

设计经验

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.12.009

泉州市某取水扩建工程设计优化

王洪刚

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要: 泉州市某取水工程一、二期已建成,总设计规模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,实际供水量未达到设计能力。三期工程的设计规模为 $20\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,设计采用菱形取水头部分层进水+自流管+圆形取水泵房。分层取水可根据河道水位变化选择性地开启不同高程取水口,从而取到水质较好的原水。自流管采用顶管施工,避免管道施工影响城西大道交通,同时提高进水安全性。圆形取水泵房节省占地,节约投资。设置粉末活性炭投加系统,有效应对原水季节性有机微污染及突发水源污染的问题。设置应急备用水源管道,保障原水水量稳定供应。

关键词: 取水工程; 分层取水; 圆形取水泵房; 应急备用水源; 自流管

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)12-0063-05

Optimization Design of a Water Intake Expansion Project in Quanzhou City

WANG Hong-gang

(Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: The phase I and II river water intake project in Quanzhou City have been completed, with a total design scale of $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, but the actual water supply has not reached the design capacity. The design scale of the phase III project is $20\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, and the design adopts rhombic stratified water intake head, free-flowing pipe and circular water intake pumping station. The stratified water intake selectively opened the water intake with different elevation according to the change of water level, so as to obtain raw water with better quality. The construction of the free-flowing pipe by pipe jacking avoided the influence of pipeline construction on the traffic of Chengxi Avenue and improved the safety of water intake. The circular water intake pumping station reduced the footprint area and investment. The setting of powder activated carbon dosing system effectively solved the problems of seasonal organic micro-pollution of raw water and sudden water source pollution. The emergency reserve water source pipelines was set to ensure the stable supply of raw water.

Key words: water intake project; stratified water intake; circular water intake pumping station; emergency reserve water source; free-flowing pipe

1 项目概况

泉州市某取水工程一、二期已建成,总设计规

模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,实际供水量未达到设计能力。三期工程利用一、二期东南侧的预留用地,土建设计

规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设备安装规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。取水水源与一、二期工程相同,为洛阳江上游的黄塘溪。黄塘溪担负着沿岸农田灌溉、城乡供水的重要任务,是城市的“生命溪”。

2 方案选择及工艺流程

2.1 方案选择

2.1.1 取水头部

现状一、二期工程采用管式取水头部,设置2根DN1 000钢管,其中1根伸入河中取水,另1根于河岸处取水,管口均垂直向下,管道进口设置喇叭口与格栅,喇叭口位于最低水位以下。该工艺构造简单、施工方便、造价较低,但喇叭口高程无法随河道水位升降而改变,受雨季河床泥沙扰动影响,所取

底层原水泥沙含量较高,取水水质较差。此外,一、二期工程未设置检修通道,取水头部日常清理维护不便。因此,三期工程对现状取水头部进行了优化设计,采用水力条件较好的菱形箱式取水头部,并设置分层取水,可根据河道水位变化及原水水质情况选择性地开启不同高程的取水口,从而取到水质较好的原水。为方便检修维护,设置由取水头部延伸至溪岸的检修栈道。

2.1.2 进水管

进水管由取水头部横穿城西大道后接入泵房进水室,可采用自流管或虹吸管^[1-2]。由于黄塘溪最低水位较低,若选用自流管,需采取顶管施工。自流管与虹吸管的对比如表1所示。

表1 自流管与虹吸管对比

Tab.1 Comparison between free-flowing pipe and siphon pipe

项目	方案一:自流管	方案二:虹吸管
取水头部	取水头部出水管管顶位于最低水位以下0.3 m	取水头部出水管管顶位于最低水位以下1.0 m,取水头部底板比方案一深0.7 m
管道施工方式	利用泵房吸水井做顶管工作井,向取水头部方向顶进;取水头部采用围堰施工,围堰内无需设置接收井;施工期间对交通无影响	破路直槽施工,钢板桩支护,施工期间对主快速路城西大道交通影响较大
吸水安全性	取水安全性高	虹吸管要保证管道高度的密闭性,且需配套真空抽气系统,取水安全性相对较低
工程费/万元	204	199

