

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.020

潮州某污水厂 A/O 氧化沟工艺不停产提标扩容改造

杨 登, 袁敏忠, 钟 毓, 苏文越

(广东省环境保护工程研究设计院有限公司, 广东 广州 510000)

摘 要: 潮州某污水处理厂原规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用 A/O 机械曝气氧化沟工艺, 出水标准为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准。提标扩容工程在不新增用地及不停产的条件下, 将出水标准提升至一级 A 标准和广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 第二时段一级排放标准中较严值, 并将规模扩建至 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。提标改造工程在原 A/O 机械曝气氧化沟基础上新增曝气生物滤池 + 反硝化深床滤池的深度处理工艺, 扩容工程采用 A/A/O - MBR + 紫外消毒处理工艺。实际运行结果表明, 提标扩容工程运行良好, 出水水质稳定达标。

关键词: 不停产改造; 曝气生物滤池; 反硝化深床滤池; A/A/O - MBR

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2020)20 - 0119 - 05

Upgrading and Expansion without Shutdown of a WWTP in Chaozhou with A/O Oxidation Ditch Process

YANG Deng, YUAN Min-zhong, ZHONG Yu, SU Wen-yue

(GDEP Engineering Research & Design Institute Co. Ltd., Guangzhou 510000, China)

Abstract: The original treatment capacity of a WWTP in Chaozhou is $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, adopting A/O mechanical aeration oxidation ditch process, and the effluent standard is the first level B standard in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). Under the condition of no new land usage and no production stopping, the standard of effluent should be raised to the stricter value between the first level A standard (GB 18918 - 2002) and the first level discharge standard in the second period of the local standard of Guangdong Province *Discharge Limits of Water Pollutants* (DB 44/26 - 2001), and the scale should be expanded to $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The advanced treatment process of biological aerated filter + denitrification deep bed filter was added on the basis of the original A/O mechanical aeration oxidation ditch in the upgrading project, and the A/A/O-MBR + UV disinfection process was adopted in the expansion project. The actual operation results showed that the operation of the project was good and the effluent quality was stable.

Key words: non-shutdown reconstruction; biological aerated filter; denitrification deep bed filter; A/A/O-MBR

潮州某污水处理厂于 2002 年正式建成并投入运行, 处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 B 标准, 尾水排入当地河涌。为贯彻落实国家水污染防治行动计划, 当地政府提出以增大城镇生活污

水收集率及污水处理厂提标改造为切入点来整治流域水质恶化及河涌黑臭问题, 该污水厂出水标准需提高至一级 A 排放标准与广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001) 第二时段一级标准中较严值。此外, 处理规模需扩大 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩

容工程分两期建设,其中扩容一期规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

1 原厂概况

该污水处理厂原进水从河涌截流入厂,处理工艺为 A/O 机械曝气氧化沟 + 沉淀池 + 紫外消毒,辅助化学除磷,排放标准执行一级 B 标准。原污水处理厂近两年多的运行数据显示,在进水水质远低于设计水质的情况下,出水 BOD_5 为 $2.0 \sim 10 \text{ mg/L}$, COD 为 $18 \sim 34 \text{ mg/L}$, SS 为 $10 \sim 20 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 $0.1 \sim 6.3 \text{ mg/L}$,稳定达到一级 B 标准。

2 工程设计

2.1 提标工程设计

本次提标设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准和

《广东省水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)第二时段一级排放标准中较严值,具体指标见表 1。通过分析原污水厂出水水质,本次提标改造工艺需重点考虑 TN、TP 和 SS 的去除,同时对剩余有机物有一定的去除作用。为避免对受纳水体水质产生冲击,提标改造需不影响原污水厂的正常运行,因此提标工程不考虑对原有生产构筑物进行大规模改造,只在原有基础上增加深度处理工艺。考虑到原生物处理工艺厌氧时间为 2 h 左右,没有缺氧段,不具备反硝化功能,好氧时间为 4.5 h,硝化时间过短,提标工程增设曝气生物滤池 + 反硝化深床滤池深度处理组合工艺^[1],其中曝气生物滤池对 COD 及氨氮有较好的去除效果,反硝化深床滤池可进一步去除 TN 与 SS,再通过加药去除 TP,以确保出水水质达标。

