

陈伟, 查人光, 朱海涛, 等. 嘉兴市从源头到龙头的最优供水系统探索与实践[J]. 净水技术, 2023, 42(9): 1-6,103.

CHEN W, ZHA R G, ZHU H T, et al. Exploration and practice of optimization for source-to-tap water supply system in Jiaxing City [J]. Water Purification Technology, 2023, 42(9): 1-6,103.

## 嘉兴市从源头到龙头的最优供水系统探索与实践

陈伟<sup>1</sup>, 查人光<sup>1</sup>, 朱海涛<sup>1</sup>, 张燕<sup>2,\*</sup>

(1. 嘉兴市水务投资集团有限公司, 浙江嘉兴 314000; 2. 浙江大学建筑工程学院, 浙江杭州 310058)

**摘要** 建设最优供水系统, 全面提升用户的获得感、幸福感和满意度, 不断增进人民福祉, 是嘉兴供水人助推嘉兴市最美城市建设和文明典范城市创建, 助力嘉兴市长三角城市群重要中心城市建设的重要任务之一。嘉兴市在不断提升饮用水处理工艺、完善水资源配置、提高供水服务的前提下, 提出了打造从源头到龙头的具有最优管理、最优水质、最优服务、最优体验的“四最”嘉兴市最优供水体系。文章对嘉兴市最优供水系统的内涵进行了阐述, 即最终的目标是实现老百姓对水质、水压等感官体验好、老百姓对智慧精准服务体验好的最优体验; 从技术基础、水厂和管网的技术条件分析了建设嘉兴市最优供水系统的可行性; 从建设的目标讨论了后续的建设内容; 并分析了初步的成效。嘉兴市最优供水系统的建设可为各供水行业提升其管理服务能力、提升龙头水水质提供借鉴。

**关键词** 最优供水系统 饮用水 处理技术 输配管网 运行管理 源头到龙头

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2023)09-0001-07

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.09.001

## Exploration and Practice of Optimization for Source-to-Tap Water Supply System in Jiaxing City

CHEN Wei<sup>1</sup>, ZHA Renguang<sup>1</sup>, ZHU Haitao<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>2,\*</sup>

(1. Jiaxing Water Investment Group Co., Ltd., Jiaxing 314000, China;

2. College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

**Abstract** Building an optimal water supply system to comprehensively enhance happiness, and satisfaction, and continuously well-being, is one of the important tasks for Jiaxing water supply personnel to promote the construction of the most beautiful city in Jiaxing City and the creation of a civilized model city, and help the construction of an important central city of Jiaxing Mayor's Triangle city group. In order to better meet people's demand for improving drinking water quality, Jiaxing City has proposed to create the "four best" Jiaxing City optimal water supply system with the best management, the best water quality, the best service and the best experience from the water resource to the tap, while continuously improving drinking water treatment processes, water resource allocation, and water supply services. This paper elaborates on the connotation of the best water supply system in Jiaxing City, with the ultimate goal of achieving an optimal experience for the public's sensory experience of water quality, water pressure, and intelligent and precise services. The feasibility of constructing the best water supply system in Jiaxing City was analyzed based on the technical foundation, water plant and pipeline network conditions. The subsequent construction content was discussed from the construction goals, and the preliminary results were analyzed. The construction of the optimal water supply system in Jiaxing City can provide reference for various water supply industries to enhance their management and service capabilities and improve the quality of leading water.

[收稿日期] 2023-07-29

[基金项目] 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07201004)

[作者简介] 陈伟(1973—),男,高级工程师,主要从事水处理技术的应用与工程管理,E-mail:47792985@qq.com。

[通信作者] 张燕,E-mail:zhangyan@zju.edu.cn。

**Keywords** optimization of water supply system drinking water treatment technology water distribution network operation and management source-to-tap



陈伟(1973—),浙江嘉兴人,高级工程师,浙江省城市水业协会常务理事,嘉兴市水务投资集团有限公司董事长。一直从事水处理技术、水利设计和工程等水务类基础设施的建设和运行管理工作。主持和参与了国家水体污染控制与治理科技重大专项“嘉兴市水污染协调控制与水源地质量改善”和“区域饮用水源优化配置与水质改善技术集成与示范”等项目的相关任务;主持和参与了“嘉兴市生活饮用水水质标准”等多项标准编制工作;获得浙江省市政金奖示范工程等 10 余项奖励。