通过技术经济分析,确定进水管采用自流管。同时根据地勘报告可知,取水头部至泵站土层主要由素填土、粉质黏土、淤泥、中砂、粗砂组成,适合采用顶管施工。

2.1.3 泵房形状

现状一、二期工程未设置单独的管理用房,故三期工程在预留用地内除建设1座取水泵房外,还需建设1座管理用房,厂区用地非常紧张。泵房外形主要有圆形、矩形2种,与矩形泵房相比,圆形泵房占地面积小,埋深较大时具有经济优势,缺点是水泵台数及布置受限,通风散热条件差^[3]。由于工程用地紧张,且进水管采用自流管,泵房埋深较大,水泵台数较多(5台),加之,现状一、二期工程取水泵房均为圆形,统筹考虑整体景观效果,故优选圆形泵房,并通过优化设计来解决通风散热不足的问题。

2.1.4 粉末活性炭储存及投加系统

黄塘溪原水存在季节性短期有机污染物浓度较高的情况,现状一、二期取水泵站通过人工投加粉末活性炭到吸水井,利用泵站到净水厂(距离约

10 km)的管道输送时间完成吸附过程,取得了较好的效果,但工作人员劳动强度大,工作环境差。为解决以上问题,同时考虑应对水源突发污染事件^[4-5],三期工程新建一套粉末活性炭储存及投加设施,为现状一、二期工程及三期工程服务。

2.2 工艺流程

三期工程取水工艺流程为黄塘溪地表水→取水头部→自流管→取水泵房→净水厂,具体见图1。

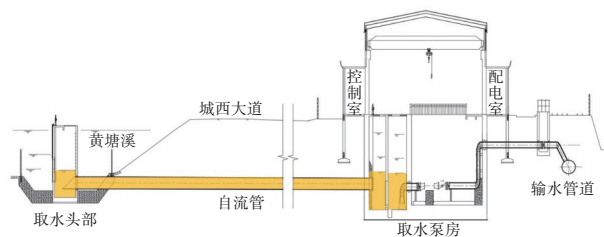


图1 取水工艺流程

Fig.1 Process flow chart of water intake project

3 主要工艺设计

3.1 取水头部

取水头部设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用菱形构筑物,净长度为13.5 m,净宽为4.5 m,平分2格。

采用分层进水方式,共2层,每层设3个进水孔,上层单孔尺寸为1 800 mm×800 mm,下层单孔尺寸为1 800 mm×600 mm。取水头部上层取水孔上缘位于常水位以下0.30 m,下层取水孔上缘位于最低水位以下0.30 m,实际运行时可通过板闸调节选择水质较优层进水。取水孔外设人工格栅,栅条间隙为50 mm。取水头部外围约7 m处设置拦污网,拦污网与取水头部之间采用碎石铺底作为护底措施。取水头部东侧邻岸设栈道,用于后期维护检修。

黄塘溪最低水位为1.27 m,常水位为2.82 m,百年一遇最高水位为5.35 m。取水头部设计洪水重现期为100 a,其顶板标高为5.85 m。取水头部布置形式如图2所示。