表 1 提标扩建工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality of upgrading and expansion project

| 项 目 | COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | BOD_5 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | $\text{NH}_3 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | 粪大肠菌群数/ ($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$) |
|-------|---|---|--|---|--|--|---|
| 设计进水 | 200 | 100 | 200 | 20 | 30 | 3 | — |
| 原设计出水 | 60 | 20 | 20 | 8 | 20 | 1.0 | 10^4 |
| 设计出水 | 40 | 10 | 10 | 5 | 15 | 0.5 | 10^3 |

2.2 扩容工程设计

因原污水厂内无扩建预留用地,周边也均被居民区包围,拆迁征地耗资太大,因此规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的扩容工程计划在原厂内建设,一期规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,选择 A/A/O - MBR 作为扩容工程的主工艺。

2.3 提标扩容工艺流程

由于完善后的截污管网到污水厂界的标高比原

进厂管标高下降了 5 m 多,原粗格栅及提升泵站已不能用于改造后的污水厂,因此提标扩容工程新建粗格栅及提升泵站。提标工程保留原 A/O 机械曝气氧化沟工艺,新增曝气生物滤池 + 反硝化深床滤池深度处理工艺;扩容工程生化处理采用 A/A/O - MBR 工艺,采用紫外线消毒,污泥处理采用重力浓缩 + 污泥调理 + 高压隔膜压滤深度脱水工艺。提标扩容工程工艺流程见图 1。

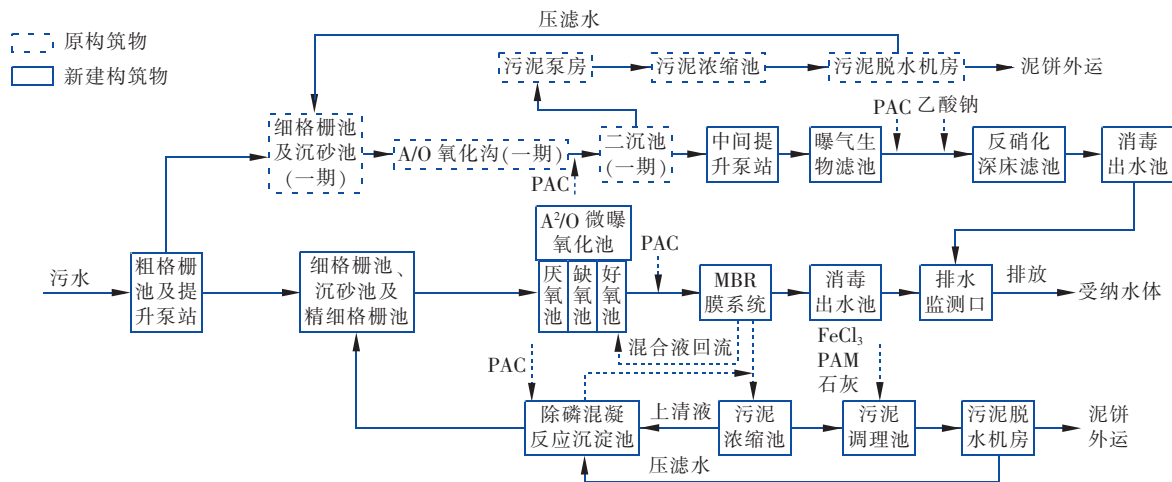


图 1 提标扩容工程工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of upgrading and expansion project

3 主要构筑物设计

3.1 扩容工程主要构筑物

① 粗格栅及提升泵站

粗格栅池设计流量为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (最大流量 $23.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$), 4 条格栅渠, 渠宽为 1.5 m, 一期安装粗格栅 3 台(2 用 1 备), 预留一条渠二期安装设备, 粗格栅栅条间距为 20 mm。污水提升泵站设计流量为 $23.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (最大流量), 有效容积为 603 m^3 , 配备提标工程提升泵 3 台(2 用 1 备), 流量为 $2780 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 150 kPa, 扩容工程提升泵 3 台(2 用 1 备), 流量为 $1350 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 180 kPa, 预留扩容工程二期 1 台水泵的安装位置。

