

设计经验

DOI: 10.19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2023. 24. 011

温州全重力山顶式水厂供水工程设计案例

张 星¹, 周 琳²

(1. 中国市政工程西北设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000; 2. 武穴市水利和湖泊局, 湖北 武穴 435400)

摘 要: 为解决温州市西部片区工业园、街道、乡镇供水问题,实现城乡供水一体化,在鹿城区藤桥镇石鼓山山顶建设净水厂。经削山处理后,山顶大小与水厂用地相适宜,山顶高程与供水系统水头配置相吻合,与泽雅水库取水口形成21 m高差,再利用水厂自身高度输配水,实现进水和出水均采用重力自流节能的运行方式,大大降低了工程建设和供水生产成本。净水厂建设规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一期工程规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用强化常规处理工艺,单体构筑物采用一体化设计,节约用地;配套建设DN1 200原水管5.43 km、DN1 000输水管2.35 km以及相应配水管道16.13 km,并设计几字形上山道路保证交通;配水系统中,通过建设长1.6 km、尺寸为 $2.60 \text{ m} \times 2.85 \text{ m}$ 的拱顶隧洞,铺设输水管道实现仰义、双屿联网供水。一期工程已稳定运营2.5年,出水水质优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

关键词: 山顶净水厂; 重力取水; 重力输配水; 城乡供水一体化; 输水隧洞

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)24-0063-08

Design Case of Water Supply Project of Gravitational Flow Water Treatment Plant on Mountaintop in Wenzhou

ZHANG Xing¹, ZHOU Lin²

(1. CSCEC AECOM Consultants Co. Ltd., Lanzhou 730000, China; 2. Wuxue Water Resources and Lakes Bureau, Wuxue 435400, China)

Abstract: A water treatment plant was built on the top of Shigu Mountain in Tengqiao Town, Lucheng District to solve the problem of water supply for industrial parks, streets and towns in the western area of Wenzhou City and realize the integration of urban and rural water supply. After the mountaintop-removal treatment, the area of the mountaintop was suitable for the land use of the water treatment plant, and the elevation of the mountaintop was consistent with the head of the water supply system, which formed a height difference of 21 m with the water intake of Zeya Reservoir. Therefore, the gravitational flow of water intaking/distribution and energy saving were realized through the water transmission and distribution aided by the elevation of the water treatment plant, which greatly reduced the costs of project construction and water supply. The scale of the water treatment plant is $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the scale of the phase I project is $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The enhanced conventional treatment process with integrated design of the structures was adopted to save the footprint area. The supporting systems included 5.43 km of DN1 200 raw water transmission pipe, 2.35 km of DN1 000 water transmission pipe, and 16.13 km of corresponding water distribution pipe, and the design of zigzag uphill roads was adopted to ensure traffic safety. In the water distribution system, the Yangyi and Shuangyu water supply network was formed through the

construction of 1.6 km arch tunnel with the size of 2.60 m×2.85 m and laying water transmission pipe. The phase I project has been in stable operation for 2.5 years, and the effluent quality is better than the limit specified in *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006).

Key words: water treatment plant on mountaintop; water intaking by gravity; water transmission and distribution by gravity; the integration of urban and rural water supply; water conveyance tunnel

温州素有“七山二水一分田”之称^[1],平原土地资源匮乏,而山地资源非常丰富,部分工程建设逐渐转向山地的开发利用。此类多山地区,在水资源利用与配置规划时,应优先利用自流水、蓄水、近处水、地表水及本区域水,后用引水、提水、远处水、地下水及过境水^[2]。条件较好的山地水厂大部分以地势较高的水库水为水源,并利用上下游高差形成全重力或部分重力供水系统,如鄂西南某大型山地水厂^[3]、云南洱源县第二水厂^[4]、金华湾坞水厂、营口鲅鱼圈供水工程、西安西南郊区引水工程^[5]、湖南中部某水厂^[6]、非洲某国首都供水工程^[7]、浙江宁波桃源水厂等。

