

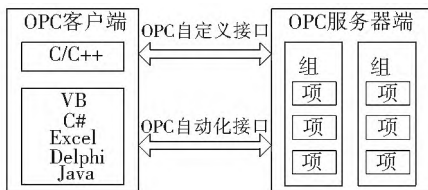


图 1 OPC 体系结构

Fig. 1 The architecture of OPC

### 1.2 OPC 数据存取方式

OPC 服务器与 OPC 客户端之间数据交互包括两个方面:OPC 客户端从 OPC 服务器端读取数据和 OPC 客户端向 OPC 服务器端写入数据。OPC 客户端数据读取有三种方式:同步、异步、订阅<sup>[11]</sup>,而 OPC 客户端向 OPC 服务器写数据只有两种方式:同步写和异步写。

同步数据存取包括同步读和同步写。OPC 客户端通过接口函数向 OPC 服务器发出数据存取请求,OPC 服务器执行相应的请求操作,当 OPC 服务器对应的响应全部完成后才能返回,在此期间,OPC 客户程序一直处于等待状态。同步数据存取时,如果有大量数据进行操作或有很多 OPC 客户程序对 OPC 服务器进行读操作时,必然造成 OPC 客户程序的阻塞现象。因此,同步数据存取适用于 OPC 客户程序较少,数据量较小的场合。

异步数据存取包括异步读和异步写。OPC 客户端程序向 OPC 服务器端发出请求后立刻返回,不用等待 OPC 服务器的响应,即可进行其它操作。OPC 服务器完成响应后再通知 OPC 客户程序。相对于同步数据存取,异步数据存取的效率更高。

订阅式数据读取是指 OPC 客户程序对 OPC 服务器发送请求后立刻返回,不用等待 OPC 服务器的操作,即可进行其它操作。OPC 服务器在数据发生改变时,会自动根据更新周期刷新相应的客户端数据。客户端只向 OPC 服务发送一次请求,之后不再对服务器请求。相比于同步数据存取和异步数据存取,订阅式数据访问方式可以有效降低客户端访问服务器的次数,最大程度地避免网络阻塞。

OPC 客户端利用数据访问接口,以统一的方式访问 OPC 服务器,无需了解服务器端的底层细节及硬件设备驱动,易于实现应用系统之间或软硬件系统之间的集成。OPC 实现了远程调用,使得应用程序与系统硬件的分布无关,便于系统硬件配置。OPC 降低了系统集成的成本,基于 COM 规范的语言无关性简化了 OPC 客户端系统开发,用户可以选择熟悉的二次开发语言,以及各种商业开发软件包,OPC 客户端不必考虑硬件设备驱动的问题。基于 OPC 的上述优点,本文采用 OPC 技术实现水量调度系统与闸站监控系统之间的集成。

## 2 南水北调中线工程自动化系统

### 2.1 南水北调中线工程自动化调度系统简介

南水北调中线工程自动化系统包括六大应用系统,分别是:水量调度系统、闸站监控系统、闸站视频监视系统、工程安全监测自动化系统、水质监测系统、三维仿真系统。

水量调度系统是整个自动化调度系统的大脑,是实现统一调度、集中控制的基础。通过该系统,实现正常调度、应急调度、冰期运行等不同工况下水量调度计划制定、闸门控制指令制定及发送等功能。

闸站监控系统是全线集中控制方式的执行系统,可以在调度中心对全线所有节制闸、分水口、退水闸、工作闸等进行远程自动控制,系统主要功能包括闸站控制、运行状态实时监测、告警、模拟、趋势分析、查询统计、系统管理等。

闸站视频监视系统主要用于监视闸门及启闭机运行状态、水流状态、机房设备运行状态、园区安防等情况,同时可进行远程操作维护指导,能够起到“事前发现、事中处理、事后取证”的作用。

工程安全监测自动化系统将预埋在水槽、隧洞、倒虹吸等建筑物及特殊渠段的监测仪器数据自动采集,上传至调度中心,在调度中心能够针对异常情况进行报警,主要功能包括监测信息管理、在线综合分析、离线综合分析、综合查询、报表制作等。

