

气浮 -AAO-MBR 工艺处理制药废水

刘松山

上海百硕环保科技有限公司, 中国·上海 201799

摘要: 论文分析和总结了气浮 -AAO-MBR 工艺在处理上海某制药废水中的应用情况。项目运行结果表明, 该工艺可有效去除废水中的污染物质, 出水能够达到地方排放标准以及厂内要求。项目运行一年以来, 废水站出水各月平均 COD、氨氮、总氮基本维持在 100mg/L、10mg/L、20mg/L 以下, 出水水质平稳。MBR 工艺占地面积小, 能有效截留微生物菌种, 有较强的适应性。

关键词: 制药废水; 气浮; AAO 工艺; MBR

Pharmaceutical Wastewater Treatment Using Air Flotation-AAO-MBR Process

Songshan Liu

Shanghai Baishuo Environmental Protection Co., Ltd., Shanghai, 201799, China

Abstract: This paper analyzes and summarizes the application of the air- flotation- AAO-MBR process in treating the pharmaceutical wastewater of a certain pharmaceutical factory in Shanghai. The operation results of the project shows that this process can effectively remove pollutants in the wastewater, and the effluent can meet the local discharge standards and the requirements of the factory. Since the project has been in operation for one year, the monthly average COD, ammonia-nitrogen, and total nitrogen in the effluent of the wastewater treatment station have basically remained below 100 mg/L, 10 mg/L, and 20 mg/L respectively, and the effluent quality is stable. The MBR process has a small footprint, can effectively intercept microbial strains, and has strong adaptability.

Keywords: pharmaceutical wastewater; air flotation; AAO process; MBR

0 前言

目前, 中国制药企业废水主要是以中药提取废水、化学制药废水、抗生素类废水为典型^[1], 制药企业的废水整体呈现组成复杂、有机污染物种类多、浓度高等特点。制药企业的废水处理常用的工艺方法主要包括物化法、化学法、生化法以及多种组合工艺, 具体可根据制药企业的废水类型及其废水特点, 选择不同的污水处理工艺。

卢国丹^[2]在《浅谈制药废水处理技术及发展》一文中深入分析制药废水的技术有混凝法、活性炭法、生物膜技术、超声波技术、微波技术等。王友^[3]从比较了气浮+微电解+芬顿+A/O 工艺和 ABR+A/O+MBR 工艺两个制药废水的常用工艺的应用情况, 指出两种工艺在制药废水处理中的应用效果较好, 能够对大部分制药废水进行有效处理, 并使出水水质达到国家规范要求的排放标准。

徐锋^[4]介绍了使用气浮-复式兼氧-MBR 工艺处理浙江某生物制药公司制药废水的设计和运行情况, 工程实践表明, 该工艺可使出水水质达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。相比现有其他处理工艺, 该项目具有工艺流程简单、运行维护便利、投资较少、占地小、能耗较低等优势。陈辉等^[5]研究了气浮+A²O+MBR 工艺在浙江某制药股份有限公司制药生产废水中的可行性, 运行结果表明,

COD_{Cr} 去除率达 92% 以上, BOD₅ 去除率达 95% 以上, 氨氮去除率达 85% 以上, 总磷去除率达 89% 以上, 且 MBR 出水浊度小, 跨膜压差低, 系统运行稳定。

上海某制药企业因项目扩产, 需对原废水站进行扩建改造, 经过调研和比较, 工艺由原来的“SBR+气浮”工艺改变为“气浮+AAO+MBR”工艺, 改造后系统运行更加方便、平稳。论文介绍了该项目的设计和运行情况, 以期同类废水的处理提供参考。

1 废水水量、水质

该项目最大废水设计水量为 150m³/d, 包括化学合成药废水、胶囊药废水, 生活污水。甲方计划废水处理系统白天运行, 因此 MBR 系统按照 15m³/h 设计。进出水水质要求见表 1, 出水环评要求达到地方排放标准, 同时企业还设定了厂内要求。

表 1 废水处理站设计进出水水质情况表

相关指标	pH	COD _{Cr} (mg/L)	氨氮 (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	SS (mg/L)
进水浓度	5~7	2200	90	120	20	500
标准要求	6~9	500	45	70	8	400
厂内要求	6~9	150	15	35	6	50

2 废水处理工程

2.1 处理工艺选择

胶囊废水中含有少量油脂,利用隔油池去除一部分油脂,废水经过预处理后和其他废水在调节池内均质均量。废水呈现弱酸性,同时含有一些悬浮物,后续设置气浮池,在气浮池中设置氢氧化钠、PAC、PAM 加药系统,对来水的 pH 进行调整,同时去除废水中的悬浮物和残留的乳化油。接着废水提升至水解池中,利用水解发酵细菌的作用将水中的大分子有机物降解成小分子物质,提升废水的可生化性。而后废水排入后续的缺氧池、好氧池及 MBR 池中,利用微生物降解水中的有机物,并设置回流泵,实现硝化反硝化,去除水中的氨氮、总氮。最后经 MBR 实现水和污泥的分离,