② 细格栅、沉砂池及精细格栅池

为防止 MBR 膜池膜丝发生物理性破损, 需在前段处理流程设置精细格栅^[2]。细格栅、沉砂池及精细格栅联合池设计流量为 $10.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (最大流量), 细格栅渠 3 条, 渠宽为 2.1 m, 一期安装细格栅 2 台(1 用 1 备), 栅缝为 5 mm, 预留一条渠二期安装设备。旋流沉砂池 2 池, 池内径为 4.87 m。精细格栅渠 4 条, 渠宽 2.5 m, 精细格栅 3 台(2 用 1 备), 栅缝为 1 mm, 预留一条渠二期安装设备。

③ A/A/O - MBR 池

A/A/O - MBR 池一期设计流量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 厌氧池水力停留时间为 1.54 h, 缺氧池停留时间为 3.22 h, 好氧池停留时间为 4.8 h, 厌氧、缺氧和好氧段均采用氧化沟形式, 设有水下推流器, 污泥浓度为 6000 mg/L , 污泥负荷为 $0.075 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, 曝气量为 $13080 \text{ m}^3/\text{h}$; 膜池分 8 格, 停留时间为 1.23 h, 水深为 7 m, 污泥浓度为 7000 mg/L , 安装 8 组膜单元, 每组 6 个双层膜架, 单组膜面积为 14400 m^2 , 膜吹扫气量为 $16200 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

④ 消毒出水池

因原消毒出水池按 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模的出水一级 B 标准设计, 且无预留新增灯管位置, 所以改造后用于扩容工程, 将原有灯管全部拆除并重新安装 2 套紫外消毒装置, 单套功率为 34.56 kW。

⑤ 鼓风机房

鼓风机用于扩容工程生物池曝气以及 MBR 膜池和曝气生物滤池反冲洗, 鼓风机房按扩容总规模设计, 预留扩容工程二期风机安装位置, 一期工程安装 6 台空气悬浮鼓风机, 3 台(2 用 1 备) 风机用于生物池好氧段曝气, 单台风量为 $109 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压

为 0.8 MPa; 3 台(2 用 1 备) 风机用于反冲洗, 单台风量为 $135 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压为 0.8 MPa。

⑥ 污泥浓缩池

新建污泥浓缩池 1 座, 池内径为 14 m, 池深为 5.7 m, 进泥含水率为 99.2%, 浓缩后出泥含水率为 97%, 配备中心传动浓缩刮泥机 1 套。

⑦ 石灰溶解池及料仓

为便于污泥后续压滤脱水, 需向污泥中投加石灰调理剂。新建石灰溶解池 1 座, 药池分 2 格, 单格容积为 12.5 m^3 , 石灰储存料仓容积为 35 m^3 。

⑧ 污泥反应池及除磷混凝沉淀池

污泥反应池与除磷混凝沉淀池合建。污泥反应池分 2 格, 单格尺寸为 $4.6 \text{ m} \times 4.6 \text{ m}$, 各配备 1 台污泥机械搅拌机。除磷反应池尺寸为 $4 \text{ m} \times 9.5 \text{ m}$, 安装蜂窝填料 32 m^3 , 配备 1 台絮凝搅拌机。

⑨ 污泥脱水机房

新建 1 座二层楼污泥脱水机房, 建设尺寸为 $30 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ 。污泥脱水机房一楼设铁盐、PAC 和 PAM 溶药及投加装置, 二楼安装污泥脱水装置, 预留二期压滤机安装位置, 一期安装 2 台(1 用 1 备) 厢式隔膜压滤机, 污泥处理规模为 $3780 \text{ kgDS}/\text{d}$, 将经调理后的含水率约 97% 的剩余污泥脱水至含水率低于 60%。

3.2 提标工程主要构筑物

① 中间提升泵站

新建半地埋钢筋混凝土结构中间提升泵站 1 座, 安装潜污泵 3 台(2 用 1 备), 单台泵流量为 $2780 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 110 kPa。

② 曝气生物滤池

曝气生物滤池采用上向流, 1 座(分 8 格), 设计流量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 单格滤池尺寸为 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, 火山岩滤料投加深度为 3.2 m, 每格池曝气量为 $26 \text{ m}^3/\text{min}$, 平均滤速为 $5.2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, 总有效过滤面积为 800 m^2 。

