

MBR + 臭氧催化氧化工艺处理光伏电池废水工程实例

刘增军¹, 李永勤²

(1. 山东省城建设计院, 山东 济南 250021; 2. 济南城建集团有限公司, 山东 济南 250031)

摘要: 江苏省某工业园区光伏电池厂废水处理工程设计规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中光伏电池厂预处理废水为 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 生活污水为 $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。该工程采用 A/O + MBR + 臭氧催化氧化处理工艺, 对工艺流程、工艺特点和工程设计参数进行了介绍。自 2018 年 8 月正式运行以来, 处理效果良好, 出水水质达到一级 A 标准。

关键词: 工业园区; 光伏电池废水; 预处理; MBR 工艺; 臭氧催化氧化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)06-0088-04

Project Case of MBR and Ozone Catalytic Oxidation Process for Treating Photovoltaic Cell Wastewater

LIU Zeng-jun¹, LI Yong-qin²

(1. Shandong Urban Construction Design Institute, Jinan 250021, China; 2. Jinan Urban Construction Group Co. Ltd., Jinan 250031, China)

Abstract: The design capacity of photovoltaic cell wastewater treatment project in an industrial park in Jiangsu Province is $15\,000 \text{ m}^3/\text{d}$, including $12\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ of pretreatment wastewater and $3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ of domestic sewage. The effluent should reach the first level A criteria in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The combined process of A/O, MBR and ozone catalytic oxidation was adopted. Details, characteristics and design parameters of each process unit were elaborated. Since formal operation in August 2018, the process has gained good treatment effect, and the effluent quality have achieved the first level A criteria.

Key words: industrial park; photovoltaic cell wastewater; pretreatment; MBR; ozone catalytic oxidation

1 工程概况

江苏省某工业园区现有污水处理厂 1 座, 远期设计规模为 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 近期设计规模为 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 实际进水量为 $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 且主要为生活污水。近几年来随着工业园区的快速发展, 新型工业企业不断加入, 园区污水量不断增加, 尤其是新进 5 GW 光伏电池项目废水排放量达到 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该废水经企业内部预处理后, 达到《电池工业污染物排放标准》(GB 30484—2013)。据此确定园区污水处理厂扩建规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 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 排放标准。

2 进、出水水质及工艺选择

该工程设计规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其中光伏电池废水 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 生活污水 $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 光伏电池废水经厂区预处理后, 达到《电池工业污染物排放标准》(GB 30484—2013), 生活污水指标按照《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015), 两者加权平均确定进水水质。设计进、出水水质见表 1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值
进水	220	50	150	35	40	3	6.0~9.0
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5	6.0~9.0

由表1可以看出,该工程污染物去除重点是COD和TN。扩建前、后工艺流程分别见图1、2。

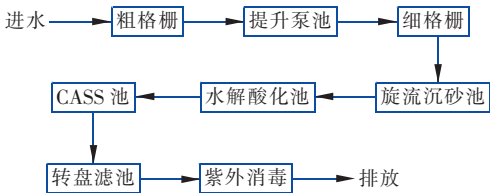


图1 一期污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of phase I wastewater treatment process

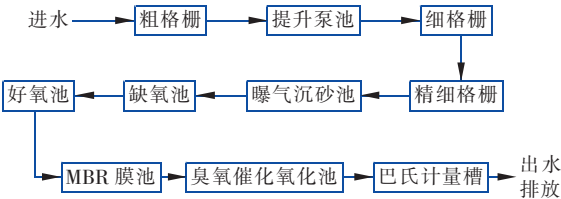


图2 改造后污水处理工艺流程

Fig. 2 Flow chart of wastewater treatment process after transformation

工艺选择分析如下:

① 现状生化池按照 $5\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模设计,水力停留时间(HRT)不满足要求,需扩建生化池;又因为现状用地紧张,扩建受到限制,故考虑通过增加生化池污泥浓度来提高生化处理效率,减少扩建容积。

② 经过预处理的光伏电池废水 BOD_5 含量较低,剩余COD难降解,通过常规二级生化处理很难达标,故需增设高级氧化处理工艺进一步去除COD。臭氧催化氧化工艺在工业园区污水厂的应用已较为广泛,在天津市张贵庄污水厂提标改造中也取得了较好的效果^[1],因此该工程拟选择氧化性强、副产物少的臭氧催化氧化工艺。

③ 因为 BOD_5 含量低导致进水碳氮比值较低,难以进行反硝化^[2],需额外投加碳源。考虑选择25%的乙酸钠溶液作为外加碳源。

④ 由于工程周围已无扩建用地,故需在充分

利用现状构筑物的基础上,在保证出水效果的前提下,尽量选择占地面积小的处理工艺。考虑选择MBR工艺。

3 主要构筑物及设计参数

3.1 二级生化处理

① 缺氧池A段(原水解酸化池改造)

改造内容:原有水解酸化池共分24格,水流上下往复。此次将其改造为缺氧池,同时单格流向为上向流的池体拆除原有填料设施,增加搅拌机以防止沉泥。缺氧池主要功能是抑制丝状菌生长,防止污泥膨胀,完成反硝化脱氮。

设计尺寸: $L \times B \times H = 28\text{ m} \times 15\text{ m} \times 5.8\text{ m}$,停留时间为3 h,MLSS为 $8\,000\text{ mg/L}$,配备双曲面螺旋搅拌机24台。

② 缺氧池B段+好氧池A段(原CASS池改造)

改造内容:将原有CASS池前端生物选择池改造为缺氧池(兼作好氧池),增设搅拌机;CASS池主反应区改为好氧池,拆除原有滗水器,利用原有出水管流至后端处理工艺。好氧池主要功能是在好氧环境下,利用微生物降解 BOD_5 及氨氮进行硝化反应,同时进行生物除磷。

