

述评与讨论

福州市中心城区供水安全保障规划研究

陈宏景

(福州城建设计研究院有限公司, 福建 福州 350001)

摘 要: 城市供水安全问题日益突出,也受到高度重视。以福州市中心城区供水设施安全保障规划为例,分析供水安全存在的水源水质超标与水源结构单一、供水布局不合理、水厂处理工艺抗风险能力低、局部供水管网布置不合理及管网中调蓄能力不足五大问题,并从规划角度系统地提出完善供水安全保障的水源系统、水厂系统、管网系统、监测及应急设施四大措施。

关键词: 供水规划; 安全保障; 水源; 水厂; 管网

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0006-05

Planning Research on Water Supply Safety Security in the Central District of Fuzhou City

CHEN Hong-jing

(Fuzhou City Construction Design & Research Institute Co. Ltd., Fuzhou 350001, China)

Abstract: The issue of urban water supply safety had become increasingly prominent, and thus received great attention. Taking the safety plan of water supply facilities in central urban area of Fuzhou as an example, this paper analyzed five major problems in the water supply facilities, including single water source structure with water quality below standard, unreasonable layout and pipeline network of water supply system, low risk resistance capability of water treatment process and low storage capacity of pipeline network. To systematically improve the water supply safety, four measures were proposed, including management of water source system, water treatment system, municipal pipeline network, monitoring and emergency facilities.

Key words: water supply planning; safety security; water source; waterworks; municipal pipeline network

随着城市化的快速发展以及居民对供水水质和供水服务品质要求的日益提高,对城市供水安全保障体系建设和完善提出了更高的要求。城市供水系统由水源、水厂、管网等组成,因此合理配置水源,优化水厂布局,完善供水系统,建立城市供水安全保障体系,是城市供水专项规划研究的重要内容^[1]。以福州市中心城区供水设施安全保障规划为例,分析其供水安全存在的问题,并提出完善供水安全保障的措施。

1 福州市供水系统基本情况

福州市中心城区现状供水服务面积为 300 km²,供水人口为 270 万人。供水水源以闽江为主,鳌江为辅;水厂 6 座,总供水规模为 155 × 10⁴ m³/d,主要采用常规处理工艺。供水管网总长为 2 049.99 km,管网漏损率为 27.67%。设有两座网中增压泵站,调节供水规模分别为 3 × 10⁴ m³/d 和 5 × 10⁴ m³/d。2017 年平均日供水量为 113.82 × 10⁴ m³,最高日供水量为 122.68 × 10⁴ m³。规划 2020 年,福州

市中心城区供水规模为 $165 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 规划 2030 年, 福州市中心城区供水规模为 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2 供水系统安全问题

① 部分水厂水源水质超标与水源结构单一

福州市部分水厂水源水质超标(见表1), 例如, 城门水厂水源地位于闽江南港下游, 近年来监测结果表明水质存在一定的有机污染, 粪大肠菌群项目超地表水Ⅲ类标准, 氯化物偶有超标, 铁、锰有时超饮用水源地补充项目限值标准。东南区水厂水源地位于闽江鳌峰洲, 粪大肠菌群项目超地表水Ⅲ类标准, 氨氮偶有超标, 铁、锰有时超饮用水源地补充项目限值标准。新东区水厂水源地为鳌江塘坂水库, 存在富营养化问题, 每到夏、秋季均出现水华现象, 严重影响水质。同时现状水源结构仍较单一, 中心城区虽为双水源, 但闽江水源占比达 80.65%, 鳌江水源占比仅为 19.35%, 若闽江突发污染事故, 将对供水产生重大影响。