饮用水安全是最大的民生问题,关系到老百姓的身体健康和社会的和谐稳定发展。嘉兴作为典型的江南水乡,傍水而生,因水而兴。但受制于特殊的地理条件,20 世纪 90 年代初水源水受氨氮和有机物污染,2005 年嘉兴市 61 个地表水控制断面中 V 类和劣 V 类水质断面占 83.6%<sup>[1]</sup>,是典型的污染河网地区,“水乡无好水”现象十分突出;同时,由于城乡发展不均衡、管理割裂、分级供水、多元管理的局面,乡镇用户饮用水水质安全存在隐患。嘉兴水质差的印象也深刻于大多数人的心中,但实际上嘉兴市水务投资集团有限公司和国内高校科研院所一直在持续共同攻关,以“嘉兴模式”的提出作为见证,嘉兴水源、出厂水和龙头水都得到了很大的改善<sup>[2]</sup>。

近两年随着人们生活水平的提高,老百姓对水质的需求也更加强烈。嘉兴水务集团以千岛湖引水和正在实施的水厂纳滤技术的提升改造、管网和二次供水改造为契机,努力打造从源头到龙头“最优供水系统”这一民生工程,重塑嘉兴“江南水乡”新形象,实现民生共享,引领行业发展,不断增进百姓福祉,提升用户的获得感、幸福感和满意度。本文总结了嘉兴水务集团的建设经验、取得的一些成绩以及对未来的建设思路和设想,以期对相关的水务工作提供建设思路。

## 1 嘉兴市最优供水系统内涵

嘉兴市最优供水系统的内涵包括最优管理、最优水质、最优服务和最优体验 4 个方面,如图 1 所示。以“最优管理”为手段,“最优水质”和“最优服务”为着力点,最终实现用户“最优体验”的目标。最优管理是指一定技术经济条件下,运行效率最高,管理水平最高;最优水质是指建立以水质安全、口感佳、稳定性好等关键指标为主,并对标国内外发达国家和地区的先进水质标准基础上,实现供水水质最优;最优服务是指建立基于数字化、智慧化全方位的综合服务体系

系;从而最终实现老百姓对水质和水压等的感官体验好、老百姓对智慧精准服务体验好的最优体验。



图 1 最优供水系统的内涵

Fig. 1 Connotation of Optimal Water Supply System

## 2 最优供水系统的可行性

### 2.1 技术储备

在嘉兴市政府和水体污染控制与治理科技重大专项支持下,从“十一五”“十二五”到“十三五”,嘉兴市持续开展了“高氨氮和高有机物污染河网原水的组合处理技术集成与示范(2008ZX07421-003)”“区域饮用水源优化配置及水质改善技术集成与示范(2008ZX07421-001)”“浙江太湖河网地区饮用水安全保障技术集成与示范(2012ZX07403-003)”“嘉兴市城乡一体化安全供水保障技术集成与综合示范(2017ZX07201004)”等课题的研究,开展了“从源头到龙头”城乡统筹安全供水保障技术攻关,在河网水源生态修复、水厂处理工艺优化提升、城乡统筹供水管网安全输配、供水运行优化与监管服务等方面取得了一系列技术突破<sup>[3-4]</sup>(图 2)。嘉兴市构建了低温高氨氮原水湿地和水处理工艺的协同多级屏障净化技术,解决了一直困扰嘉兴地区的冬季低温条件下出水氨无法稳定达标难题;建成了源头到龙头的城乡一体化供水管理综合平台,全面推进供水信



嘉兴将采用河网水纳滤处理出水和千岛湖水源出水的多水源联合方式供水,嘉兴市水厂将成为世界上规模最大的纳滤水处理工艺水厂,出厂水水质可实现进一步提升,实现出厂水全面达到行业内一流品质。

