

述评与讨论

上海市中心城区供水管网信息化建设与展望

孟明群¹, 戴雷杰¹, 张立尖¹, 舒诗湖²

(1. 上海市供水调度监测中心, 上海 200100; 2. 城市水资源开发利用南方国家工程研究中心, 上海 200082)

摘要: 介绍了上海市中心城区供水管网信息化建设的现状, 分析了存在的问题, 探讨了管网水力模型和水质模型如何进一步的应用, 提出管网水质模型开发和应用亟待加强, 建议对各系统进行及时维护、更新和整合。

关键词: 供水管网; 数字水质; 信息化平台; 模型应用; 系统整合

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2012)12-0005-04

Establishment and Prospect of Water Distribution Network Information System in Central Area of Shanghai

MENG Ming-qun¹, DAI Lei-jie¹, ZHANG Li-jian¹, SHU Shi-hu²

(1. Shanghai Water Supply Dispatching and Monitoring Center, Shanghai 200100, China; 2. National Engineering Research Center for Urban Water Resource, Shanghai 200082, China)

Abstract: The status of water distribution network information system in central area of Shanghai was described. Existing problems and further applications of hydraulic model and water quality model of water distribution network were analyzed. The development and application of water quality model should be strengthened. It was recommended that the various systems should be maintained, updated and integrated in a timely manner.

Key words: water distribution network; digital water quality; information platform; model application; system integration

随着上海市经济的高速发展, 城市供水行业已经成为城市经济发展和推动社会进步的基础产业, 城市给水设施建设和管理得到了迅速的发展, 供水量稳中有增, 供水管网规模不断扩大, 提高供水领域的科技含量受到了领导层的极大重视。目前, 上海市供水调度监测中心现代化管理手段和水平不断得到加强和提高, 特别是在供水信息化管理、计算机应用技术发展等方面卓有成效, 已经先后建立了数据

采集与监控(SCADA)系统、管网地理信息系统(GIS)和管网水力模型等信息化系统, 并成功应用, 为上海市实现“数字水务”的目标打下了良好的基础。

1 上海中心城区供水概况

上海市中心城区供水由四家公司(市南、市北、浦东威立雅和闵行自来水公司)完成, 四大水司管网间设置了多根连通管, 形成了一张网调度的供水格局。

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07421-005)

上海中心城区共有 17 座水厂(2 座原水厂,15 座自来水厂)、51 座增压泵站,整个上海市最大日供水量超过 $1\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$,服务人口超过 2 000 万人;其中,中心城区 2009 年最大日供水量约为 $670 \times 10^4 \text{ m}^3$,2010 年最大日供水量高达 $700 \times 10^4 \text{ m}^3$;供水区域内现有 DN500 以上(包括 DN500)的管网长度约 2 887 km,是目前国内最大的供水管网系统之一。

中心城区四家水司统一上传水厂二级泵站和增压泵站的运行数据至上海市供水调度监测中心,调度中心负责监测管网压力变化情况,如有异常及时通知水厂调度室,调度人员则根据出厂压力要求改变水泵开机状态,满足管网用户的压力需求。结合历史调度经验,上海市供水调度监测中心对每个时段的压力控制范围、开机方案、出厂水瞬时流量指

标、清水池水位、管网控制点压力都提出了参考值,以作为调度的依据。

2 供水管网 GIS 系统

上海市供水管网 GIS 系统收集了中心城区市南、市北、浦东、闵行四家水司 DN500 以上的管网 GIS 信息(见图 1)。供水管网 GIS 系统共分 6 种表(阀门、流量点、消防栓、重要用户、管线、节点)、3 个层(节点、管线和设备层),每种对象具有丰富的属性,并实现了与水力模型系统的数据对接。GIS 系统主要包括三个子系统:桌面 GIS 系统(C/S 结构)、Web-GIS 系统(B/S 结构)和掌上 GIS 系统(M/S 结构)。目前各子系统已经通过试运行阶段,正式投入生产运行,运行过程稳定可靠,使用便捷,可以满足浏览、查询、统计和分析管网信息的需求。



图1 上海供水管网 GIS 系统

Fig.1 GIS system for Shanghai water distribution network

3 供水 SCADA 系统

上海市供水调度监测中心建成了完善的供水 SCADA 系统,实现了从原水取水输送、水厂制水到管网输水系统的全过程监控。中心城区的所有水厂、泵站、水库、管网全部实现实时监控,并开始覆盖区县水厂和泵站。调度监控科作为供水安全保障的一线科室,在日常调度和重大工程性措施的推进落实中充分发挥自身“服务、协调、指导、监管、应急处置”的作用,负责制定全市供水调度计划,并对全市各供水企业水厂、泵站和管网的运行压力、运行状态进行实时监控。针对日常生产服务状况和各类可

