

苏州市城区二次供水安全的探索与实践

蒋福春, 孟庆彬

(苏州市自来水有限公司, 江苏 苏州 215002)

摘要: 二次供水安全问题越来越受到城市供水安全建设的广泛重视,为此苏州市自来水有限公司在供水方式、末端水质保障技术、自动化技术及管理制度等方面进行了研究和集成,并在苏州市城区实施了二次供水改造工程。实施效果表明,二次供水状态得到了质的飞跃,从水质、水压、水价、综合电耗等方面均取得了满意的工程效益,有力支撑了苏州市城区二次供水水质的安全保障,可为其他城市二次供水改造提供借鉴和参考。

关键词: 二次供水; 安全保障; 水质指标

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0014-05

Exploration and Practice on the Safety of Secondary Water Supply in Suzhou

JIANG Fu-chun, MENG Qing-bin

(Suzhou Water Supply Co. Ltd., Suzhou 215002, China)

Abstract: Secondary water supply safety has attracted more and more attention in the development of city water supply. For this reason, Suzhou Water Supply Co. Ltd. conducted the research and integration on water supply mode, guarantee technology of terminal water quality, automation and management system. The reconstructed project of secondary water supply was implemented in Suzhou urban area. The implementation results showed that the secondary water supply had been a great qualitative progress. Satisfactory engineering benefits had been achieved from the aspects of water quality, water pressure, water price, comprehensive electricity consumption and so on, which strongly supported safeguard to secondary water supply quality in Suzhou, and provided references for other water supply enterprises.

Key words: secondary water supply; safety guarantee; water quality index

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,广大人民群众对城市供水质量的要求越来越高,而苏州已经成为水质型缺水城市,龙头水质与国家标准尚有差距,不仅需要开展深度水处理技术与工艺的研究,而且老旧供水管网改造任务艰巨,二次供水和城乡统筹管网末端水质安全保障亟待解决。

苏州市自来水有限公司现有白洋湾水厂、相城水厂和胥江水厂,总设计规模为 $90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,全部采用臭氧-生物活性炭深度处理工艺,出厂水水质

优于国家标准。但是,由于二次供水设备在初期的设计和建设时存在缺陷,且管理不到位,导致部分居民出现了吃水难问题,二次供水水质不达标更是成为社会热议的话题^[1,2]。为彻底改善苏州市民饮用水质量,苏州市政府颁布了《苏州市生活饮用水二次供水管理办法》(苏府规字[2011]5号),苏州市自来水有限公司开展多次调研,对苏州市城区的二次供水水质安全措施进行探索与实践,以加强城区二次供水的水质安全保障。

1 苏州市二次供水现状

随着我国城市化建设步伐的加速,城市高层建筑日益增多,二次供水应用更广泛^[3,4]。《苏州市生活饮用水二次供水管理办法》自 2011 年 7 月施行后,新建住宅小区二次供水设施已由供水企业统一管理,极大保障了居民饮水安全,但此前建成的二次供水设施仍然存在如下几个方面问题:

① 供水情况多变。二次供水常用变频供水、叠压供水、屋顶水箱供水等方式,储水池(箱)通常选用普通钢、钢筋混凝土材料,管道一般为镀锌管或塑料管,水力停留时间普遍较长(最长达 60 h)。

② 供水管理混乱。部分城区居民住宅由于二次供水设备管理体系不明确、权责不清,导致二次供水设备日常管理不到位,无法按时维修养护,储水池(箱)的清洗消毒及其水质养护不符合相关规定。

③ 供水水质较差。通过在线监测技术和现场人工采样分析,依据《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)规定进行了取样检测。56 个水样中,合格率为 61%,抽取水样按感官性状与化学指标等进行检测,其中浊度、余氯、肉眼可见物、铁、锰等指标的合格率较低,细菌检出率为 27%。一般化学指标超标,严重影响了供水水质的感官效果,当水中浊度、色度或铁、锰等严重超标时,就有可能出现“黄水”现象^[5]。

改造前苏州市城区二次供水水质检测结果如表 1 所示。

表 1 改造前苏州市城区二次供水水质

Tab. 1 Water quality of urban secondary water supply before reconstruction in Suzhou