表1 现状水源超标污染物

Tab.1 Standard exceeded pollutants in current water sources

水源名称	超标污染物	超标率/%	最大超标浓度
鳌江塘坂	总磷	8.4	0.10 mg/L
	总氮	25.0	2.25 mg/L
	铁	4.2	0.39 mg/L
闽江鳌峰洲	总磷	4.2	0.31 mg/L
	氨氮	14.3	2.10 mg/L
	总氮	75.0	2.22 mg/L
	粪大肠菌群	29.2	98 000 个/L
	铁	41.7	0.53 mg/L
	锰	8.3	0.15 mg/L
乌龙江城门	COD	8.3	21.70 mg/L
	总氮	83.3	1.96 mg/L
	粪大肠菌群	45.8	92 000 个/L
	氯化物	7.9	814 mg/L
	铁	87.5	3.07 mg/L
	锰	33.3	0.51 mg/L

注: 水源水质数据取自 2016 年 1 月—2017 年 12 月。

② 水厂布局不合理

福州市中心城区供水分为江南与江北, 其中江北总供水能力为 $120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 江南总供水能力为 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。江南、江北水厂分布比例严重失调, 江南水厂总供水能力远小于江南地区的需水量要求, 目前主要通过挂桥输水管道从江北向江南转输水量, 以满足江南的用水需求。根据福州市“沿江

下海”的总体规划, 江南新城区将快速发展, 过江管道的输水量将无法满足日益增长的需水量要求。由于江南自供水量不足, 直接影响到江南片区的供水安全问题。

③ 水厂处理工艺抗风险能力低

除东南区水厂采用深度处理工艺外, 其他水厂工艺均为传统的常规水处理工艺。水厂工艺面临着原水水质波动和供水水质要求不断提高的双重压力, 工艺自身的局限和不足日益明显, 城门水厂和新东区水厂因常规水处理工艺不能完全解决现有水源水水质污染的问题, 在生产过程中已面临一些困难。

④ 局部供水管网布置不合理, 管网互联互通、应急转供能力不足

受城市市政建设进度安排等因素的制约, 城市供水管网目前尚存在一部分断头管, 破坏了管网供水的连通性, 西区水厂、城门水厂和新东区水厂目前都存在第二干管没有配套形成的问题。随着城市的不断发展, 用水量的不断增加, 供水范围的逐渐扩大, 现有管网已逐渐不能满足其发展需水量及供水安全的要求。

⑤ 管网中调蓄能力不足

现有水厂清水池及网中水池总容积为 $16.01 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 占福州市现有水厂供水能力的 10.33%。随着户表改造工程的进行, 福州市区内现有的地下水池及屋顶水箱逐步被取消, 大大削弱了水箱、水池对城市供水的调蓄作用, 城市高峰供水水量及水压受到了严峻考验, 各水厂二泵房在用水高峰时段出现供水困难。

3 规划思路

结合城市发展布局要求和供水安全保障要求, 从供水的水源、水厂、管网及应急等统筹规划。

① 优化水源结构, 实现以闽江为主, 鳌江、大樟溪为辅的三水源联合供水的城市水源布局, 提高供水水源可靠性。

② 合理布局水厂, 实现水厂产能与片区需水量的覆盖与重叠, 避免远距离供水造成能耗过高和水质污染的风险。

③ 提升工艺水平, 针对不同原水水质及风险污染物, 采取相应的处理工艺, 对水厂常规工艺升级改造。

④ 完善联通干管, 形成完整的水厂之间横向、纵向、环向联通干管, 保证城市各水厂之间的互联互

通,提高主干管转输保障能力。

⑤ 结合管网分区建设,加装网中计量仪表,提升管网精细化管理水平,降低漏耗。

⑥ 建设网中水池,通过网中水池的调节作用,保障城市高峰供水水量及水压。

⑦ 完善监控和应急设施,加强水源及管网水质监测,提升对水源水质和管网水质的实时监测能力,完善相应应急设施,提升应急处理能力。

4 供水设施规划

4.1 水源系统

规划中心城区近期东南区水厂(规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)由闽江水源调整为鳌江水源,规划远期新东区水厂扩建规模为 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,新增鳌江水源规模 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,合计新增鳌江水源规模 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

