

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.18.017

高密度沉淀池 - D 型纤维滤池用于处理引黄水库水

贾伟建¹, 张克峰², 成小翔², 王德生¹, 王永磊², 王 珊², 张领国³

(1. 潍坊市市政工程设计研究院有限公司, 山东 潍坊 261000; 2. 山东建筑大学 市政与环境工程学院, 山东 济南 250101; 3. 济南市市政工程设计研究院<集团>有限责任公司, 山东 济南 250101)

摘 要: 潍坊欣龙生物质高性能纤维研发平台及产业化给水厂工程设计规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计水源为峡山引黄水库水, 水质符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中Ⅲ类水体标准, 水厂出水用作园区(化纤)生产及消防用水, 出水浊度小于 1 NTU。根据项目占地较小及原水水质冬季低温低浊、季节性藻类偶发等特点, 设计采用高密度沉淀池 - D 型纤维滤池组合工艺, 并通过优化工艺设计、高密度沉淀池“折线式”平面布置、采用新型彗星式纤维滤料及巧妙合建构筑物, 使得工程占地较传统工艺节省约 50%。

关键词: 高密度沉淀池; 纤维滤池; 彗星式纤维滤料

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2021)18 - 0093 - 04

Application of High-density Sedimentation Tank with D-type Filter in the Treatment of Reservoir Water Derived from Yellow River

JIA Wei-jian¹, ZHANG Ke-feng², CHENG Xiao-xiang², WANG De-sheng¹,
WANG Yong-lei², WANG Shan², ZHANG Ling-guo³

(1. Weifang Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Weifang 261000, China;
2. School of Municipal & Environmental Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China;
3. Jinan Municipal Engineering Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The design scale of Xinlong biomass high-performance fiber R & D platform and industrial water supply plant in Weifang is $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The designed water source is from the Xiashan reservoir derived from Yellow River, and the water quality meets the class Ⅲ criteria specified in *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838 - 2002). The product water of the water supply plant with turbidity below 1 NTU is used for production (chemical fiber) and fire fighting in the industrial park. The project has the characteristics of a small footprint area, low temperature and low turbidity of the raw water in winter and seasonal algae bloom occasionally. Therefore, the combined process of high-density sedimentation tank and D-type fiber filter was designed. Compared with the traditional process, the footprint area of this project decreased by about 50% through the optimization of the process design, “broken line” layout of the high-density sedimentation tank, application of new

comet fiber filter and the ingenious combined construction of the structures.

Key words: high-density sedimentation tank; fiber filter; comet fiber filter

水处理沉淀池在经历了平流沉淀池、斜板(管)沉淀池和机械搅拌澄清池之后,由法国得利满公司开发的高密度沉淀池因沉淀效率高、占地面积小、耐冲击能力强以及排泥浓度高等特点,已广泛用于饮用水生产、污水处理及工业废水处理等领域,如法国的 MOUT 水厂、德国的来格朗水厂、乌鲁木齐石墩子山水厂及济南鹊华水厂等^[1]。D 型纤维滤池作为新型重力式超高速滤池,以新型彗星式纤维滤料为核心替代传统的石英砂滤料,过滤效率及过滤精度有了较大提高,对水中粒径大于 5 μm 的悬浮固体颗粒的去除率可达 95% 以上,设计滤速可达 15 ~ 20 m/h,强制滤速可达 20 ~ 27 m/h,正逐渐应用于市政给水、工业给水及中水回用领域,如云南龙生源水厂、泉州英泉水厂、临汾市自来水厂等^[2]。

潍坊欣龙生物质高性能纤维研发平台及产业化给水厂为新建工业给水厂项目,水厂规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水用作园区(化纤)生产及消防用水。由于项目占地较小,综合考虑原水水质、技术经济等因素,设计采用“高密度沉淀池-D 型纤维滤池”组合工艺。本工程通过优化工艺设计,构筑物集约布置,使得工程占地较传统工艺节省约 50%。