能的突发事件,组织协调水厂、泵站及管网运行,必要时通过调节公司区域间的边界供水阀门等手段,充分发挥全市供水一张网调度的作用,确保全市自来水服务供应。

目前中心城区管网在线监测点已超过 500 个,监测水量、水压、水质等生产信息。调度监控科自主开发了 Web 应用和调度运行管理系统,已与水文、气象、太湖流域及水务局等部门实现了信息的互联互通。信息化的发展为科学调度、安全供水提供了有力的技术保障,更在“抗咸潮入侵,保障服务供应”和“高峰供水”及突发事件应急处置工作中发挥

了至关重要的作用。

4 管网水力模型系统

上海中心城区 DN700 水力模型采用 InfoWorks WS 软件。为了保证整个管网的连通性,加入了部分 DN500 及 DN300 管线,整个管网计算节点超过 6.4×10^4 个, DN700 以上的输配水管线总长为 2 560 km,是目前国内规模最大的供水管网模型系统。校验数据(2010 年 6 月 20 日 SCADA 数据)模拟结果和实测数据基本符合,满足模型应用的精度要求。该模型主要用于四大水司间高峰期互相调水的方案模拟以及青草沙水源切换供水保障方案的制定。

5 管网数字水质信息化平台建设与展望

“十一五”期间,上海市供水调度监测中心承担了国家水专项课题“饮用水区域安全输配技术与示范”中“城市供水输配管网数字水质安全保障技术研究”的内容,按照课题考核要求,建立了中心城区管网数字水质信息化平台(见图 2)。管网数字水质信息化平台包括数字监测、数字评估和数字调控,展示的主要内容包括:中心城区管网在线水质监测点实时数据(余氯、浊度)与趋势预测、人工采样点管网水质化学稳定性和生物稳定性指标变化趋势及评价体系、管网水力模型、水质模型及管网水质调控技术等。



图 2 上海中心城区管网数字水质信息化平台

Fig.2 Digital water quality information platform of central area of Shanghai

目前,上海中心城区供水管网系统信息化建设已初具规模,在生产和管理中发挥了重要作用,但仍存在一定的不足,如各系统间的信息实时共享与系统集成问题,还需充分利用现有资源,使管网信息化水平上一个新台阶。

各系统的及时维护是工作的重点,GIS 与管网模型、营业收费系统与管网模型、SCADA 与管网模

型数据的同步更新非常重要。由于上海市集约化供水发展迅速,给水管网不断向郊区扩展,用水量时空布局不断变化,管网的拓扑结构、节点流量不断更新。不断更新的管网拓扑、属性等 GIS 数据需要通过 GIS 与管网模型接口及时更新进入管网模型,不断更新的节点需水量也需要从营业收费系统与管网模型接口及时更新进入管网模型,SCADA 数据也需要及时更新进入模型系统。供水管网运行工况不断变化,因此只有及时维护更新管网模型才能保持其实时性和有效性。

中心城区供水管网水力模型的进一步应用,主要包括以下几方面:

① 管网运行工况发生重大变化的方案模拟(如咸潮时预案模拟、青草沙水源切换预案模拟),提前做好供水安全保障技术预案,确保管网在异常工况下安全供水;通过管网模型计算可以得出异常工况(如旧水厂停役、新水厂并网)下哪些管道水流方向发生改变,哪些管道的流速突然大幅增加,这会导致管道中已形成的管壁生物膜、结垢物等由于水流方向和流速突然发生改变而被冲脱进入管道水中,从而影响管网水水质,并带来黄水等问题。通过模拟计算可辨识这些管道,提前做好保障预案;模型计算还可得出哪些管道压力大幅上升,提前做好保障预案以降低压力骤增带来的爆管风险。

② 各水司间一张网调水方案模拟,如世博前期市南公司在建设南市水厂深度处理工艺期间,浦东威立雅公司通过南杨管对市南供水;世博会期间浦东园区和浦西园区通过南杨管实现了联合调度;后世博时期市南公司通过南杨管对浦东供水,以满足杨思水厂停役后部分区域的用水需求;同时,市北公司通过居杨管向浦东供水,市北和市南之间也通过联络管互相救急,市南和闵行也同样如此,这些供水方案都需要通过模型来计算。由于原有的管网布局限制(南北向的大管道较多,东西向的大管道较少),几个大水厂在本公司供水区域内不能完全发挥供水能力,目前中心城区没有开挖条件对管网布局做较大的变更,因此,通过联络管互相调水可以在一定程度上克服管网布局的瓶颈限制,一张网调度正显现越来越重要的作用。

