

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.18.015

# MBR 工艺用于山东省某污水处理厂扩建工程

郑 枫<sup>1</sup>, 慕 杨<sup>2</sup>, 孙 逊<sup>2</sup>

(1. 山东职业学校 城市轨道交通机电教研室, 山东 济南 250104; 2. 济南市市政工程  
设计研究院<集团>有限责任公司, 山东 济南 250002)

**摘 要:** 山东某污水处理厂现有设计规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用氧化沟形式的 AAO + 纤维束过滤工艺, 出水达到一级 A 排放标准。扩建工程规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 占地面积  $4 \text{ hm}^2$ , 设计出水  $\text{COD} \leq 45 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N} \leq 2(3.5) \text{ mg/L}$ ,  $\text{TP} \leq 0.4 \text{ mg/L}$ , 其余指标需达到一级 A 标准。基于扩建工程占地面积小、出水标准高, 设计采用预处理 + AAO + MBR + 紫外线消毒工艺, 辅以化学除磷、投加碳源等措施, 且厂区采用整体式布置, 以节省占地。工程建成后, 运行效果稳定, 出水  $\text{BOD}_5$ 、 $\text{COD}$ 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 $\text{SS}$ 、 $\text{TN}$ 、 $\text{TP}$  平均值分别为 2.2、11.7、0.3、4.1、9.6、0.12  $\text{mg/L}$ , 均优于设计标准。

**关键词:** 污水处理厂; 升级扩建; AAO 工艺; MBR 工艺

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)18-0081-04

## MBR Process Used in Expansion Project of a Sewage Treatment Plant in Shandong Province

ZHENG Feng<sup>1</sup>, MU Yang<sup>2</sup>, SUN Xun<sup>2</sup>

(1. Department of Urban Rail Transit Station, Shandong Polytechnic University, Jinan 250104, China; 2. Jinan Municipal Engineering Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Jinan 250002, China)

**Abstract:** The existing design scale of a sewage treatment plant in Shandong is  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , using AAO in the form of oxidation ditch + fiber bundle filtration process. The effluent reached the first class A level criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). The scale of the expansion project is  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , covering an area of  $4 \text{ hm}^2$ . The designed effluent  $\text{COD} \leq 45 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N} \leq 2(3.5) \text{ mg/L}$ ,  $\text{TP} \leq 0.4 \text{ mg/L}$ , and the other indicators should reach the first class A level of GB 18918-2002. Based on the small footprint of the expansion project and high water discharge standards, the design adopted pretreatment + AAO + MBR + ultraviolet disinfection process, and supplemented by measures such as chemical phosphorus removal and carbon source addition. And the plant area adopted an overall layout to save land. After the project was completed, the operation effect was stable. The average values of  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N}$ ,  $\text{SS}$ ,  $\text{TN}$  and  $\text{TP}$  of effluent water were 2.2  $\text{mg/L}$ , 11.7  $\text{mg/L}$ , 0.3  $\text{mg/L}$ , 4.1  $\text{mg/L}$ , 9.6  $\text{mg/L}$  and 0.12  $\text{mg/L}$ , respectively. All were better than design standards.

**Key words:** sewage treatment plant; upgrading and expansion; AAO process; MBR process

山东省某污水处理厂始建于2001年,设计处理规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,采用氧化沟形式的 AAO + 纤维束过滤工艺,出水水质达到一级 A 标准,要求脱

水后污泥含水率  $< 65\%$ 。随着服务片区人口、经济的快速增长,污水量也在不断增加,实际运行水量达到  $(18 \sim 20) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,已接近满负荷运行。另外,

排放标准及要求也不断提高,亟需对污水厂进行扩建。经论证,扩建规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 规划用地面积  $4 \text{ hm}^2$ , 紧邻原污水处理厂。由于本扩建工程占地面积小、出水标准高, 因此须对工艺进行充分论证, 采用先进可靠的工艺, 确保污水厂能够稳定高效运行。

### 1 设计水质

扩建工程设计规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据《济南市人民政府关于我市小清河流域执行水污染物区域排放限值的通知》(济政办字[2017]30号)文件要求, 规定本工程出水氨氮  $\leq 2(3.5) \text{ mg/L}$ , TP  $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ ; 根据《济南市人民政府办公厅关于提高部分排污企业水污染物排放执行标准的通知》(济政办字[2011]49号)文件要求, 本工程出水 COD  $\leq 45 \text{ mg/L}$ , 其他主要出水污染物指标 BOD<sub>5</sub>、SS、TN 仍执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

