

工程实例

集成式一体化净水装置用于自来水厂扩能改造

廉远新¹, 池万清²

(1. 杭州临安自来水有限公司, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江联池水务设备股份有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘要: LC型集成式一体化净水装置(处理规模为 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)用于高虹水厂扩能改造,装置投入运行后,有效解决了高峰应急供水问题。在厂区用电量只增长9.4%的情况下,供水量同比增长了44.7%,增产水量每千吨水电耗仅为 $9.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$;对比原混凝土水厂设施,反冲洗水耗下降了86%、电耗下降了60.7%;制水成本平均值(含原水费)为 $0.38 \text{ 元}/\text{m}^3$,低于原土建净水工程的成本($0.408 \text{ 元}/\text{m}^3$)。

关键词: 一体化净水装置; 扩能改造; 应急供水

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)06-0076-04

Expansion and Reconstruction of Waterworks Using LC-type Integrated Water Purification Plant

LIAN Yuan-xin¹, CHI Wan-qing²

(1. Hangzhou Lin'an Water Co. Ltd., Hangzhou 311300, China; 2. Zhejiang Lianchi Water Equipment Stock Co. Ltd., Hangzhou 311121, China)

Abstract: The LC-type integrated water purification plant with the capacity of $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ was applied in the expansion and reconstruction of Gaohong Waterworks. After the device was put into operation, the water supply increased by 44.7% year-on-year while the power consumption of the plant increased by only 9.4%. The electricity consumption per kiloton of increased water was only $9.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$. Compared with the original concrete waterworks facilities, the backwash water consumption decreased by 86% and the power consumption decreased by 60.7%. The average production cost including raw water fee was $0.38 \text{ yuan}/\text{m}^3$, which was less than $0.408 \text{ yuan}/\text{m}^3$ of the original waterworks.

Key words: integrated water purification plant; expansion and reconstruction; emergency water supply

临安自来水公司下辖5座制水厂,设计供水能力约 $21.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其中,高虹水厂设计供水能力为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,除服务高虹街道外,还负责提供余杭区部分区域居民的生活和生产等用水。近年来,为保障安全供水、优质供水,解决夏季高峰的供需矛盾问题已经成为供水企业内部亟需探究的一个

重大课题。

1 LC型集成式一体化净水装置

1.1 工艺流程

目前,我国城乡传统的供水工程项目建设形式多样,如:以混凝土为主体配以钢构件或不锈钢件构筑,简单的钢结构设备或过滤罐等。在常规传统自

来水厂,由于混合、反应、沉淀、过滤单元分开建设,导致占地面积大、管路连接复杂、阀门多、自动化控制水平低等诸多问题。LC型集成式一体化净水装置将混合、反应、沉淀、过滤等集为一体(见图1),其加药、混合、消毒、反应、沉淀、反冲洗和排泥等可全部实现自动化控制运行。

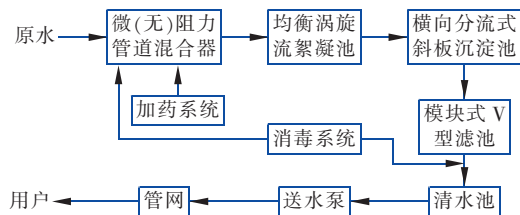


图1 LC型集成式一体化净水工艺流程

Fig.1 Flow chart of LC-type integrated water purification system

水库原水重力自流入入水厂内,经加药(投加絮凝剂)、微(无)阻力管道混合器充分混合后,进入LC型集成式一体化净水装置的不锈钢缩放式均衡涡旋流反应器,反应形成密实矾花颗粒进入稳定区和横向分流式斜板沉淀池;经斜板浅层沉淀的功能区,水流沿斜板水平流汇集至集水区,集积下来的矾花颗粒(泥)在重力作用下滑入下部的排泥室,浓缩后自行排走;澄清水则通过集水稳定区后进入滤池内,自上而下通过模块化V型滤池的滤层过滤,滤前水中的微小矾花被滤层拦截、过滤;滤后水通过滤头汇集至不锈钢滤板下部的清水区,通过配水孔进入配气配水渠,各项指标优于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006);滤后水由配气配水渠进入出水管,在清水总管再加消毒剂后重力自流进入清水池接触消毒,再经送水泵加压进入配水管网。

1.2 工艺特点

LC型集成式一体化净水系统采用PLC控制,设手动和自动转换,可以实现全自动及手动运行;反应、沉淀采用自动排泥;滤池采用超声波液位控制,恒水位过滤及自动控制水泵和风机反冲。进水阀与加矾系统、加氯系统联动控制,通过清水池液位高低控制运行,当清水池进水液位达到溢水位时,系统自动停止运行。加药和消毒自控系统根据流量和浊度完成自动控制步骤。

2 工程实施

临安自来水公司高虹水厂原土建水处理构筑物设计规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用斜管沉淀+普通快滤