1 设计进、出水水质

取水水源为峡山引黄水库水,水厂进水自水库调水管道(0.20 MPa)开口取水,水质符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅲ类水体标准,并具有冬季低温低浊及季节性藻类偶发等特点,冬季时,原水浊度为 8 ~ 20 NTU;藻类偶发时,藻类数量为 $(1.4 \sim 12) \times 10^6$ 个/L。水厂出水满足园区(化纤)生产及消防用水要求,主要出水指标浊度小于 1 NTU,其他出水指标参照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)执行,设计水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	浊度/ NTU	COD _{Mn} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水	7.5	30	7.5	0.60	350
出水	6.5 ~ 8.5	1	5	0.5	300

2 工艺流程

综合考虑项目特点,以及用户用水水质要求不

高、技术经济等因素,本工程设计采用“高密度沉淀池-D 型纤维滤池”组合工艺,工艺流程见图 1。其中,沉淀池污泥排放至园区污水站(同步实施,不在本工程范围)污泥浓缩池进行集中处置,滤池反洗废水及初滤水排放至废水回收水池,废水回收水池上清液回流至高密度沉淀池前端回收利用,底部废水排放至园区污水站初沉池进行集中处理。

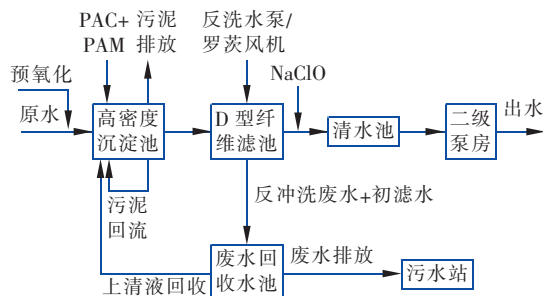


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

3 总体布置及设计特点

3.1 总体布置

根据园区总体规划,预留给水设施用地面积 1.39 hm^2 (约 21 亩),东西向 160 m,南北向 55 ~ 105 m,综合考虑建筑红线退让以及与周围工业建筑防火间距等因素,实际可用地面积 1.15 hm^2 (约 17 亩),远小于常规水厂布置用地。根据园区总体规划,清水池顶部规划兼作地上停车场,水厂总体布置自西向东采用“直线型”布置,并将高密度沉淀池与污泥泵房合建,滤池与反冲洗设备间合建,二级泵房与消防泵房、变(配)电室、仪表室等合建,尽量减少构(建)筑物单体数量,以减少项目占地。

3.2 设计特点

① 设计负荷高,占地面积小。组合工艺兼具高密度沉淀池沉淀效率高、占地面积小、耐冲击能力强、排泥浓度高^[3]以及 D 型纤维滤池过滤速度快、过滤精度高等优点。

② 优化工艺参数,巧妙组合构筑物布置,进一步集约用地。通过优化构筑物布置,将高密度沉淀池与污泥泵房合建, D 型纤维滤池与反冲洗泵房合建,清水池顶部兼作地上停车场,节约占地。

③ 废水回收利用,提高产水率。滤池反冲洗

废水及滤池初滤水均排放至废水回收水池,废水回收水池上清液回流至高密池重复利用,提高产水率。

④ 应急供水设计,保障园区应急供水。通过优化构筑物布置,配水池可兼作预氧化池,可有效应对原水藻类、有机物超标等突发状况;通过末端设置 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 清水池,实现“停水不停产”。

4 主要构(建)筑物及设计参数

4.1 高密度沉淀池

新建高密度沉淀池 1 座 2 组,总规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,平面尺寸为 $19.5 \text{ m} \times 27.5 \text{ m}$,2 组沉淀池采用“折线式”并排布置。每组高密度沉淀池设配水池(兼作预氧化池)1 座,HRT 为 2.5 min;混合池 1 座,HRT 为 1.7 min;絮凝池 1 座,HRT 为 12 min,内置不锈钢导流筒,导流筒直径 $\varnothing 200 \sim 300 \text{ mm}$;沉淀池一座,平面尺寸为 $11 \text{ m} \times 8.6 \text{ m}$,斜管直径为 35 mm,长度为 1 000 mm,安装角度为 60° ,斜管区上升流速为 14.8 m/h,底部设置中心传动刮泥机,刮臂直径为 11.0 m。絮凝池与沉淀池之间设导流区,平面尺寸为 $11 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ 。

污泥泵房与高密度沉淀池合建,设 6 台污泥螺杆泵, $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=200 \text{ kPa}$, $N=11 \text{ kW}$,分 2 组。每组对应 3 台螺杆泵,1 台用于污泥回流(变频),1 台用于污泥排放(定频),1 台备用(变频,也用于污