随着温州市西部乡镇、街道、工业园(泽雅镇、藤桥镇、仰义街道、双屿街道以及范围内的鹿城轻工产业园区、鹿城工业区)等区域的快速发展,供水矛盾日益显现,由于缺少统一的城市供水管网,工业、生活以及其他用水严重不足。藤桥片仅有一座水厂——藤桥水厂,但其规模较小、扩展余地有限,2007年—2010年改扩建^[8]后,规模仅达到25 000 m³/d。该厂水源取自玉林溪,枯水期水源常常无法得到保证,需要借助瓯江翻水站渠道提水至玉林溪补充原水,遇翻水站水渠无水时,部分区域则会出现停水现象。临江、双潮片现状无水厂,饮用水取自小水库水、溪水等自然水源。仰义、双屿片由城区浦东水厂供水,由于处于供水末端,部分地区的水压、水量不足。

为解决以上问题,实现西部片区城乡供水一体化,经论证,决定在藤桥镇石鼓山山顶建设净水厂。经削山处理后,山体体量大小、山顶面积、高程与水厂用地及系统压力配置均相匹配,实现了进水和出水均采用重力自流节能的运行方式,大大降低了工程建设和供水生产成本,且净水厂建设不占用基本农田,对平原土地资源贫乏的温州来说十分有利。

1 供水规模及水源选择

按照水厂服务范围,预测近期用水量为10×10⁴ m³/d,远期用水量为20×10⁴ m³/d。

在温州市现有水源中,泽雅水库距石鼓山水厂最近,且可高水高用,应优先选用。泽雅水库正常蓄水位为108.6 m,取水口位于水库大坝处,为斜坡竖井式分层取水口,共分3层,标高分别为85、70、55 m;85 m以上水位的95%保证率可供原水22×10⁴ m³/d,多年平均可供原水31×10⁴ m³/d,原水隧洞和管道最大输水能力为50×10⁴ m³/d。

2 项目特点及重难点分析

① 根据2011年—2012年的水质监测数据可知,泽雅水库水除总磷、总氮、SS超标外,其余指标均达到地表水Ⅱ类以上水体标准,水质较好,但冬季具有低温、低浊、低pH等特点,选择水处理工艺时需重点考虑。随着水库汇流区水环境综合治理的进行,个别指标超标问题也将好转,有利于降低净水成本。

② 厂址位于藤桥镇石鼓山上、渔藤公路西侧,山体为一座独立的低矮山丘,对周边环境影响较小,不占用平原土地和基本农田。工程位置示意图1。

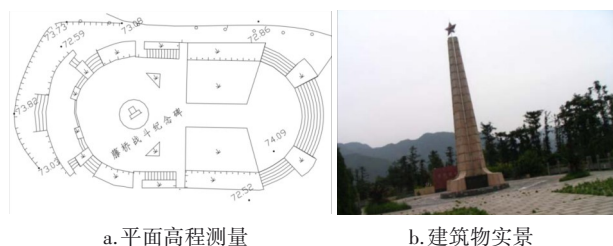


图1 工程位置示意

Fig.1 Schematic diagram of project location

山顶现状建筑物仅为一座藤桥战斗纪念碑(见图2),经民意调查,开山后可将其迁至山顶南侧重

建,标高适当高于净水厂,在水厂围墙外设独立道路及停车场,整体与水厂景观融为一体。



a. 平面高程测量

b. 建筑物实景

图2 现状山顶建筑物

Fig.2 Existing mountaintop building

厂址选择充分利用了地形,朝向好,经济且有利于节能,建筑物视线开阔,使山上建筑与山下公路、山体的景观相互融合。

建成后水厂全貌如图3所示。



图3 建成后水厂俯视影像

Fig.3 Top view of water treatment plant after completion

③ 水库取水口与水厂设计高程差满足石鼓山水厂进水要求,且水厂设计出水高程能够满足供水区域最不利点 280 kPa(28 m)服务水头的要求,形成完全重力式供水系统,降低供水能耗。由于石鼓山原山顶标高约 74.09 m,水厂设计地面高程 49 m,需开山约 25 m,开挖土石方量大($54.6 \times 10^4 \text{ m}^3$),山体地形、地质变化对厂区构筑物布置影响较大,需重点防范。