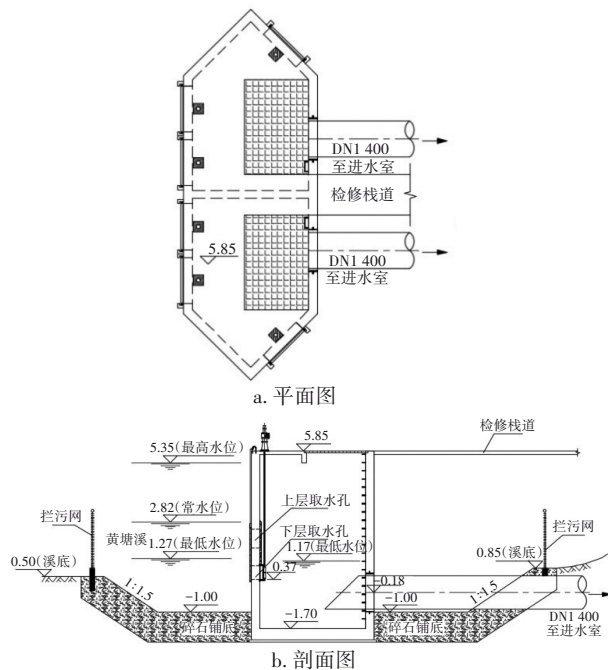


图2 取水头部布置形式

Fig.2 Layout of the water intake head

3.2 自流管

自流管设计供水规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,共设2根DN1 400钢管,采用顶管方式施工,单条管道长度约81 m。顶管施工前,先不设置泵房进水室与吸水室之间的隔墙,将进水室与吸水室整体作为顶管工作井,单节顶管长度按3 m考虑。采用IPN8710无毒防腐涂漆内防腐,两底两面,干膜厚度 $\geq 240 \mu\text{m}$,用量 $\geq 120 \text{ g}/\text{m}^2$;采用玻璃鳞片外防腐,即环氧铁红防锈底漆两道、环氧玻璃鳞片防腐面漆两道,涂层干膜厚度 $\geq 400 \mu\text{m}$ 。

3.3 进水室、吸水室与泵房

取水泵房土建设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设备安装规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设计采用圆形泵房,内径为24 m,分为进水室、吸水室和泵房3部分,其中泵房分2层,地下层为水泵机组室,地上层则为检修通道及相关配套用房。

进水室分为2格,每格进水管设圆形板闸。每格进水室至吸水室设3组平板格网,尺寸为1 850 mm×2 600 mm,网眼尺寸为10 mm×10 mm。进水室内设冲洗水枪1套,用于单格检修冲洗,冲洗后泥水由进水室集水井抽排。

吸水室分为2格,中间设1 200 mm×1 200 mm连通孔用于平衡2格吸水室水位,配套检修闸门,平时为常开状态。每格吸水室内设冲洗水枪3套,冲洗后泥水由吸水室隔墙底部200 mm×200 mm过水孔流入进水室集水井,再提升排出。