缺氧池B段:1座2格,单格尺寸($L \times B \times H$)= $16.1\text{ m} \times 3.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$,停留时间为0.7 h;

好氧池A段:1座2格,单格尺寸($L \times B \times H$)= $16.1\text{ m} \times 23.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$,停留时间为5.8 h,MLSS为 $8\,000\text{ mg/L}$ 。

③ 好氧池B段+MBR池及设备间(新建)

本段工艺主要是进一步增加好氧反应时间,同时通过MBR进行泥水分离。被截留的活性污泥经过污泥回流泵回流到缺氧区和好氧区,剩余污泥由泵送至污泥脱水系统。好氧池与MBR池合建。

好氧池:筏板基础,1座2格,单格尺寸($L \times B \times H$)为 $28.2\text{ m} \times 26.5\text{ m} \times 4.7\text{ m}$,停留时间为2 h,配备200根微孔曝气管,气水比为4:1。

MBR膜池:筏板基础,1座6格,单格尺寸($L \times$

$B \times H$) 为 $12.65 \text{ m} \times 9.4 \text{ m} \times 5.7 \text{ m}$, 停留时间为 5.6 h , 配备 42 套膜组件, 单套平均产水量 $17.4 \text{ m}^3/\text{h}$, 膜池内气水比为 $10:1$ 。

④ 乙酸钠投加系统

本系统主要为生化池脱氮提供碳源, 碳源采用乙酸钠溶液(25%), 设计投加量为 240 mg/L 。

3.2 三级深度处理

① 臭氧催化氧化池 + 循环泵房

本工艺段主要将臭氧与污水充分混合, 利用池内含稀有金属的催化填料的催化作用产生羟基自由基, 通过其强氧化作用, 进一步去除污水中难降解有机物。

臭氧催化氧化池尺寸($B \times L \times H$)为 $10.35 \text{ m} \times 6.0 \text{ m} \times 6.0 \text{ m}$, 停留时间为 1.3 h , 循环泵房配备流

量为 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 、功率为 22 kW 、扬程为 240 kPa 的卧式离心泵 5 台(4 用 1 备)。

② 臭氧发生间

本工艺段主要为臭氧催化氧化池提供臭氧, 总尺寸为 $18.2 \text{ m} \times 10.2 \text{ m}$, 高为 5.10 m , 臭氧投加量为 70 mg/L , 配备臭氧发生量为 22 kg/h 、 $N=154 \text{ kW}$ 的臭氧发生器 3 台(2 用 1 备)。

4 运行效果及技术经济分析

4.1 运行效果

该工程于 2017 年 10 月 1 日开工, 2018 年 8 月 18 日完成竣工验收, 2018 年 8 月开始调试及试运行, 采用 24 h 连续运行。

2018 年 9 月—2019 年 1 月的运行监测数据如表 2 所示。

表 2 实际进、出水水质水量

Tab. 2 Actual influent and effluent quality and quantity

项目	进水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
		进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2018 年 9 月	7 255	104.2	37.1	10.3	4.1	6.6	1.5	10.5	6.4	0.8	0.3	13	1
2018 年 10 月	6 410	104.6	39.1	10.3	4.1	9.6	1.7	12.5	7.4	1.2	0.3	14	1
2018 年 11 月	8 880	95.5	40.7	10.3	4.1	10.6	3.1	15.5	11.0	1.2	0.4	12	1
2018 年 12 月	8 300	92.3	43.0	9.9	4.0	11.3	2.0	15.5	12.3	0.8	0.2	21	5
2019 年 1 月	8 622	53.5	29.4	12.0	5.0	9.8	2.1	15.0	8.6	1.3	0.2	22	7

由表 2 可以看出, 2018 年进水量接近 $9\,000 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准, 目前已通过相关部门验收。

4.2 工程投资及运行费用

该工程总投资为 $4\,988.68$ 万元, 总成本为 7.05 元/ m^3 , 电耗为 $0.72 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。

5 技术特色

① 原工程占地规模为远期 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 此次改造在进水规模增大 $5\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的情况下, 通过合理选择处理工艺, 有效减少了占地面积, 基本不增加占地。

② 原工程的水解酸化 + CASS 工艺主要处理生活污水, 此次改造最大限度地利用原有处理构筑物。由于进水总氮、氨氮浓度较高, 因此将水解酸化池改造为缺氧池, CASS 池前段生物选择池设为兼氧池, CASS 池改造为好氧池, 形成缺氧—好氧工艺, 同时硝化液从 MBR 膜池按照 400% 回流, 最大限度地

提高了脱氮效率, 保证了出水水质达标。

③ 进水 80% 为光伏电池厂预处理出水, 含难降解 COD 较多, 在前段生化处理去除率不高的情况下, 深度处理采用臭氧催化氧化, 通过羟基自由基作用进行强氧化, 进一步去除难降解 COD, 保证出水水质达标。

④ 采用大流量低扬程的轴流泵进行混合液回流, 充分减少硝化液回流的动力消耗。

6 结论

① 工业园区污水厂扩建改造工程采用 A/O + MBR 工艺, 提高了系统的脱氮除磷能力, 确保出水氮、磷以及悬浮物等指标达到 GB 18918—2002 的一级 A 标准。

② 深度处理采用臭氧催化氧化技术, 进一步去除难降解 COD, 保证出水水质满足要求。

③ 经过了半年的运行实践, 证明工艺成熟、处理效果稳定, 而且操作灵活、运行可靠, 可为类似废水处理工程提供借鉴。

(下转第 96 页)