泥回流与污泥排放),通过污泥界面分析仪反馈的信号控制污泥排放。

4.2 D 型纤维滤池

D 型纤维滤池总规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,平面尺寸为 $31 \text{ m} \times 19 \text{ m}$ (含设备间、管廊房等),分 6 格,单排布置,单格净尺寸为 $10 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,过滤面积为 30 m^2 ,设计滤速为 13 m/h,强制滤速为 15.6 m/h,采用变水头过滤方式,滤池最大水头损失 16 kPa。

滤池采用前后“双廊房”设计,反冲洗废水及初滤水排入“前廊房”底部废水廊道,然后排入废水回收水池;设备间与滤池合建,反冲洗水泵直接自滤池“后廊房”底部清水廊道取水。滤池设备间尺寸为 $19 \text{ m} \times 5 \text{ m}$,设罗茨风机 3 台(2 用 1 备), $Q=30 \text{ m}^3/\text{min}$, $P=50 \text{ kPa}$, $N=37 \text{ kW}$;卧式离心泵 3 台(2 用 1 备), $Q=280 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=100 \text{ kPa}$, $N=15 \text{ kW}$ 。

滤料采用新型彗星式纤维滤料,滤料形状如彗星,密度约 $1.1 \text{ g}/\text{cm}^3$,装填量为 $60 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。滤板采用高强度复合滤板,滤池配水(气)装置采用防堵塞长柄滤头,并针对滤料密度小、反冲洗易流失问题,在滤池顶部 V 型槽下设多功能拦截盖板。滤池采用气水反冲洗,依次进行气冲洗、气水联合冲洗、清水漂洗。

气水冲洗强度和历时见表 2。

表 2 气水反冲洗强度和历时

Tab. 2 Strength and duration of air and water backwashing

单独气冲洗		气水联合冲洗				水漂洗强度		表面扫洗	
		气冲		水冲					
强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	历时/ min	强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	历时/ min	强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	历时/ min	强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	历时/ min	强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	历时/ min
28~32	3~5	28~32	8~10	5~6	8~10	5~6	3~5	1.4~2.8	全程

4.3 废水回收水池

新建废水回收水池 1 座,分 2 格,有效容积为 500 m^3 ,平面尺寸为 $20 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 。池底设潜污泵 2 台, $Q=120 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=150 \text{ kPa}$, $N=11 \text{ kW}$,也用于上清液回收与底部废水排放,通过在池底设置的 $h=1000 \text{ mm}$ 溢流堰及闸门进行控制。上清液回收时,回流量按照净水规模的 5% 进行控制,以避免流量过大对沉淀池运行造成冲击;废水排放时,可以 2 台泵同时运行,以减少排空时间。

4.4 加氯加药间

加氯加药间与工具间合建,平面尺寸为 $24 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 。设有絮凝剂(PAC)储存及投加系统、助凝剂

(PAM)制药溶药装置及投加系统和成品次氯酸钠(NaClO)储存及投加系统。加药间内预留预氧化装置用地,近期次氯酸钠可兼作消毒剂及预氧化药剂,必要时远期可增设其他预氧化装置。

絮凝剂(PAC)设计最大投加量: $30 \text{ mg}/\text{L}$ (以溶液计),PAC 投加浓度: 2%~5%,PAC 计量泵 $Q=400 \text{ L}/\text{h}$, $H=0.50 \text{ MPa}$, $N=0.55 \text{ kW}$,2 用 1 备。

助凝剂采用 PAM,设自动制药溶药装置 1 套:投加量 $Q=1500 \text{ L}/\text{h}$, $N=1.5 \text{ kW}$ 。PAM 计量泵 $Q=1500 \text{ L}/\text{h}$, $H=0.80 \text{ MPa}$, $N=1.1 \text{ kW}$,2 用 1 备。

消毒剂采用成品次氯酸钠(含量 10%),有效氯投加量: $2 \text{ mg}/\text{L}$,计量泵 $Q=50 \text{ L}/\text{h}$, $H=0.50$

