

安徽肥东县大型水厂扩建工程工艺设计

冯成军

(无锡市市政设计研究院有限公司, 江苏 无锡 214072)

摘要: 肥东县自来水厂一期规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建工程包括 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 供水设施和 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理设施。因项目建设用地紧张, 故采用最节约用地的水处理技术, 优化总图布置, 精细化利用土地。水源为水库水, 水质优良, 扩建工程采用“水平管沉淀池+V型滤池”工艺; 紧凑型布置的脱水机房占地面积小, 空间利用率高, 管理方便。为应对水源水质变化以及出水标准的提高, 设计预留深度处理系统, 建设用地同步保留。工程总投资为6314.35万元(无征地费用), 单位水量总成本为 $0.319 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。项目实际运行中经历了冬天的低温低浊期、春夏的雨季高浊和高温高藻期, 进水指标波动对水厂运行的影响可控, 出水水质稳定达标。

关键词: 大型水厂; 水平管沉淀池; V型滤池; 污泥脱水机房

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)22-0041-04

Design of Expansion Project of Anhui Feidong Large-scale Waterworks

FENG Cheng-jun

(Wuxi Municipal Design Institute Co. Ltd., Wuxi 214072, China)

Abstract: The original treatment capacity of Feidong Waterworks was $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The expansion project included $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ water supply facilities and $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ sludge water treatment facilities. Because of the shortage of construction land for the project, the water treatment technology of the most economical land was adopted to optimize the layout of the general plan and make fine use of the land. Source water came from reservoir water, and the water quality was excellent. The expansion project technology route was combined of “horizontal tube sedimentation tank + V-type filter”. The compact sludge dewatering room occupies small area, had high space utilization rate and was convenient for management. In order to cope with the change of water quality and the improvement of effluent standard, the advanced treatment system was designed and the construction land was kept synchronously. The total investment of the project was 63.1435 million yuan (none land costs), the total cost of water per unit was $0.319 \text{ yuan}/\text{m}^3$. The actual operation of the project has experienced a period of low temperature and low turbidity in winter, high turbidity in rainy season, and high temperature and algae in spring and summer. The influence of actual influent index changes on the operation of the waterworks could be controlled, and the effluent quality reached the standard.

Key words: large-scale waterworks; horizontal tube sedimentation tank; V-type filter; sludge dewatering room

安徽肥东水厂建成于2011年,按照 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模征地,分期建设,水源为众兴水库水,一期供水规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用“平流式絮凝沉淀

池+V型滤池”工艺,氯气消毒,出水水质执行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),水厂运行良好,水质达标。随着城市化发展,2020年该水厂需

提高供水规模至 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

扩建工程设计内容包括新增 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 供水设施和 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理设施、二级泵房改扩建、加药系统及变配电设施增容等,建设内容在现状围墙内进行。配套的源水取水头部改造、浑水管和输水主管扩容工程另行立项建设。

1 水源水质

扩建工程水资源报告论证水量充足可靠。水库水重金属影响极小,硬度较低,但悬浮物质、病原微生物和胶状物质的存在对地表水有一定的污染^[1],季节性藻类含量升高对工艺稳定运行会有一些影响,水库水另一个显著特征是雨季和非雨季浊度的区别较大^[2]。

2014年—2016年10月众兴水库监测资料显示,水质达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) II类、III类和IV类水所占的比例分别为18.2%、54.5%和27.3%,大部分情况下保持在II~III类,水质总体较好,重点污染物高锰酸盐指数(COD_{Mn})平均值为3.8 mg/L,浊度平均值为5.4 NTU。随着水库水源保护多项工程的实施,水库生态环境会进一步改善,水质会更加优良。

2 设计条件

项目占地面积为5.16 hm^2 ,按 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模布局,一期主体净水构筑物均按 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模建设;二级泵房、加药间、加氯间、变配电间按 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 完成土建建设,并按 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 规模安装设备。一期工程未建完整的排泥水处理系统,仅建设3个简易泥水重力沉淀分离池用于排泥水处理,上清液排入河道,沉淀污泥定期抽吸外运。