泵房布置如图3所示。

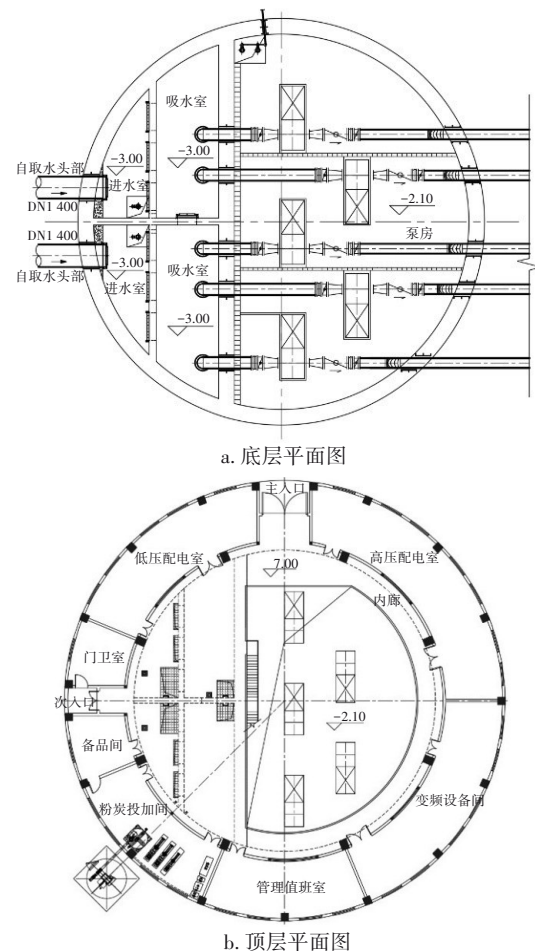


图3 取水泵房布置

Fig.3 Layout of the water intake pumping station

因所需水泵扬程较高,设计采用卧式离心泵^[6-7],双排布置,进、出水管为直进直出。泵房共设计5个泵位,近期安装取水泵3台,2用1备,2台变频,1台定速,远期增加2台同型号水泵, $Q=2\ 085\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=580\text{ kPa}$,水泵扬程按黄塘溪常水位计算。为便于设备检修,泵房内设置1台电动单梁环形轨道起重機,起质量为10 t,跨度 $L_k=24\text{ m}$ 。为节省占地、便于运行管理,取水泵房周边外扩4.5 m,用于布置变配电间、控制室、粉末活性炭投加间、值班室等。

3.4 粉末活性炭储存及投加系统

粉末活性炭储存及投加系统设计规模为 $24\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,最大投加量为 30 mg/L ,料仓有效容积为 30 m^3 。粉末活性炭投加点位于取水泵房吸水室。

3.5 应急备用水源管道

三期工程将黄塘溪作为主水源,惠女水库作为应急备用水源,以应对枯水季节或水源应急事故之需^[8]。设计DN1 400应急备用管道1根,由城西大道西侧惠女水库至黄塘溪的引水支线接出,至泵房的管道总长约160 m,采用顶管方式敷设。

黄塘引水支线接口水头约为494.1~654.6 kPa,最大水头高于取水泵扬程,部分时段可超越泵房直接输水至净水厂。因此,设计应急备用管道在进入泵房后分为3路支线,第1路DN1 000管道与原一、二期应急备用水源管连通,第2路DN1 400管道接入三期泵房集水井,第3路DN1 400管道与总输水管线相接,应急备用水源系统如图4所示。

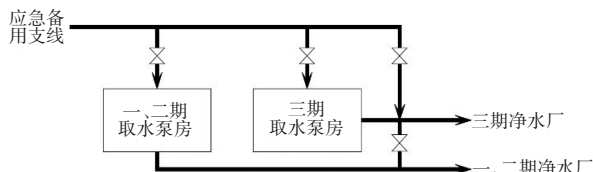


图4 应急备用水源系统

Fig.4 System of emergency reserve water source

当黄塘引水支线接口水头不足时,应急水源水进入取水泵房吸水井,由取水泵加压输送至净水厂;当黄塘引水支线接口水头足够大时,应急水源水超越吸水井与总输水管线相接,直供净水厂。

4 运行效果及经济分析

取水泵站实际运行取水量满足设计要求,取水水质较好。该工程总投资约4 724.12万元,其中工程费约3 679.24万元。

5 设计总结

① 针对现状泵站取水水质易受雨季河床泥沙扰动的问题,三期工程设计采用水力条件较好的菱形箱式取水头部,分层取水,可根据河道水位变化选择性地开启不同高程取水口,从而取到水质较好的原水,并设置检修栈道延伸至溪岸。

② 自流管采用顶管施工,取水安全性高,无需真空抽气系统,管道密闭性要求低于虹吸管,对城西大道交通无影响。利用泵房吸水井作顶管井,无需设置顶管工作井和接收井,顶管施工工程费与虹吸管总费用相当。

③ 针对用地紧张、泵房埋深大的特点,选择占地小、节省投资的圆形泵房。泵房周边外扩4.5 m,可供变配电间、控制室、粉末活性炭投加间、值班室等使用,节省占地且便于运行管理。

④ 针对黄塘溪原水水质存在季节性有机污染物的问题,设计一、二、三期共用的粉末活性炭储存及投加系统,利用泵房到净水厂(距离约10 km)的管道输送时间完成吸附过程,去除有机微污染物,减轻了净水厂的处理压力。此外,该系统有效解决了一、二期工程人工投加粉炭劳动强度大、工作环境差的问题。

