

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.04.010

# 区域应急供水系统方案研究与工程设计

万 鹏<sup>1</sup>, 李 毅<sup>2</sup>, 贺 雨<sup>3</sup>

(1. 中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610081; 2. 中交城市规划研究院有限公司, 四川 成都 610091; 3. 成都经济技术开发区建设发展有限公司, 四川 成都 610100)

**摘 要:** 目前国内应急供水系统存在布局缺乏系统化、建设时序缺乏统筹、单一水源、正常供水与应急供水缺乏有效衔接及非工程性措施缺乏等问题,亟需开展应急供水系统方案探索与设计研究,为应急供水系统规划、设计工作提供科学的技术支撑。结合龙泉驿区应急供水系统规划、设计案例,探讨了应急供水特征识别、应急供水系统方案、水库应急供水工程设计要点和应急供水系统综合利用方案。提出应急供水系统应包括多水源互补、应急输水管道、多供水设施互补、应急水源补水、应急水源水质保障以及非工程性措施等,应急供水设计要点包括设计工况明确、供水方式论证、取水形式确定、输水管道单双管论证、补水设计、输水与补水管共用论证、防水锤设计、穿越障碍物节点设计等,以期对国内区域应急供水系统规划、设计提供参考。

**关键词:** 区域应急供水; 应急水源; 应急水源补水

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)04-0046-05

## Scheme Study and Engineering Design of Regional Emergency Water Supply System

WAN Peng<sup>1</sup>, LI Yi<sup>2</sup>, HE Yu<sup>3</sup>

(1. Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610081, China; 2. CCCC Urban Planning Institute Co. Ltd., Chengdu 610091, China; 3. Chengdu Economic & Technological Development Zone Construction and Development Co. Ltd., Chengdu 610100, China)

**Abstract:** Lacking of layout systematization and overall construction schedule plan, single water source, the shortage of effective cohesion between the normal water supply and emergency water supply and the scarcity of non-engineering measures have become the main problems in the current domestic emergency water supply system. Emergency water supply system design exploration and research need to be carried out to provide scientific and technical support for the planning and design of emergency water supply system. Based on the planning and design case of emergency water supply system in Longquanyi District, we discussed the feature identification of emergency water supply, the scheme of emergency water supply system, the key points of design for emergency water supply project of reservoir and the comprehensive utilization scheme of emergency water supply system. It was proposed that emergency water supply system should include multiple water sources complementary, emergency water pipeline, multiple water supply facilities complementary, emergency water source complementary, emergency water source water quality guarantee and non-engineering measures, etc. The points of emergency water supply design should be composed of the clear design working conditions, the demonstration of water supply

mode, the determination of water intake form, the demonstration of single and double pipes of water delivery pipeline, water supplement design, the demonstration of water conveyance and water supplement pipeline sharing, the design of water hammer prevention, the joint design of crossing obstacles, etc., in order to provide reference for the planning and design of regional emergency water supply system.

**Key words:** regional emergency water supply; emergency water source; emergency water source complementary

2019 年新型冠状病毒暴发对卫生防疫系统的冲击,让人们意识到应急系统对于日常生活的重要性,特别是居民生活不可或缺、甚至影响生命健康的应急供水系统。目前国内应急供水系统存在系统化和建设时序缺乏统筹、单一水源、正常供水与应急供水缺乏有效衔接及非工程性措施缺乏等问题。结合笔者负责编制的龙泉驿区供水专项规划,以及后续应急供水系统的设计经验,提出城市应急供水系统构建思路及工程设计要点。

## 1 现有应急供水系统存在的问题

应急供水与常规供水应该是一个完整的有机体,共同为建设区供水,并保障其供水安全,应做到同时规划、同时设计、同时建设和同时管理。国内现有应急供水系统存在如下几方面不足。

① 缺乏系统化统筹。由于我国大部分城市暴发式发展,往往规划跟不上建设的步伐,规划无法有效指导供水系统建设。为满足社会、经济不断增加的供水需求,市政供水设计存在先天不足。此外,部分城市缺乏对应急供水系统应有的重视,供水专项规划中完全或部分缺失应急供水部分的内容。