### 2.3 供水管网设施、信息化管理快速提升,为最优供水的建设提供了保障

2007年以来,嘉兴市投资77.75亿元用于城乡一体化供水建设,进行了供水管网设施的提升改造,以及信息化管理水平的提升。主要包括:2013年—2017年,实施了嘉兴市秀洲区、南湖区乡镇(农村)供水管网改造工程,包括供水管道约1000 km,增压泵站3座;2016年—2020年,启动

了老旧小区、背街小巷的供水管道提升改造工程,累计改造小区119个,管线总长为49.3 km,背街小巷提升改造工程累计敷设各类管道共76.9 km;2022年,启动了嘉兴市本级老旧供水管网提升工程,主要包括老旧小区的立管和埋地管改造、中心城区市政道路管网改造、乡镇供水企业遗留管网改造等。同时,嘉兴已初步建立管网GIS系统、数据采集与监视控制系统(SCADA)系统。目前已建设完成了城乡一体化供水智慧管理平台和供水调度指挥平台(图4),通过技术与管理的全面融合,实现“从源头到龙头”的数据+人员+设备+业务水务全要素的一体化管控。



图4 城乡一体化供水调度指挥平台

Fig. 4 Control Platform for Integrated Urban and Rural Water Supply

综上,通过持续不断的技术研发、工程项目的实施和优化,嘉兴已具备打造成为最优供水城市的基础条件。

## 3 嘉兴市最优供水系统建设内容

嘉兴市最优供水系统是指基于引入域外优质水源水+水处理纳滤工艺提升的背景下,在构建最优供水标准技术体系的基础上,通过管网、二次供水、智能水表改造、管网物联网感知体系以及智慧供水管理系统及服务平台的建设完善,实现最优管理、最优水质、最优服务、最优体验。

### 3.1 最优管理

最优管理目标达成的硬件建设实施的条件主要有管网GIS系统全覆盖、源头到龙头的在线监测系

统和源头到龙头的管理平台3个方面。

#### (1) 管网GIS系统全覆盖。

完善的GIS系统不仅可以全面准确地掌握所有供水管网的详细资料,更是实现数字化管理的重要前提。当前嘉兴市GIS测绘完整率达到82%,其中二环内区域完整率为86%。针对未知老旧管段的测绘工作,建立管网GIS全覆盖是下一阶段的工作重点,未知老旧管段的测绘工作预期投资额约为600万元,实现供水管网GIS测绘100%指标。

#### (2) 源头到龙头的在线监测系统。

水源水质、管网压力、流量监测、用户远传水表和质控点关键参数的监测与数据传输是科学决策与管理的基础。精细化数据监测是实现经济效益与供

水服务能力提升的保障。目前,SCADA 系统的数据收集程度不够,信息采集还不能完全支撑供水精细化管理的需求,其主要原因是流量、压力、水质监测点偏少,布设密度、布局无法满足精细化漏损控制、独立分区计量等需求,需要在已有监测点下进一步进行优化布置源头到龙头的在线监测系统,具体包括 1 000 套漏损监测预警设备、1 000 套流量监测设备、500 套压力监测设备等,预计投资额为 1 075 万元。

### (3) 源头到龙头的管理平台。

在现有供水管网安全管理平台的基础上,建立基于远传水表和质控点仪表的从小区管网到用户龙头的数据及管理平台,解决供水水质最后 1 km 数据缺失导致的服务无头绪的难题,完成“从源头到龙头”的数据无缝衔接。基于大数据精准分析用户用水习惯和突发事件(例如爆管等)预警,为用户提供“一户一服务”,实现最优服务,创造用户最优体验。

## 3.2 最优水质

最优水质是指对标国内外的水质标准,编制以水质安全、口感佳、稳定性好等关键指标为主的、具有嘉兴特色的生活饮用水水质标准。要实现最优水质,结合嘉兴的实际供水情况,需要在出厂水水质达到最优的前提下,通过管网改造、完善的在线水质监测体系及智慧管理平台共同完成。

