

# 基于 MOSCAD 的城市给水计算机辅助调度系统

朱永建<sup>1</sup>, 周力尤<sup>2</sup>, 周 虹<sup>2</sup>

(1. 摩托罗拉(中国)SCADA 技术支持中心, 北京 100010; 2. 广州市自来水公司, 广东 广州 510160)

**摘要:**介绍了 MOSCAD 系统的技术特性, 并结合城市供水调度应用的要求, 说明用 MOSCAD 构建城市给水计算机辅助调度系统是一个良好的解决方案。

**关键词:**城市给水; 调度系统; SCADA 系统

**中图分类号:** TP278 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8829(2005)10-0018-04

## Dispatching System for Urban Water Supply Based on MOSCAD

ZHU Yong-jian<sup>1</sup>, ZHOU Li-you<sup>2</sup>, ZHOU Hong<sup>2</sup>

(1. Motorola(China) SCADA Service Center, Beijing 100010, China; 2. Guangzhou Water Supply Co., Guangzhou 510160, China)

**Abstract:** Some speciality of MOSCAD and requirements of urban water supply dispatching are introduced, and a satisfying solution of urban water supply SCADA system based on MOSCAD is explained.

**Key words:** urban water supply; dispatching system; SCADA system

MOSCAD 是摩托罗拉公司开发生产的 SCADA 系统, 在全世界范围内得到了广泛的应用。在国内供水行业, MOSCAD 目前已成为高端调度系统的主流产品。特别是在建设部“城市给水计算机辅助调度系统应用指南”(以下简称“指南”)颁布后, 许多供水企业按照“指南”的要求去开发和应用 MOSCAD 系统。实践证明, MOSCAD 系统满足“指南”的功能和性能要求, 是一个值得推荐的解决方案。

### 1 城市供水调度的工艺特点

城市给水系统由净水处理(包括取水设施、净水厂、送水泵站)、配水管网和服务设施构成。通常是从水源地取水, 由若干座净水厂进行净化处理后向配水管网供水。每座净水厂的送(配)水泵站设有数台水泵(包括调速水泵), 根据需水量进行调配。此外, 某些给水区域内的地形和地势对配水压力影响较大时, 需在配水管网增设增压泵站、调蓄泵站或高位水池等调压设施, 以保证为用户安全可靠地低成本供水。

由于供水系统的规模是按城市的最大需水量进行设计和配置的, 但其通常又工作在非满负荷状态, 这种“静态”设计和“动态”运行的特点, 容易造成下面的情况: 在需水量大的时候, 系统的供给能力不足, 造成缺

水; 而在需水量少的时候, 供给能力过剩造成浪费。特别是在输配水环节中, 矛盾更加突出。调度自动化是解决这一矛盾的有效手段。“动态”与“静态”的差距越大, 自动化的效果就越明显。

#### 1.1 管理模式

给水企业的管理调度模式一般分为两种: 集中调度和分级调度模式。

集中调度就是把取水、净水和配水过程的调度管理都集中在一个调度中心完成。

分级调度就是建立公司级(一级)调度中心和区域级(二级)监控调度中心(净水厂亦属区域级)。一级调度中心全面负责对城市给水系统的生产调度管理, 仅对二级调度中心和直属控制管理的有关设备下达调度指令, 而对由二级调度中心管理的设备, 则通过二级调度中心对相关设备实施调度控制。

#### 1.2 分布范围

我国是一个淡水资源比较贫乏的国家, 加上水资源污染的日益严重, 水源地的选取离市区越来越远, 甚至异地取水。水源站是整个供水/给水的命脉, 一般城市拥有多个水源。而另一方面随着经济的高速发展, 城市的规模也越来越大, 需水量不断上升直接导致了水处理厂的规模和数量不断增长, 管网的长度及所涉及的地域越来越广。这些都在很大程度上导致了调度系统的复杂性。