项 目	最大值	最小值	限值	备注
浊度/NTU	5.2	0.2	≤1.0	合格率为 68%
余氯/(mg·L ⁻¹)	0.46	0.02	≥0.05	合格率为 86%
色度/度	16	5	≤15	合格率为 98%
肉眼可见物	铁锈颗粒	无	无	合格率为 95%
臭和味	弱泥	无异味	无异臭、味	合格率为 98%
pH 值	9.8	7.0	6.5~8.5	合格率为 98%
Mn/(mg·L ⁻¹)	0.41	0.05	≤0.1	合格率为 96%
Zn/(mg·L ⁻¹)	2.36	0.02	≤1.0	合格率为 98%
Fe/(mg·L ⁻¹)	0.95	0.05	≤0.3	合格率为 89%
菌落总数/(CFU·mL ⁻¹)	83	0	≤100	合格率为 100%
总大肠菌群/(CFU·100 mL ⁻¹)	0	0	不得检出	合格率为 100%

2 二次供水水质安全保障技术研究及集成

2.1 政策保障

二次供水水质的结果直接影响苏州市城区居民的饮水安全,政府相关单位应多部门合作,多方面考虑,避免建管脱节,积极响应国家节能减排,推动绿色经济可持续发展。首先,加强对二次供水管理人员的专业培训,使水质检测、消毒人员具备专业化的上岗资格。其次,申请信息公开,通过多媒体平台宣传饮用水法规,使城区居民与相关单位共同监督管理。最后,通过制定、修订二次供水相应法律、法规,进一步细化明确二次供水实施细则,使二次供水的建管有法可依,有法必依,执法必严,违法必究。

2.2 技术研究

根据苏州市城区的二次供水现状,针对部分老旧二次供水设备在设计和建设初期存在的缺陷,分别在二次供水设备、末端水质保障技术、自动化技术和管理制度等方面进行研究和集成。

① 二次供水方式

目前,苏州市城区主要采用管网叠压供水方式和水箱加变频恒压泵组供水方式。管网叠压供水是利用城镇供水管网压力直接增压的二次供水方式,其优点在于它与市政供水管网直接连接,并由市政供水管网加压供水。该方式充分利用了自来水原有压力,运行效率高,节约能耗达 50% 以上。因为无储水池(箱),所以避免了二次污染。但是,若发生停电或市政供水管网爆管等故障时,则会停止供水;或在用水高峰时,由于直接连接市政供水管网导致的水压不够,会对居民用水造成影响。

针对管网叠压供水方式的缺点,提出管网叠压加水箱增压供水方式的优化方法,具体见图 1。

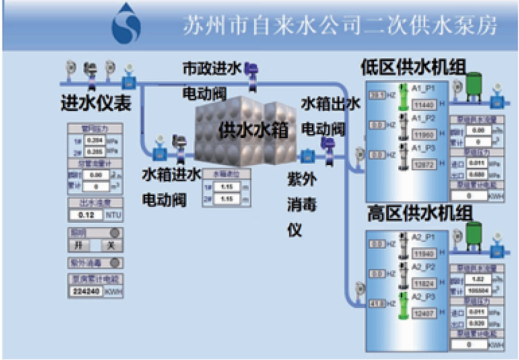


图 1 管网叠压加水箱增压供水系统

Fig. 1 Water supply system of pipe network superposition and water tank supercharging

对市政管网水压进行实时监测,当市政供水管网水压满足直接叠压条件或非高峰用水时段时,采用管网叠压供水方式;当市政供水管网压力不满足直接叠压条件或高峰用水时段时,采用水箱变频供水方式。

为避免由于供水水力停留时间较长,导致供水感官性状较差,以及水质微生物超标等严重现象,管网叠压与水箱增压供水可采用以下改良方式:

a. 规范储水池(箱)。首先将消防用水与生活用水分离,然后将储水池(箱)的溢流管与排水管分离,最后杜绝储水池(箱)加盖不加锁的现象。

b. 优化储水池(箱)设计。首先,采用低位水箱设计,通过水箱液位管理策略(TLR)实时管控水箱液位。液位管理策略的水箱基本结构设计如图2所示。基于EPANET应用模拟输配水系统和遗传算法(GA),针对用户需求管理策略(UDR)和TLR策略进行研究^[6],结果表明采用TLR策略优化储水池(箱)可以有效降低二次供水系统的压力波动以及增加给水管网的最小压力,从而减少了供水漏损和能量损耗。其次,低位水箱通常采用新型材质,提升涉水材料卫生等级。

