

# 基于一体化净水装置的自来水厂改造扩能案例分析

黄仲均, 刘佳伟

(深圳市水务投资有限公司, 广东 深圳 518031)

**摘要:** 原产水量为  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  的赤岭水厂采用传统絮凝+沉淀+过滤工艺, 现需要将产水量提升至  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。由于厂区面积小、构筑物平面分布不规则, 空地面积有限, 不具备建设常规混凝土工艺处理构筑物的条件, 因此, 水厂改造扩能采用了占地少、系统集中程度高、管理运行方便同时又节约投资成本的一体化净水装置。扩建后出水水质达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。采用一体化净水装置解决了改造扩能与用地紧张的矛盾, 并且具有自动化程度高、建设时间短的优点。

**关键词:** 自来水厂; 改造工程; 一体化净水装置; 自动化控制

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)22-0082-04

## Reconstruction and Expansion Design of Waterworks Based on Integrated Water Purification Device

HUANG Zhong-jun, LIU Jia-wei

(Shenzhen Water Investment Co. Ltd., Shenzhen 518031, China)

**Abstract:** The traditional flocculation/precipitation/filtration process was adopted in the original Chiling waterworks. The treatment capacity has to be increased from the original  $5\,000 \text{ m}^3/\text{d}$  to  $20\,000 \text{ m}^3/\text{d}$  according to the water demand of residents. Due to the limited open space and irregular planar distribution of structures of the original waterworks, it was hard to construct conventional concrete structures. Therefore, an integrated water purification device with less occupation, high system concentration, convenient management and operation, and low investment cost, was adopted in the transformation and expansion project of waterworks. After expansion, the treated water quality met the requirements of the *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006). The integrated water purification device has solved the contradiction of expansion and land use tension, and has the advantages of high automation and short construction time.

**Key words:** waterworks; reconstruction project; integrated water purification device; automated control

### 1 工程概况

赤岭水厂于1983年投产, 水源为赤岭水库。设计处理能力为  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用常规“隔板絮凝池+斜管沉淀池+普通快滤池”处理工艺, 并采用次氯酸钠消毒。水厂一直运行至今, 主要为城区供水, 现出水水质达到《生活饮用水卫生标准》(GB

5749—2006)。

由于供水需求的增加, 需要将赤岭水厂的产水量由原来的  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  增至  $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。现状厂区面积小、构筑物分布不规则, 无较大空地可供使用。此次水厂的改扩能工程是在保留原有  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  处理工艺的同时, 新增一套  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

的处理工艺,并对水厂的加药系统和泵房进行改造。

## 2 工艺方案设计

### 2.1 工艺方案的选择

水厂平面布置见图1。

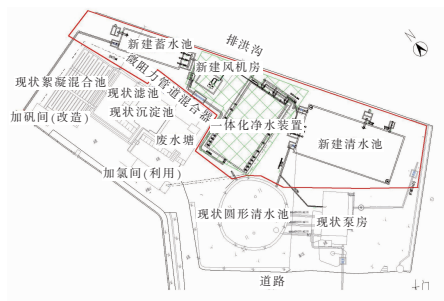


图1 水厂平面布置

Fig.1 Plan layout of waterworks

不同于常规的自来水厂工艺,现有水厂没有原水提升泵站,水库原水采用明渠自流至水厂,并且现有清水池的容积无法满足  $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  水量的调蓄。因此,水厂改扩建工程除新增“絮凝+沉淀+过滤”单元外,还需新建蓄水池和清水池。新建蓄水池与清水池采用全埋式,并且新建清水池与旧的圆形清水池采用 DN500 管道连通,以确保新旧工艺送水的联合调控。