#### 1.3 关联性

城市给水系统属于多水源环行管网结构, 多水源给水管网的调度, 情况复杂, 涉及面广, 在数分钟内需

收稿日期: 2005-07-22

**作者简介:** 朱永建(1964—), 男, 高级工程师, 经理, 主要从事自动化与信息技术应用; 周力尤(1960—), 男, 高级工程师, 主要从事自动化与信息技术应用。

水量的变化便可引起管网压力的大幅度变化。

水源的水质指标、水位与水处理厂的水位具有很强的关联,另外,多水源之间也具有很强的关联。

#### 1.4 实时性

随着经济的迅速发展和人民生活水平的提高,对于供水的水质、服务质量的要求也越来越高,同时,节水、节能的要求也越来越高,这都决定了数据实时性要求的提高。

#### 1.5 环境

配水管网的测站,一般都分布在市区,安装在室外,现场环境复杂,具有以下的特点:①电磁环境复杂,信号和通信(尤其是无线通信)易受到干扰;②供电情况比较差;③一般安装在室外,环境温度和湿度比较复杂,另外,也易受到雷电的损坏;④地下情况复杂,接地施工困难。

## 2 “指南”对城市供水计算机辅助调度系统提出的要求

### 2.1 功能要求

①数据通信功能:指通过有线或无线通信方式,实现调度中心与各净水厂、泵站、加压站、控流站、管网站之间的双向数据传输通信,包括调度中心向各远程站下发调度命令,以及各关联远程站之间的数据通信。

②多信道通信功能:系统能采用各种通信媒介和方式(包括超短波、扩频微波、PSDN、GPRS、光纤、局域网和公用数据网)。

③数据管理功能:包括数据处理、数据存档、显示功能等。

④监测和报警功能。

⑤调度功能:将给水计划和调度指令下达给各净水厂、泵站或管网远程站,实现管网经济运行,达到合理给水的调度目的。

⑥突发事件处理功能:是指调度系统的突发运行事件和重要的系统操作,如调度指令下发、重大故障报警、设备状态质的变化等,立即上传至调度中心,并登录在案,应具有应急预案和相应的实施能力。

⑦系统开发功能:工程师可以对源程序进行在线编辑和修改,编辑和修改好的程序再回送下载到系统中,完成系统开发、修改等工作。

⑧在线调试功能:通过计算机可以完成系统参数的调整和设定,完成在线调试工作,既可以本地调试,也可以远程调试。

⑨在线诊断功能:通过诊断软件,可以对系统的各个硬件和软件进行在线诊断,找出故障的原因,既可以本地诊断,也可以实现远程诊断。

### 2.2 性能指标

①调度系统根据不同需要,可选择 MTBF > 2 000

h, > 4 000 h, 或 8 760 h(一年)。

②系统可用率 ≥ 99.8%;

③数据正确率 > 98%;

④综合误差 ≤ 1.0%;

⑤实时数据更新时间 ≤ 5 min, 报警响应时间 ≤ 3 s, 一般要求查询响应时间 ≤ 5 s, 指令响应时间 ≤ 3 s。

⑥热备系统的切换时间 ≤ 30 s, 计算机画面的切换时间 ≤ 0.5 s。

## 3 MOSCAD 给水调度系统的特点

### 3.1 数据通信

针对城市给水行业调度模式多样化、站点分散、范围广、实时性要求高的特点,摩托罗拉的解决方案是利用其通信技术的优势,将网络的概念引入到 MOSCAD 系统中来。其网络通信协议是 MDLC, 使得 MOSCAD 的数据通信具有了网络的特性。

#### 3.1.1 系统结构灵活

MOSCAD 系统提供了 MDLC 网络的网关或通信处理单元,实现计算机或计算机网络与 MOSCAD 系统的连接。

在集中调度模式中,整个系统包括二种类型的网络,调度中心局域网(TCP/IP)和数据采集和传输网络(MDLC)。二种网络通过网关进行有效的连接,实现整个 SCADA 网络的数据共享和快速方便的维护,如图 1 所示。