规划中心城区远期城门水厂由闽江水源调整为大樟溪水源,大樟溪为闽江下游最大支流,水质基本达到地表水Ⅰ~Ⅱ类水质标准,基于闽江口水资源配置工程,建设大樟溪-三溪口水库-城门水厂引水工程,规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

通过增加鳌江、大樟溪水源供水比例,提高供水系统安全性,降低对闽江水源的依赖性。福州市现状及规划水源比例见图1。

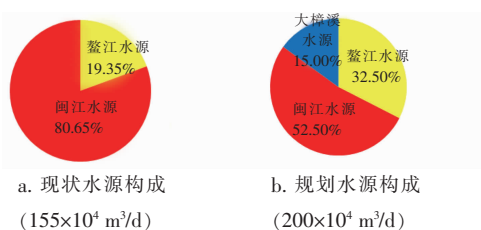


图1 福州市现状、规划水源比例

Fig. 1 Current situation and planning water source proportion in Fuzhou

4.2 水厂系统

① 水厂布局

新建飞凤山水厂位于城门水厂和西区水厂之间,规划远期建设规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,近期建设规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,不仅提升了西区水厂与城门水厂之间的低压区供水能力,同时提升了江南片区的供水能力,减少江北片区转供水量约 $13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,降低了片区供水能力不足的风险。此外,远期扩建新东区水厂至 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、城门水厂至 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,水厂供水能力达 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。规划最高日需水量为 $172 \times 10^4 \text{ m}^3$,水厂供水能力在规划需水量

的基础上有16%的后备,为水厂间水量调配提供处理设施保障。

福州市规划水厂布局见图2。

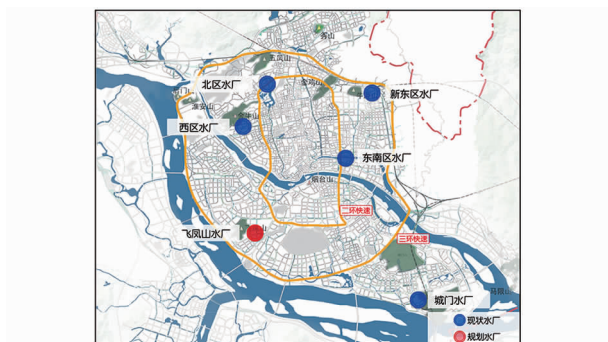


图2 规划水厂布局

Fig. 2 Layout of the planning waterworks

② 工艺升级

东南区水厂虽已建成深度处理工艺,但其常规工艺机械搅拌澄清池+双阀滤池建于1987年,结合建设用地情况,规划将其改造为高密度澄清池+翻板滤池工艺,改造规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。同时针对不同水源水质问题及污染风险,根据不同预处理工艺和深度处理工艺的特点及适用范围,规划闽江水源的水厂采用臭氧+生物活性炭深度处理工艺,应对原水水质波动问题,规划建设总规模为 $105 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;规划鳌江及大樟溪水库型水源的水厂采用预臭氧预处理工艺和臭氧+生物活性炭深度处理工艺,应对原水藻类及氨氮超标,规划建设总规模为 $95 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

4.3 管网系统

① 管网互联互通

规划完善互联互通主干管道,实现水厂与水厂之间的互联互通,近期重点增加福飞路DN800干管、北二环路DN600干管、鹤林路DN1 200干管、前横北路DN1 800干管、金鸡山路DN600干管、福光路DN1 000干管、斗池路DN1 200干管、交通路DN1 200干管、群众路DN800干管、建新路DN800~DN1 800干管、洪湾路DN1 000干管、金山大道DN800~DN1 200干管、金榕路DN800干管、鹭岭路DN1 000干管、南二环路DN600干管、南台路DN700干管、环岛路DN600~DN1 000干管、东塔路DN600干管。通过现状城市二环、三环路及规划城市主干道完善供水干管,形成横向、纵向、环向的供水管网系统。各水厂之间由DN600~DN1 800管道