总图预留用地仅考虑扩建 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 净水处理构筑物,未预留污泥系统;扩建工程要求在预留地上同步布置全厂 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理系统。该目标对总图预留地深化布局提出了很高的要求,特别是各单体用地指标,必须采用最省地的水处理技术,优化总图布置,精细化利用土地。

3 工艺设计

一期工程运行稳定,工艺成熟可靠,扩建工艺流程与一期相同(絮凝沉淀+V型滤池),具体池型和参数优化,便于高程系统的统一,降低运维难度,保证运行安全稳定。考虑源水水质特别是藻类含量波动以及出水水质标准的提高,扩建工程预留末端深度处理工艺,拟建于一期3个简易沉淀池位置处。

工艺流程见图1。

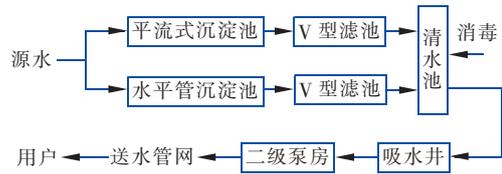


图1 水厂工艺流程

Fig. 1 Process flow of waterworks

扩建工程采用“絮凝沉淀+V型滤池”工艺,絮凝沉淀池型的选择是设计的重点,必须满足节约用地的要求,一期平流式絮凝沉淀池占地面积大,不适合扩建工程;设计采用占地面积较小的“水平管沉淀池”,属于斜管沉淀池改进池型,充分运用“浅池沉淀理论”,池体内部优化,拥有独立的水道和泥道,沉淀分离后的泥水物理隔绝,沉淀效率更高,辅以泥道机械定时冲洗装置,运行可靠。过滤工段仍采用一期稳定运行的V型滤池,设计参数相同。一期消毒采用氯气,消毒副产物对水质有一定的影响,运输存储也存在安全隐患,扩建工程拟采用次氯酸钠消毒,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一期加氯系统拆除,腾出位置放置次氯酸钠消毒设施。扩建工程新建 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理系统,包括排水排泥池、污泥浓缩池、平衡池和污泥脱水机房,脱水机械采用离心脱水机。

4 高程系统设计

围墙内地势平坦,扩建工程室外地坪与一期相同。水力高程控制点以一期V型滤池进水水位为基准,后端一致;前端水位以计算为准。一、二期总进水水位通过调节堰控制。

5 净水构筑物设计

5.1 水平管沉淀池单元

设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,对称分为4组,每组池体单元由管式静态混合器、高效絮凝塔、筛板絮凝池、水平管沉淀池4部分组成。管式静态混合器直径DN700,设计水头损失为5 kPa,混凝剂投加在前端加药口处。高效絮凝塔(钢结构一体化设备)用于强化混合,锥型塔体规格为 $\varnothing 2\ 500 \text{ mm} \times \varnothing 1\ 500 \text{ mm} \times 5\ 300 \text{ mm}$,反应时间为58.74 s,塔体锥形斗中装填陶瓷填料。筛板絮凝池用于絮凝,内设筛板提高絮凝效果,单池分24格,絮凝反应时间为19.3 min。水平管沉淀池分布水区、沉淀区、出水区和冲洗系统,核心的沉淀区采用水平管沉淀模块,尺寸为

16 m×2 m×2.5 m,水力停留时间为4.61 min,沉淀管当量直径为42 mm,过水断面为40 m²(宽16 m,高2.5 m),断面流速为26.04 m³/(m²·h)(合7.23 mm/s)。冲洗采用2根90°布置的冲洗管,管上设喷头,在垂直和水平2个方向同时冲洗泥道和水道,冲洗周期为24~48 h。筛板絮凝池和水平管沉淀池底部均布置集泥槽和穿孔排泥管,自动或手动排泥。