在多级调度模式中,中心的连接可以通过路由器或通过 MOSCAD 网络节点实现,如图 2 所示。

这二种模式的系统结构在国内都得到实际的应用,如石家庄水司采用的是集中调度模式,而济南水司和成都水司采用的是二级调度模式的系统结构。

#### 3.1.2 多种信道的连接

通信系统是包括通信信道、通信协议、通信设备(硬件、软件)等。随着通信技术的发展和城市公共通信的网络的扩大和完善,通信手段的选择也越来越丰富。目前,给排水调度系统中常用的通信技术有 5 种,即虚拟专用网通信、超短波通信、微波扩频通信、GPRS 通信和 DDN 专线通信。这几种通信技术各有优点,可根据情况选择一种或多种混合使用。这也就要求系统必须具有多信道的连接能力。

在 MOSCAD 网络中,每一个 RTU 都是网络中的一个节点,它具有一个单独的网络地址。对于每一个连接都具有一个连接识别标志。所有的信道连接,仅与系统中的物理层有关。系统具有多信道识别和地址识别的能力,包括无线信道(VHF、UHF、微波、集群、扩频微波等)和有线信道(RS232C、RS485 等)。

同样,这些技术都在具体的应用中得到很好的体现,如广州水司采用的是集群、DDN 和超短波;济南水

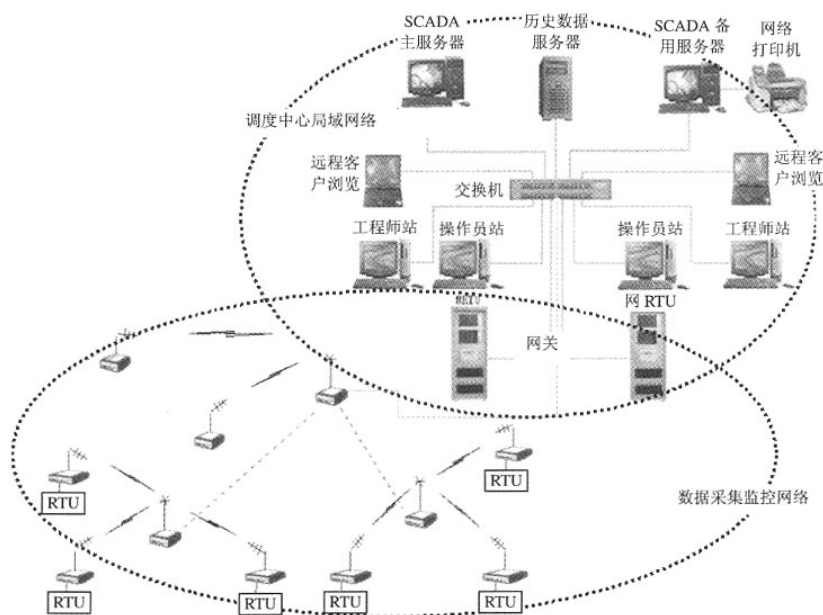


图1 集中调度模式系统结构图

### 3.1.4 网络路由

MOSCAD 网络层负责确定在网络中两节点间的通信路径。通信能够发生在多于一个的链路上,且信息能够经由几个节点进行传输(中继器,存储转发RTU)到目标节点。

MOSCAD 系统中的任何一个 RTU 都可以被定义成节点,完成不同链路间数据获取,同链路存储转发,通信失败处理和再获取。

体现在具体的应用上,主要是可以实现远程站(包括不同链路)之间的数据通信,系统中的任何一个 RTU 都可以作为存储转发站,链路冗余。这些特点在给水处理中都是非常有用的,尤其是采用无线通信时,高层的建筑的阻挡是不可避免的,存储转发的功能可以减少中继站的建立,即为网络的组建提供了方便,也省去了中继站建设的庞大费用。另外,随着城市公共通信的网络的扩大和完善,使用混合通信链路也势在必行,而节点的定义也可以使这一愿望成为现实。在特别重要的站点如净水厂出站压力、水源、管网测流站,为保证数据的畅通,使用链路冗余也是必要的,网络路由功能可以使无扰的链路切换成为现实。

### 3.2 数据处理

MOSCAD 在数据处理方面有以下几个特点:

