

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.004

江库联动多水源供水工程设计方案研究

曹伟新

(上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

摘要: 句容本地水资源相对缺乏,自有水厂少,过多地依赖外域供水,不能适应经济快速发展伴随而来的用水需求日益增长。结合地形起伏高差大、可利用土地少等实际情况,调研分析供水现状,以解决供需矛盾、提高城市供水系统安全性、适应性为目标,展开工程方案设计。水源到管路系统布置不仅能实现长江和北山水库双水源作为各自常用水源,又能互为应急备用水源。净水工艺一次性实施深度处理工艺,以适应不同水源切换运行,并应对将来长江水质可能下降的不利状况,以及水库水可能发生的富营养化和藻类暴发等问题。提出的江库联动多水源供水的全系统给水工程方案,可供相似工程设计参考。

关键词: 多水源; 应急备用水源; 系统供水工程; 净水厂

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0019-05

Study on Design Scheme of River and Reservoir Linkage Multi-source Water Supply Project

CAO Wei-xin

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Local water resources of Jurong City are relatively scarce. There are few own water plants. Therefore, it relies too much on water supply from outside and cannot adapt to the growing water demand, which accompanies with the rapid economic development. The current situation of water supply was investigated and analyzed considering the large terrain fluctuations and less available land in Jurong. The scheme design of supply water project was developed which was expected to solve the contradiction between supply and demand and improve the safety and adaptability of the urban water supply system. The arrangement from water source to the pipeline system cannot only realize the dual water sources of the Yangtze River and Beishan Reservoir, but also can be used as backup and emergency water sources. The water purification process implements an advanced treatment process at one time, which was used to adapt the switching operation of different water sources and to deal with the unfavorable conditions when the water quality of the Yangtze River declines in the future. Meanwhile, it is helpful to deal with the eutrophication and algae outbreaks of reservoir water. This proposal of the whole-system water supply project consisting of the river and reservoir linkage multi-source water supply can be used as a reference for the design of similar projects.

Key words: multi-source water; emergency and backup water source; systematic water supply project; drinking water treatment plant

1 项目概况

句容市地处宁镇扬丘陵山区与太湖平原地区的结合处,东与金坛市、镇江市丹徒区相邻,南与溧阳、溧水交界,西与南京江宁区、栖霞区接壤,北与仪征市隔江相望。典型的岗地、丘陵和低山地貌,呈现出高低起伏的地形,北部沿江地带高约3~6 m,中部地势较高约50~70 m,南部片区高约20 m。

句容本地水资源相对缺乏,人均占有量约为 869 m^3 ,仅为国内平均水平的40%。多年平均降雨量为 $1\,048.3\text{ mm}$,绝大部分为中小型水库和塘坝蓄水。全市仅有6座中型水库,均是自有中小型水厂的水源地和应急备用水源地。北山水库是句容市可利用库容($2\,601\times 10^4\text{ m}^3$)最大的水库,其蓄水除保证句容市第二水厂的取水外,主要用于农业灌溉。北山水库有一套自长江补水的水利设施,当水库水位低于控制水位时,将启动提水泵站自长江翻水向水库补水。虽然北临长江,长江的水资源充沛,但由于句容往年用水量不高,而长江岸线距离中心城区较远,因此一直没有开发长江水源解决域内供水问题。

由于地域和历史原因,句容市自有水厂的供水能力仅有 $15\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,与2035年预测全市需水量 $55.56\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 存在巨大差距。除第二水厂向中心城区供水、南部应急水厂向南片4个乡镇供水、春城水厂向茅山镇供水以外,其余地区的用户均由就近的外域水厂供水,如北片下蜀镇由镇江金西水厂供水($1\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)、宝华镇由南京龙潭水厂供水($2\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)、南京滨江水厂向城区补充供水($3\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。

句容市供水布局见图1。

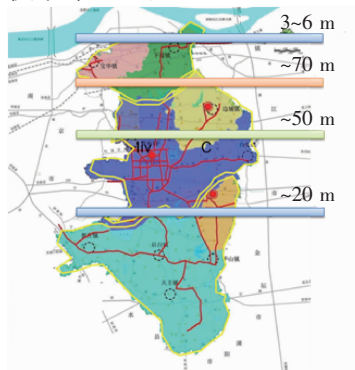


图1 句容市供水布局

Fig. 1 Water supply layout of Jurong City

2 现状供水亟需解决的问题

作为宁镇扬一体化发展的先行区,受南京辐射带动,句容经济社会快速发展,对当地供水事业也提出了更高的要求。

在外域供水没有增量增压可能的情况下,自有供水设施集中存在以下几方面问题:

① 用水量增长较快,现状供水能力严重不足,供需矛盾日趋增大。

② 外域供水占比较大,且多为单管输水,安全性偏低,自主干预(维护和运营)能力有限,水量、水压也难以保证。

③ 长距离输送清水,低流量时的水龄偏长,影响供水水质。

可见,句容市现状供水水量、水质、水压均难以保障,而且跨区域、市域的长距离供水带来的是高建设成本、高能耗及高运行成本,亟需开辟新水源,建设完整的供水设施,以彻底改变句容市现状较多地依赖外域供水的被动局面,全面提高城市供水安全保障。

3 工程设计方案研究

3.1 总体思路

鉴于句容市本地水资源缺乏、地形起伏高差大、基本农田和林地保护较多的实际情况,拟定了如下总体方案设计原则:

① 长江下游河段水量充沛,水质良好,自净能力强,选择长江作为永久性的主要水源,为整个供水系统持续提供优质、足量的原水;

② 保留现有北山水库水源地,作为句容市城市部分常用(第二水厂常用水源)和全市应急相结合的水源,以提供水源安全保障度^[1];

③ 结合地势高低和行政区划,分区开展需水量预测,然后根据供需平衡分析结果确定新建水厂数量和规模;

④ 水厂选址尽量靠近主要用户,以减少输水系统运行能耗,并缩短清水管网水龄;

⑤ 输水管线路由不仅要距离较短,同时要考虑拆迁量少,实施可操作性强。

3.2 供需平衡分析

通过对全市近、远期需水量进行预测,结合现状全市的可供水量,进行供需平衡分析,结果如表1、2所示。

根据供需平衡分析的结果,需建设下蜀水厂和

第一水厂 2 座水厂。下蜀水厂近期 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和第一水厂近期 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 工程完成后,句容市自有自来水厂总供水量达 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,并保留外域供水 $3.39 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的情况下(地形较高、位置较远区域),可供水量适度大于需水量,可满足 2020 年

全市需水量要求。下蜀水厂 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 和第一水厂 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 工程全部完成后,句容市自有自来水厂总供水量达 $55.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,并部分保留外域供水 $3.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的情况下,可供水量与需水量持平,可满足 2035 年全市需水量要求。

表 1 近期供需平衡分析

Tab.1 Analysis of water supply and demand balance in the near future $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

项 目		需水量	可供水量	备 注
北部片区	宝华镇	6.72	6.72	下蜀水厂规模 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 外域供水规模 $1.72 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
	下蜀镇	1.67	1.67	外域供水规模 $1.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
中部片区	中心城区及周边镇	14.46	30.00	第一水厂规模 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 第二水厂规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 春城水厂规模 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二圣水厂规模 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
南部片区	郭庄镇、天王镇、 后白镇、茅管委	8.07		
合计		30.92	38.39	

表 2 远期供需平衡分析

Tab.2 Analysis of water supply and demand balance in the long-term $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

项 目		需水量	可供水量	备 注
北部片区	宝华镇	9.65	10.00	下蜀水厂规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
	下蜀镇	3.45	3.45	外域供水规模 $3.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
中部片区	中心城区及周边镇	28.26	45.50	第一水厂规模 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 第二水厂规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 春城水厂规模 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二圣水厂规模 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
南部片区	郭庄镇、天王镇、 后白镇、茅管委	14.20		
合计		55.56	58.95	

3.3 系统布置

该工程中 20 多公里长距离原水输水管道串联起了两厂两站,对原水输水布置方案进行优化,有利于整个系统的节能降耗。主要针对以下方面进行比选分析:①单管原水输水系统和双管原水输水系统;②输水线路控制点骑马岗隧道设计高程。

原水输水管道线路较长,沿程敷设涉及过铁路、穿高速、跨河道、避让建筑物以及穿越山体等,分两次施工的工程费要大于一次施工和双管方式,主要体现在敷设管线采取的围护费用高。除了管道直接工程费用外,还涉及到补偿费、赔偿费、动拆迁费、过障碍、施工便道等各种费用,两次实施不仅投入大,也有较多不确定因素,直接或间接影响工期。故原水和清水长距离管道均按远期总规模一次性完成。

