

城市供水管网水质的数字化调控途径与应用

孟明群¹, 白晓慧²

(1 上海市供水调度监测中心, 上海 200100; 2 上海交通大学 水质科学与工程实验室, 上海 200240)

摘要: 针对大型城市供水管网水质信息的间隙性、被动性和延迟性特征, 提出了管网水质数字化调控理念。从供水管网水质数字信息收集、管网水质信息的在线数字评估和管网水质模型构建方面对实现管网水质数字调控途径进行了分析。介绍了管网水质数字化调控技术在上海世博园区供水管网优化运行信息化平台中的应用。

关键词: 城市供水管网; 饮用水水质; 数字化管理

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2009)16-0020-04

Digital Management of Water Quality in Urban Water Distribution System

MENG Ming-qun¹, BAI Xiaohui²

(1 Shanghai Water Supply Dispatching and Monitoring Center, Shanghai 200100 China;

2 Lab of Water Science and Technology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240 China)

Abstract A conception of digital water quality management is put forward based on the characteristics of non-continuity, passivity and delay for water quality information in large scale urban water distribution system. The digital methods to control the water quality in networks are analyzed, including digital information collection of water quality in water distribution system, online digital evaluation of water quality information and construction of water quality model. The application of digital control methods of water quality in Shanghai Expo district pipe system is introduced.

Key words urban water distribution system; drinking water quality; digital management

大型城市供水输配管网往往具有多水源、多水厂、多节点、大管网、大水量、长距离等特点^[1], 管网水质监测又存在点多面散、管材复杂、缺乏连续监测数据、主干网和管网末梢分布不均的特性, 致使对管网水质变化信息的了解往往具有间隙性、被动性和延迟性^[2-3], 对管网水质也缺乏完整有效的标准评估体系, 难以全面地对管网水质变化实施及时有效的监测和管理。管网水质管理信息的相对滞后和管网水质综合监测技术的缺乏给水质安全保障带来困

难和隐患。通过建立完善的管网数字水质监测、评估和调控体系对保持水厂净水效果、保障管网末端饮用水水质安全具有重要意义, 是今后城市供水系统优化调度的发展方向。

1 管网水质的数字化调控

数字水质是以计算机技术、现代实验室检测技术和大规模信息查询和存储技术为基础, 以宽带网络为纽带, 综合运用先进的在线监测系统、地理信息系统、水质模型和自动化控制等技术, 对城市供水水

质从源头到龙头的全过程进行自动采集、动态监测管理和辅助决策服务。

管网水质数字化调控是将数字化信息技术和最新的管网水质监测技术相结合, 利用管网 GIS 和 SCADA 集成技术, 建立实时在线的管网水质监测系统, 与城市水质监测站的实验室仪器检测结果实现联网, 并综合相关水质管理历史数据库系统, 结合供水热线或客服中心汇总的用户反映水质问题的主要特征和分布区域的水质数据, 得出可以真实反映管网水质变化规律的数字水质模型, 并按照水质标准和水质安全的要求由计算机自动生成评估标准, 形成动态的数字化评估体系, 根据管网水质的工艺特性和消毒方式形成相关的工艺和技术的调控方案。通过信息化系统控制分布在管网各处的水质工艺调控设施, 对水质进行有效的调控或监测调控, 以确保管网水质的安全。

2 供水输配管网数字水质信息的收集

管网水质数据和参数的选择、采集是数字水质的关键部分, 包含在线管网水质参数采集和实验室及其他相关数据参数的采集。主要包括采样点布局、科学化制定检测项目和频率、数据处理等技术。

根据供水管网水质保障要求对影响管网水质稳定的指标进行分析和选择, 水质指标可以是国家标准中所规定的指标, 也可以是新增指标, 对抗动管网动态平衡的指标进行重点监测和研究。在确立水质指标后建立和配置相应的在线监测设备, 并根据供水区域管网特点进行合理布点。对尚无在线设备的指标寻求其他替代指标, 对不能实施在线监测的重要指标, 则将该指标的实验室检测作为辅助。

由于城市供水管道敷设在地下, 同时供水管网的用水点众多, 不可能对全部的用水点进行水质监测, 而且管网水质的监测往往是以实验室的常规检测为依据, 检测周期较长, 对管网水质监测往往具有间歇性、被动性和延迟性, 因此供水管网的水质监测系统有待完善和提高。通过常规实验室检测和在线检测的有机结合, 以实现数字化管网监测系统^[4]。

3 管网水质数字分析

管网水质数字分析主要是研究管网水质安全的在线评估, 将数字化信息技术和最新的管网水质监测技术相结合, 利用管网 GIS 和 SCADA 集成技术, 使实时在线的管网水质监测系统与城市水质监测站实验室仪器的检测结果实现联网, 综合相关水质管

理历史数据库系统, 结合供水热线或客服中心汇总的用户反映水质问题的主要特征和分布区域的水质数据, 根据水质标准和水质安全要求, 由计算机自动生成可真实反映输配管网水质化学稳定性和生物稳定性的评估标准, 形成在线动态的数字化评估体系。