- ①对于压力等信号,当其值超过限值或变化率过大时需突发传输;
- ②易受外部因素影响的信号,采用滤波处理;
- ③历史数据的存储功能;
- ④量程、报警限值、变化率以及滤波处理周期可以

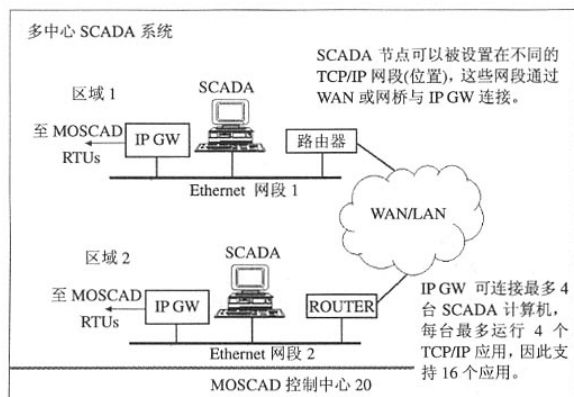


图2 多级调度模式系统结构图

司和成都水司采用的都是超短波和虚拟专用网通信。

### 3.1.3 通信方式

系统具有多种通信方式:

①连续扫描:扫描按照周期连续地重复进行,各被扫描站采用异样报告方式发送数据;

②定时扫描:根据指定扫描时间间隔对所有测站进行扫描;

③优先扫描:根据指定一个或多个地址号进行优先扫描;

④要求扫描:根据指定一个或多个地址号进行要求扫描;

⑤突发传输是 MOSCAD 系统中独有的一种通信方式。当测站出现非正常情况下,会主动上报数据。

调整。

### 3.2.1 数据的完整性

数据的完整性是指信息在源位置与目标位置的一致性。在满足限定的条件下,调度系统一般要求数据完整率 > 98%。但在使用 MOSCAD 的系统中可以达到 100%,这在广州水司、济南水司、成都水司都已得到验证。

要保证数据的完整性, MOSCAD 的系统首先也是在数据通信上取得保证。

①传输数据是以帧为单位打包进行,在每帧的开始和结束处加入特殊的标志位。接收者拒绝接收没有帧同步标志的数据帧。为满足通信最大吞吐能力,帧长是视通信链路的质量自动可调的。

②每帧都有一个序号。每个接到的帧都用一个特殊的 ACK 帧应答,错误的帧都将重发,且仅错帧被重发。

③每个帧都包含一个 32 位 CRC,接收者拒绝接收没有通过 CRC 检测的字并要求重发。

④在通信中,每帧都包含测站地址,每个通道最多可有 65000 个不同的地址;接收者拒绝接收具有不正确地址的帧。

在暂时通信故障或延迟的情况下,RTU/PLC 能够将采集的数据存储一段时间,并在数据上加上时间标记,用于以后的传输,以便通信恢复时传输这些数据。

### 3.2.2 数据的实时性

在供水系统中,数据的实时性是指最新的系统实时检测数据替代上一次系统实时检测数据的间隔时间,实时数据更新时间一般应  $\leq 5 \text{ min}$ 。

为了提高数据的实时性, MOSCAD 一方面充分提高信道的利用率,如超短波的信道利用率可达 94.5%,另一方面,可以采用支持轮询和自报相结合的通信方式。由于在网络概念的引入,使得 RTU 具有通道存取和碰撞控制的能力,一旦测站发生故障或状态发生变化,系统便主动插入到当前的时隙中,及时地上报到中心站。在应用层面上,可以看作是在不终止当前通信的情况下,迅速将事件上报到中心。