③ 夏季高峰用水期间,中心城区西部区域确保高峰供水预案模拟,西部供水区域离供水厂较远,位于供水管网的末端,主要包括虹桥、徐泾、青浦东

部地区以及嘉定江桥地区等,依据城市规划的总体布局,该区域已成为开发的热点,存在较大的供水需求。由于水厂位置和管网布局的限制,目前西部供水区域存在低压供水区,结合总体规划,在泰和与徐泾规划水厂尚未实施的近期,通过水力模型模拟指导供水结构调整,满足高峰期该区域的服务供应。

目前,管网水质模型对自来水公司来说还是较新的课题,主要有宏观水质模型和微观水质模型;宏观水质模型主要用于微观动力学尚不清楚的水质指标的模拟,如管网水中的浊度、pH值等,根据管网中所设的水质监测点的历史数据来建模,因而其输出量也只能是未来时段监测点的水质预测值,无法了解整个管网的水质运行工况^[1]。微观水质模型对有明确动力学方程的水质指标(目前余氯衰减动力学比较明确,有一级衰减、二级衰减等)进行模拟,微观水质模型是微观水力模型的延伸,对水力模型的精度要求较高^[2],只在小区域内得到一定的应用,如世博园区的余氯衰减模型和水龄模型,解决了末梢管网水的安全消毒和滞留水的冲洗问题。中心城区各水司在完善水力模型建设的同时,有条件的水司可着手发展微观水质模型的建设工作。首先定期(不同季节)对各水厂出厂水的水体反应系数 k_b 进行测定,混合供水区的 k_b 设置可按不同水厂水量设置权重;除有限的在线水质监测点外,设置一些人工采样点进行连续24 h每隔15 min一次的余氯(或总氯)测试,根据监测点和人工采样点实测数据调整管壁反应系数 k_w ,使模拟值符合实测值。

校核好的水质模型可以进行以下模型应用:

① 水厂加氯方案模拟。如果出现管网末梢余氯浓度不满足要求的情况,可以尝试从不同水厂增加初始投氯浓度,通过模拟查看从哪个水厂加氯可以最快到达余氯不能达到的区域,增加到多大浓度才可以使不满足区域达到要求。

② 管网二次加氯方案模拟。如果出现管网末梢余氯浓度不满足的情况,可以尝试从管网中可行的节点(二次泵站、小区泵站等)进行二次加氯,当然前提是这些节点存在可以进行二次加氯的可能性。通过模拟得出从哪个可行的中间加氯点进行加氯可以最快满足余氯不足区域的水质保持需求。

③ 管网分区块方案模拟。实行区块化供水是降低电耗、降低漏耗、提高供水水质和供水效益的重要途径,这已被国内外某些城市的实践所验证^[3]。

通过对不同的分区方案进行模拟,在满足供水水量和水压的前提下,可以找出区域内节点平均水龄最小的分区方案。

④ 老化管道优先更换。对老化管道的更换不能一步到位,需要科学有序地进行,哪些先更换、哪些后更换需要研究。根据水质监测点的数据,利用校正器进行水质参数优选,在待改造的老化管道属性中增加管壁衰减系数这一项,并根据管壁衰减系数进行排序,系数大的优先更换。

⑤ 水源切换安全评价。在满足供水水量、水压的前提下,通过水龄模拟和余氯满足区域模拟,评价新旧水源切换对管网水质的影响,通过多方案比较找出安全可行的水源切换方案。

⑥ 末端管道滞留水冲洗。模拟不同冲洗强度对末端管道滞留水水龄的动态影响,找出合理的管道冲洗强度和制定可行的管道冲洗计划。

下一步计划集成各类运行数据、管网测压、管道测流以及管网水质监测点的数据,实现实时监测整个管网系统的供水状况。将GIS系统、SCADA系统、营业收费系统、客服系统、水力模型及水质模型集成在一起,利用各种工具真实模拟管网状况,并对管网进行分析、预测,实现管网运行的信息化管理与控制,并实现Web浏览。

6 结论

① 上海中心城区供水管网信息化系统已初步建成并初见成效,管网水质模型开发和应用亟待加强,各系统的维护、更新和整合是今后的工作重点。

② 一张网应急调度与区块化管理并不矛盾,强调一张网调度是为了应急和保高峰供水。然而,从管理的角度看,管网区块化更有利于压力管理、水质管理和漏损管理。

参考文献:

- [1] 赵洪宾,李欣,赵明. 给水管网卫生学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 舒诗湖,赵明,何文杰,等. 给水管网水质模型校核面临的问题与对策[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2010, 41(10): 74-77.
- [3] 舒诗湖,赵洪宾. 我国给水管网系统建模的机遇与挑战[J]. 中国给水排水, 2008, 24(8): 5-7.

E-mail: shushihu@tongji.edu.cn

收稿日期: 2011-12-04