目前由于管网水质监测参数较多, 只是从单个指标对水质安全做出了浓度限定, 同时对于管网的水质监测只是限于特定的机构, 检测信息难以为用户所理解, 缺乏从整体上对管网水质给出综合评价的方法。因此有必要对多项管网水质指标进行综合监测, 根据各个水质的权重, 构建管网水质指标的在线综合评价标准, 得到管网水质安全状况指数, 从而将管网水质指标的监测结果和水质监测信息对外发布有机结合, 使用户更容易了解和掌握管网的水质状况, 最终形成数字化管网水质在线评价系统。

4 输配管网数字水质模型及综合调控

目前国外对于水质建模已有一定研究, 比较有代表性的有美国 EPANET 软件、海思德软件以及 Wallingford 软件。其中美国 EPANET 软件为开源软件 (可以免费使用), 主要面向科研领域管网的水力水质建模。其他软件为商业软件, 均可在实际工程中应用, 但在针对具体城市应用时, 仍需要做具体参数测试校核工作。

对于水质模拟计算算法的研究, 国内外很多学者提出各种计算方法。由于在不同的时段, 节点的用水量及阀门、泵的开关调度是变化的, 供水管网的水力状态一般采用动态模拟计算, 因此要求根据动态水力工况进行动态的水质模拟, 所以现在普遍采用了动态的水质模拟计算方法。其中对于动态水质模拟计算比较认可的是 EPANET 采用的拉格朗日时间驱动的动态计算方法。

由于管网水质模型选取的参数存在一定的误差, 需要通过在线监测数据进行管网水质模型自动校核, 使水质模型在一定精度范围内与实际生产系统吻合。国外主要采用了将管网中的管道按照属性进行分组, 然后采取优化算法进行校核的方法, 国内尚未系统开展这方面的研究^[56]。

在获得输配管网在线动态评估的基础上, 根据管网水质变化的规律和工艺特性、消毒方式等相关的工艺和技术的调控方案。选择输配管网中的重要节点 (如水库、水箱或水池等) 作为补充消毒的控制点, 通过信息化系统控制分布在管网各处的水

质工艺调控设施,对水质进行有效的调控或监测调控,以确保管网水质的安全^[7~9]。

5 上海世博园区管网水质信息化平台

5.1 城市供水管网地理信息系统(GIS系统)

从世博园区内供水管网施工建设开始即进行全面跟踪,从源头开始建立准确的原始资料采集系统,建立世博园区内全要素的供水管网地理信息系统,包括管道、阀门、消火栓以及水表等构件的精确位置、相关属性等信息。GIS系统是供水管网信息化管理的基础,通过GIS系统与其他信息化系统的有机结合,可以有效地对供水管网进行科学管理。例如,利用GIS系统可以快速并精确地查询和定位各种管网元素,提高管网养护的效率;利用GIS系统可以对管网供水的突发事件进行关阀操作模拟,以使受断水影响的用户范围达到最小,并可以生成准确的受影响用户名单,以便提前通知用户;结合GIS系统与营业系统,可以对世博园区内用户进行信息化管理,提高用户服务质量;在GIS系统中输入在线水质监测仪、管道流量计、在线压力仪等监测设备信息,可以对各种监测数据进行更为科学的分析,为管理人员提供决策依据。

5.2 城市供水管网水力模型

利用GIS系统获取准确的管网拓扑关系和用户节点信息。为世博园区内的大用户安装远传水表以获取实时的用户流量。在世博园区边界安装各种压力、流量和水质监测设备,以获取实时的边界条件。通过上述工作可建立世博园区内供水管网的精确水力模型,实现管网的实时模拟和优化管理。

在园区内优化选择压力、流量和水质监测点,以获取管网的实时运行数据,对水力模型进行实时校核。通过水力模型可以为世博园区内的各种突发事件建立紧急预案,保障世博园区的安全供水;可以对管网内的供水压力变化进行实时监测和分析,保证世博园区内的供水压力;为世博园区内的供水调度决策提供科学依据,并对管网供水的能耗进行分析,有利于节能减排。

5.3 城市供水管网水质模型

基于管网水力模型,针对世博园区供水的水源特点,对水体在管网输配中的迁移规律进行研究。通过建立在线水质监测系统,以及大面积的水质采样测试,研究管网消毒剂的衰减规律,获得管网水质

模型计算参数、主体水反应系数和管壁反应系数,从而建立适合本地区的水质模型方法,得到管网中余氯和消毒副产物的水质模型。通过SCADA系统采集的数据,实现实时的水力水质模拟,对供水水质实时预警,达到安全供水的目的。

5.4 城市供水管网数据监控与采集SCADA系统

SCADA系统中心站是供水公司取水、源水输送、净水流程和供水管网的生信息采集、预处理中心和调度命令发布管理中心。系统负担的主要任务是:汇集源水泵站、自来水厂、清水泵站的工艺运行参数和管网测压点、水质检测点的压力和水质参数,完成对取水、制水和供水运行数据的预处理和存储,同时要把数据提供给管网动态仿真和大闭环优化控制调度系统及其他子系统,并将系统优化后的操作指令,通过数据通信传输到SCADA系统远程站。