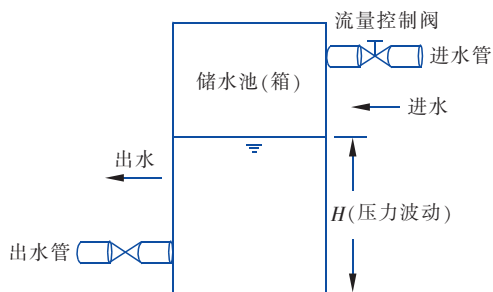


图2 液位管理策略储水池(箱)

Fig.2 Storage pool (tank) of liquid level management strategy

c. 合理分配竖向分区。针对高层建筑,避免入户水管压力不稳定,在中层设置供水分区,降低使用减压阀的频率。

d. 优化变频泵。根据居民用水实际情况,通过变频泵调节储水池(箱)的水量和水压。每台变频泵设置一个变频器,保证水压稳定。变频泵采用降噪处理,改善二次泵房的噪声问题。

② 末端水质保障技术

针对末端水质保障技术,提出二次消毒方法和二次供水水质生物稳定性监测方法。二次消毒法包

括臭氧消毒法、电磁消毒法、紫外线消毒法(UV)等。由于末端水质保障技术的成熟程度以及消毒效果的差异,通常采用UV法保障末端水质安全。

经试验研究,现得出以下结论:a. UV适宜的消毒剂量为 40 mJ/cm^2 。b. 18°C 条件下,UV单独消毒可满足饮用水细菌菌落总数要求。c. 当水温 $>18^\circ\text{C}$ 、配水管网较长、水龄超过5h且市政管网水余氯浓度较低时,可考虑增设辅助消毒设备,如添加次氯酸钠。d. UV-次氯酸钠联合消毒可以有效保障水质生物安全。e. UV消毒对水质生物稳定性未产生明显影响。

二次供水水质生物稳定性检测方法采用双检测方式,一方面进行供水水质的日常检测,另一方面进行快速水质生物风险的检测。二次供水水质生物稳定性快速常规双检测管理方案(见图3):采集两份水样,分别进行常规检测和快速检测。快速检测路线在2~3h内得出初步结果,主要包括水质现存生物量(测定ATP发光强度)和水质生物稳定性乙酸碳当量。若单独ATP检测不合格,则及时开启消毒设备;若ATP检测与水质生物稳定性都超出安全范围,则需要水质净化及消毒处理,检测合格后再安全供水。若常规检测不合格,保持开启消毒设备,若常规检测合格,则直接安全供水。

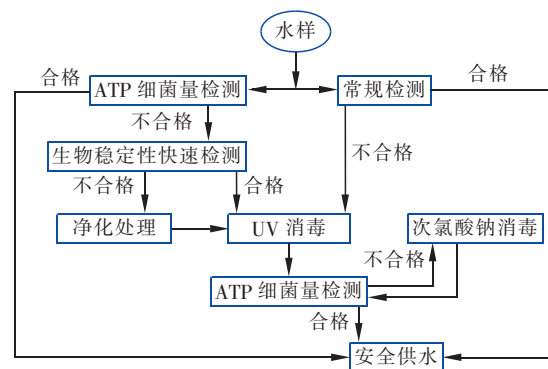


图3 二次供水水质生物稳定性快速常规双检测管理方案

Fig.3 Fast conventional dual monitoring management scheme of biological stability for the water quality of secondary water supply

③ 自动化技术及管理

现代水司的生产经营和内部公务、事务、业务、政务以及社会公示环节等综合信息的发布,可采用工业自动控制系统与网络技术相结合的手段实现。通过SCADA系统、视频系统、门禁系统、综合软件

管理系统等自动化技术,构建二次供水远程管理系统,实现了对供水设备的实时监控和高效管理,解决了子站统一管理中存在已久的诸多问题^[7]。

2.3 管理保障

二次供水是居民饮用水安全保障的重要环节,二次供水设备管理权属混乱不利于龙头水质保障,因此,迫切需要通过深化供水行业关于二次供水管理机制的改革^[8]。通过建立、健全二次供水管理保障体系,确保苏州市城区居民的供水用水安全。