MPa, $N=0.55$ kW, 2用1备。

4.5 二级泵房

二级泵房按近期 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、远期 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,与消防泵房、变配电室(水厂)、仪表室、控制室及值班室合建,采用半地下式钢筋混凝土结构,综合体平面尺寸为 $9.3 \text{ m} \times 57.7 \text{ m}$,二级泵房净尺寸为 $8.9 \text{ m} \times 20.8 \text{ m}$ 。

二级泵房内设单级双吸式离心泵4台, $Q=1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=400 \text{ kPa}$, $N=160 \text{ kW}$;安装时,近期先安装1#~3#泵,并预留4#泵接口。

4.6 应急供水措施

① 在工艺前端设预氧化池(兼作配水池,与高密度沉淀池合建)并在综合加药间预留预氧化投加装置。水厂实际运行过程中,可根据进、出水水质变化情况启动预氧化投加装置,有效应对原水藻类、有机物超标等突发状况。

② 水厂进水从水库调水管道开口取水,取水口距上游一级泵站较远,约 35 km ,为避免因上游泵站检修、故障、管道破损以及水厂检修维护等导致园区停水、停产,在工艺末端设 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$ 清水池,分2座,有效保证企业 10 h 生产用水,保障园区应急供水安全,实现“停水不停产”。

5 运行效果及经济分析

项目自2019年5月开工建设,2020年10月通水试运行,出水水质稳定达标,满足企业用水要求,实际进、出水水质见表3。

表3 2020年10月—12月运行结果

Tab.3 Operation results from October to December 2020

项 目	进水	出水
浊度/NTU	11.59~20.23	0.27~0.55
$\text{COD}_{\text{Mn}}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	5.25~7.15	1.86~2.64
$\text{UV}_{254}/\text{cm}^{-1}$	0.121~0.135	0.033~0.038
pH 值	7.30~7.80	7.30~7.80

本工程总投资为4 528.62万元,其中土建工程费用为3 779.10万元,设备及安装费用为749.52万元。

运行费用包括原水费用、电费、药剂费、人工费、大修、维护及折旧费用等,总装机容量为546.2 kW,电耗为 $0.228 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。经核算,给水处理总成本约 $2.378 \text{ 元}/\text{m}^3$,其中原水基础水费 $1.218 \text{ 元}/\text{m}^3$,原水水资源税 $0.413 \text{ 元}/\text{m}^3$,原水应急调水费 0.400

$\text{元}/\text{m}^3$,处理成本 $0.347 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

6 结语

① 高密度沉淀池-D型纤维滤池组合工艺,兼具高密度沉淀池沉淀效率高、占地面积小、耐冲击能力强、排泥浓度高以及D型纤维滤池过滤速度快、过滤精度高等优点。

② 高密度沉淀池采用“折线式”布置与污泥泵房合建、D型纤维滤池与反冲洗设备间合建,能够有效减少构(建)筑物的占地及管道敷设长度,达到节约用地、节省投资的效果。

③ 该组合工艺具有高负荷、低占地的特点,可推广应用于占地有限的新建水厂或水厂(扩容)改造中,尤其是工业水厂。

参考文献:

- [1] 郅艳秋,张金松. 净水厂改扩建设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.
QIE Yanqiu, ZHANG Jinsong. Reconstruction and Expansion Design of Water Purification Plant [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017 (in Chinese).
- [2] 杨亮,陈哉君,马立峰,等. DA863 自适应滤料在给水滤池改造中的应用实践[J]. 工业水处理,2006,26(6):79-81.
YANG Liang, CHEN Zaijun, MA Lifeng, et al. Practice of DA863 adaptive filtering material in the reconstruction of water supply [J]. Industrial Water Treatment, 2006, 26(6):79-81 (in Chinese).
- [3] 朱海涛,周晓龙,刘宏远,等. 中置式高密度沉淀池的改造与优化运行[J]. 中国给水排水,2014,30(4):95-99.
ZHU Haitao, ZHOU Xiaolong, LIU Hongyuan, et al. Modification and optimization operation of intermediate high-density sedimentation tank [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(4): 95-99 (in Chinese).

作者简介:贾伟建(1991-),男,山东菏泽人,硕士,工程师,主要从事市政给排水规划、设计及水环境治理研究。

E-mail:jwj088@163.com

收稿日期:2020-11-11

修回日期:2021-01-03

(编辑:孔红春)