④ 仰义、双屿联网供水管的路线选择及敷设形式也是重难点之一,藤桥片和仰义、双屿片因有黄牛山相隔,设计了3条线路方案(见图4)。方案一路程最短,且规避了方案二沿江山体岩层地质复杂和方案三随规划隧道敷设实施进度不可控的情况,在绕城高速与铁路隧道间通过建设输水隧洞敷设管道,实现系统联网,工程造价约 1 653 万元,费用较低,且实施比较方便,仅需在进出洞处征地 0.365

hm²。



图4 仰义、双屿联网供水管选线

Fig.4 Yangyi and Shuangyu network water supply pipeline routing diagram

输水隧洞进出口宜重点考虑选在地质构造简单、岩体完整、风化覆盖层较浅地区,避开不良地质构造及易发生坍塌、冲沟、危崖、滑坡地区;隧洞长 1.6 km,穿越黄牛山,设计应充分考虑地质突变和施工风险等。

⑤ 为保证水厂工作人员进出及物资运输,需设计上山公路,当采用路基形式时,对边坡防护、山体稳定及水土保持措施要求严格,因此采用高架桥梁设计形式更为合理。为满足道路坡度、坡长等要求,采用几字形线型更为巧妙,如图5所示。



a. 几字形转弯段

b. 与山顶衔接段

图5 进厂道路示范

Fig.5 Demonstration of access road

3 总体思路

3.1 水处理工艺

原水水质除前述个别指标外,均满足地表Ⅱ类水体标准,出水水质执行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),采用常规处理工艺即可实现。为应对个别指标超标以及冬季低温、低浊、低pH等问题,按照现代化水厂建设要求,为保证出厂水质优良,需增加药剂种类,在投加聚合氯化铝(PAC)进行混凝的基础上,选择投加高锰酸钾预处理并作

为助凝剂,以及投加 NaOH 调节 pH;采用安全可靠的强化常规处理工艺,并预留远期深度处理单元——臭氧-生物活性炭工艺用地。主体处理工艺流程如图6所示。

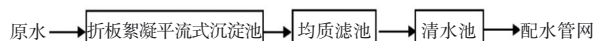


图6 主体工艺流程

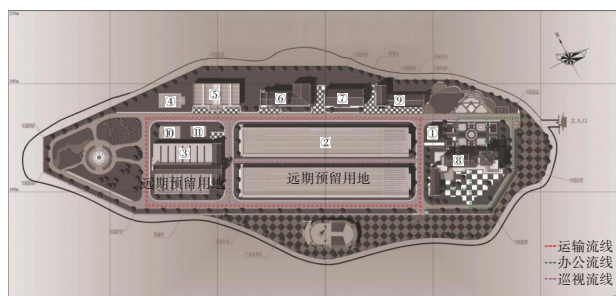
Fig.6 Main process flow diagram

3.2 水厂总体布置

水厂总平面布置见图7。



a. 功能分区图



1. 配水井 2. 混合絮凝沉淀池及清水池 3. 均质滤池
4. 回用水调节池 5. 排泥水调节浓缩池 6. 脱水机房及变配电站
7. 综合加药间 8. 综合办公楼 9. 机修间、仓库及车库
10. 堆场 11. 洗砂场

b. 交通分析图

图7 水厂总平面布置

Fig.7 General layout of water treatment plant

由于水厂建于独立山体的山顶之上,重点考虑以下因素:①水厂工作人员工作环境的适宜性;②水厂俯瞰效果的美观性;③管道流向布置的合理性。因此山顶做整平处理,总体布局符合厂前区位于夏季主导风向上风向处的要求,功能区划分为厂前区、水质净化区、污泥处理区、辅助生产区及预留深度处理区,道路走向实现人行及车流互不交叉。工艺布局趋于简洁,管道走向较优,水头损失较小。