② 缺乏建设时序统筹。根据以往城市经济发展经验,过多社会资源倾斜于能直接创造经济价值的供水工程项目,而忽视了突发事件直接威胁到人民生命健康的应急供水系统的建设。最终结果就是有应急供水规划,但应急供水系统未与供水系统同步配套建设,仍无法发挥应急供水系统保障供水安全的作用。

③ 水源单一问题。目前很多城市由于本区域快速发展,供水水源有限,供水水源单一,一旦水源出现水质污染或重大事故检修,孤立的突发事件极易导致严重的社会危机。

④ 正常供水与应急供水缺乏衔接。部分城市规划并建设了应急供水水源,但是由于资金或建设时序安排等原因,未开展应急供水与正常供水之间的连接,缺乏切换系统建设,导致需要时无法发挥应

急供水系统应有的功能。

⑤ 非工程性措施缺乏<sup>[1]</sup>。在采取上述工程性应急供水措施外,若缺乏相应配套的应急预案、政策、法规等非工程性措施,应急供水系统发挥作用有限,甚至发挥不出应有的应急保障作用。

## 2 龙泉驿区应急供水特征识别

### ① 城市特征分析

成都市龙泉驿区规划区域面积为 556 km<sup>2</sup>。现状人口规模接近百万,规划城市定位为成渝经济区发展带上重要的节点城市,天府新区高端制造业功能区,以汽车产业为主导的卫星城,是国内典型的新兴城市。

### ② 供水设施特征分析

水二厂是龙泉驿区目前唯一的自来水厂,现状供水规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,目前正在进行扩容改造,提能扩容后供水规模为  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

### ③ 水量特征分析

根据水量预测,龙泉驿区到 2035 年城乡生产生活的总需求供水量为  $55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其中水二厂提能扩容后供水规模为  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,新建北部水厂规模为  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

综合生活需水量与工业需水量之间的比例和龙泉驿区外部可供水源水量因素,规划应急供水规模按正常供水的 65% 设计,即应急供水规模  $35.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,考虑自来水厂自用水和原水输水管道漏损 10%,应急水源输水量为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

### ④ 水源特征分析

本区域能满足供水水质、水量的水源有限,水二厂及规划新建的北部水厂取水水源均为东风渠。一旦东风渠出现重大水质污染或者持续时间较长的岁修,水二厂和北部水厂水源将得不到保障,龙泉驿区将无法正常供水。

当东风渠水质污染时,只有污染源彻底消除,受污染水流过取水口后,才能恢复东风渠向水二厂和新建北部水厂的供水。

当东风渠遇到持续时间较长的岁修时,完全不能向水二厂和北部水厂提供水源,此时水二厂和北部水厂只能通过宝狮口备用水源保障应急供水。

### 3 应急供水系统方案

应急供水系统由工程措施部分、非工程措施部分,以及智慧水务等管理平台构成。

应急供水系统方案包括多水源互补方案、应急输水管道方案、多供水设施互补方案、应急水源补水、应急水源水质保障方案、非工程性措施以及管理平台系统构建等内容。应急供水系统构成见图1。

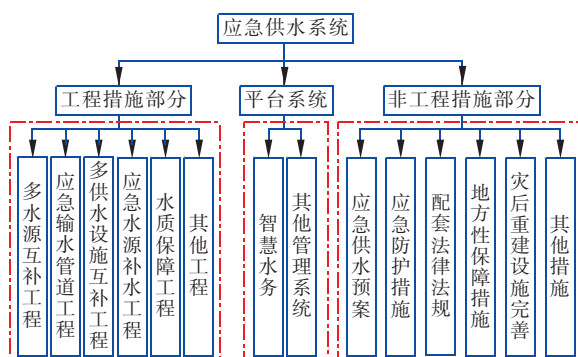


图1 应急供水系统构成

Fig.1 Composition of emergency water supply system

#### ① 多水源互补方案

宝狮口水库为龙泉驿区唯一的备用水源,供水水量有限。为保障规划区域供水安全,提出多水源互补方案,即除了现有东风渠和宝狮口水库水源外,另外规划采用邻近区域成都市主城区输水主干管供水(取得供水量许可)和宝狮口水库扩容供水。