③ 反硝化深床滤池

新建反硝化深床滤池 1 座 6 格, 设计流量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 单格有效过滤面积为 108.5 m^2 , 平均滤速为 $6.3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$; 与曝气生物滤池共用气水反冲洗系统, 配套反洗风机 3 台(2 用 1 备), 风量为 $99 \text{ m}^3/\text{min}$, 风压为 0.7 MPa; 反洗水泵 3 台(2 用 1 备), 水量为 $800 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为 91.4 kPa。配套碳源及 PAC 投加装置, 通过自控系统反馈控制投加

药量。

④ 紫外消毒池

提标工程新建1座紫外消毒池,设计流量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,安装1套紫外线消毒系统,消毒功率为81.92 kW。

4 设计特点

① 无新增用地。设计时充分利用厂区不规则角落区域及部分绿化用地,合理布局构筑物,完成污水厂的建设。

② 增加深度处理工艺,实现不停产提标。提标工艺增设曝气生物滤池+反硝化深床滤池深度处理工艺,在强化生物脱氮的同时去除有机物、氨氮,确保出水水质达标。提标工程只需对预处理及紫外消毒工艺管线进行迁改,无需对现状生化池及污泥处理模块进行改造,实施期间污水厂仍能照常运行,基本不受影响,从而实现不停产改造。

③ A/A/O-MBR工艺采用混合液三级回流的方式强化脱氮除磷能力^[3]。运行过程中为避免曝气后溶解氧含量高的混合液回流影响前端脱氮效果,设计三级回流,第一级回流是MBR膜池混合液回流至A/A/O微曝氧化沟好氧段进水端,最大回流

比为300%,此时污泥中溶解氧含量高,硝化菌增殖旺盛,硝化彻底,有机物被氧化降解的同时氨氮得以大量去除并产生丰富的硝酸盐和亚硝酸盐;第二级回流是好氧池混合液回流至缺氧池进水端,最大回流比为300%,在缺氧区利用进水碳源快速完成反硝化过程,去除大部分硝态氮;第三级回流是缺氧池混合液回流至厌氧池进水端,最大回流比为100%,此时回流液中硝态氮被充分反硝化,减少了对聚磷菌的抑制,使聚磷菌在厌氧条件下充分释磷,以便于好氧池中吸磷更彻底。同时,MBR膜池中高污泥浓度的混合液与厌氧-好氧环境交替,使聚磷菌更易得到富集,除磷效果优于传统生物除磷工艺^[3-4]。

④ 扩容工程节地、节能。A/A/O微曝氧化沟回流充分,曝气均匀,MBR膜池代替了传统二沉池和过滤设备,工艺流程大为缩短,MBR段采用双层平板膜,大大节约用地,膜擦洗空气量水气比仅为1:7.7,运行电耗更低^[5],节省投资。

5 运行效果

本提标扩容工程2019年4月—6月的运行数据见表2。可见,改造后出水水质稳定,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN和SS去除效果显著,满足出水水质要求。

表2 提标扩容后系统运行数据

Tab.2 Operational data after upgrading and expansion

| 项 目 | COD | BOD ₅ | SS | TP | NH ₃ -N | TN |
|-----------------------------|----------|------------------|---------|-----------|--------------------|------------|
| 进水水质/(mg·L ⁻¹) | 55~105 | 15.5~34 | 40~110 | 1.02~1.49 | 7.97~11.58 | 15.38~19.8 |
| 进水平均值/(mg·L ⁻¹) | 77.98 | 23.72 | 76.19 | 1.32 | 9.70 | 17.73 |
| 出水水质/(mg·L ⁻¹) | 4.0~20.0 | 1.2~9.8 | 2.0~8.0 | 0.04~0.45 | 0.1~2.58 | 6.31~12.15 |
| 出水平均值/(mg·L ⁻¹) | 9.04 | 3.35 | 4.13 | 0.33 | 0.54 | 8.90 |
| 平均去除率/% | 88.2 | 85.5 | 94.6 | 74.9 | 94.8 | 49.9 |