水质监测系统通过固定、移动、自动等监测手段实现水质信息的采集并上传至调度中心,水质不达标或发生污染时及时报警,并针对异常情况指挥现场进行处理。主要功能包括水质监测数据采集与管理、水质站网管理、水质分析评价、水质监测资料整理汇编、水质预测预报、水质信息查询、水质会商支持、水质信息发布等。

三维仿真系统通过数字化手段把中线干线工程装进计算机,能够形象地展示工程全貌,同时可展示工程沿线社会

经济环境。三维仿真系统是实现“数字中线”的基础。

## 2.2 水量调度系统与闸站监控系统的集成

水量调度系统集成了供水计划生成模型、总干渠水力学模型、冰期输水控制模型、应急预案模型。为了提高数据共享,保证数据一致性,系统构建统一的模型参数数据库,闸门控制指令计算模型的输入包括两类参数:一类是模型参数,包括水工建筑物的设计参数,如渠段长度、底宽、设计水位、设计流量,以及模型自身的参数,如水位最大降速、闸门开度步长等;另一类参数是反映供水调度实时状态的监测数据,如闸前闸后水位、闸门开度、过闸流量等。模型参数从本地模型数据库中获取,监测数据则利用 OPC 技术从闸站监控系统获取,同时,生成的控制指令也通过 OPC Client 发送到闸站监控系统。系统体系结构见图 2。

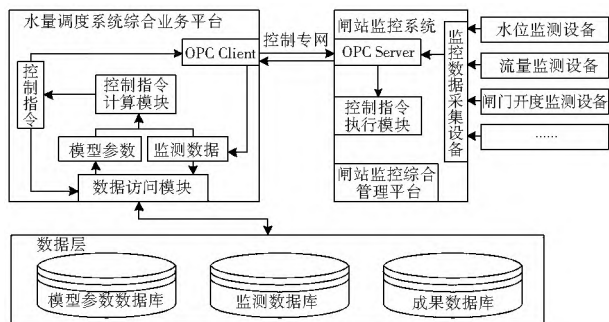


图 2 工程自动化调度系统体系结构

Fig. 2 The architecture of automatic dispatching system

## 3 OPC 技术在水量调度系统中的应用

### 3.1 南水北调中线水量调度规则

水量调度就是根据各用水户的用水需求,通过改变一系列控制闸门的启闭状态,适时、适量地将水送到用水户的过程。南水北调中线水量调度以总干渠水力学模拟模型为基础,采用前馈加反馈的控制策略<sup>[6]</sup>。根据渠道初始及目标状态的流量、水位、渠道水体体积等参数指标,初步制定节制闸流量变化过程及闸门开度变化过程,称为前馈控制策略;根据渠道水力响应的实测数据,对过闸流量及闸门开度进行修正,以保证节制闸流量变化过程与前馈控制策略制定的流量过程一致,称为反馈控制策略。典型的控制指令生成流程见图 3。

### 3.2 基于 OPC 技术的闸站监测数据获取与控制指令发送

反映渠道输水控制状态的实时监测数据是闸门控制指令修正计算的重要依据。考虑到监测数据量大,采集频率高等特点,水量调度系统只在计算控制指令时才建立与 OPC Server 端的连接,一旦获取到数据后即断开与 OPC Server 端的连接。同样,系统在每一个设定的时间间隔都会生成控制指令,但只是在需要调整闸门时才将相应的控制指令发送到闸站监控系统执行。本文采用 C# 语言开发 OPC Client 应用程序,实现监测数据获取与控制指令发送。数据获取与指令发送的基本步骤如下。

#### 3.2.1 连接 OPC Server

OPC Server 由闸站监控系统提供,负责提供数据源。在 OPC Client 端建立与 OPC Server 的连接时,需要提供 OPC Server 的名称与 IP 地址。服务器端的 OPC Server 可能有多个,在具体实现时,采用 OPC Server 枚举算法,根据提供的 OPC Server 名称和 IP 地址,找到指定的 OPC Server,使用 OPC Server 对象提供的 Connect 方法建立连接。