若本区域发展程度超过远期规划,远景考虑采取加高宝狮口水库上游山门寺水库方案或开展规划区外龙泉湖引水工程方案,以保障供水安全。多水源互补方案见图2。

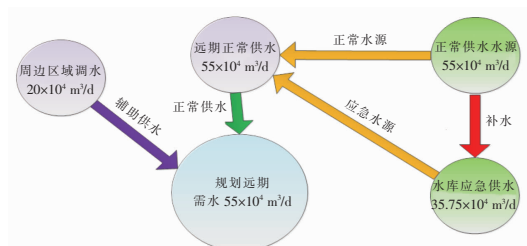


图2 多水源互补方案示意

Fig.2 Schematic diagram of multiple water sources complementary scheme

#### ② 应急输水管道方案

部分供水专项规划只包含了备用水源或应急水

源内容,缺乏应急输水管道相关内容。规划应明确应急输水管道走向、管位、管径方案,否则后期项目实施困难,很可能导致规划的应急水源功能失效。

#### ③ 多供水设施互补方案

除多供水水源互为应急备用外,每个供水厂都有自己的服务范围,一旦某个供水厂出现重大突发事件,该厂服务范围将出现重大供水危机。

为保障供水设施的供水安全,规划考虑了供水设施之间的互连互通,即  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  水二厂与  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  新建北部水厂供水范围互为应急备用方案。多供水设施互补方案是通过各厂出厂输水管之间的连通供水、单厂供水校核及两厂服务范围内输配主管连通实现的,均需要平差计算,提出综合合理的供水方案。

#### ④ 应急水源补水

由于宝狮口水库集雨面积有限,年降雨量相对较小,当遇连续干旱、宝狮口水库出现重大水质污染或应急供水后宝狮口水库水源得不到补充时,将东风渠水源泵送至空库的宝狮口水库。补水部分工程内容包括:拦河闸、取水泵房、引水渠道、应急加药投加系统、厂外阀井、新建雨水箱涵等。

取水泵房的设计规模主要根据水库补水时间来确定,而补水时间又根据东风渠水源发生污染事故的持续时间及事故间隔时间来确定。但由于东风渠水源发生突发性污染事故属于孤立事件,没有规律可循,其事故持续时间及事故发生的间隔时间也没有规律可循,不能通过理论计算确定。

经综合考虑,将宝狮口水库的补水时间按12.5 d计算,较为合理,既能充分有效利用宝狮口水库输水管,又能最大节约泵站投资。若选择的补水时间过长,虽可进一步减少提水泵站的投资,但不利于应急水源的保障,同时,由于补水管与应急供水管道合用,管道内流量太小,则流速过低,会引起管道内杂质沉淀,不利于供水管道的长期运行。故经过计算,12.5 d的补水时间较合适。目前,扩建后宝狮口水库供水能力约为  $360 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,按全库容补水,在12.5 d内,每天需要的补水规模约  $28.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,按24 h补水设计,供水约  $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