6 项目运行经济分析

污水厂提标扩容工程总投资为21 600.16万元,总造价指标为1 440.01元/(m³·d⁻¹),处理水量为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中提标改造 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,吨水经营成本为0.228元/m³;扩容工程 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,吨水经营成本为0.777元/m³。污水厂远期总规模为 $18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,总占地面积为20 391.3 m²,吨水占地面积0.113 m²/m³。

7 结语

潮州某污水处理厂提标扩容工程出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)中第二时段一级排放标准中较

严值。提标改造工程在原A/O机械曝气氧化沟基础上新增曝气生物滤池+反硝化深床滤池深度处理工艺,扩容工程采用A/A/O-MBR+紫外消毒处理工艺,实现了不征地不停产扩容提标改造。实际运行效果良好,出水水质稳定达标。

参考文献:

- [1] 李采芳,杨丹,王志刚. A/O+高效沉淀+深床滤池用于污水厂提标扩建[J]. 中国给水排水,2018,34(16): 88-92.
- Li Caifang, Yang Dan, Wang Zhigang. Application of A/O, high efficiency sedimentation tank, denitrification deep-bed filter process in upgrading and expansion of WWTP[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(16):

- 88-92(in Chinese).
- [2] 高伟楠,纪海霞,程树辉,等. MBR 与 MBBR + 磁混凝技术路线比较与工程实践[J]. 中国给水排水,2019,35(8):63-67.
- Gao Weinan, Ji Haixia, Cheng Shuhui, *et al.* Comparison and engineering practice of technology route between MBR and MBBR + magnetic coagulation [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(8): 63-67 (in Chinese).
- [3] 华佳,柏双友,张军,等. A²/OA - MBR 工艺在污水处理厂扩建设计中的应用[J]. 给水排水,2018,44(5):31-36.
- Hua Jia, Bo Shuangyou, Zhang Jun, *et al.* Application of A²/OA - MBR process in expansion design of a wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(5): 31-36 (in Chinese).
- [4] 高飞亚,李金河. Bardenpho + MBR 工艺用于污水处理厂的升级改造[J]. 中国给水排水,2019,35(6):99-101.
- Gao Feiya, Li Jinhe. Application of Bardenpho and MBR process in the upgrading and reconstruction of a WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(6): 99-101 (in Chinese).

- [5] 谢荣焕. 平板膜与中空纤维膜 MBR 系统的对比研究[J]. 低碳世界,2019,9(7):3-5.

Xie Ronghuan. Comparative study of flat membrane and hollow fiber membrane in MBR system [J]. Low Carbon World, 2019, 9(7): 3-5 (in Chinese).



作者简介:杨登(1992-),女,湖南邵阳人,硕士,助理工程师,主要从事市政污水处理设计工作。

E-mail: 1823810946@qq.com

收稿日期:2020-01-08

(上接第 99 页)

- colonising laboratory scale and operational drinking water distribution systems [J]. Environ Sci Technol, 2018, 52(5): 2549-2557.
- [26] Morgan M J, Halstrom S, Wylie J T, *et al.* Characterization of a drinking water distribution pipeline terminally colonized by *Naegleria fowleri* [J]. Environ Sci Technol, 2016, 50(6): 2890-2898.
- [27] Miller H C, Morgan M J, Wylie J T, *et al.* Elimination of *Naegleria fowleri* from bulk water and biofilm in an operational drinking water distribution system [J]. Water Res, 2017, 110: 15-26.
- [28] Wang H, Hu C, Zhang S, *et al.* Effects of O₃/Cl₂ disinfection on corrosion and opportunistic pathogens growth in drinking water distribution systems [J]. J Environ Sci, 2018, 73(11): 42-50.
- [29] Fouque E, Héchard Y, Hartemann P, *et al.* Sensitivity of *Vermamoeba (Hartmannella) vermiformis* cysts to conventional disinfectants and protease [J]. Water Health, 2015, 13(2): 302.
- [30] Wang H, Edwards M A, Falkinham J O, *et al.* Probiotic

approach to pathogen control in premise plumbing systems? A review [J]. Environ Sci Technol, 2013, 47(18): 10117-10128.



作者简介:胡宇星(1995-),男,湖北荆州人,博士研究生,研究方向为饮用水微生物。

E-mail: yuxinghu@tongji.edu.cn

收稿日期:2019-05-30