#### 3.2.2 创建 OPC Group 和添加 OPC Item

OPC Server 作为 OPC Group 对象的容器,提供了创建和添加组的方法,使用 OPC Server 对象提供的 CreateSubscription 可创建 OPC Group 对象。需要注意的是,使用该方法创建的对象,本身已经添加到 OPC Server 对象中,不需要使用 AddGroup 方法添加。在创建 OPC 组对象时,需要设置组对象的更新频率(UpdateRate)、更新死区(Deadband)、是否激活(Active)等属性,这些属性涉及到数据更新方式,应根据数据访问的实际需要设置。OPC Item 由 OPC Group 管理,创建 OPC Item 时需要指定 ItemName、ClientHandle 等属性,其中 ItemName 必须与 OPC 服务器端的 Item 项名称一致,这样在客户端进行请求时,才能获取服务器端对应的数据项的值。

#### 3.2.3 异步方式读取监测数据

数据访问是 OPC Client 端程序实现的一个重要环节,鉴于南水北调中线工程干线供水调度实测数据量大,数据种类多,系统采用订阅的方式,当监控设备采集到的数据有变化时,自动触发数据变化事件函数,通知客户端。

#### 3.2.4 向闸站监控系统发送控制指令

发送控制指令是 OPC Client 端向 OPC Server 端写入数据的过程。在水量调度系统中,向闸站监控系统写入的开度指令远比获取的监测数据少,另外,根据南水北调中线水量调度的业务要求,在每次对闸门进行控制时,应保证闸门控制操作的同时性。因此,在 OPC Client 端开发过程中,采用同步写的方式,利用 OPC Server 对象提供的 Write 方法,实现向闸站监控系统发送控制指令。

#### 3.2.5 断开 OPC Server

OPC 的连接资源有限,在使用完成后,需要及时断开与 OPC Server 的连接,使用 OPC Server 对象提供的 Disconnect 方法可断开连接并释放资源。

## 4 实例

南水北调中线一期工程京石段水量调度系统部署在总

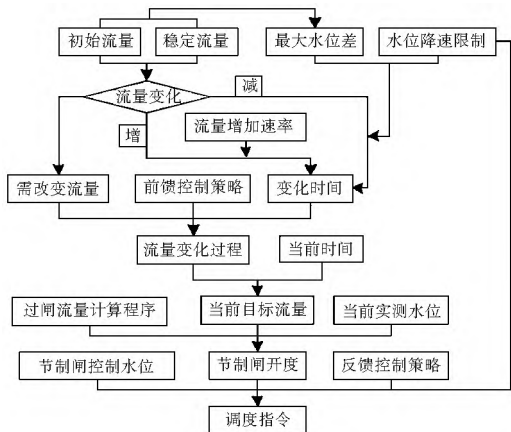


图 3 典型控制指令计算流程图

Fig. 3 The calculation flow chart of typical gate opening control order

调中心,通过控制专网与闸站监控系统连接,OPC Server 端部署在闸站监控系统,负责提供数据源供 OPC Client 端访问。OPC Client 端应用程序部署在水量调度系统,负责从闸站监控系统读取水位、流量、开度等监测数据,保存到内存表,作为控制指令计算的输入项,生成的指令也是通过 OPC 发送到闸站监控系统。系统体系结构见图 2。

南水北调中线一期工程京石段水量调度系统运行总界面见图 4。系统提供了统一的水量调度操作界面,实现模型参数维护、模型计算软件集成调用、成果管理、数据查询与统计等功能。控制指令发送界面见图 5,采用颜色高亮显示、闪烁等方式突出显示开度发生变化的闸门,提醒运行调度操作人员需要执行相应的控制指令。