池(气水冲洗)工艺。现因供水服务区域增加,供水规模急需新增 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经现场勘测,水厂现有可利用场地(长×宽)仅为 $30 \text{ m} \times 24 \text{ m}$,若采用传统土建设施则很难实施。

为满足水厂新增水量的需求,经过深入调研和分析比较后,高虹水厂应急供水工程采用了LC-440型集成式一体化净水装置,设计产水量为 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该净水装置材质为优质不锈钢,现场设置PLC控制子站,数据通过厂区内的光纤环网上传至中央控制室,实现投加药、进出水、反冲洗、次氯酸钠消毒以及排泥、恒水位过滤的自动化运行。

土建基础(一体化净水装置基础、流量计安置井、管道混合器安置井、排泥渠等)及配套系统(加药、消毒、反冲洗及其管道系统)自2018年4月26日开始设计、施工,至6月13日完工,共48d;而LC型集成式一体化净水装置的制作安装时间为2018年5月15日—6月10日,仅25d即可投入运行。

加药混合采用微(无)阻力管道混合器技术,内外腔双层双向、多层多点均布,喷射雾式加药,促使药剂均匀湍散,混合效果显著^[1]。混合器井(整体为不锈钢)安置区位于地面以下,如图2所示。



图2 微(无)阻力管道混合器

Fig.2 Micro-resistance pipeline mixer

一体化净水装置如图3所示。



图3 LC型集成式一体化净水装置主体实景

Fig.3 LC-type integrated water purification system

净水设备外形尺寸为 15.6 m × 11.3 m × 4.0 m, 共占地 176 m², 分 2 组, 每组处理能力为 5 000 m³/d, 设定每 48 h 反冲洗一次, 反冲总耗时 10 min。

反应采用缩放式反应絮凝技术, 大幅增加湍流微涡旋的比例, 从而提高颗粒碰撞几率, 有效增强絮凝效果, 快速且高质量地形成密实均匀颗粒, 为进行高效沉淀创造良好的条件。

沉淀固液分离以浅层沉淀理论为研制基础, 采用横向分流式斜板沉淀技术, 改变传统斜管、斜板的异向流为斜板的分层横向流, 取消了沉淀池的清水区及全部集水槽, 使泥、水各行其道, 解决了长期以来斜管、斜板沉淀工艺的颗粒下沉与清水上升逆向顶撞颗粒的矛盾, 大大缩短了颗粒沉淀时间和距离, 保障了高效沉淀和出水水质, 沉淀池出水浊度 ≤ 1 NTU^[2]。

过滤采用组装式 V 型滤池和高精度不锈钢滤头滤板, 模块化组装, 配气配水均匀, 截污能力大, 过滤周期长, 出水水质好 (浊度 ≤ 0.1 NTU); 采用气水反冲洗技术, 具有滤料洗净度高、过滤周期长、以气代水、节省冲洗水量、耗能少等优势。

3 一体化净水系统运行效果

引进 LC 型集成式一体化净水装置后, 水厂电耗变化见表 1。

表 1 2017 年和 2018 年 7 月—11 月厂区每月用电量对比

Tab. 1 Comparison of monthly electricity consumption between 2017 and 2018 kW · h

时间	2017 年	2018 年
7 月	24 498.6	23 436.4
8 月	23 071.8	24 186.6
9 月	18 870.0	23 331.2
10 月	17 947.8	20 276.8
11 月	17 601.6	20 349.0
合计	101 989.8	111 580.0

2017 年 7 月—11 月水厂进水量为 2 703 389 m³, 供水量为 2 453 446 m³, 而 2018 年同期进水、供

水量分别为 3 735 399、3 550 218 m³。可知在厂区用电量只增长 9.4% 的情况下, 供水量与 2017 年同期相比增长了 44.7%, 增加的电耗仅为 9.2 kW · h/10³ m³。

3.1 原水利用率

2018 年 11 月 LC 型集成式一体化净水系统进、出水量如表 2 所示。

表 2 LC 型集成式一体化净水装置进、出水量

Tab. 2 Influent and effluent quantity of LC-type integrated water purification equipment m³

日期	进水量	出水量	日期	进水量	出水量
1 日	8 488	8 100	16 日	7 920	7 520
2 日	8 710	8 360	17 日	8 266	8 128
3 日	8 490	8 328	18 日	8 108	7 958
4 日	8 848	8 682	19 日	8 022	7 896
5 日	8 174	7 918	20 日	7 876	7 738
6 日	8 756	8 508	21 日	8 370	8 234
7 日	8 340	8 196	22 日	8 360	8 190
8 日	8 094	7 932	23 日	7 636	7 490
9 日	8 568	8 414	24 日	8 168	8 042
10 日	8 448	8 294	25 日	7 858	7 704
11 日	8 346	8 206	26 日	8 062	7 922
12 日	8 606	8 406	27 日	7 792	7 562
13 日	8 346	8 206	28 日	7 860	7 724
14 日	8 026	7 892	29 日	8 014	7 876
15 日	8 546	8 152	30 日	8 662	8 566