结合近年来原污水处理厂的实际进水水质确定

扩建工程设计进水水质。具体设计水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L <sup>-1</sup>						
项目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	TN	NH <sub>3</sub> - N	TP
进水	220	450	400	60	50	7
出水	10	45	10	15	2(3.5)	0.4

### 2 工艺流程

由于本工程要求出水 COD  $\leq 45 \text{ mg/L}$ , 氨氮  $\leq 2(3.5) \text{ mg/L}$ , TP  $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ , 需要采用脱氮除磷二级处理工艺, 同时考虑投加除磷药剂和碳源, 由于用地紧张, 考虑选用膜处理工艺, 最终确定采用 AAO + MBR 工艺。

AAO + MBR 工艺出水水质优良, 脱氮除磷效果好, 且能够取代沉淀池等泥水分离设施, 减少占地, 对水量变化抗冲击负荷能力强, 另外, 膜组件单元化、模块化、标准化, 适应性强, 更符合本工程需要。具体工艺流程见图1。

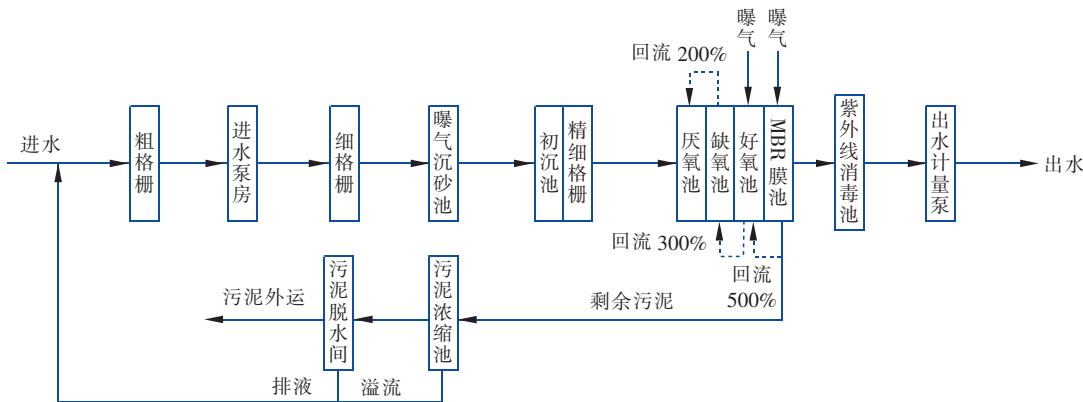


图1 扩建工程工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of expansion project

### 3 工程特点

工程建设用地  $4 \text{ hm}^2$ , 将厂区初沉池、AAO 反应池、膜池以及加药间、鼓风机房、变配电室布置成一个整体, 且初沉池、AAO 反应池全密封设计, 上部进行绿化, 营造厂区整体优美的环境。

AAO 反应池好氧池分 5 个廊道, 最后一个廊道增设搅拌机, 运行中可以采用 AAOA 方式运行。

MBR 膜更换时可逐个更换膜组件, 且由于是扩建工程, 整个厂规模为  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 膜更换时不影响整个厂区运行。

采用精确曝气以利于节约能耗。

### 4 主要构筑物设计

#### 4.1 粗格栅及进水泵房

粗格栅与进水泵房合建, 选用回转式格栅 2 套, 格栅渠道宽度  $1800 \text{ mm}$ , 栅条间隙  $20 \text{ mm}$ , 设备功率  $1.5 \text{ kW}$ ; 配有水平皮带输送机 1 套, 设备功率  $1.5 \text{ kW}$ ; 进水泵房为地下式钢筋混凝土矩形集水池, 选用可提升式不堵塞潜水污水泵 5 台, 变频, 单台  $Q = 1355 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 160 \text{ kPa}$ ,  $N = 90 \text{ kW}$ 。

#### 4.2 细格栅及曝气沉砂池

选用回转式机械细格栅 3 套, 格栅渠道宽度  $1800 \text{ mm}$ , 栅条间隙  $5 \text{ mm}$ , 设备功率  $1.5 \text{ kW}$ ; 配有