5.2 V型滤池

V型滤池设计参数与一期相同,规模为10×10⁴ m³/d,1座,35.43 m×35.26 m×4.1 m,分为8格,单格平面尺寸为10 m×8.4 m,左右双排布置,中间为管廊,管廊内布置清水渠、反冲洗水管、气管及阀门等。单格过滤面积为65 m²,有效水深为3.35 m,滤床厚度为1.2 m,粒径为0.95 mm,设计滤速为8 m/h,最大水头损失为17 kPa;单独气冲强度为15 L/(s·m²),冲洗时间为2 min;单独水冲强度为5 L/(s·m²),冲洗时间为5 min;气水联合反冲洗水冲强度为2.5 L/(s·m²),冲洗时间为4 min;表面扫洗强度为2 L/(s·m²),冲洗时间为10 min;冲洗周期为24~48 h。

5.3 反冲洗系统

一期已配置完整的反冲洗风机和水泵,采用罗茨风机,2台(1用1备),单台风量为80 m³/min,风压为60 kPa,功率为90 kW;反冲洗水泵采用潜水排污泵,2台,单台流量为1350 m³/h,扬程为100 kPa,功率为55 kW。

扩建工程不新增反冲洗风机和水泵,将一期冲洗管延伸接至新建V型滤池,用于滤池反冲洗。

5.4 清水池

一期已建成2座清水池,单座有效容积为10000 m³,扩建工程新建清水池1座,有效容积为8350 m³(受场地限制影响)。清水池液位及有效水深均与一期相同,半地下式钢混结构,顶上覆土绿化;建成后3座清水池并联运行,阀门切换。

5.5 二级泵房

二级泵房是高耗能单元,扩建工程对全厂20×10⁴ m³/d规模水泵配置进行优化,以提高供水效率,降低能耗。水泵配置为:高压水泵2台(1用1备),10 kV高压供电,单泵流量为7000 m³/h,扬程为400 kPa,功率为1000 kW;普通干式泵2台,单泵流量为2167 m³/h,扬程为400 kPa,功率为315 kW;另设2台普通干式泵用于片区供水,独立输水管接

出,单泵流量为800 m³/h,扬程为600 kPa,功率为132 kW;所有水泵均采用变频控制。

5.6 加药间

一期加药间按照20×10⁴ m³/d建造,设有混凝土结构PAC溶药池1座,2格,单格尺寸为3.1 m×7.0 m×2.5 m,药剂投加浓度按10%设计,储药量为15 d,平均加药量为10 mg/L,最大加药量为35 mg/L。一期隔膜泵5台(4用1备),单泵流量为0~400 L/h,扬程为0.35 MPa,功率为0.55 kW。扩建工程新增5台(4用1备)隔膜计量泵,规格相同;配套新增加药管道和阀门系统。

5.7 加氯间

扩建工程将消毒药剂改成次氯酸钠,拆除一期加氯系统,新建20×10⁴ m³/d次氯酸钠投加系统,设计最大投加量为3 mg/L,投加浓度为1%。主要设备:次氯酸钠储罐2个,单个有效容积为20 m³,最大投加量条件下存储周期为6.67 d(按原液浓度为10%计)。加药采用隔膜计量泵,4台(3用1备),单泵流量为0~150 L/h,扬程为0.35 MPa,功率为0.37 kW;配套重建加氯管道及阀门系统。

5.8 深度处理系统

深度处理系统预留建设,以应对水库水质变化以及出水标准的提高,可采用技术成熟的臭氧、活性炭或其组合工艺^[2],围墙内预留建设用地。

6 污泥系统设计

按照20×10⁴ m³/d规模新建排水、排泥及污泥脱水系统。

6.1 排水排泥池

排水池与排泥池合建,池顶凸型,除检修口之外的其他顶板下沉1 m,上部覆土绿化。

排水池用以接纳间歇排放的V型滤池反冲洗废水,2格互备,单格尺寸为9.9 m×9.9 m×4.5 m,有效水深为3.5 m,单个池容按照反冲洗废水量的1.5倍计算。池内反冲洗废水由水泵提升至絮凝沉淀池回用,池内设倒伞型搅拌器,单池设水泵2台,流量为150 m³/h,扬程为120 kPa,功率为11 kW。

排泥池用以接纳絮凝沉淀工艺(一期平流式絮凝沉淀池和扩建工程水平管沉淀池)的排泥水,2格互备,单格尺寸为9.9 m×9.9 m×4.5 m,有效水深为3.5 m,池内潜污泵将排泥水抽送至污泥浓缩池。池内设倒伞型搅拌器,单池设水泵2台,流量为100 m³/h,扬程为120 kPa,功率为7.5 kW。