5.5 城市供水管网信息化综合平台

将GIS、SCADA系统、营业收费系统、水力模型以及水质模型集成在一起,利用各种工具模拟管网状况,并对管网进行分析、预测,实现管网水质数字调控。

6 结论

将数字化信息技术和最新的管网水质监测技术相结合,通过构建供水管网水质数字信息化收集系统、管网水质信息在线数字评估系统和管网水力水质模型有利于实现对管网水质的快速、准确调控,确保管网末端水质安全。

参考文献:

- [1] 孟明群. 城市供水系统优化调度的可行性方案研究[J]. 城市公用事业, 2005, 19(5): 23-26
- [2] 许阳, 祝建平. 杭州管网水质实时监测系统[J]. 给水排水, 2002, 28(2): 91-93
- [3] 孙瑛. 管网水质的在线监测[J]. 净水技术, 2004, 23(6): 36-36
- [4] 张锡辉, 郑振华, 欧阳二明, 等. 水源水质在线监测预警系统的建设[J]. 中国给水排水, 2005, 21(11): 14-17
- [5] 王丹. GIS技术在城市供水管网中的应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2004, 37(2): 92-94
- [6] 朱晓红, 朱自伟, 刘春茂. 城市给水管网管理信息系统的设计[J]. 重庆建筑大学学报, 2004, 26(2): 126-128

(下转第 25 页)

再生水厂以河道补水为主,兼顾城市杂用和少量工业用水;该 14 座再生水厂可提供河道补水量约为 $(161 \sim 171) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提供城市杂用及少量工业用水量约 $32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。南山、光明、燕川、沙井、龙华、华为、观澜、平湖、上洋、宝龙等 10 座再生水厂以工业、城市杂用和河道补水为主,可提供工业、城市杂用水量约 $(79 \sim 84) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提供河道补水量约为 $65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。福永、龙田、沙田、坝光等 4 座再生水厂以控制用地为主。

4 再生水水质推荐目标

深圳市目前暂无市级统一的再生水水质标准,故主要以国家规范为准,确定深圳市再生水水质的推荐目标,供与再生水潜在用户沟通、项目深化时参考。若深圳市再生水水质标准确定,应优先执行深圳市统一再生水水质标准。再生水系统按其水质、水量、水压、安全性要求不同,可分为两套系统进行研究,既要满足大多数再生水用户的需要,又要避免因标准过高而导致处理成本增加。

① 再生水水质推荐目标(工业、城市杂用水类)共设置监测项目 24 项,其中与《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)相同的监测项共 13 项,以该标准的要求值作为再生水推荐水质目标;对《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)没有规定的监测项,则按《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)最高限制值作为再生水推荐水质目标^[1]。从总体来看,工业、城市杂用水类再生水一般性水质指标定位于《生活饮用水卫生标准》。

② 再生水水质标准(景观环境用水类)其设置监测项目 14 项。近期目标水质按照《城镇污水

处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准和《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)观赏性景观环境用水类确定,并参考地表水 V 类水环境质量标准强化控制 COD 指标^[2]。远期执行与其受纳水体环境功能目标相适应的水质标准。

5 结论和建议

再生水系统的建设与实施是一项长期的、艰巨的工作,必须注重规划的可操作性,合理安排再生水系统近、远期建设,以点带面,试点先行,推动再生水在深圳的应用和实践。规划近期建设再生水厂(站) 14 座,总规模为 $166 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 试点膜工艺,局部形成分质供水系统。2020 年基本建成布局合理、系统科学的城市再生水供水系统。远期完善再生水供水系统,合理再生利用污水资源,实现城市与水的协调发展。建议按照“示范先行、经济推动、安全供水”的策略,积极发展再生水系统用户。有关部门应尽快确定合理的再生水价格、制定优惠政策、确定再生水系统的投资来源,使城市污水再生回用项目建设和运行进入良性循环。

参考文献:

- [1] 魏东斌,胡洪营. 污水再生回用的水质安全指标体系[J]. 中国给水排水, 2004, 20(1): 36—39.
- [2] 周律,邢丽贞,段艳萍,等. 再生水回用于景观水体的水质要求探讨[J]. 给水排水, 2007, 33(4): 38—42.

电话: (0755) 83514911 13603036730

E-mail liveil993@tsinghua.org.cn

收稿日期: 2009—04—30

(上接第 22 页)

- [7] Iskm M R, Chaudhry M H, Clark R M. Inverse modeling of chlorine concentration in pipe networks under dynamic conditions[J]. J Environ Eng 1997, 123(10): 1033—1040.
- [8] Jean-B S, Manuel J R, Annie P C. A methodology for developing decision-making tools for chlorine disinfection control[J]. Environ Model Software 2001, 16: 53—62.

- [9] Munavalli G R, Mohan M S. Optimal scheduling of multiple chlorine sources in water distribution systems[J]. J Water Resour Plan Manage 2003, 129(6): 493—504.

电话: 13917281559

E-mail mmqur@163.com crwatemar@sohu.com

收稿日期: 2009—04—15