对原水输水管线分段开展线路比选,从线路顺直、穿越障碍少、施工难度小、投资省、运行费用低等多个方面选出优化线路。结合不同线路,对长距离原水输水管线开展水力计算分析,进一步比选最优线路,并对其进行管线高程优化布置。例如,原水管

道在穿越骑马岗时采用了供水专用隧道的形式,与其相近的规划 S266 交通隧道长 800 m,设计底标高为 93 m,经水力计算骑马岗隧道高程定为 70 m 更加合适,虽然隧道埋深和长度都有所加大,工程费用有所增加,但可节省运行电耗约 $930 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$,非常可观。

3.4 水处理工艺

长江原水和北山水库水质均不错,但二者在主要水质指标方面有所差异,如长江原水浊度短期特别高,能达到 661 NTU,平均浊度为 51.4 NTU,明显高于水库原水浊度。水库原水平均高锰酸盐指数高于长江原水,氨氮的最高值可达 0.8 mg/L,也高于长江原水,说明水库原水有机物污染程度高于长江原水,且存在一定的富营养化风险。

通过对原水水质特点分析,结合工程确定的水质目标,在取水泵站设置粉末活性炭、高锰酸钾等应急投加系统,以应对原水突发水质污染事故;在净水厂加药间设日常投加泵组的基础上,配置混凝剂应急投加泵组,用于应对长江原水短期浊度升高时,提

高混凝剂投加量。

水厂净水工艺以去除水中的浊度、色度、有机物等为主要目的,根据近年国内以长江水为水源的净水厂运行经验及效果,设计选用了“预臭氧—折板絮凝平流沉淀—均质滤料过滤—臭氧生物活性炭—氯消毒”的处理工艺,一次性实施深度处理工艺,以适应不同水源切换运行,并应对将来长江水质可能下降的不利状况,以及水库水可能发生的富营养化和藻类暴发等问题^[2-3]。第一水厂平面布置见图2。



图2 第一水厂平面布置

Fig. 2 Plane layout of the first water treatment plant

4 系统内容

长江引水及句容市第一水厂工程是一项全系统给水工程,项目总投资约22亿元。已于2020年5月开工建设,计划2022年6月通车。根据2035年供需平衡分析,在部分保留外域供水的情况下,工程总体设计规模确定为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,使供水能力适度大于需水量。

建设于长江南岸的长江取水泵站通过 $2 \times \text{DN}1\ 400$ 原水管道输水至下蜀水厂,分水后变径至 $2 \times \text{DN}1\ 200$ 原水管道继续输水至第一水厂。建设于水库大坝北侧的北山水库取水泵站,有一根 $\text{DN}1\ 000$ 和一根 $\text{DN}1\ 600$ 出站管线,与S266省道上的 $\text{DN}1\ 200$ 原水管道连通,可一路向北输水至下蜀水厂,一路向南输水至第一水厂。第一水厂向中心城区和周边乡镇供水,下蜀水厂向西部为宝华镇和沿线周边高地用户供水。工程系统见图3。



图3 工程系统

Fig. 3 Schematic diagram of engineering system

整个工程包括长江水源取水、北山水库取水、第一水厂、下蜀水厂、原水输水管道和清水输水管道等6个子项。

4.1 长江水源取水

长江水源取水包括2座江中桩架式取水头部、2根取水自流管和1座取水泵站。 $2 \times \text{DN}1\ 800$ 取水自流管线路长约3.1 km,采用两段顶管施工,其中江中顶管段长约1.4 km。

长江取水泵站设计总规模为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,新征用地约 0.88 hm^2 (13.2亩),选址于疏港路和X202县道交叉路口以西地块,近桥头农场。泵站内布置有取水泵房、加药间、变配电间、门卫等构/建筑物,加药间有完备的粉末活性炭投加系统、高锰酸钾投加系统和次氯酸钠投加系统。

4.2 北山水库取水

北山水库取水包括2座喇叭口取水头部、2根取水自流管和1座取水泵站。 $2 \times \text{DN}1\ 600$ 取水自流管线路长约200 m,靠近取水泵房埋深较大处管道拟采用顶管形式,其余采用水下开挖形式。