水厂征地面积为 68 477 m²,其中建(构)筑物占地 12 000 m²,道路及铺装约 22 114 m²,绿化面积为 27 618 m²,其他用地为 6 745 m²。厂前区设有综合

楼、仓库及机修间等;水处理区设有混合反应沉淀池、滤站、反冲洗泵房、变配电站;辅助生产区设有加氯加药间、回流调节池等;污泥处理区设有排泥水调节池、浓缩池(预留)、脱水机房、泥棚等;厂区西部为深度处理预留用地。

考虑山体体量及用地大小,将部分建(构)筑物采用一体化设计,与叠合式设计^[9]相同或类似:①清水池与混合絮凝沉淀池;②排泥水调节池、污泥浓缩池与污泥平衡池;③V型滤池及反冲洗间。一体化设计可节约占地面积、降低工程投资、减小管道的水头损失,此外,合建时将清水池出水口设置为与混合絮凝沉淀池进水一致的方向,在使管道损失最小化的同时满足了水厂总进、出水口均位于狭长形状厂区一面(厂区西侧)并且相距很近的要求,达到节能降耗的效果。水厂设计地面标高为 49 m,配水井设计进水水位标高为 53.10 m,清水池设计水位标高为 48.45 m,厂内处理构筑物总水头损失为 46.5 kPa(4.65 m)。

3.3 联网供水管布置

3.3.1 仰义、双屿联网供水管

该区域三面环山,另一面是瓯江,现状建有 DN600~800 给水管,处于市区管网末端。为提高供水保证率,设置联网管道,形成以石鼓山水厂供水为主、市区供水为辅的格局,联网供水量约 5×10⁴ m³/d,管径采用 DN1 000。管道穿越黄牛山输水隧洞后,沿规划或已建道路,穿越铁路及金丽温高速与 104 国道已建 DN600 给水管连接实现系统联网。

输水隧洞长度为 1.6 km,隧洞截面形式一般有半圆直墙拱、五心圆等。半圆直墙拱常用于地质条件非常好的地区,综合考虑可能的地质突变和施工风险等,隧洞截面采用受力更好的五心圆。五心圆隧洞具有光滑美观、受力合理、设计计算便利等优点。参考类似隧洞成功经验,按新奥法理论,结合工程区域状况进行设计,为满足施工及管道安装、维护空间需求,隧洞净尺寸为 2.60 m×2.85 m。

3.3.2 临江、双潮联网供水管

临江、双潮片各村远期用水量为 2.58×10⁴ m³/d,近期为 0.9×10⁴ m³/d,管径按近期设计为 DN300~400。该片处于城市最西部,被山体隔断,新开隧洞线路长,同时考虑临江镇、双潮乡的居民大多居住在沿江地区,集镇也在沿江侧,故近期考虑在 330 国道敷设给水管,远期考虑随规划道路交通隧道增加

敷设 DN400 联网管形成环状供水系统,提高供水安全性。

4 工程设计

4.1 取水及输配水设计

原水自泽雅水库取水口通过 8.9 km 隧道与 1.8 km 已建 DN2 000 管道输送至周岙村,水头损失约 100 kPa(10 m),再经 DN1 200 新建原水管重力输送至石鼓山水厂。新建原水管从接驳口接出后,跨戍浦江后沿西雁路、泽雅大道、瓯海大道进入石鼓山,总长 5.43 km。该原水管同时与藤桥水厂应急原水管相连,可改变该厂此前的单一水源局面。管网系统如图 8 所示。