进行连通,可实现事故时的定向转输。福州市供水干管规划见图3,事故、传输、应急供水压力分布见图4。

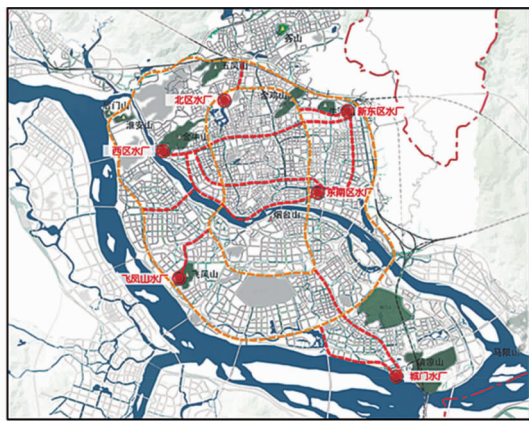


图3 规划干管布置

Fig.3 Arrangement of the planning main pipe

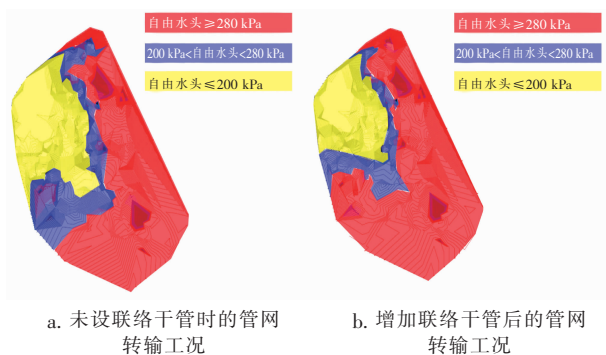


图4 事故、传输、应急供水压力分布

Fig.4 Pressure distribution of the accident, transfer and emergency water supply

以西区水厂($60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)事故停产为例,通过 Water CAD 软件模拟分析,在现状未完善连通干管时,向西区水厂清水池转输时,压力 $<0.2 \text{ MPa}$ 的节点有231个,压力不合格率为43.5%。西区水厂清水池容积为 $6.37 \times 10^4 \text{ m}^3$,转输流量为 $15437 \text{ m}^3/\text{h}$,清水池充满时间约4.1 h[见图4(a)]。规划增加连通干管后,向西区水厂清水池转输时压力 $<0.2 \text{ MPa}$ 的节点有180个,压力不合格率为33.9%。增加连通干管后,转输流量为 $19285 \text{ m}^3/\text{h}$,清水池充满时间约3.3 h[见图4(b)]。在规划增加联络干管的情况下,西区水池作为配水厂供水时,可满足西区水厂连续供水3 h左右,压力 $<0.2 \text{ MPa}$ 的节点有38个,压力不合格率为7.2%。通过错峰供水,可满足城市应急情况的用水要求。

② 管网分区

为降低管网漏耗,提升精细化管理模式。规划对现有管网进行分区计量,结合山体、河道、铁路等对现有管网进行分割,将福州城市供水管网划分为5个一级分区,54个二级分区(见图5)。分区采用管径 $< \text{DN}300$ 时断管,管径 $\geq \text{DN}300$ 时加装计量仪表的模式。规划管网供水压力目标为 0.28 MPa ,采用区域增压泵站或网中水池方式取代多层住宅分散小区的增压泵站。