### (1) 嘉兴市最优供水标准体系的建设。

嘉兴市城乡最优供水标准体系将基于水源及水厂技术规范、管网与二次供水系统技术规范、最优水质标准、数字化智慧化服务规范 4 个维度,对标国内外领先水平的标准体系,从而实现管理科学、安全最优、服务最优,为最终的体验最优奠定基础。具体水质标准将包含安全、口感、稳定性 3 个内涵:安全是指浑浊度、有机物等水质指标对标甚至领先美国、新加坡、日本等发达国家;口感是指通过阴/阳离子、硬度、总溶解性固体含量等改善口感,提升愉悦性;稳定性是指通过控制出厂水余氯、有机物、碱度等指标保持水质水压稳定,实现安全输配。

### (2) 出厂水水质控制。

近年来,结合五水共治以及湿地建设等工程措施,嘉兴市河网水源水质得到显著的提升,目前水源水质 100% 达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) III 类水体标准。同时 2021 年 6 月市域外配水(杭州方向)实现通水,嘉兴市正式启用了千岛湖水源,进一步保障了水源水质。结合本地水源采用

的“生物预处理+强化常规+臭氧-活性炭+砂滤+微滤+纳滤”的深度处理组合工艺,目前现状出厂水水质高锰酸盐指数和 TOC 质量浓度均稳定小于 0.8 mg/L,远优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)的限值,55 万 m<sup>3</sup>/d 的纳滤全部建成后,出厂水水质将得到进一步改善。

### (3) 市政管网、埋地管、立管改造。

从“出厂水最优”到“龙头水最优”,即怎样把出厂的优质水,供给到老百姓的水龙头,就要保障优质供水的稳定可靠,管网安全输配、智慧化运行管理是关键。

安全可靠的供水管网是供水安全输配的关键,包含了市政道路管网、小区埋地管和小区立管。一方面,嘉兴市将投入 19.10 亿元进行市政管网、小区埋地管和建筑物内立管改造,从而提高供水水质输配稳定性,为实现由“出厂水最优”向“龙头水最优”转变提供很好的保障,实现“最优水质”的目标。另一方面,通过对老化易爆管管网的改造,能够有效降低管道的漏损率,力争在 2025 年度嘉兴市城乡一体化漏损率降低至 5% 以内,达到全国领先水平。

### (4) 构建完善的在线水质监测体系,完善智慧水务综合管理平台。

管网输配过程中保障水质安全、稳定、可靠还需要在构建完善的在线水质监测体系,随时随地知悉管网输配水质的基础上,通过从源头到龙头的全流程智慧水务综合管理平台实现调控来实现。嘉兴市经过多年供水管网感知层建设,已具备一定基础,目前已有管网在线水质监测点 32 个,且针对企业与基建用水进行了重点监控,已具备一套经过实践可用的智慧供水监测管理系统,但距离全面完善的管网监测体系仍有一定差距。嘉兴水务将继续建设管网水质监测点 500 个,完善管理平台的感知体系。

## 3.3 最优服务

嘉兴水务将投资 2.47 亿元用于 67.6 万个智能水表改造及其相应的配套智慧供水系统建设。

### (1) 智能水表系统建设。

智能水表系统建设可实现抄表计量的精细化管理,通过数据的远程传输,实时展现用户端用水量的变化,有效地减轻了抄表员工作量。同时,通过物联网智能水表反馈到系统平台的数据进行智能化的处理和分析,实时监控所有运行环节的过程,以动态的方式实现精细化的管理,实现全程供水管理智能化、

科学化、信息化。通过用户用水数据展示的实时更新,协助供水管理人员掌握供水流程中的各个环节,对供水服务及时做出相应的正确调整,使管理水平大幅度的提升,从而达到程控化管理“智慧供水”的目标。

### (2) 水务综合服务平台建设。

水务信息综合服务平台的建设是依托于智慧水务平台和智能水表系统的建设,旨在便于水厂管理人员实时掌握用户用水情况,优化调度设备运行和解决用户用水问题;同时,用户也可以实时查询龙头水水压、用水量等信息和完成在线缴纳水费、水表保修和维护等相关业务。水务信息综合服务平台的建设将搭建水务工作者和用户之间的桥梁,实现用户与管理人员无缝对接。