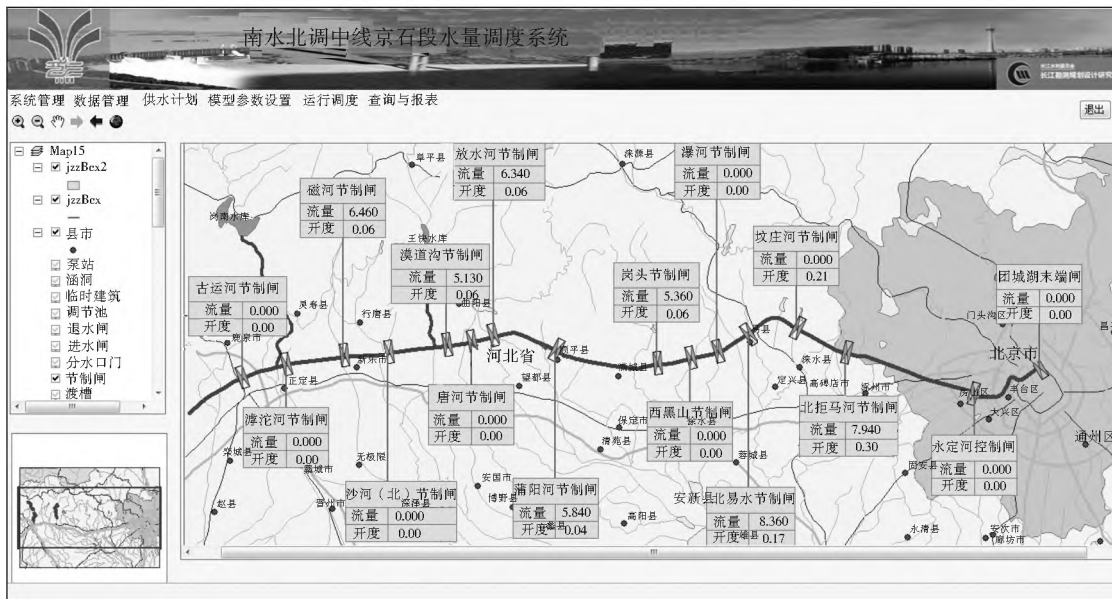


图 4 系统总界面

Fig. 4 The water regulation system interface



图 5 控制指令发送界面

Fig. 5 The interface of control order dispatch

京石段自动化调度系统目前尚处于试运行阶段,软硬件设备均处于调试状态。系统与 OPC Server 端采取短连接的方式,即:在每次闸门控制指令计算时进行连接,获取数据后立即断开与 OPC Server 的连接,并释放资源;在需要发送控制指令时,建立与 OPC Server 连接,指令发送完毕后断开连接。短连接方式能有效降低闸站监控系统 OPC Server 端软件运行不稳定对水量调度系统的影响,提高了系统的稳定性。

## 5 结语

作为南水北调中线工程自动化系统的大脑,水量调度系统负责实现正常调度、应急调度、冰期运行等不同工况下水量调度计划制定、闸门控制指令生成等功能,是多个专题模型的集成系统。本文介绍了 OPC 技术的原理与数据访问规范,并开发了 OPC Client 端应用程序,实现了南水北调中线工程京石段水量调度系统与闸站监控系统之间的集成。实

践表明,采用 OPC 技术很好地实现了水量调度系统与闸站监控硬件系统之间的数据通信,而无需了解闸站监控数据采集设备底层的细节,系统运行稳定,开发相对简单高效,集成成本低。