完成废水的净化。

2.2 工艺流程

废水处理站改造后工艺流程图见图 1。

2.3 主要构筑物及设备参数

2.3.1 集水池

集水池一座,与隔油池合建,尺寸为 $5.4\text{m} \times 1.0\text{m} \times 3.0\text{m}$,地下钢筋混凝土结构。配置人工格栅一套;提升泵两台, 1.5kW , 互用互备。

2.3.2 调节池

调节池一座,尺寸为 $5.4\text{m} \times 3.9\text{m} \times 3.0\text{m}$,地下钢筋混凝土结构。配置提升泵两台, 1.1kW , 互用互备;穿孔曝气器一套。调节池总容积为 63m^3 ,为原有水池改造利用。

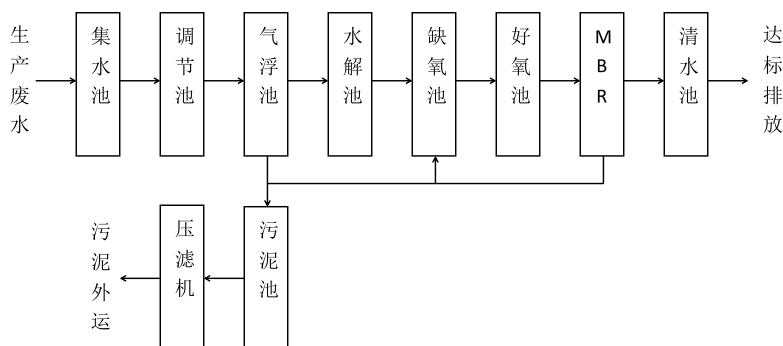


图 1 废水处理站改造后工艺流程图

2.3.3 气浮池

设计水量为 $15\text{m}^3/\text{h}$,地上碳钢防腐材质,外形尺寸为 $5\text{m} \times 1.2\text{m} \times 2.1\text{m}$,含反应区及污泥储存池,有效水深 1.9m ,HRT 为 0.5h ,表面负荷 $3.5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。配溶气系统一套;刮泥系统一套,装机功率为 7.25kW 。气浮池同时配备氢氧化钠、PAC、PAM 加药系统各一套,以及在线 pH 系统一套,可以实时调节进水 pH 在一定的范围内。

2.3.4 水解池

水解池一座,尺寸为 $3.6\text{m} \times 3.6\text{m} \times 4.5\text{m}$,地上钢筋混凝土结构,原有水池改造利用。配置潜水搅拌机一台,组合式填料一套。

2.3.5 缺氧池

缺氧池一座,尺寸为 $3.6\text{m} \times 3.6\text{m} \times 4.5\text{m}$,地上钢筋混凝土结构,原有水池改造利用。配置潜水搅拌机一台,组合式填料一套。

2.3.6 好氧池

好氧池两座,好氧池一尺寸为 $5.4\text{m} \times 2.9\text{m} \times 3.0\text{m}$,地下钢筋混凝土结构,好氧池二尺寸为 $6.3\text{m} \times 4.0\text{m} \times 5.0\text{m}$,碳钢防腐材质。配备提升泵两台, 4kW , 互用互备;曝气盘 98 套,潜水式安装。

2.3.7 MBR 池

MBR 池一座,尺寸为 $4.2\text{m} \times 3.8\text{m} \times 5.0\text{m}$,碳钢防腐材质。配备液位计一套;回流泵两台, 2.2kW ;产水泵两台, 2.2kW ;反冲洗泵一台, 3kW ;MBR 在线化学清洗装置一套;电动阀三套,真空压力表一套。MBR 系统设计水量 $15\text{m}^3/\text{h}$,

配置 MBR 膜组件 4 套,膜面积共计 1872m^2 ,设计流量为 $10\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。膜元件为中空纤维帘式膜,孔径 $0.2\mu\text{m}$,膜组件自配曝气管,用于系统维持和运行时冲洗。MBR 系统运行方式为运行 8 分钟,停机 2 分钟。

2.3.8 清水池

清水池一座,尺寸为 $3.8\text{m} \times 2.1\text{m} \times 5.0\text{m}$,碳钢防腐材质。配备液位计一套;废水提升泵两台, 0.75kW ;电磁流量计一台,口径 DN50。设置清水池的目的是储存 MBR 膜的产水,为 MBR 膜反冲洗提供水源,同时清水池还作为 MBR 膜离线清洗池使用。

2.3.9 污泥池

污泥池一座,尺寸为 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m} \times 4.0\text{m}$,碳钢防腐材质。配备搅拌机一台, 3kW ;空压机一台, 2.2kW ;板框压滤机一台, 2.2kW ,过滤面积为 40m^2 。未设置污泥池 PAM 加药装置,污泥的调理采用直接添加干粉 PAM 的方式。