在广州水司、济南水司、成都水司的系统中,报警响应时间  $\leq 3 \text{ s}$ 。

### 3.3 系统的可靠性和可用性

可靠性可以用平均故障间隔时间 (MTBF) 来表示。它取决于两个因素:系统各部件(包括设备硬件和软件)本身的可靠性以及将其整合的合理性。

在系统中设备间的连接关系分为二种,串行或并行。串行连接中的任何一个设备的故障都会导致整个系统的故障,而并行连接仅当所有的设备均发生故障才会导致系统的不可用。

在城市给水系统中,一般可以分为 4 个连接节点,即 RTU、通信、连接设备和服务器。

MOSCAD 为提高整个系统的可靠性,采取的主要策略是提高节点设备的可靠性,对关键节点采用冗余技术,提高通信的可用率。在济南水司、成都水司的项目中,整个系统的 MTBF 指标可达 2 年半。

#### 3.3.1 可靠性技术

①MOSCAD 系统的所有主要部件都是由摩托罗拉公司设计和制造的,能使各个部件互相匹配良好,全套系统得到优化,并在整个使用寿命期内保证质量优良;

②工艺严谨,采用门阵列技术、SMD 元件,无跳线、无螺钉,嵌入式模块化设计,产品平均无故障时间超过 225 000 h;

③符合欧洲、北美等工业标准,如 ISO、IEC、IEEE、EIA、ISA、FM,且符合美国军标 ( $-30 \sim +60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )、IP65 防护标准,可直接安装在野外恶劣环境中;

④系统采用基于 OSI 模型的 MDLC 数据链通信协议,保证系统能进行轮询和争用、存储转发、中继等通信方式,通信误码率小于  $10^{-6}$ ;

⑤可进行协议分析、网络优化配置,使无线通信效率达到 94%;

#### 3.3.2 设备安全

MOSCAD 系统通过以下几方面来保证系统的安全:

①RTU 为模块化设计,且可带电热插拔;

②信号隔离和保护,板上采用 DC/DC 转换器,光隔离,并根据 ANSI37.0 - 1989 标准进行保护;

③控制安全:除在操作上需要多级确认外, MOSCAD 还提供磁保持和电激励等类型的控制模板,保证控制设备处在安全状态;

④MOSCAD 产品通过了美国 FM 安全防爆认证;

⑤采用冗余热备技术,包括服务器冗余、双网冗余、通信冗余、CPU 冗余、电源冗余。

#### 3.3.3 可用性

可用率  $A_p$  按下式计算

$$A_p = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100\%$$

式中,MTBF 为平均故障间隔时间;MTTR 为平均恢复时间(包括管理时间、运输时间及平均维护时间),是衡量可维护性的指标。

经测试,在济南水司项目中系统的可用率高达 99.98%。

#### 3.4 可维护性

通过提高系统的可维护性来提高系统的可用性。

MOSCAD 设备支持带电插拔、故障自诊断等功能。

系统提供了专用的设置和诊断工具(SSD),它包含在 MOSCAD 的编程工具箱 TOOLBOX 中。诊断功能不但可以在本地、还可以在 MOSCAD 系统网络中的任一节点中实现,实现真正意义上的远程诊断、编程和维护。

(下转第 26 页)

中:P1 每天启动 8 次,启动时流量  $Q_1 = 2\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ ,每次 1.2 h;P2 每天启动 32 次,启动时流量  $Q_2 = 1\ 300\ \text{m}^3/\text{h}$ ,每次 12 min;P3 每天启动 10 次,启动时流量  $Q_3 = 2\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$ ,每次 30 min。

以上 3 个过程均单独进行,但不同过程在时间上有可能重叠,故进入提升泵井的实际流量每天较大幅度变化的次数统计接近 50 次,而且波动范围很大,假设水厂平均进水流量为  $Q$ ,则  $Q_{\max} = Q + Q_3 = Q + 2\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$ ,  $Q_{\min} = Q - Q_1 - Q_2 = Q - 3\ 300\ \text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 32 格砂滤池恒水位过滤时,随着每格滤池出水阀的开度调整,出水量将发生变化,由于阀门的动作非常频繁,在平均流量的基础上有一个非常大的波动量,由于未装流量计,故无法检测实际流量的变化值。

(3) 提升泵井的调节容量只有  $280\ \text{m}^3$ ,但一台泵的流量为  $6\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$ ,如果进水流量不是  $6\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$  的整数倍,那么必须通过频繁启停提升泵来满足生产需求,如进水流量是  $16\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$ ,则提升泵不到 10 min 就要开停 1 次。