水厂现有工艺构筑物占用约一半的厂区面积且分布不规则,导致仅有位于厂区东南方的一块大空地可供利用;除去蓄水池和清水池占用的厂区用地,可供用于建设“絮凝+沉淀+过滤”单元的只有图1的绿色网格部分,面积约  $500 \text{ m}^2$ 。此外,由于工业园区用水需求紧迫,需要在2个月内实现水厂扩能改造,因此,水厂扩能改造“絮凝+沉淀+过滤”单元采用一体化净水装置。相比于传统的自来水厂处理工艺,一体化净水装置将传统水处理工艺中的反应-沉淀-过滤集于一体,在空间上实现了集约化设计<sup>[1]</sup>,无需建设反应沉淀池、滤池等构筑物,能在很大程度上缩短建设周期<sup>[2~4]</sup>。

### 2.2 工艺流程

赤岭水厂改扩建工艺流程如图2所示。原水通过原水输送渠自流至厂区新建的蓄水池,采用泵一次提升,提升泵出水先加矾经微阻力管道混合器充分混合,然后进入一体化净水装置进行反应、沉淀、过滤处理,出水经加氯消毒,再自流进新建清水池;通过连通新旧清水池,实现新老工艺的联合调控,新老工艺出水经二级泵房加压后进入供水管网

供用户使用。

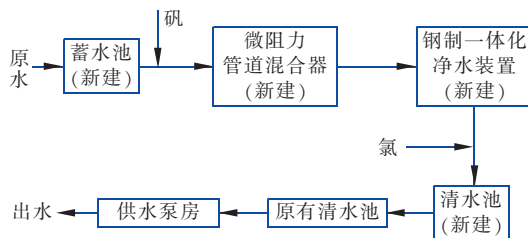


图2 水厂改扩建工艺流程

Fig.2 Flow chart of reconstruction and expansion process of waterworks

### 2.3 一体化净水装置

采用浙江联池设备水务有限公司自主研发的集混凝反应、沉淀、过滤于一体的净水装置(见图3)。设备管理维护简单方便,对各种水质均有很好的适应性。净水装置主要由网格反应区、沉淀区和滤池三部分组成,并配备相应的加药系统、排泥系统、反冲洗系统和自动化控制系统。滤池冲洗采用气水反冲洗,耗能少,冲洗干净,反冲洗周期长且节省冲洗水量。一体化净水装置的自动化程度高,极大降低了操作管理难度<sup>[5]</sup>。



图3 一体化净水装置实体

Fig.3 Integrated water purification device

## 3 工程难点

### ① 厂区建设时间早,图纸资料欠缺

赤岭水厂由于建设时间较早,现在可查找到的资料有限,对于厂区地下管线分布情况不清楚。因此,前期需对厂区地下管线进行探测,还需对改建工程施工区域内的管线和其他构筑物进行迁移,以确保原工艺的正常运行。

### ② 厂区面积小,施工难度大

不同于新建工程,改扩建工程施工局限性大,挖机等机械的施工受已有构筑物影响大,因此需充分考虑现场环境,因地制宜地安排机械进场与施工。同时,在施工过程中要注意对原有工艺的影响,若出现意外情况,需马上进行处理,确保原有工艺的正常运行。

③ 工期时间紧,不能影响原有工艺生产

由于供水需求紧急,水厂改扩建工程需在 2 个月内完成。施工单位对蓄水池、一体化设备以及清水池三点进行同时作业。由于厂区布局紧凑,一体化设备截断了施工机械进入蓄水池施工区的道路,因此需对水厂后方围墙进行拆除,确保机械进入蓄水池施工区作业。此外,为确保原有工艺的正常生产,改扩建过程中涉及原有工艺的施工,都采取提前计划和夜间施工的方式。

## 4 主要设计参数

### 4.1 一体化净水装置

净水能力: $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。Q235 钢制焊接结构,内外涂卫生级 8710 高强防腐涂料。箱体外形尺寸:长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=22.55 \text{ m} \times 12.00 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ 。进水压力 $\geq 0.06 \text{ MPa}$ 。一体化净水装置采用网格絮凝(网格布置见图 4),运行参数见表 1。

