

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.11.006

LC 型不锈钢设备化水厂的保旧建新工程化应用

吴津东¹, 陈 国¹, 金永华¹, 宋丘吉², 关康翔², 王志彬³, 池万清³

(1. 浙江大学 建筑工程学院, 浙江 杭州 310058; 2. 杭州余杭水务集团有限公司, 浙江 杭州 311100; 3. 浙江联池水务设备股份有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘 要: 杭州洋桥水厂为解决供需矛盾,并保护原有水厂的历史文化,采用了新建 LC 型不锈钢设备化水厂方案。详细介绍了 LC 型不锈钢设备化水厂在杭州余杭洋桥水厂应急技改中的工程化应用,验证分析该新型设备化水厂相较于传统水厂的优点,及其在原水利用率、水处理效果、反冲洗能耗、节省投资、节约用地、保旧建新及运行成本等方面的性能。该设备化水厂设计规模为 8 000 m³/d(最大产水能力可达 10 000 m³/d),建设周期仅为 31 d,稳定运行后的出水浊度基本在 0.2 NTU 以下,制水成本约为 0.36 元/m³,有效地解决了洋桥水厂保旧建新的供水能力提升问题。

关键词: LC 型不锈钢设备化水厂; 工程化应用; 保旧建新改造

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)11-0036-05

Application of LC-type Stainless Steel Waterworks in a Hangzhou Old Waterworks for Preservation and Technical Reconstruction

WU Jin-dong¹, CHEN Guo¹, JIN Yong-hua¹, SONG Qiu-ji², GUAN Kang-xiang²,
WANG Zhi-bin³, CHI Wan-qing³

(1. School of Civil Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Hangzhou Yuhang Water Group Co. Ltd., Hangzhou 311100, China; 3. Zhejiang Lianchi Water Equipment Co. Ltd., Hangzhou 311121, China)

Abstract: In order to solve the shortage of water supply and protect the historical culture of the original waterworks, a new LC-type stainless steel integrated waterworks was adopted in the emergency technical transformation of Yangqiao Waterworks. The application of the integrated waterworks was introduced in detail, and its advantages compared with the traditional waterworks were analyzed, which included raw water utilization, water treatment effect, backwash energy consumption, investment, preservation and new construction, and operating costs. The design scale of this waterworks was 8 000 m³/d (the maximum water production capacity could reach 10 000 m³/d), and the construction period was only 31 days. After stable operation, the turbidity of the effluent was basically below 0.2 NTU, and water production cost was about 0.36 yuan/m³, which effectively improved the water supply capacity of Yangqiao Waterworks.

Key words: LC-type stainless steel waterworks; engineering application; waterworks preservation and technical reconstruction

杭州洋桥水厂始建于 20 世纪 70 年代初,距今已有近 50 年历史。随着经济社会快速发展和人们生活质量的提高,城市供水需求矛盾突出,急需新建

或改建水厂。然而新建水处理设施存在用地申报手续繁琐、造价高、建设周期长等一系列问题^[1-3],因此,如何快速、有效、科学地解决供水增长的需求问

题,同时保护好原有水厂的历史文化,并提高土地利用率,是洋桥水厂急需解决的问题。

国家“十三五”水专项课题成果和相关政策的出台,给老旧水厂的改造提升提供了新思路。其中,LC型不锈钢设备化水厂集加药混合、反应、沉淀、过滤、消毒于一体,通过优化设计实现了高度集成化、现代化、设备化、自动化、智能化,具有占地小、建设周期短、对原水水质适应性强、运维管理简单、出水水质优等特点,这为解决应急供水改造问题提供了新的方法。

因此,对洋桥水厂实行保旧建新的方案策略,在原废弃水厂旧址仅有 140 m^2 的空地上,新建产水规模为 $8\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 的LC型不锈钢设备化水厂,总施工周期为31 d,实现了既提升供水能力,又节约用地和保护老水厂建筑历史文化的目标。

1 LC型不锈钢设备化水厂工艺流程与功能

该设备化水厂设计规模为 $8\,000\text{ m}^3/\text{d}$ (最大产水能力可达 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$),能适应江、河、湖泊、水库、溪流等水源水质。洋桥水厂原水取自南苕溪江,工艺流程如图1所示。