2.3.10 设备间

主要包括电控间、风机房。电控间配置电控柜,设置 HMI 人机交互界面。风机房配置三台罗茨风机,两台 22kW ,互备互用,一台 11kW 为原有设备保留,根据工况需要调整使用。为避免系统过度曝气影响微生物,两台 22kW 主曝气风机采用变频电机,设置了高低两个频率,系统进水时切换高频率,其他时间切换回低频率,以维持系统正常运行。

3 处理效果

该项目自 2024 年 4 月安装完毕进入调试期，2024 年 5 月稳定运行。前期废水主要为原项目废水，经过系统处理后，出水浓度很低，初期出水指标见表 2。从表 2 中可以看出，由于污水站进行了扩容，同时胶囊药废水只有少量进入，系统运行负荷很低，因此出水水质较好。MBR 系统产水量能够稳定达标，MBR 膜设计产水能力为 15m³/h，产水时实际产水能力在 20m³/h 以上，膜产水压力在 -0.02MPa 以下，为保持系统长期稳定运行，将 MBR 产水时实际产水能力设置在 18m³/h，后经时间证明，系统产水时流量能稳定维持在设定流量，MBR 能稳定运行。系统后期运行过程中虽出现膜产水压力略有升高，但经在线反冲洗后，膜产水压力能相应恢复，但系统产水能力一致能保持在设定水平。废水站运行后，污泥主要来源于物化阶段气浮污泥，污泥经过在污泥池中调理后，经板框压滤机压滤后，污泥含水率降到 80% 以下。

表 2 项目调试初期相关出水指标实际浓度

相关指标	pH	CODcr (mg/L)	氨氮 (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
出水浓度	7.8	55	0.722	3.11	ND
厂内要求	6-9	150	15	35	6

项目经过一年的运行，依然能稳定达标，废水站出水各月平均 COD、氨氮、总氮基本维持在 100mg/L、10mg/L、20mg/L 以下，能够达到厂内排水要求，见图 2。2024 年 11 月开始，出水指标略有升高，2025 年 1 月出水月均氨氮、TN 达到最高，但 2025 年 3 月份开始，氨氮、TN 又逐渐降低。废水站出水 COD 浓度也基本符合这一变化规律，2024 年 9 月出水 COD 浓度达到最低后，后续逐渐上升，2025 年 2 月月均值达到最高，后续 COD 又开始降低。经与企业沟通了解，2024 年 11 月胶囊药废水逐渐增多，同时企业实际产水 COD 浓度也短暂达到 4900mg/L，高于设计浓度，水质发生变化对系统的冲击可能是出水指标略有升高的原因。

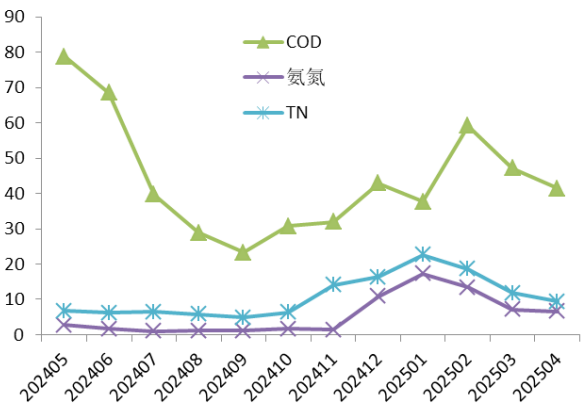


图 2 废水站出水各月平均指标情况

4 结语

①本项目表明，采用“气浮+AAO+MBR”工艺处理制药废水，可有效去除废水中的污染物质，出水能够达到地方排放标准以及厂内要求。项目运行一年以来，废水站出水各月平均 COD、氨氮、总氮基本维持在 100mg/L、10mg/L、20mg/L 以下。

② MBR 工艺相对于传统的生化沉淀工艺，不需再设置二沉池，占地面积小，能有效将微生物拦截在系统中，处理效果好，出水水质稳定。系统受进水水质波动和低温的影响较小，有较强的适应性。

参考文献：

[1] 黄胜炎.医药工业废水处理现状与发展[J].中国制药装备,2010 (5):41-50.

[2] 卢国丹.浅谈制药废水处理技术及发展[J].节能与环保,2019(9): 30-31.

[3] 王友.制药废水处理工艺技术研究[J].科学技术创新,2020(7): 155-156.

[4] 徐锋.气浮-复式兼氧-MBR工艺处理生物制药废水[J].工业用水与废水,2019,50(4):74-76.

[5] 陈辉,朱华,鲁大政,等.气浮+A2/O+MBR工艺在制药废水处理中的应用[J].资源节约与环保,2014(6):128-129.

作者简介：刘松山（1989-），男，中国河南鹿邑人，研究生，中级工程师，从事业方向水处理污染治理与控制研究。