#### 参考文献(References):

- [1] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 南水北调中线一期工程总干渠供水调度方案研究及编制工作大纲 [R]. 2006. (Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Changjiang Water Resources Commission. The General Outline of Framework Research and Workout on the First Stage of the Middle Route of South to North Water Diversion [R]. 2006. (in Chinese))
- [2] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 南水北调中线一期工程总干渠供水调度方案研究及编制实施报告 [R]. 2007. (Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Changjiang Water Resources Commission. The Implementation Report of Framework Research and Workout on the First Stage of the Middle Route of South to North Water Diversion [R]. 2007. (in Chinese))
- [3] 李静,鲁小新. 南水北调中线干线工程自动化调度与运行管理决策支持系统总体框架初讨[J]. 南水北调与水利科技, 2005, 3(5): 21-25. (LI Jing, LU Xiaoxin. General Framework of Supporting System for Auto Regulation and Operation in the South to North Water Transfer [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2005, 3(5): 21-25. (in Chinese))
- [4] 张忠波,张双虎,蒋云钟. 南水北调中线一期工程水量调度方案制定分析[J]. 南水北调与水利科技, 2011, 9(6): 5-10. (ZHANG Zhongbo, ZHANG Shuanghu, JIANG Yunzhong. The Analysis of Working out the First Stage of the Middle Route South to North Water Diversion Project Scheduling Schemes [J]. South to North Water Diversion and Water Science & Technology, 2011, 9(6): 5-10. (in Chinese))
- [5] 侯召成,翟宜峰. 南水北调中线干线自动化调度系统总体框架设计[J]. 水利信息化, 2010, (1): 40-45. (HOU Zhaocheng, ZHAI Yifeng. General Framework Design of Automatic Dispatching System for Mid route of the South to North Water Diversion Project [J]. Water Resources Information, 2010, (1): 40-45. (in Chinese))
- [6] 翟宜峰,熊璋,侯召成,等. 基于工作流的南水北调中线运营调度建管系统设计与实现[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(5): 4-7. (ZHAI Yifeng, XIONG Zhang, HOU Zhaocheng, et al. Design and Implementation of Construction and Management System for Workflow-based Running and Scheduling in Middle Route Project of the South to North Water Diversion [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2007, 6(5): 4-7. (in Chinese))
- [7] 齐予海,蔡捷,翟宜峰,等. 南水北调中线干线工程闸站监控系统组网方案研究[J]. 南水北调与水利科技, 2007, 5(1): 19-21. (QI Yuhai, CAI Jie, ZHAI Yifeng, et al. Study on Networking Scheme for Station Monitor and Control System of South to North Water Diversion Middle Route Project [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2007, 5(1): 19-21. (in Chinese))
- [8] OPC FOUNDATION. Data Access Custom Interface Specification Version 2.05[Z]. 2001.
- [9] 郑立. OPC 应用程序入门[Z]. 日本 OPC 协会, 1999. (ZHENG Li. The Introduction of OPC Program [Z]. 1999. (in Chinese))
- [10] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. (PAN Aimin. The Principle and Application of COM [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999. (in Chinese))
- [11] 肖俊. OPC 客户端订阅式数据采集的实现和研究[J]. 电气传动自动化, 2012, 34(4): 52-54. (XIAO Jun. Realization and Research of OPC Data Acquisition Client Via Subscription [J]. Electric Drive Automation, 2012, 34(4): 52-54. (in Chinese))
- [12] 乔加新. OPC 客户端与 OPC 服务器的交互方式的研究[J]. 信息技术, 2005, (8): 122-124. (QIAO Jiaxin. Research on Interaction Methods Between OPC Client and OPC Server [J]. Information Technology, 2005, (8): 122-124. (in Chinese))
- [13] 郑丰收,李艾华,欧健,等. 基于 OPC 的门禁控制系统[J]. 计算机与现代化, 2012, (1): 173-175. (ZHENG Fengshou, LI Aihua, OU Jian, et al. Access Control System Based on OPC [J]. Computer and Modernization [J]. 2012, (1): 173-175. (in Chinese))
- [14] 宁鸥,阳世荣,夏伟,等. OPC 技术在舰船综合平台管理系统中的应用研究[J]. 2011, 6(4): 75-77. (NING Ou, YANG Shirong, XIA Wei, et al. Application of OPC in Ship Integrated Platform Management System [J]. Chinese Journal of Ship Research, 2011, 6(4): 75-77. (in Chinese))
- [15] 戚中奎,林果园,孙统风. OPC 数据访问服务器的研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(4): 1517-1520. (QI Zhongkui, LIN Guoyuan, SUN Tongfeng. Research and Implementation of OPC Data Access Server [J]. Computer Engineering and Design, 2011, 32(4): 1517-1520. (in Chinese))
- [16] 黄少华,黄会勇,吴泽宇,等. 基于 GIS 的大型人工输水渠道供水调度管理系统[J]. 南水北调与水利科技, 2010, 8(1): 5-7. (HUANG Shaohua, HUANG Huiyong, WU Zeyu, et al. A Large Scale Scheduling Management System for Artificial Channels of Water Supply Based on GIS [J]. South to North Water Transfer and Water Science & Technology, 2010, 8(1): 5-7. (in Chinese))