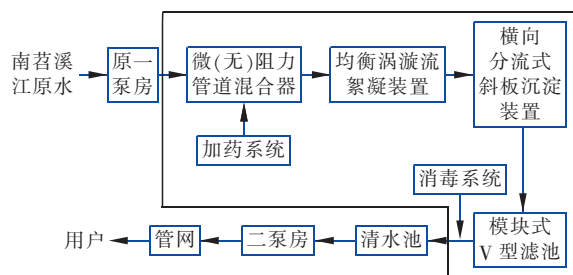


图1 洋桥LC型设备化水厂工艺流程

Fig.1 Flow chart of Yangqiao Waterworks using LC-type equipment

1.1 混合技术创新

加药混合采用微(无)阻力管道混合器,取消了传统混合器翼片,采用双层管腔螺旋形混合,消除了管腔水阻,大大减少水头损失;采用多层多点均布喷射雾式加药,保障药剂与原水充分均匀混合,节能降耗且水量增加效果明显。

1.2 反应技术创新

反应区采用涡漩流反应器技术,反应时间为18 min,可在反应区形成众多涡漩,使絮体快速形成重实均匀的颗粒,絮凝效果明显优于传统网格和折板等反应装置,为高效沉淀创造了良好的条件。

1.3 沉淀技术创新

沉淀区采用横向分流式斜板、短距离沉淀技术,取消传统沉淀池的集水槽和清水区,水流的横向流态与沉淀下滑方向垂直,颗粒泥与水层的相互干扰极小,沉淀区与滑泥区各司其职,泥水分流,使水流水路、泥滑泥路;通过设置的多层翼板对水流进行分层流,使斜板沉距短,效率高,其沉淀效率是传统普通斜板的2倍以上,且出水水质优良稳定。横向分流式斜板规格为 $3\,500\text{ mm}\times 9\,500\text{ mm}\times 2\,500\text{ mm}$ 。

1.4 过滤技术创新

过滤区采用模块化V型滤池,滤料为天然均质滤料,滤层厚、滤床深、截污量大、运行稳定、滤速高、周期长、水质好;滤池配水配气系统采用高精度不锈钢滤板,尺寸精准、质量轻、模块化安装便捷;滤池具有气水反冲洗和表面扫洗功能,冲洗效果好,以气代水节约大量反冲洗自耗水。在该项目中,滤料厚度为1200 mm,滤速 $>7\text{ m/h}$;采用气水反冲洗方式,周期为48 h。

该设备化水厂为国家“十三五”水专项课题成果之一,自2019年5月27日开始施工至6月28日通水并投入运行以来,有效地解决了周边区域生产生活的水压不足和缺水问题,受益人口约5万人,为老余杭镇及周边区域的应急供水和经济社会发展提供了有力支撑。

2 设备化水厂与传统水厂的比较

传统自来水厂设施形式多样,大部分采用分池建设,如混合、反应、沉淀、过滤等各单元分开建设的方式,这造成水厂构筑物各单元分散且占地面积过大,管线布设错乱复杂、阀门过多控制困难、难以实现高度自动化、操作人员劳动强度大及管理难度大等问题,进而导致投资大、占地多、成本高、建设周期长、配置人员多等现状问题。

相较于传统水厂的“庞大笨拙”、运维管理难的现状,LC型不锈钢设备化水厂采用模块化设计、工厂化生产、单元化拼装,实现了高度集成化和可程序控制,达到高度自动化和现代化,在诸多科技创新技术集成和完整的工艺设计下,自动化控制渗透于其加药、混合、消毒、反应、沉淀、反冲洗和排泥等全流程,运行稳定且性能优越。

3 原传统工艺及改造

杭州余杭原洋桥水厂为土建构筑物,规模为 $5\,000\text{ m}^3/\text{d}$,原水取自南苕溪江,工艺流程见图2。

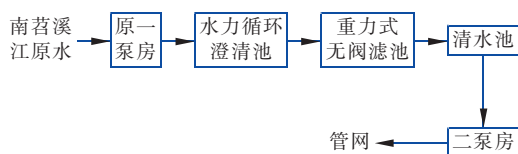


图2 洋桥水厂原钢筋混凝土构筑物工艺流程

Fig.2 Flow chart of the original reinforced concrete structure of Yangqiao Waterworks