### (3) 人性化增值服务推广。

在对用户用水情况的实时监测基础上,为用户提供更便捷、更迅速、更人性化的服务。以社区、街道、民政等政府部门为主导,通过公共服务平台对接融合数据共享,推广用户水龄监测和预警、用水异常预警、户内漏损预警、延伸关怀服务、用水温馨提醒、用水常识科普、用水满意度调查等增值服务,为民生服务提升提供保障。主要包括以下内容。

一是户内漏损预警服务:通过对用户夜间水量数据的连续分析,实现户内暗漏情况的及时预警提醒。二是大流量异常预警服务:通过对用户持续大流用水状态的捕捉和数据分析,实现户内爆管、水龙头未关等异常状况的及时预警。三是独居老人关怀服务:通过对独居老人分时段用水量的跟踪分析,实现老人可能出现生活困难等异常情况进行及时预警。四是健康用水服务:通过对用户户内水龄的跟踪监测分析,对长时间不用水的用户,及时推送健康用水的温馨提醒。

通过智能水表的普及应用,实现对用户用水规律、用水状态的监测跟踪,以用水大数据分析为基础,构建用水智慧化服务体系。该措施能为用户提供更加精细化、个性化的定制服务及信息推送,在居民健康饮水、节约用水、漏水提醒等方面提供增值服务,还可以与社区、街道、民政等政府部门的公共服务平台对接融合,实现数据的多层级共享,为政府的公共服务提升和决策提供数据支撑。另外,在响应诉求、管网抢修、“红小二”供水服务、大客户及重要客户服务等供水服务体系内结合最优供水的服务需

求,提高工作要求,提升服务质量。

### (4) 30 min 应急抢修服务圈建设。

进一步增加响应点与人员配置,提升管理服务水平。30 min 抢修应急服务圈旨在快速解决市区内的爆管维修和供水突发事件,力求最短时间内解决故障,保证居民用水。目前,嘉兴市二环内已实现 30 min 应急响应处置,其中重大应急突发事件在 20 min 内到场处置,二环以外正在扩展应急响应服务范围,30 min 响应机制覆盖全市所有应急供水事件。

## 3.4 最优体验

以群众的实际感受作为嘉兴市打造最优供水城市的落脚点和出发点,结合最优水质、最优管理、最优服务的建设成果,从水质、管理、服务的维度持续提升,实现嘉兴市居民的最优用水体验,以满足人民群众对于美好生活的需要。

### (1) 城乡同源同网同质同价,用水普惠便捷。

全自 2007 年开始城乡供水一体化建设,已实现城乡供水同网、同质、同价、同管理的目标,根据浙江省“最多跑一次”工作要求,借助嘉兴水务已建成的“四端协同”服务体系,在政策优惠、给水报装、优化营商环境等方面,持续优化“用水获得”,提供便捷普惠的供水服务。

(2) 饮水直观感受提升:水质更优、口感更好、水量更足、水压更稳。

对标发达国家,从有机物指标、微生物指标、毒理学指标、消毒剂余量、消毒副产物、pH、浑浊度、色度、硬度、阴/阳离子、嗅味物质等指标着手,整体考虑,统筹兼顾饮用水的安全性和口感;同时,关注 pH、碱度、有机物、铁/锰离子和拉森指数等指标,精准评估饮用水在管网中输配过程中安全性和稳定性。确保龙头水水质更优、口感更好,提升用户的饮水体验。经过水源改善、水质提升以及多年的供水服务探索,目前在水质、口感用户满意率整体呈上升趋势。通过供水管网、加压泵站和二次供水设施的建设与改造,使水流更畅通,水压更充足,确保输水到户时水量充足,水压稳定,提升用户的取水、用水感受。

(3) 以最优服务减少用户损失和用水纠纷,提升整体满意度。

通过水务综合服务平台的建设,精简用户缴费、

(下转第 103 页)

- [11] 吴春英. 新型短程硝化同步反硝化除磷工艺的快速启动[J]. 中国给水排水, 2019, 35(9): 111-114.
- WU C Y. Rapid Start-up of a novel shortcut nitrification coupled with simultaneous denitrifying phosphorus removal process[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(9): 111-114.