6.2 污泥浓缩池

辐流式污泥浓缩池2座, $\varnothing 22.0\text{ m} \times 4.6\text{ m}$,有效水深为4.0 m,设计进泥含水率为99.5%,出泥含水率为97%,平均时固体通量为 $0.29\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,最高时固体通量为 $0.95\text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。池内设中心传动浓缩机,上清液排放至排水池,浓缩污泥重力流至污泥平衡池。

6.3 污泥平衡池

2座, $\varnothing 10.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$,有效水深为4.0 m,用于贮存浓缩后污泥并平衡污泥浓度。池内设搅拌器,保证污泥含水率均匀。

6.4 污泥脱水机房

水库水浊度80%涵盖率为10 NTU,95%涵盖率为50 NTU,按 $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 计算绝干泥量分别为2.51 t/d和11.56 t/d。设计离心脱水机3台(2用1备),单台处理能力为 $20\text{ m}^3/\text{h}$,功率为45 kW,95%涵盖率条件下,按照进泥含水率为97%计,每日理论运行时间为9.6 h。脱水机房主体2层,局部挑高,脱水机置于2层,污泥斗悬挂在2层楼面,运泥卡车直接在1层地面停放接泥,其他区域布置螺杆泵、加药系统、配电控制箱等;局部挑高区用于脱水机检修吊装。

7 水厂运行情况

水厂于2018年11月竣工验收,经历了冬季的低温低浊期、春夏季的雨季高浊和高温高藻期,因水库稀释容量较大,实际进水指标波动对水厂运行影响可控,运行工况调整主要表现在沉淀池加药量、排泥周期以及V型滤池反冲洗周期变化。

二级泵房出水取样点 COD_{Mn} 平均为 $2.4\text{ mg}/\text{L}$,出水浊度 $\leq 0.5\text{ NTU}$,色度、pH值、游离余氯等检测指标均满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),水厂未发生供水事故,一直保持运行稳定^[3]。

8 技术经济指标

扩建工程内容包括新建 $10 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 供水设施和 $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理设施、供水泵房改扩建、加药系统及变配电设施增容等,工程总投资为6 314.35万元(无征地费用),其中工程直接费为5 689.44万元。

运行单位水量总成本为 $0.319\text{ 元}/\text{m}^3$,单位水量经营成本为 $0.263\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

9 结论

肥东县水厂扩建工程用地紧张,在预留 $10 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 净水设施用地上增设 $20 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 排泥水处理系统,采用节约用地的“水平管沉淀池+V型滤池”水处理技术,优化总图布置,精细化利用土地。实际运行稳定,出水水质达标。

参考文献:

- [1] 邓丽. 自来水水质检测常规处理办法探讨[J]. 低碳世界,2019,9(2):294-295.
Deng Li. Discussion on routine processing method for water quality testing of tap water[J]. Low Carbon World, 2019,9(2):294-295(in Chinese).
- [2] 吴艳华,杨墨,刘泰铃,等. 给水厂针对低浊高藻原水的工程实践[J]. 给水排水,2018,44(10):11-15.
Wu Yanhua, Yang Mo, Liu Tailing, et al. Engineering practice of water supply plant for low turbidity and algae-laden raw water treatment[J]. Water & Wastewater Engineering,2018,44(10):11-15(in Chinese).
- [3] 夏绍凤,高文乔,王矛矛,等. 凤阳县自来水厂改扩建工程中构筑物优化设计[J]. 中国给水排水,2018,34(24):47-50,55.
Xia Shaofeng, Gao Wenqiao, Wang Maomao, et al. Optimal design of the treatment structures in the reconstruction and expansion project of Fengyang Waterworks[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(24):47-50,55(in Chinese).



作者简介:冯成军(1982—),男,河南信阳人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),注册环保工程师,从事城市污水处理、工业废水处理、给水处理的设计研究工作。

E-mail:9681410@qq.com

收稿日期:2019-07-10