由于工艺落后,净水性能差,出水水质不达标,已停产废弃 20 多年。随着杭州经济社会快速发展,城西供水需求矛盾突出,为应急缓解城西未来科技城人民群众生产、生活饮用水紧张的难题,急需新增 5 000 m³/d 以上供水量。经过现场勘查,洋桥老水厂总面积为 1 380 m²,但现有可利用场地仅为 140 m²,同时还需满足保护老水厂作为历史古迹建筑文化的需要,若再采用传统土建水厂很难实施。为尽快满足建厂新增供水量需求,余杭水务集团经过现场调研勘察和多种方案比较后,决定实行保旧建新的建设方案,即:老工艺修旧如旧,作为水工业建设发展的历史古迹文化,原地原貌保留保护,作为我国水工业发展史供水界人士参观以及从业人员的专业教育培训基地;而对平整后腾出来的 140 m² 场地,采用 LC 型不锈钢设备化水厂,达到设计日产水量为 8 000 m³/d(最大为 10 000 m³/d)的能力,出水浊度 <0.2 NTU,服务人口 4~5 万人。这样,既可达到保旧老水厂,又可实现新建不锈钢设备化水厂供水,来解决城西未来科技城区域的供水需求紧张和制约经济社会发展问题。

3.1 保旧老水厂措施

原老旧水厂因废弃 20 多年,垃圾堆积如山,脏乱不堪;经一周清运整洁,才得以基本恢复昔日老水厂旧貌;然后,依据对古迹建筑的老水厂保护和修旧如旧的原则,将水力循环澄清池、重力式无阀滤池所配置的重力式反冲洗虹吸管、悬梯等进行完整性维修,在保留该传统水厂用作排泥水处理静置回用的同时,确保突出水厂古建筑文物的文化底蕴。

3.2 厂区内外墙重修处理

对旧有厂区围墙进行普遍处理和修旧如旧处理,在全面勘察基础上,将因年久失修又残缺的厂区围墙拆除重砌,对粉护层剥落裸露的部分铲除保护层后再重新粉刷墙体保护层,并对围墙做下阔脚线、上压顶处理。对处理后围墙的外立面适当位置做富

有艺术性的水文化宣传墙面,以充分体现浓厚的供水服务文化氛围。

靠西险大堤一侧的围墙墙面进行相应处理,铲除老化粉刷层并重新粉刷后,在围墙外边栽种木本花盆(花木根入土以增强成活率和免浇水养护)。围墙整体风格:以白色为主,压顶阔脚,青砖黛瓦,使水厂古建筑文化与现代设备化水厂及整个厂区高度融合,并与相邻的千年古迹通济大桥遥相呼应,使得洋桥水厂成为余杭苕溪江畔的一道靓丽风景线。

3.3 厂区给水排水重新设计

由于洋桥老水厂年久失修,厂区给排水功能几乎瘫痪失效,本次改扩建对整个厂区内外的给排水沟渠进行重新测绘设计和科学布局、疏浚整修,以确保畅通,并实行雨污分流、疏积水保畅通处理。

3.4 厂区环境绿化、灯光与景观美化

保留原有大型花木,并对清水池顶部及厂区环境进行专门设计。采用四季常宜花草;其他空间绿化美化则采用宜树则树、宜竹则竹、宜草则草、宜花则花原则,科学布置,使厂区绿化美化环境宜人,充分发挥生态效应作用。同时,厂区照明灯饰、灯柱讲究时代艺术并合理布置,做好金属材质防腐和灯线电缆埋地保护。清水池顶部景观美化见图 3。



图3 洋桥水厂清水池顶部景观美化

Fig.3 Landscape beautification on the top of the clean pool of Yangqiao Waterworks

3.5 厂区路面硬化和地面美化

按洋桥老旧水厂的特殊性要求,结合厂区整体性场地规划,先测定出科学的地形标高,再进行“五通一平”的设计,布局好硬化区域;凡路面都做出弓形适度的坡面设计以利于泄水;有些绿化区域及硬化区域,根据现场实际采用石艺或砖艺硬化,以使厂区整体环境与绿化美化高度协调及给水排水畅顺,生态环境优美得体。