- [12] 张功良, 李冬, 张肖静, 等. 低温低氨氮 SBR 短程硝化稳定性试验研究[J]. 中国环境科学, 2014, 34(3): 610-616.
- ZHANG G L, LI D, ZHANG X J, et al. Stability for shortcut nitrification in SBR under low ammonia at low temperature[J]. China Environmental Science, 2014, 34(3): 610-616.

(上接第 6 页)

报修、咨询等流程,提升用水的便捷性;通过数字水表实时传输用水量,分析和预警可能的饮用水安全风险;强化供水企业员工教育培训,提升服务意识,减少用水纠纷,提升满意度,实现供水服务体验满意率 99% 以上。

#### 4 最优供水系统建设初步成效

随着这两年嘉兴市域外配水工程、现状水厂纳滤工艺提升改造项目、管网改造项目等民生工程相继完成。目前嘉兴市水源水千岛湖原水已提升至 40%,约 88%的管网干管材质已更换为球墨铸铁管、不锈钢管等优质管材,龙头水饮用水口感得到显著提升,例如高锰酸盐指数、硫酸盐、溶解性总固体、总有机碳的浓度分别降低 66.7%、76.1%、47.5%、63.0%,老百姓普遍反映自来水越变越清澈,口感越来越好。

通过 GIS 系统全覆盖、智能水表全覆盖、用户水龄监测全覆盖率、30 min 抢修应急服务圈全覆盖,实现水质更好、漏损率更低、服务更及时、满意度更高。即在一定的经济技术条件下,通过最优的管理,建立基于数字化、智慧化全方位的综合服务体系,提供水质安全、口感佳、稳定性好的龙头水,实现老百姓对饮用水的感官体验好,享受智慧精准服务的最佳体验。最优供水系统的实施将全面提升用户的获得感、幸福感和满意度,不断增进百姓福祉,助推嘉兴市最美城市建设和文明典范城市创建,助力嘉兴市长三角城市群重要中心城市建设。

#### 参考文献

- [1] 浙江省生态环境厅. 2005 年浙江省环境状况公报[EB/OL]. (2006-06-05)[2023-07-29]. [http://sthjt.zj.gov.cn/art/2006/6/5/art\\_1229631931\\_58940552.html](http://sthjt.zj.gov.cn/art/2006/6/5/art_1229631931_58940552.html). Zhejiang Provincial Department of Ecology and Environment. Environmental status bulletin of Zhejiang Province in 2005[EB/OL]. (2006-06-05)[2023-07-29]. [http://sthjt.zj.gov.cn/art/2006/6/5/art\\_1229631931\\_58940552.html](http://sthjt.zj.gov.cn/art/2006/6/5/art_1229631931_58940552.html).
- [2] 徐帆,孙海平,张刚,等. 嘉兴饮用水处理技术的发展与回顾[J]. 中国给水排水, 2021, 37(2): 7-11.
- XU B, SUN H P, ZHANG G, et al. Development and review of drinking water treatment technology in Jiaxing[J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(2): 7-11.
- [3] 张燕,郑国兴,查人光,等. 高氨氮和高有机物污染河网原水组合处理技术集成与示范[J]. 给水排水, 2013, 39(3): 17-20.
- ZHANG Y, ZHENG G X, ZHA R G, et al. Technologies and demonstrations of drinking water treatment for water polluted by high concentrations of ammonia and organic pollutants[J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39(3): 17-20.
- [4] 张燕,张富标,王为东,等. 浙江太湖河网地区饮用水安全保障技术集成与示范[J]. 中国给水排水, 2017, 33(7): 42-45.
- ZHANG Y, ZHANG F B, WANG W D, et al. Technologies and demonstrations of drinking water safety in river network region[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(7): 42-45.
- [5] ZHANG Y, LIU H Y, LIU Y. Optimization of enhanced sand filtration with secondary-flocculation for polluted water treatment[J]. Desalination and Water Treatment, 2015, 53(11): 2867-2874.
- [6] LIU H Y, ZHU L Y, TIAN X H, et al. Seasonal variation of bacterial community in biological aerated filter for ammonia removal in drinking water treatment[J]. Water Research, 2017, 123: 668-677. DOI: 10.1016/j.watres.2017.07.018.