首先,成立专门机构,负责二次供水建设、运行及维护,并且建章立制。目前,苏州市自来水有限公司已建立《二次供水泵房管理简章》、《二次供水泵房管理办法》、《二次供水交接班制度》、《二次供水监控中心值班制度》、《二次供水设备维修、保养制度》、《二次供水巡视检查制度》、《二次供水泵房调试、验收制度》、《二次供水备品备件管理制度》、《二次供水档案管理制度》等规章制度。

其次,确定二次供水建设标准。目前,已确立《二次供水设施设备技术标准》、《二次供水泵房(新建)土建标准》、《二次供水设施安装标准》、《二次供水设施验收标准》、《二次供水下位机数据块标准》、《二次供水IP使用标准》、《二次供水联运报警逻辑控制标准》、《二次供水系统电气控制柜标准》等建设标准。在开发商咨询、委托设计、方案会审、招投标、土建验收、设备安装、调试验收、远程监控等一系列建设流程中有了明确的建设标准。

最后,苏州市自来水有限公司采用无人值守、统一管理、远程监控、定期采样检测、在线监测等多途径监管方式,实现了二次供水泵房的实时监控、日常巡视、日常保洁、清洗消毒以及二次供水的水质强化监测。

3 苏州市城区二次供水改造规划设计

3.1 改造工程概况

由于二次供水设备老旧、二次供水管理混乱,管网末端水质与国家饮用水标准尚存在差距,苏州市城区二次供水水质安全亟待解决。针对苏州市城区二次供水水质安全的问题,苏州市自来水有限公司从技术、政策与管理上提出优化改善方法。采用科学、系统化的方法,对现有设备老旧、管理不善的二次供水环节进行升级、改造。

2012年3月苏州城区启动二次供水改造工程,涉及住宅小区74个、建筑面积达 $560 \times 10^4 \text{ m}^2$,涉及

用户约5万户,居民约18万人,改造工程总费用约1.2亿元,10年运行维护费用约1.4亿元。通过对泵房及水箱的环境改善、供水服务压力的保证、供水水质安全的保障,使得苏州市城区二次供水水质、供水服务大幅度提升。2014年12月,苏州市城区二次供水改造工程竣工。

3.2 改造效果

基于优化二次供水系统改造的评估研究^[9],根据改造目标、评判标准、改造方案建立二次供水层次分析模型(AHP),结果见图4。其中评判标准包括供水可靠性(WSR)、供水质量安全(WQS)、市政管网压力(UMP)、消除外部管网的干扰(IEP)、实施方法的难易程度(EOA)、基建支出(CE)、能量损耗(PC)、环境建设难易程度(EC)、噪声污染程度(NN)共九项评判标准,并由供水经验丰富的工程师对每项标准给予权重调整。改造方案包括:①采用不锈钢水箱并增装消毒装置;②从水箱抽水并增装消毒装置;③通过管道增压泵组供水,采用不锈钢水箱并增装消毒装置;④由管道泵和水箱共同供水,采用不锈钢水箱并增装消毒装置;⑤由变频泵供水;⑥由变频泵供水并制定气压罐管理制度;⑦从地下水抽水并由变频泵输水;⑧由气压罐供水;⑨安装密封供水装置。根据AHP模型算法,针对不同居民楼的实际情况,选出最优改造方案。

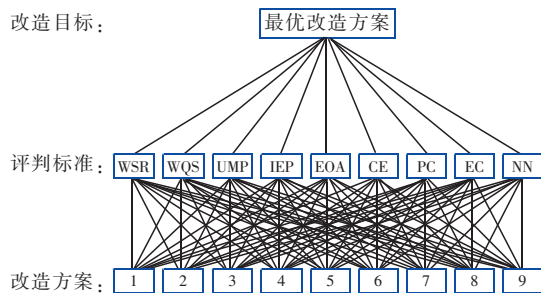


图4 二次供水的AHP模型

Fig. 4 AHP model of secondary water supply

针对江苏太湖水源饮用水安全保障技术集成与综合示范,结合AHP模型分析,苏州市自来水有限公司制定了相应的二次供水改造计划,提升了苏州城区二次供水水质安全保障。

苏州市城区二次供水改造工程实施后,二次供水情况有了根本改善,检测的56个水样中11项水质指标均达标(见表2),居民住宅小区二次供水设备数量大幅增长,水司客服办水质咨询次数则大幅