#### ⑤ 水质保障方案

a. 水库底泥污染解决方案。经检测,宝狮口水库水样高锰酸盐指数、化学需氧量、总氮、石油类项目降雨少时不符合《地表水环境质量标准》(GB



3838—2002)Ⅲ类水质标准。其余所检项目均符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。

经分析,未达标项目很大程度来源于多年淤积底泥污染物的释放和水库周边污染物的进入。规划提出对水库清淤、东风渠向宝狮口水库补水置换、水源涵养林建设及隔离防护等措施。

b. 水藻暴发解决方案。如宝狮口水库出现水藻暴发突发情况,可利用水二厂现有取水泵房已设计的高锰酸钾投加系统加药处理,确保水质安全。

c. 水源微污染解决方案。若遇到宝狮口水库微污染情况,可利用水二厂现有取水泵房已设计的活性炭投加系统加药处理,确保水质安全。

#### ⑥ 非工程性措施

要达到规划效果,除采取工程性措施外,还有非工程性措施,包括应急预案、应急防护措施、法律法规、地方性措施,以及灾后重建措施的完善。

#### ⑦ 管理平台系统

利用现有先进的管控平台系统,通过数采仪、无线网络、水质水压表等在线监测设备实时感知区域应急供水系统的运行状态,采用可视化方式有机整合供水管理部门与供水设施,并对关键水务信息进行及时分析与处理,其处理结果可辅助决策建议。

### 4 水库应急供水工程设计要点

#### ① 工况明确

水力计算的基础是设计工况的明确。宝狮口水库设计两种工况:工况一,水库向水二厂和北部水厂应急供水  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ;工况二,东风渠向水库补水  $28.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

#### ② 供水方式论证

给水根据能量形式分为重力给水和压力给水。应急备用水源泵站最高出水高程为 560.00 m,宝狮口水库应急供水最低取水高程按 554.0 m 计,水二厂应急输水管道预留接口底标高为 507.54 m,输水管道高差为 52.46 m。重力输水工况下,水头损失约 19.4 m(局部水损 4.5 m 和沿程水头损失 14.9 m),地形高差具备条件,设计采用重力流方式输水,可减少电耗。

#### ③ 取水形式确定

由于是应急供水工程,平时使用概率较低,且宝狮口水库设计取水量为  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,取水量较大,设计采用固定式取水构筑物。结合以往设计经验,

宝狮口水库采用使用寿命较长、安全可靠、构造简单的箱式取水头部,为便于检修管理,分两组设置。

#### ④ 输水管道单双管论证

根据《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)要求,输水管线不宜少于两条,但当有安全贮水池或其他安全供水措施时,也可修建一条。本工程若采用双输水管道,单管的输水量可采用设计水量的 70%,即  $Q = 1.17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ ,单根管道直径为 DN1 400。由于本工程属于应急备用水源供水,其供水目的地——水二厂和新建北部水厂的主水源为东风渠,本供水管道只有在应急的情况下使用,其使用频率相对较低,可采用平时检修、应急时使用的运行方案,因此,单管能满足其供水安全需求,管道直径 DN1 600。另外,若采用双输水管,其管道安装的占地面积将增加,管沟开挖对城市交通及现有城市市政管网的影响很大,施工较困难,成本也将大幅提高。综上所述,输水管线采用单管系统更经济,同时能满足使用要求。

#### ⑤ 补水设计

补水泵房是用于宝狮口应急备用水源补水,增加应急保证率和保障水库水质的工程措施。设计补水规模为  $28.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,DN1 800 补水管道在补水时的设计流速为 1.31 m/s,全程水头损失约 10.0 m。补水管道接管点供水压力满足 0.7 MPa。

#### ⑥ 输水与补水管道共用论证

根据以上分析,本工程需要设置一根 DN1 600 输水管道和一根 DN1 800 补水管。考虑到应急输水管道使用频率相对较低,经过技术经济分析,设计采用输水与补水管道共用方案,为控制补水水头损失,管道管径按照补水管道 DN1 800 设计。

#### ⑦ 防水锤设计

本项目输水最大高差约 50.46 m,经过水锤计算分析,主要存在断流停泵水锤,可达到补水泵扬程 3 倍以上。为消除停泵水锤,设计在补水泵房附近修建单向调压塔,当管道内压力低于塔内水位时,调压塔向管道补水。

此外,为减轻水锤对输水系统的影响,还采用以下防水锤措施:在水泵出水压力管道上设置含水锤消除作用的多功能阀;在水泵出水压力管道上设置泄压阀,一旦水锤发生,输水管道压力超过设计压力,多余压力将通过泄压阀释放;在输水管道高点设置带防水锤功能的排气阀。