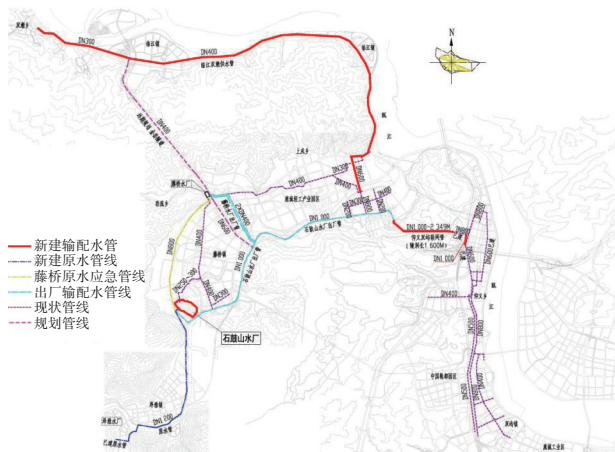


图 8 供水管网系统

Fig.8 Water supply network system diagram

输配水管道一般埋地段采用球墨铸铁管,跨越河道等障碍物以及隧洞时采用焊接钢管,管道过河设独立管桥架设通过,如图 9 所示。仰义、双屿片区 DN1 000 联网管道设计长度为 2.35 km,临江、双潮片区 DN300~400 配水管设计长度为 16.13 km。



图 9 输配水管道实况

Fig.9 Fact map of water transmission and distribution pipelines

输水隧洞设计长度为 1.6 km,采用下游端高、上游端低的单向坡布置方式,纵坡为 0.25%,洞内

设 400 mm×300 mm 排水边沟,排出结构渗漏水。洞门设计采取绿色护坡加固防护措施,隧洞采用超前注浆小导管及工字钢支撑完成浅埋暗作进洞。隧洞建筑限界为 2.60 m×2.85 m,内轮廓设计形式为五心圆,采用复合式衬砌,如图 10 所示。

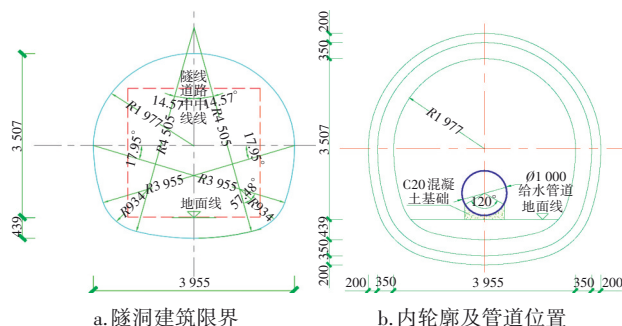


图 10 输水隧洞设计

Fig.10 Design of water conveyance tunnel

隧洞内风机、应急照明按一级负荷设计,基本照明等按二级负荷设计;采用机械通风设计,换气次数为 2 次/h,纵向每隔 120 m 在隧洞顶部设置 1 台隧道射流风机;同时考虑布设消防管道。

4.2 水厂主要工艺设计

4.2.1 混合絮凝沉淀池及清水池

混合、絮凝池与沉淀池合建,平流沉淀池下部设置清水池。共设 2 座,分二期实施,单座设计流量为 $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。单座设计如下:①机械搅拌混合池分 2 格,混合时间为 40 s,单格平面尺寸为 2.0 m×1.8 m,有效水深为 3.7 m。②折板絮凝池置于沉淀池前端,与混合池合建,池长 20.18 m,宽 24.4 m(含隔墙);折板采用异波不锈钢,布置成单通道 16 组并联,每组宽度 1.2 m,在每组折板通道前加设插板,在进水量达不到设计能力时,可以根据运行水量关闭一组或多组折板通道,来保证反应区流速和絮凝效果;反应时间为 17.2 min,平均有效水深为 3.5 m;絮凝分 3 段,平均速度梯度 $G=50.3 \text{ s}^{-1}$,总 GT 值为 4.34×10^4 。③平流沉淀池分独立 2 组,进水端设置推流段及入流段均匀配水,流速为 75 m/h,每组池出水端设 7 座指形不锈钢出水槽,淹没式孔口出流,长度 21 m;为减少风力的影响,避免水流紊动,提高沉淀效果,每组沉淀池各设 2 道隔墙,将沉淀池分成 3 个廊道;平流段沉淀时间为 2 h,水平流速为 18 mm/s,有效水深为 3 m,每组沉淀池平面尺寸为 128 m×11.4 m(含隔墙),出水堰溢流率为 $250 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{d})$ 。④每座沉淀池下部的清水池有效容积为 $16\,000 \text{ m}^3$,