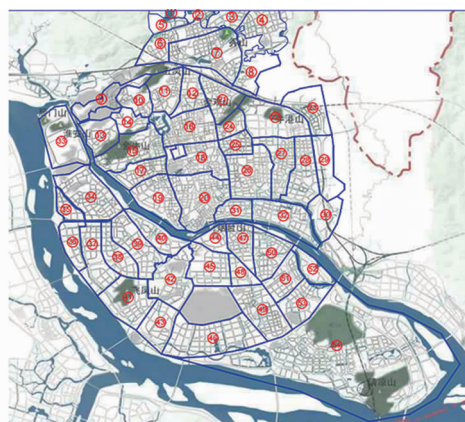


图5 管网分区布置

Fig.5 Zoning scheme of the pipe network

③ 网中水池

结合城市规划用地,规划在管网中增加水池泵站的建设,实现高、低峰用水调节功能,提升管网运行安全。规划扩建水厂清水池3座,6座水厂清水池总容积为 $23.37 \times 10^4 \text{ m}^3$,新增、扩建网中水池泵站共7座(现状3座,远期规划共9座),水池泵站总容积为 $13.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。网中水池总容积由 $16.01 \times 10^4 \text{ m}^3$ 增加到 $36.97 \times 10^4 \text{ m}^3$,占远期日供水规模的18.49%。

远期规划最高日供水量为 $172 \times 10^4 \text{ m}^3$,时变化系数为1.3,最高时供水量为 93166.7 m^3 。通过 Water CAD 软件模拟分析,在现状3座水池供水工况下,高峰供水时各厂供水量合计 $89435 \text{ m}^3/\text{h}$,水厂送水泵房时变化系数为1.25,各水池供水总量为 $3731.7 \text{ m}^3/\text{h}$;规划9座水池供水工况下,高峰供水时各厂供水量合计 $79876.2 \text{ m}^3/\text{h}$,各水池供水总量为 $13290.5 \text{ m}^3/\text{h}$,水厂送水泵房时变化系数减小为1.11。模拟分析表明,规划增加水池后,减小了水厂送水泵房的供水变化,更加节能,同时网中水池在发生事故时转输也起到调蓄、转供作用,提高了系

统安全性。

4.4 监控及应急设施

① 加强水源及管网水质监测

在现有水厂三级水质监测系统基础上,规划2020年全面建立水源水质自动监测系统和取水设施安全监控系统,完善管网SCADA系统实现对管网中水质和水压实时监控,按供水人口每4万人设一个采样点计算,规划网中采样点数103个。管网水质监测点分别布置在水厂供水分界处、重要供水区域、管网末梢及低压区,部分水质监测点结合区域增压泵房设置。

② 应急处理设施

各水源取水泵站或取水口处增设应急粉末活性炭投加设施,并保障粉末活性炭应急投加吸附时间大于30 min。各水厂增设应急粉末活性炭投加系统与酸碱调节系统,应急粉末活性炭用于吸附残留污染物质并预防饱和炭的污染释放,酸碱调节系统用于应对重金属类污染。

5 结语

通过对福州市中心城区现状供水系统存在的问题分析,提出福州市供水设施安全保障的工程措施。其中水源系统通过优化水源结构,提升鳌江和大樟溪水源供应比例,提高供水水源可靠性;水厂系统通过水厂的合理布局,水厂工艺升级和预处理深度处理建设,加强水厂系统安全;管网系统通过完善供水干管,实现管网互联互通,形成横向、纵向、环向的供水管网系统,实现水厂事故时的供水保障;结合管网分区建设,降低漏耗,提升管网管理水平;增加网中水池,发挥调节作用,降低供水时变化系数,保证系

统运行稳定可靠;建立水源水质自动监测系统和取水设施安全监控系统,完善管网SCADA系统,提升对水源水质和管网水质的实时监测能力;水源取水泵站或取水口处增设应急粉末活性炭投加设施,各水厂增设应急粉末活性炭投加系统与酸碱调节系统,提升应急处理能力。

参考文献:

- [1] 吴薇,黄飞. 关于城市供水安全保障与应急体系建设的思考[J]. 供水技术,2017,11(3):61-64.
Wu Wei, Huang Fei. Thoughts on the safety guarantee and emergency system construction of urban water supply [J]. Water Technology, 2017, 11 (3): 61 - 64 (in Chinese).



作者简介:陈宏景(1972—),男,福建古田人,硕士,高级工程师,主要从事给排水工程设计和管理工作。

E-mail: cychj@163.com

收稿日期:2018-06-24

环境就是民生,青山就是美丽,蓝天也是幸福