螺旋输送压榨一体机 1 套,设备功率 1.5 kW。

曝气沉砂池 1 座 2 池,单池宽 2.9 m,有效水深 2.6 m,水力停留时间 5 min。桥式吸砂机 1 套,配有 2 台吸砂泵;砂水分离器 1 套;罗茨鼓风机 2 台。

#### 4.3 初沉池及精细格栅

根据实际运行数据,进水 SS 较高,有时高达 400 mg/L,设置初沉池以降低高浓度悬浮物对后续生化处理的影响。初沉池与 AAO 反应池合建,4 池,单池尺寸 8 m × 50 m,采用非金属链条刮泥机;精细格栅采用内径流孔板格栅 4 套,格栅宽度 1 800 mm,栅条间隙 1 mm,功率 2.2 kW,附中压多级离心冲洗泵 4 台。

#### 4.4 AAO 和膜池

AAO 反应池 1 座 2 序列,厌氧池、缺氧池、好氧池停留时间分别为 1.66、6.55、8.17 h,好氧池最后一个廊道内设置搅拌器,既可作为好氧段也可作为后置缺氧段。膜池至好氧池回流比为 500%,好氧池至缺氧池回流比为 300%,缺氧池至厌氧池回流比为 200%。设计好氧池内污泥浓度为 6 g/L,污泥负荷为 0.06 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS · d),泥龄 14 d。

MBR 膜池平均膜通量为 24.1 L/(m<sup>2</sup> · h),最大膜通量为 31.3 L/(m<sup>2</sup> · h);膜孔径 0.03 μm,膜箱 96 组,单组膜箱膜数量为 44 片,选用透水性能好、膜机械强度优异、膜化学稳定性强的 PVDF 中空纤维带衬膜;膜池 12 格,每格设置 8 个膜箱,布置 12 台变频产水泵,  $Q = 548 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 100 \text{ kPa}$ ,  $N = 18.5 \text{ kW}$ ;安装 CIP 泵 2 台,通过变频控制实现对膜池的自动清洗;安装剩余污泥泵 2 台,  $Q = 250 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 150 \text{ kPa}$ ,  $N = 7.5 \text{ kW}$ 。

污水厂进水 BOD<sub>5</sub>/TN 平均值为 2.78,因此需要投加碳源以满足反硝化菌需要,本工程采用乙酸

钠作为辅助外加碳源。

#### 4.5 加药间及紫外线消毒渠

在膜池一侧新建加药间,尺寸为 29 m × 17.45 m,配有用于膜清洗的次氯酸钠和柠檬酸投加系统、用于除磷的三氯化铁投加系统<sup>[1-2]</sup>及碳源投加系统各 1 套。碳源采用乙酸钠,投加在缺氧池。

新建紫外线消毒渠,安装紫外线模块 30 个,共 240 根灯管,设备功率 90 kW。

#### 4.6 鼓风机房

鼓风机房内设置 8 台风机,其中 4 台为磁悬浮风机,风量 160 m<sup>3</sup>/min,风压 80 kPa,280 kW,用于生物处理;4 台为空气悬浮风机,风量 117 m<sup>3</sup>/min,风压 40 kPa,131 kW,用于膜吹扫。

#### 4.7 除臭设计

本工程预处理部分建在室内,污水处理构筑物采用全封闭结构。综合比较后选用生物滤池除臭<sup>[3]</sup>,为一体化生物滤池设备。除臭区域的臭气处理量为 90 400 m<sup>3</sup>/h,设计风量为 90 000 m<sup>3</sup>/h,安装离心风机 2 台,风量为 45 000 m<sup>3</sup>/h,  $P = 2\ 200 \text{ Pa}$ ;安装循环水泵 1 台,  $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 400 \text{ kPa}$ ;安装喷淋水泵 1 台,  $Q = 6 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 400 \text{ kPa}$ 。

#### 4.8 污泥处理

本工程污泥处理选择污泥浓缩池 + 高压隔膜压滤机方案,经过浓缩池处理后,进泥含水率 < 98%,经压滤脱水后含水率 < 65%,随后将脱水后的污泥送至肥料厂进行堆肥处置。污泥处理部分全厂统一实施。