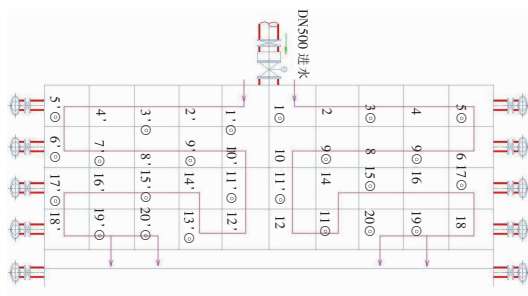


图 4 絮凝网格分布

Fig. 4 Distribution of grid flocculation

表 1 一体化净水装置运行参数

Tab. 1 Operating parameters of integrated water purification device

项目	运行参数
聚合氯化铝投加量/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5
进水量/( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	625
加氯量(二氧化氯)/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	3
反冲洗周期/h	24
气冲时间/min	3
气冲强度/( $\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	15
气水联冲时间/min	4
气水联冲冲洗强度/( $\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	水冲:3;气冲:15
水冲时间/min	5
水冲强度/( $\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	6
排泥周期/h	8
沉淀区排泥时间/min	1
过渡区排泥时间/s	30
反冲区排泥时间/s	10

网格絮凝区分为三段, $G$  值分别为 73、49、 $24 \text{ s}^{-1}$ , $GT$  值为  $5.1 \times 10^4$ 。采用高效侧向流斜板沉淀,倾角  $60^\circ$  安装,表面负荷为  $9.4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。采用 V 型滤池,设计滤速为  $8.6 \text{ m/h}$ ;采用均质石英砂滤料,粒径为  $0.9 \sim 1.2 \text{ mm}$ , $K_{80} < 1.4$ ,厚度为  $1.2 \text{ m}$ ;承托层为天然卵石, $d=2 \sim 4 \text{ mm}$ ,厚  $50 \text{ mm}$ ;滤池反冲洗采用单格冲洗方式,先气冲,再气水联冲,后水冲,全程表扫;滤池反冲洗时间与强度见表 1。一体化净水装置安装完成后,根据进水浊度等参数进行系统调试,主要调试内容包括混凝剂投加量、反冲洗时间、排泥周期等。

### 4.2 加药消毒系统

加矾采用聚合氯化铝投加系统,加药量为  $20 \text{ mg/L}$  左右。原加氯间内配有二氧化氯发生器 1 台,规格为  $500 \text{ g/h}$ ,改扩建后无法满足消毒需求;在原加氯间新增 1 台二氧化氯发生器,并对加氯管道进行改造更换,在两座清水池的进水管上采用两点投加;加氯管采用 DN15 的 UPVC 塑料管。

### 4.3 反冲洗系统

一体化净水装置滤池每天需反冲洗,滤池共 3 格,每次冲洗 1 格。采用先气洗、再气水联洗、最后水漂洗,并全程表扫的冲洗程序。配套反冲设备选型如下:反冲洗采用 2 台三叶罗茨风机,1 用 1 备, $Q=25.08 \text{ m}^3/\text{min}$ , $H=40 \text{ kPa}$ , $P=30 \text{ kW}$ 。反冲洗采用 3 台潜水泵,2 用 1 备, $Q=300 \text{ m}^3/\text{min}$ , $H=150 \text{ kPa}$ , $P=22 \text{ kW}$ 。

## 5 安装与运行情况

由于一体化净水装置采用钢板焊接,因此,净水器底部应设有混凝土基础,并且需确保混凝土基础的平整度。在完成一体化设备安装后,需对一体化净水装置的混凝土基础进行灌浆处理,以确保净水装置底部钢板受力均匀。

在运行稳定后,出厂水 pH 值为  $6.8 \sim 7.6$ ,浊度为  $0.4 \sim 0.6 \text{ NTU}$ ,余氯为  $0.3 \sim 0.5 \text{ mg/L}$ , $\text{COD}_{\text{Mn}} < 3 \text{ mg/L}$ ,肉眼可见物无,符合国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。但在调试运行过程中,水库原水 pH 值常在暴雨天气后出现降低的情况,因此,水厂新增一套石灰投加系统,对原水 pH 值进行调节。

原水取自水库,水质较好,在调试运行期间原水浊度维持在  $7 \sim 26 \text{ NTU}$ 。一体化净水装置聚合氯化铝较优的投加量为  $5 \text{ mg/L}$ ,出水浊度维持在  $0.4 \sim$