北山水库取水泵站设计总规模 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,新征用地约 0.88 hm^2 (13.2亩),选址于北山水库大坝北侧。泵站内布置有取水泵房、加药间、变配电间、门卫等构/建筑物,加药间有完备的粉末活性炭投加系统、高锰酸钾投加系统和次氯酸钠投加系统。

4.3 第一水厂

新征用地约 13.5 hm^2 (202.5亩),选址于S266省道以东、沪宁高速以北地块。水厂总规模 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,包含“预臭氧—折板絮凝平流沉淀—均质滤料过滤—臭氧生物活性炭—氯消毒”和排泥水处

理全套工艺,向中心城区和周边乡镇供水。

4.4 下蜀水厂

新征用地约 5 hm^2 (75 亩),选址于句蜀路和 Y022 乡道交叉路口以东地块,近亭子村委。水厂总规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,包含“预臭氧—折板絮凝—平流沉淀—均质滤料过滤—臭氧生物活性炭—氯消毒”和排泥水处理全套工艺,向西部为宝华镇和沿线周边高地形用户供水。

4.5 原水输水管线

长江取水泵站至下蜀水厂、第一水厂的原水输水管道路全长约 21.0 km。长江取水泵站出厂 $2 \times \text{DN}1\ 400$ 原水管道沿疏港路向南敷设,穿过京沪高铁后沿高铁线路在南侧保护范围外敷设至句蜀路,中途分水给下蜀水厂后,变径至 $2 \times \text{DN}1\ 200$,继续沿句蜀路—规划 S266 省道一路向南敷设输水至第一水厂。原水管道在穿越骑马岗时采用供水专用隧道的形式,骑马岗隧道长约 870 m,设计底标高 70 m,隧道断面净宽 4.8 m,净高 3.7 m,原水管线在隧道内采用平铺布置形式。

北山水库取水泵站出厂管线线路长约 2.1 km,一根 DN1 000 和一根 DN1 600 与 S266 省道上的 DN1 200 原水管道连通,之间设连通阀,互为应急备用。

4.6 清水输水管线

清水输水管线主要是第一水厂和下蜀水厂两座水厂的出厂清水主干管,第一水厂出厂 $2 \times \text{DN}1\ 400$ 清水管道向南穿越沪宁高速与规划城区管网衔接,下蜀水厂出厂 $2 \times \text{DN}800$ 清水管道沿亭华线—西部干线敷设至宝华镇。

5 结论

为解决句容目前供水缺口和满足全市未来城乡供水长期需求,基于对当地水资源和供水现状的分析,为工程方案设计量身定制了总体原则,并提出了一套江库联动多水源供水的全系统给水工程方案。实施方案注重提高供水系统的安全性和韧性,最终形成以长江为主水源、北山水库为次水源,兼应急备用水源并具备平战结合功能的系统方案;注重提高水处理工艺的适应性,兼顾长江和北山水库不同水

质特点,采用了常规加深度处理的净水工艺;注重经济合理,节能低耗,开展厂址及管线路由选择、管线高程布置与敷设方案比选。

参考文献:

- [1] 王如琦,鲁宇闻,张新. 多水源城市原水系统综合调控关键技术[J]. 净水技术,2017,36(4):1-5,14.
Wang Ruqi, Lu Yuwen, Zhang Xin. Key technologies for integrated controlling of multi-source urban raw water supply system[J]. Water Purification Technology, 2017, 36(4):1-5,14(in Chinese).
- [2] 黄强,张莺. 某水厂水源切换和净水工艺改变对出水水质的影响[J]. 净水技术,2019,38(增刊):61-64.
Huang Qiang, Zhang Ying. Effect of raw water switch and water purification process change on quality of finished water in a drinking water treatment plant[J]. Water Purification Technology, 2019, 38(S1):61-64(in Chinese).
- [3] 侯宝芹,韩卫,倪杭娟. 臭氧生物活性炭深度处理工艺机理及其净水效果研究[J]. 城镇供水,2018(5):21-25.
Hou Baoqin, Han Wei, Ni Hangjuan. Ozone biological activated carbon advanced treatment process mechanism and water purification effect research[J]. City and Town Water Supply, 2018(5):21-25(in Chinese).



作者简介:曹伟新(1969—),男,上海人,本科,高级工程师,主要从事市政给水工程设计工作。

E-mail: caoweixin@smedi.com

收稿日期:2020-07-16