减少。

表2 改造后苏州市城区二次供水水质

Tab.2 Water quality of urban secondary water supply after reconstruction in Suzhou

项 目	最大值	最小值	限值
浊度/NTU	0.7	0.05	≤ 1.0
余氯/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5	0.05	≥ 0.05
色度/度	14	3	≤ 15
肉眼可见物	无	无	无
臭和味	无异臭、味	无异味	无异臭、味
pH 值	8	7	6.5~8.5
Mn/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.08	0.02	≤ 0.1
Zn/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.56	0.02	≤ 1.0
Fe/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.21	0.05	≤ 0.3
菌落总数/($\text{CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$)	83	0	≤ 100
总大肠菌群/($\text{CFU} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)	0	0	不得检出

4 结语

二次供水改造工程的实施,带来了良好的社会效益、环境效益以及经济效益,对于提高苏州市城区居民生活水平,优化苏州市城区产业结构具有重要意义。同时,二次供水设备改造工程响应了国家节能减排的号召,有效降低了苏州市城区二次供水能耗排放,推动了水资源的可持续发展。

参考文献:

- [1] 贾晓峰,张永强. 二次供水中的水质安全问题与对策分析[J]. 供水技术,2015,9(3):60-64.
Jia Xiaofeng,Zhang Yongqiang. Analysis of water quality safety problems and countermeasures in the secondary water supply[J]. Water Technology,2015,9(3):60-64 (in Chinese).
- [2] 姚黎光,张晓平,廖军,等. 上海市居民二次供水安全保障技术与示范[J]. 净水技术,2017,36(10):1-4.
Yao Liguang,Zhang Xiaoping,Liao Jun,et al. Technology and demonstration of security assurance for secondary water supply system in Shanghai City[J]. Water Purification Technology,2017,36(10):1-4(in Chinese).
- [3] 战楠,徐锦华,刘操,等. 北京城市二次供水设施运行管理现状分析与建议[J]. 北京水务,2015,(3):44-46.
Zhan Nan,Xu Jinhua,Liu Cao,et al. Analysis and suggestions on operation and management of secondary water supply facilities in Beijing City[J]. Beijing Water,2015,(3):44-46(in Chinese).

- [4] 吴玉珍,徐贻萍,钱婕. 二次供水卫生现状与监管模式探讨[J]. 中国卫生监督杂志,2012,19(1):38-40.
Wu Yuzhen,Xu Yiping,Qian Jie. Discussion on the status quo and supervision mode of secondary water supply [J]. Chinese Journal of Health Inspection,2012,19(1):38-40(in Chinese).
- [5] 俞海霞,张德跃,陈豪. 二次供水水质的保障措施[J]. 中国给水排水,2009,25(2):84-86.
Yu Haixia,Zhang Deyue,Chen Hao. Guarantee measures on secondary supply water quality[J]. China Water & Wastewater,2009,25(2):84-86(in Chinese).
- [6] Xu Q,Chen Q,Qi S,et al. Improving water and energy metabolism efficiency in urban water supply system through pressure stabilization by optimal operation on water tanks[J]. Ecol Inform,2015,26:111-116.
- [7] 付刚,朱晨光,刘彦华. 基于远程控制技术的二次供水管理系统的探索与实践[J]. 中国给水排水,2013,29(12):14-17.
Fu Gang,Zhu Chenguang,Liu Yanhua. Exploration and practice of secondary water supply management system based on remote control technology[J]. China Water & Wastewater,2013,29(12):14-17(in Chinese).
- [8] 陶涛,信昆仑. 二次供水设施运行管理权探讨[J]. 中国给水排水,2013,29(14):1-4.
Tao Tao,Xin Kunlun. Discussion on operation management right of secondary water supply facilities[J]. China Water & Wastewater,2013,29(14):1-4(in Chinese).
- [9] Tian Y M,Si Y J,Li H,et al. Evaluation and optimization of secondary water supply system renovation[J]. J Zhejiang Univ - Sci A,2007,8(9):1488-1494.



作者简介:蒋福春(1979-),男,黑龙江绥化人,硕士,高级工程师,苏州水司总工,从事城市供水技术研究及饮用水安全保障工作。

E-mail:chinajfc@163.com

收稿日期:2018-06-15