从以上分析可知,水厂砂滤池出水流量变化范围很大,而提升泵井的调蓄空间却非常有限,导致水泵频繁启停。

## 2 系统改造

由于地理位置的限制,已经建成的提升泵井无法修改。针对现状,为了满足生产和日后水厂运行的需要,提出了如下修改方案:在进入提升泵井前增加流量计检测瞬时流量,将其中两台泵加装变频调速装置,并在提升泵井设计两套水位计,初步控制思路为常开两台调速泵,在整个系统中由于水厂的水流量最少不会

少于  $8\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ ,故考虑两台调速泵常开,不进行开停处理。并根据流量和提升泵井的水位确定定速泵的开停和调速泵转速调整以满足生产需要。

(1) 流量和水位复合控制(控制流程参见图 2)。

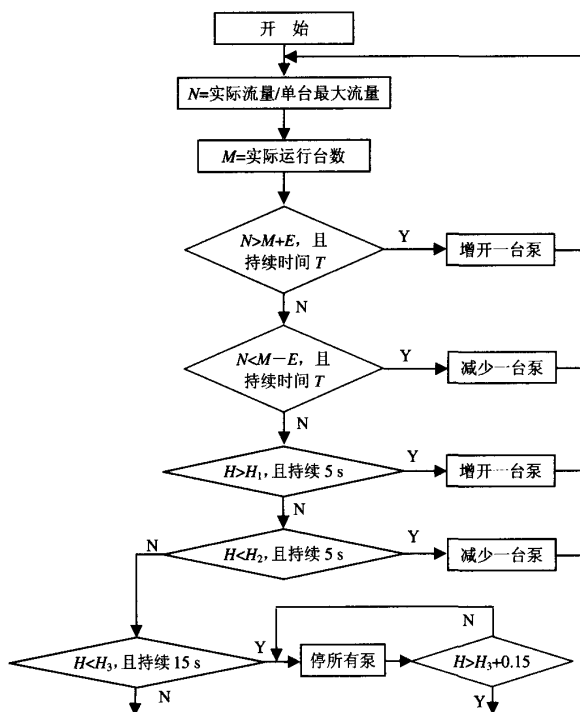


图 2 开停机流程图

按照流量控制:

开机台数  $N = \text{进水水量} \div \text{每台泵最大出水水量}$   
假设在某一工况下,实际运行水泵台数为  $M$ 。

(上接第 21 页)

这些诊断维护应用包括:

①硬件诊断和标定(硬件测试):对 I/O 模块进行标定或测试;CPU 测试:对 CPU 模块进行测试;PORT3 通信测试包括自检、外部回路测试和声音测试;对 RTU 单元的 LED 进行测试;

②Error Logger:可以了解 RTU 单元检测的错误信息;

③协议分析:监视多个信道 MOSCAD MDLC 通信,提供网络中通信每一个的运行信息,是进行网络分析和优化的最佳工具;

④软件诊断:对应用程序进行动态调试;

⑤信道测试:信道测试提供了一个检查几个 RTU 之间物理通信连接的工具,它能提供各种统计信息,如发送数据包的数量、接收数据包的数量、误码率等。

此外,“ToolBox”还具有开发功能。在离线时,可

以进行开发、RTU 调试和诊断,在线时可以提供在线编程和系统调试。其功能包括:

①系统开发功能:工程师可以对源程序进行在线编辑和修改,编辑和修改好的程序再回送下载到系统中,完成系统开发、修改等工作;

②在线调试功能:当系统的参数需要重新调整和设定时,通过计算机可以完成系统参数的调整和设定,完成在线调试工作。

## 4 结束语

综上所述,MOSCAD 系统的功能、性能和扩展能力符合“指南”的要求。实践证明,利用 MOSCAD 系统的实时性、可靠性、开放性和通信组网能力等特点,去构建一个城市供水调度系统,必将会提高供水系统的运行效率,为企业带来更好的经济和社会效益。

□