占制水量的16%;有效水深为4.5 m,超高为0.4 m,池体内设有导流墙,以防止进水与出水之间的短路发生。

4.2.2 均质滤料滤池

设滤池2座,对称布置,一期实施1座滤池及中间管廊,单座滤池平面尺寸为51.9 m×18.55 m,共设6组过滤单元,单排布置,每组滤池尺寸为14.0 m×7.0 m,过滤面积为98 m²,后优化调整为112 m²。为保证滤池处于恒水位变速过滤状态,DN500出水阀门采用调节阀,其开启度由滤池水位控制器完成;设计滤速为7.6 m/h,气冲强度为15 L/(m²·s),气水同时冲洗时水冲强度为3.0 L/(m²·s),水单独冲洗强度为5.0 L/(m²·s)。冲洗历时:气冲2 min,气水同时冲洗4 min,单独水冲6 min,总历时12 min,正常过滤反冲洗周期24 h,在反冲洗全过程辅以表面扫洗,表面扫洗强度为2.22 L/(m²·s)。滤层采用均匀级配粗砂滤料石英砂,粒径为0.9 mm,不均匀系数 $K_{80} \leq 1.4$,厚度为1.2 m,上部水深为1.2 m;承托层砾石粒径为4~6 mm,厚度为0.05 m;滤池采用长柄滤头配水系统。

4.2.3 综合加氯加药间

为适应原水水质情况,加药间内存有PAC、高锰酸钾、氢氧化钠等多种药剂。①混凝剂采用成品液态PAC,湿式投加于混合井内,设计最大投加量为30 mg/L,平均投加量为20 mg/L,药剂配制浓度为10%,投加浓度为5%。②设高锰酸钾制备和投加系统,用作预氧化剂和助凝剂,最大投加量为1.0 mg/L,平均投加量为0.4 mg/L,投加浓度为2.5%。③因投加药剂会使pH降低,造成出厂水水质偏酸性,故设置NaOH投加系统,对出厂水进行调质;加碱点设在清水池出水管上,液体NaOH投加量为0.1 mg/L,投加浓度为4.0%。④加氯间设滤后加氯及出水补氯加氯系统,滤后加氯最大投氯量为1.5 mg/L,平均投氯量为1.0 mg/L,投氯点在清水池进水总管,共2个投加点;出水补氯最大投氯量为1.0 mg/L,平均投氯量为0.5 mg/L,投氯点在清水池出水总管上,共2个投加点;采用食盐电解制备次氯酸钠作为消毒剂代替传统的液氯消毒,避免了液氯运输和储藏带来的安全问题。

4.3 水厂风貌塑造

建(构)筑物造型注重形体和高差的穿插搭配,外墙采用砖红色陶土挂板,配以少量浅米黄色,屋

面采用小坡度斜屋面,并采用浅灰蓝色瓦装饰,使得建筑立面更加鲜活。厂区大量栽植绿化,构建绿色环绕的景观效果,如图11所示。整个厂区风貌与迁建的藤桥战斗纪念碑、周围山体及城市建筑景观相互协调,相得益彰。



a. 建筑与景观风格

b. 厂区绿化

图11 厂区景观塑造实景

Fig.11 Realistic view of landscape shaping in the water treatment plant

4.4 进厂道路设计

设计几字形上山道路,承担办公、运输、巡视及参观通道等功能,连接渔藤公路和山顶净水厂,道路总长970 m、宽6 m,采用四级公路设计等级,设计速度为20 km/h。全线设圆曲线9处,最大半径303 m,最小半径15 m;最大纵坡7.5%,最小纵坡0.3%;最大坡长270 m,最小坡长49.079 m。全线设3处凹曲线,最大半径4 500 m,最小半径2 500 m;设一处凸曲线,半径1 800 m。桥梁上部结构跨度为(20+2×20.775+20) m+(18.45+2×20) m+25 m,桩基采用双排和单排桩两种,并在山体及跨河过渡段设置混凝土结构挡土墙。