3.6 老旧水厂保旧建新典范价值

洋桥水厂的保旧建新技术改造,为古今水工业发展的历史沿革探索、老水厂传统工艺的改造和新水厂设备化发展的技术创新提供了成功案例,形成了老、新水厂鲜明的对比(见图4),对未来传统水厂技术改造、城乡供水设施更新换代、未来水厂建设理念更新等都将起到典范参考作用。同时,也为今后业界学术交流,如员工水务历史文化教育、操作人员实践培训、水工业界行业展示等提供了全新的实物场所,对推进我国水工业发展和现代化水厂建设及给排水科学技术进步与发展都具有重要的意义。



图4 洋桥水厂改造前后对比

Fig. 4 Comparison before and after renovation of Yangqiao Waterworks

4 运行性能分析

LC型不锈钢设备化水厂投入运行,服务城西供水两年多来,实际供水量达到了 $140 \times 10^4 \text{ m}^3$,含取水、制水、增压供水等工艺设备在内的总用电量达到 $497\,164 \text{ kW} \cdot \text{h}$,单位电耗为 $0.35 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$,药耗为 $3 \sim 5 \text{ mg/L}$ 。收集分析LC型设备化水厂的相关运行数据,对其运行性能进行评价。

4.1 原水利用率

2020年8月LC型不锈钢设备化水厂总进水量为 $32\,948 \text{ m}^3$,出水量为 $32\,006 \text{ m}^3$,原水利用率为 97.1% 。在此期间,由于原水浊度较高,设备间歇运行后需要调整原有的排泥及反冲洗周期,故原水利

用率相对略低。在11月装置仅运行半个月,每日根据需求间歇增压运行,总进水量为 $56\,274 \text{ m}^3$,出水量为 $55\,320 \text{ m}^3$,原水利用率为 98.3% ;在12月装置总进水量为 $157\,891 \text{ m}^3$,出水量为 $154\,971 \text{ m}^3$,原水利用率约为 98.1% 。

4.2 水处理效果

2020年5月—8月,洋桥水厂在高峰供水期间的出厂水浊度和余氯见图5。LC型不锈钢设备化水厂出水浊度基本保持在 0.2 NTU 以下,最高为 0.31 NTU (仅1次),出水余氯符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)要求。

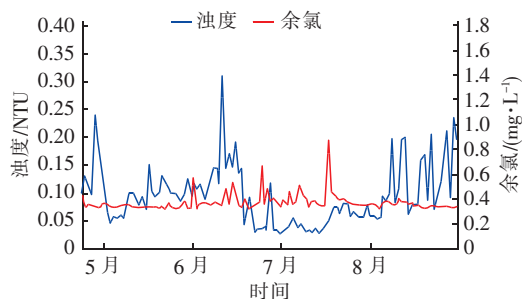


图5 洋桥水厂2020年5月—8月出厂水水质

Fig. 5 Water quality of Yangqiao Waterworks from May to August 2020

4.3 反冲洗能耗

LC型不锈钢设备化水厂的反冲洗水泵采用潜水泵,流量为 $480 \text{ m}^3/\text{h}$,功率为 30 kW ;反冲洗风机使用三叶罗茨鼓风机,流量为 $20.7 \text{ m}^3/\text{min}$,功率为 22 kW 。采用气水联合反冲洗,其中气冲 3 min ,强度为 $15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;气水联冲 2 min ,强度分别为 $15, 3 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;水冲 5 min ,强度为 $6 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;历时共 10 min 。经过数据核算以及水厂实际检测,设备化水厂实际反冲洗电耗为 $4.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$,反冲洗水耗为 $48 \text{ m}^3/\text{次}$ 。

4.4 投资和成本对比

余杭洋桥水厂如采用常规土建结构,设计费需 50 万元、建设费约 800 万元,建设周期在 12 个月以上(按假设现场可用空地可实施情况考虑)。LC型不锈钢设备化水厂以装备代替土建构筑物,减少了设计费用支出,建设费用仅为 650 万元(仅为钢筋混凝土水厂建设费用的 81%),建设周期仅为 31 d 。因此,相比钢筋混凝土结构水厂,LC型不锈钢设备化水厂在设计及建设周期上有极大的成本优势。对

(下转第51页)