### 5 运行效果

该扩建工程于 2018 年底完成,2019 年调试运行,全年的实际进、出水水质见表 2。可见,出水水质远优于设计标准。

表 2 实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

项 目	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	NH <sub>3</sub> - N	TN	TP
进水/(mg · L <sup>-1</sup> )	82.60 ~ 108.00	273.0 ~ 359.0	204.0 ~ 465.0	29.34 ~ 46.70	40.50 ~ 56.80	5.05 ~ 7.70
出水/(mg · L <sup>-1</sup> )	2.05 ~ 2.44	10.0 ~ 16.0	4.0 ~ 5.0	0.21 ~ 0.48	8.25 ~ 10.50	0.06 ~ 0.18
出水均值/(mg · L <sup>-1</sup> )	2.2	11.7	4.1	0.3	9.6	0.12
平均去除率/%	97.7	96.4	98.8	99.2	80.0	98.3
设计出水限值/(mg · L <sup>-1</sup> )	10	45	10	2(3.5)	15	0.4

### 6 工程投资和运行成本

项目总投资为 53 575.23 万元,其中工程直接费用为 37 836.21 万元。运行电耗约为 0.46

kW · h/m<sup>3</sup>,药剂费为 0.30 元/m<sup>3</sup>,其中碳源投加费用为 0.20 元/m<sup>3</sup> 左右。运行总成本为 2.01 元/m<sup>3</sup>,经营成本为 1.15 元/m<sup>3</sup>。

## 7 结语

基于排放标准高、规划用地少,扩建工程设计采用预处理+AAO+MBR+紫外线消毒工艺。工程运行稳定,出水水质在满足一级A标准的基础上,还满足地方相关要求,显著改善了当地水环境质量。

## 参考文献:

- [1] 金虎,田敏,赵文钊,等. 化学强化除磷对污水厂A<sup>2</sup>/O工艺生物除磷的影响[J]. 中国给水排水,2019,35(23):1-5.  
Jin Hu, Tian Min, Zhao Wenzhao, et al. Effect of chemical enhanced phosphorus removal on biological phosphorus removal of A<sup>2</sup>/O process in wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(23): 1-5 (in Chinese).
- [2] 高颖,袁林江,吕景花. 铁盐化学除磷对活性污泥生物除磷系统的影响[J]. 环境工程学报,2016,10(10):5366-5372.  
Gao Ying, Yuan Linjiang, Lü Jinghua. Effects of simultaneous chemical phosphorus precipitation on the biological phosphorus removal in activated sludge system by ferric chloride [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2016, 10(10): 5366-5372 (in Chinese).

- [3] 谢未,丁静,王阳. 生物滤池去除污水厂臭气的研究[J]. 环境科学与管理,2017,42(1):91-93.

Xie Wei, Ding Jing, Wang Yang. Odor removal methods using biofilter [J]. Environmental Science and Management, 2017, 42(1): 91-93 (in Chinese).



作者简介:郑枫(1973-),女,江苏徐州人,工程硕士,高工,副教授,研究方向为建筑设备节能技术与应用等,获得国家法律职业资格证书及注册暖通设备师资格证。

E-mail:595191807@qq.com

收稿日期:2020-03-17

(上接第80页)

wastewater from hazardous waste disposal site by air flotation/reduction neutralization/flocculation sedimentation/MBR/activated carbon filtration process [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(12): 86-88, 92 (in Chinese).

- [4] 王红丽,丁西明. 危险废物综合处置场污水处理工艺设计[J]. 环境卫生工程,2017,25(2):33-36.  
Wang Hongli, Ding Ximing. Process design of wastewater treatment in the hazardous waste comprehensive disposal site [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2017, 25(2): 33-36 (in Chinese).
- [5] 赵庆. 危险废物处理处置中的废水处理设计[J]. 有色冶金设计与研究,2014,35(3):47-49.  
Zhao Qing. Design on wastewater treatment in a hazardous waste disposal [J]. Nonferrous Metals Engineering & Research, 2014, 35(3): 47-49 (in Chinese).



作者简介:王凯(1976-),男,湖南株洲人,本科,高级工程师,副总经理,化工行业环境治理专业委员会副主任委员,青岛市固废与土壤专家,主要从事危险废物和医疗废物运行管理工作。

E-mail:dreamwk123456789@163.com

收稿日期:2020-07-15