⑤ 应急备用水源管道的设计有效解决了潜在的枯水季节水量不足的问题,保障了原水供应量,提高了供水安全性。设计超越管,在水压满足要求的情况下可直供净水厂,避免了应急备用水源压力的浪费,低碳节能。

6 结语

针对原水水质存在季节性有机污染、雨季易受河床泥沙扰动的问题,采用分层进水的菱形取水头部,并设置了粉末活性炭储存及投加系统,为水厂提供了水质较好的原水;针对进水管开挖施工对交通影响较大的问题,采用自流管顶管施工,不影响交通,且提高了取水安全性;针对用地紧张、泵房埋深大的问题,采用圆形取水泵房,节省占地且节约投资;针对枯水季节水量不足的问题,采用应急备用水源管道,保障了原水供应量,可以为同类工程提供借鉴。

参考文献:

[1] 焦瑞虎,黄维让,张红.区域供水资源整合下的大型

- 取水泵站的创新设计[J]. 中国给水排水, 2019, 35(10): 42-47.
- JIAO Ruihu, HUANG Weirang, ZHANG Hong. Innovative design of large-scale intake pumping station under integration of regional water resources [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (10): 42-47 (in Chinese).
- [2] 万扣强. 芜湖江南集中供水区应急水源工程设计与运维[J]. 给水排水, 2020, 46(11): 15-19.
- WAN Kouqiang. Design and operation maintenance of emergency water source project of south of the Yangtze River concentrated water supply area in Wuhu [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(11): 15-19 (in Chinese).
- [3] 刘行知, 苏勇, 王鸣晨, 等. 白马湖备用水源取水泵站设计要点[J]. 中国给水排水, 2016, 32(2): 38-40.
- LIU Xingzhi, SU Yong, WANG Mingchen, *et al.* Design essentials of Baima Lake reserve water intake pumping station[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(2): 38-40 (in Chinese).
- [4] 张晓健, 陈超. 应对突发性水源污染的城市应急供水的进展与展望[J]. 给水排水, 2011, 37(10): 9-18.
- ZHANG Xiaojian, CHEN Chao. Emergency drinking water supply against water pollution accidents in China: progress and prospect [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(10): 9-18 (in Chinese).
- [5] 曹伟新. 江库联动多水源供水工程设计方案研究[J]. 中国给水排水, 2020, 36(18): 19-23.
- CAO Weixin. Study on design scheme of river and reservoir linkage multi-source water supply project [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(18): 19-23 (in Chinese).
- [6] 郑志民. 长距离引水系统超大型输水泵站工艺设计要点[J]. 净水技术, 2021, 40(s2): 36-40.
- ZHENG Zhimin. Key points of process design for ultra-large pumping station of long-distance water diversion system [J]. Water Purification Technology, 2021, 40 (s2): 36-40 (in Chinese).
- [7] 林伟强, 郑博一, 杨楠, 等. 巴基斯坦某大型固定式取水泵站方案对比研究及优化[J]. 给水排水, 2021, 47(s1): 79-82.
- LIN Weiqiang, ZHENG Boyi, YANG Nan, *et al.* Comparative study and optimization analysis of large fixed water intake pumping station [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47 (s1): 79-82 (in Chinese).
- [8] 王胜军, 鄢燕秋, 杨力, 等. 城市供水应急和备用水源规划设计标准研究[J]. 给水排水, 2020, 46(5): 101-104.
- WANG Shengjun, QIE Yanqiu, YANG Li, *et al.* Research of urban water supply emergency and alternate water resources planning and design standard [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(5): 101-104 (in Chinese).
-
- 作者简介:**王洪刚(1987-),男,黑龙江哈尔滨人,硕士,高级工程师,主要从事给水及污水处理设计及研究等工作。
- E-mail:**hitwhg@163.com
- 收稿日期:**2023-09-24
- 修回日期:**2023-11-12

(编辑:沈靖怡)

强化依法治水,携手共护母亲河