### ⑧ 穿越障碍物节点设计

本应急输水管道长度约9 km,管位涉及特殊节点较多,包括已建道路、已建地铁线、规划道路、山区道路、河流和高压铁塔。

a. 穿越地铁设计。管道穿现有架空地铁线处,管道外壁与高架桥墩净距应满足规范3.0 m要求,采用顶管方式穿越。

b. 穿道路设计。管渠穿现有道路应尽量垂直其轴线,以减少工程量。为避免增大施工难度和影响工程质量,穿高速的位置尽量避开高填方区、石方区、路障区和道路两侧为同坡向的陡坡区。

管道穿城市道路和公路符合交通管理的要求。穿次要道路和公路时,分段明挖施工,并对管道采用混凝土包封保护。管线穿城市干道和主要公路,车流量较大,如采用明挖施工对交通会造成影响,故采用顶管法施工。同时控制顶管的高程,确保路面不隆起、不塌陷。

c. 穿河道设计。管道穿越河道采用河底穿过的倒虹吸方式。

d. 穿高压铁塔设计。设计应急备用输水管线考虑了与高压铁塔基础净间距要求。遇到应急备用输水管线穿高压铁塔的特殊情况,选择满足与高压铁塔基础边缘净间距要求的位置穿越。

## 5 综合利用方案

由于应急供水系统使用频率相对较低,投资规模较大,除保障供水安全外,基本无直接经济效益。为最大程度发挥应急供水系统效能,应综合利用应急供水系统。

① 结合河流生态补水功能。为保障应急水源水质,需定期置换水库水,被置换的水库水水质较好,白白浪费十分可惜,靠近应急输水管道起端(近水库端)设计预留多处河流生态补水接口,被置换水库水排放至现有河流对其进行生态补水,结合水系流域综合治理<sup>[2]</sup>,提升周边地块价值。

② 结合周边绿化灌溉功能。根据周边地块绿化景观要求,在应急输水管道上预留适当数量的绿化灌溉接口,充分利用重力流水库水对输水管道周边地块绿化景观进行灌溉。一方面节约了绿化灌溉自来水量,充分利用了水库上游集雨面积雨水量,另一方面也加速了水库水的置换。

③ 结合水库汛期泄洪功能。在汛期水库泄水

时,水库应急供水管道预留 DN1 800 泄流管,可加速水库泄流,保障水库安全。

## 6 结语

① 应急供水系统是城市重要的基础设施,龙泉驿区应急供水系统从规划到建设实施完成预计历时6年,目前应急输水系统工程和补水泵房工程正在施工中。建议对有实施条件的城市和地区尽早开展应急供水系统规划、建设工作。

② 应急供水系统方案包括多水源互补方案、应急输水管道方案、多供水设施互补方案、应急水源补水方案、应急水源水质保障方案以及非工程性措施。

③ 水库应急供水工程设计要点主要有设计工况明确、供水方式论证、取水形式确定、输水管道单双管论证、补水设计、输水与补水管共用论证、防水锤设计、穿越障碍物节点设计等。

④ 应结合河流生态补水、绿化灌溉和水库汛期泄洪等功能综合利用应急供水系统,充分发挥应急供水系统价值。

## 参考文献:

- [1] 陈展图,覃洁贞. 我国海绵城市建设对策研究——非工程性措施视角[J]. 改革与战略,2017,33(5):53-55.  
CHEN Zhantu, QIN Jiezheng. Research of sponge city construction in China—the perspective of non-engineering measures[J]. Reformation & Strategy, 2017, 33(5): 53-55 (in Chinese).
- [2] 万鹏,丁文静. 关于流域综合整治系统化方案编制的思考[J]. 中国给水排水,2019,35(11):113-117,124.  
WAN Peng, DING Wenjing. Thoughts on systematic programming of watershed comprehensive regulation[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(11): 113-117, 124 (in Chinese).

作者简介:万鹏(1986-),男,江西南昌人,硕士,高级工程师,主要从事市政给排水、流域综合治理、综合管廊、环境工程规划、设计与研究工作。

E-mail:434423065@qq.com

收稿日期:2020-03-15

修回日期:2020-04-01

(编辑:孔红春)