5 动态设计及优化

5.1 总平面优化

优化后总平面布置见图12。



图12 优化后水厂总平面图

Fig.12 Optimized general layout of water treatment plant

① 水厂功能分区不变,对辅助生产区、污泥

生产区位置进行对调。

② 将混合絮凝沉淀池及清水池、滤池在水处理区内的位置,进行东西方向对调。

③ 将辅助生产区内加氯加药间进行东西方向镜像。

④ 将污泥处理区浓缩池调整为预留构筑物。

5.2 单体构(建)筑物优化

① 将沉淀池排泥设备由泵吸虹吸排泥机改为底部刮泥机,具有排泥浓度高、排泥体积小、隐蔽安装、池体美观等特点。

② 为提高水质保证率,适当降低滤速,增大滤池面积,将单格滤池面积由原设计的 98 m^2 调整为 112 m^2 。

③ 增大加氯加药间储盐区面积,调整部分所加药品,建筑面积由 $1\,170 \text{ m}^2$ 调整为 $1\,259.36 \text{ m}^2$ 。

④ 泽雅水库正常蓄水位高,为保证原水管线系统压力稳定,同时为稳定和调节整个重力配水管网压力,在水厂进、出水管线设置调流调压阀室,增设 2 台调流调压阀及相应手动阀门。

5.3 围墙边线优化

山体西偏南及西偏北方向有两处较深的凹陷,为规避回填带来的边坡稳定性问题,采取回缩围墙线的措施,降低了造价;同时考虑安全性,采用了封闭式围墙,并适当增加围墙基础及挡土墙的设置,保证了围墙稳定。

6 运行效果

温州市石鼓山水厂于 2020 年 6 月 28 日竣工通水,已稳定运行 2.5 年。出厂水水质在符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)基础之上,达到《浙江省城市供水现代化水厂评价标准》(2018 版)要求,出厂水浊度 $\leq 0.1 \text{ NTU}$ 的保证率大于 95%。2022 年第四季度出厂水检测结果如表 1 所示。

表 1 出厂水水质

Tab.1 Quality of treated water

项目	浊度/ NTU	色度/ 度	pH	铁/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	锰/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	耗氧量/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	游离氯/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
数值	≤ 0.1	< 5	7.5	0.026	0.011	0.6	0.67
注: 臭和味检测为无异臭、异味;无肉眼可见物;菌落总数、总大肠菌群、耐热大肠菌群均未检出。							

在水厂运营过程中首次将水下摄像头安装在自来水净化设施池监控矾花,降低水质安全风险,未来将实现矾花预警系统自动化,进一步提升水质

保障能力。同时厂区建有温州最大的厂级化验室,集中承担西部区域水质检测分析任务,每月对供水区不同点位进行至少一次的水质检测,供水水质达标率为 100%,2022 年获评浙江省农村供水规范化水厂。厂区全貌如图 13 所示。



图 13 水厂鸟瞰图

Fig.13 Aerial view of water treatment plant

7 技术经济分析

原水管线总投资为 2 505 万元,纳入藤桥水厂应急供水工程单列;其余工程总投资为 2.93 亿元,工程费用约 2.1 亿元,其中净水厂工程费用为 1.47 亿元,厂外配套工程费用为 2 783 万元,联网配水管道工程费用为 3 263 万元。单位投资指标为 2 929 元/ m^3 ;年平均总成本为 4 449 万元,其中固定成本为 1 322 万元/a,可变成本为 3 127 万元/a;年平均经营成本为 2 534 万元,单位水量总成本为 0.81 元/ m^3 ,单位水量经营成本为 0.46 元/ m^3 ,最低预期水价为 1.86 元/ m^3 ,影子价格可按 3 元/ m^3 控制。