11 月总进水量为 247 760 m³, 出水量为 242 144 m³, 反冲洗水量为 56 m³/d, 因此原水利用率约为 97%。需要指出的是, 11 月冲洗反应沉淀池 2 次, 正常情况下冲洗频率为 1 次/月, 故原水利用率应该在 98% 左右。

3.2 处理效果

2018 年 7 月—11 月的进水量分别为 244 900、253 735、274 125、273 745、247 760 m³/月, 对浊度的去除效果见表 3。传统工艺出水浊度无法达到 0.1 NTU 以下, 而 LC 型集成式一体化净水装置的处理效果明显优于传统工艺。

表 3 2018 年 7 月—11 月厂区不同工艺出水浊度对比

Tab. 3 Comparison of effluent turbidity of different process from July to November 2018

NTU

项目	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
原水	2.9 ~ 39.8 (3.8)	1.8 ~ 16.3 (5.6)	1.1 ~ 8.5 (1.7)	1.3 ~ 2.4 (1.9)	1.9 ~ 3.4 (2.4)
传统出水	0.19 ~ 0.38 (0.25)	0.16 ~ 0.33 (0.22)	0.12 ~ 0.31 (0.18)	0.11 ~ 0.21 (0.20)	0.12 ~ 0.23 (0.19)
LC 出水	0.06 ~ 0.24 (0.09)	0.06 ~ 0.18 (0.08)	0.04 ~ 0.15 (0.08)	0.05 ~ 0.11 (0.07)	0.06 ~ 0.12 (0.08)

注: 括号里为平均浊度。

3.3 反冲洗能耗对比

一体化装置的反冲洗水泵使用单级双吸离心泵,功率为55 kW,流量为1 200 m³/h;风机使用三叶罗茨鼓风机,功率为45 kW,流量为36.05 m³/min。自动反冲洗设定时间:气冲3 min,气水联冲2 min,水冲5 min,共10 min。反冲水泵设定频率为40%,风机设定频率为30%;滤池反冲洗水量为56 m³。而原有滤池的反冲洗持续时间为25 min,反冲洗泵全开,耗水量为400 m³。经创造条件,多次监测对比反冲洗期间电耗情况,原混凝土滤池的实际电耗约为25.83 kW·h,而模块化V型滤池的实际电耗约为10.15 kW·h。可知,LC型集成式一体化净水装置水耗下降86%,电耗下降60.7%。

3.4 投资及成本对比

高虹水厂实际投资建设情况表明,常规土建结构水厂需设计费55万元、建设费用700万元,建设周期12个月;LC型集成式一体化净水装置无设计费,建设费用430万元,建设周期仅2个月。相比土建结构水厂,LC型集成式一体化净水装置在建设费用及周期上有很大优势,因建设周期差产生的利润达225万元。

根据厂区生产实际情况进行每1 000 m³水成本分析,其中,原水费为0.34元/m³,矾液单价为0.128元/L,次氯酸钠单价为0.605元/L,电价为0.8元/(kW·h)。

2018年9月—11月的生产成本统计见表4。

表4 LC型集成式一体化净水装置月生产成本

Tab.4 Monthly water production cost for LC integrated water purification system 元·m⁻³

项目	原水费	矾耗	氯耗	电耗	生产成本
9月	0.347 4	0.008 3	0.014 4	0.013 1	0.383 2
10月	0.348 5	0.008 3	0.014 7	0.007 0	0.378 5
11月	0.350 2	0.008 5	0.013 6	0.008 9	0.381 2

LC型集成式一体化净水装置自运行以来生产成本的平均值(含原水费)约为0.38元/m³,而原土建净水工程2018年1月—11月生产成本平均为0.408元/m³,即LC型集成式一体化净水装置的制

水成本更低。

4 结语

LC-440型集成式一体化净水装置在高虹水厂应急供水工程6个月的使用实践表明,该装置具有投资省、工期短、见效快、占地少、工艺先进、水质好、性能稳定的优点,出水水质达到了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。该设备有效解决了高虹水厂高峰应急供水紧张问题,既为供水企业增加了经济效益,同时产生了良好的社会效益。

参考文献:

- [1] 陈国庆,池万清. 节能型高效微阻力管道混合器新技术介绍[J]. 城镇供水,2016(1):89-90.
Chen Guoqing, Chi Wanqing. Introduction of new technology for energy-saving high-efficiency micro-resistance pipeline mixer [J]. City and Town Water Supply,2016(1):89-90(in Chinese).
- [2] 李钟珮. 波纹型斜板在水厂沉淀池改造中的应用[J]. 中国给水排水,2009,25(22):81-83.
Li Zhongpei. Application of corrugated lamella in settler of waterworks[J]. China Water & Wastewater,2009,25(22):81-83(in Chinese).



作者简介:廉远新(1968—),男,江苏无锡人,大学学历,工程师,主要研究方向为机械制造工艺及设备。

E-mail:chiwq@zjlianchi.com

收稿日期:2019-01-04