0.6 NTU。具体的加药量需根据实际原水浊度和絮凝情况进行调整,矾花松散上漂且体积较大,需减少药剂投加量;矾花细小,水浑浊不清,需增加药剂投加量。NaClO 投加量为 3 mg/L,能够保证清水池中游离性余氯为 0.30 ~0.5 mg/L。

6 投资与运行费用分析

赤岭水厂改扩建工程总投资约 750 万元,其中一体化净水装置及配套系统的采购与安装费用约 450 万元,改造完成后的水厂运行费用分析见表 2。

表 2 运行费用估算(电费、药剂费)

Tab.2 Estimated operating costs (electricity, pharmacy)

项目	用量	单价	费用/ (元· d <sup>-1</sup> )
电	4 487.17 kW·h/d	0.7 元/(kW·h)	3 141
聚合氯化铝	300 kg/d	2 400 元/t	720
氯酸钠	7.5 kg/d	2 000 元/t	15
盐酸	42 kg/d	800 元/t	33.6
注: 人工费以及设备维修费用未计入。			

该水厂运行费用主要为电费和药剂费(聚合氯化铝、氯酸钠和盐酸)。完成改扩建后,2×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 产能的运行费用约 3 908.6 元/d(约 143 万元/a),折合运行费用为 0.195 元/m<sup>3</sup>。

7 结语

① 采用一体化净水装置对已有自来水厂进行改造扩能,具有建设难度小、占地面积小和建设周期短等优点。一体化净水装置自动化程度高,运行管理简便,出水水质好且稳定,改造后出水浊度维持在 0.4 ~0.6 NTU。

② 老水厂改造难度大,已有厂区构筑物平面分布不规则,厂区可供改扩建的面积小;同时,可收集的厂区资料有限。因此,对于老水厂的改造需因地制宜,在改扩建的基础上需兼顾新老系统的协调统一。

③ 混凝剂宜选用液态 PAC,其较佳的投量为 5 mg/L,且 NaClO 投加量为 3 mg/L 能够保证清水池中游离性余氯为 0.3 ~0.5 mg/L。

参考文献:

[1] 于慧卿,田苗,何延新,等. 一体化设备在水处理中的研究及应用[J]. 化工之友,2006,(11):11-12.

Yu Huiqing,Tian Miao,He Yanxin,*et al.* Research and application of integrated equipment in water treatment [J]. Friend of Chemical Industry,2006,(11):11-12 (in Chinese).

[2] 周建忠. 集成化净水装置的适应性研究[D]. 重庆:重庆大学,2005.

Zhou Jianzhong. Adaptability Study of Integrated Water Purification Device[D]. Chongqing:Chongqing University,2005(in Chinese).

[3] 汤泽和,刘凡清,申立堂,等. LTZ 型一体化净水器在锅炉水处理中的应用[J]. 工业水处理,2005,25(12):67-69.

Tang Zehe,Liu Fanqing,Shen Litang,*et al.* Application of LTZ integrated water purifier in boiler water treatment [J]. Industrial Water Treatment,2005,25(12):67-69 (in Chinese).

[4] 胡明忠,王小雨,郭红军,等. FLY-1 型一体化净水器的工艺特点[J]. 中国给水排水,2003,19(6):62-63.

Hu Mingzhong,Wang Xiaoyu,Guo Hongjun,*et al.* Process characteristics of FLY-1 integrated water purifier[J]. China Water & Wastewater,2003,19(6):62-63 (in Chinese).

[5] 池万清. YJZ 型系列水厂式新型高效净水装置[J]. 中国给水排水,2001,17(3):69-69.

Chi Wanqing. YJZ series water plant type new high efficiency water purification device [J]. China Water & Wastewater,2001,17(3):69-69(in Chinese).



作者简介:黄仲均(1980- ),男,广西藤县人,硕士,深圳水务投资有限公司汕尾水务有限公司副总经理,负责工程项目建设管理。  
E-mail:13828826756@163.com  
收稿日期:2018-09-17