8 结语

该工程的建成解决了温州市西部地区 5 个乡镇、街道及工业园区的用水问题,实现了城乡供水一体化,惠及人口约 35 万人。该水厂按浙江省现代化水厂评价标准设计,实现了出水水质优良的目标,对促进该地区人民安居和经济社会持续健康发展具有重要意义。水厂选址及高程设置同时符合重力取水及重力配水的高程要求,从而节省了取水泵房及出水泵房的土建及设备投资、输配水运行电耗,节约了水厂运行成本,对水厂建设运行具有长远的经济意义。

参考文献:

- [1] 贾淑贞. 温州市林里片区山坡地城镇建设开发研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2012.

- JIA Shuzhen. Research on Developing Hillside Land to Urban Construction in Wenzhou Mountain Zone [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2012 (in Chinese).
- [2] 段秀举. 基于生态理念的山地城市水资源规划研究——以重庆市水资源规划为例 [D]. 重庆: 重庆大学, 2015.
- DUAN Xiuju. Research on Water Resources Planning of Mountainous City Based on Ecological Conception—Case Study of Chongqing [D]. Chongqing: Chongqing University, 2015 (in Chinese).
- [3] 刘臣, 司徒菲, 樊雪红, 等. 鄂西南某大型山地水厂设计案例 [J]. 给水排水, 2022, 48 (S1): 130–134.
- LIU Chen, SI Tufei, FAN Xuehong, *et al.* Design of a mountainous water treatment plant in Southwest Hubei [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48 (S1): 130–134 (in Chinese).
- [4] 李丽, 张先斌, 金政华, 等. 洱源县二水厂长距离重力流输水管线工程设计 [J]. 中国给水排水, 2018, 34 (24): 51–55.
- LI Li, ZHANG Xianbin, JIN Zhenghua, *et al.* Design of long distance gravity flow pipeline for Eryuan County Second Waterworks [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (24): 51–55 (in Chinese).
- [5] 王俊, 马平安, 崔红军, 等. 西安市某引水工程长距离重力输水管道设计 [J]. 中国给水排水, 2021, 37 (22): 84–88.
- WANG Jun, MA Ping'an, CUI Hongjun, *et al.* Design of long-distance gravity conveyance pipeline for a water diversion project in Xi'an [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37 (22): 84–88 (in Chinese).
- [6] 韩红波, 罗惠云. 斜坡式高程布置在山区水厂设计中的应用 [J]. 中国给水排水, 2019, 35 (6): 50–52, 57.
- HAN Hongbo, LUO Huiyun. Application of sloping elevation layout in mountainous waterworks design [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (6): 50–52, 57 (in Chinese).
- [7] 方振炜. 重力供水系统在非洲城市供水工程设计中的应用 [J]. 给水排水, 2020, 46 (8): 15–18.
- FANG Zhenwei. Typical application of gravity flow system in Africa urban water supply design [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46 (8): 15–18 (in Chinese).
- [8] 唐明启, 孙智莉, 蔡晓武. 藤桥水厂改扩建工程一体化净水池设计 [J]. 中国给水排水, 2015, 31 (14): 87–89.
- TANG Mingqi, SUN Zhili, CAI Xiaowu. Design of integrated water purification tank in Tengqiao Waterworks [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31 (14): 87–89 (in Chinese).
- [9] 李久安, 甄帅, 陈明翰, 等. 给水处理构筑物叠合式布置工艺设计 [J]. 中国给水排水, 2022, 38 (14): 60–63.
- LI Jiu'an, ZHEN Shuai, CHEN Minghan, *et al.* Superimposed layout process design of water treatment structures [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38 (14): 60–63 (in Chinese).

作者简介: 张星(1990–), 男, 山东济宁人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为市政工程技术。

E-mail: 807592975@qq.com

收稿日期: 2023-01-17

修回日期: 2023-02-13

(编辑: 沈靖怡)

治理水土流失 建设美丽中国