

膜生物反应器处理毛纺废水的中试研究

郑祥, 朱小龙, 樊耀波* (中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:采用中试规模(10t/d)的厌氧-好氧膜生物反应器(A/O MBR)处理毛纺印染废水。当 HRT 为 7h, 进水 COD、BOD₅ 分别为 179 ~ 358 mg/L 和 44.8 ~ 206 mg/L, 试验系统对 COD、BOD₅、色度、浊度的平均去除率分别为 92.1%、98.4%、60.7%、98.9%, 出水水质浓度或指标值分别为 20.2 mg/L、1.6 mg/L、25 倍、0.51 NTU。出水水质指标达到建设部生活杂用水水质标准(CJ25.1-89)。A/O MBR 工艺处理毛纺印染废水技术可行、操作简单、易于管理, 可为工业规模应用提供技术参考。

关键词:膜生物反应器; 毛纺废水处理; 活性污泥

中图分类号: X791 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2001)04-04-0091

Treatment of Dying Wastewater from A Woolen Mill with A Pilot Scale Anaerobic/ Oxidic Membrane Bioreactor (A/O MBR)

Zheng Xiang, Zhu Xiaolong, Fan Yaobo (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: A pilot-scale (10t/d) anaerobic/oxidic membrane bioreactor (A/O MBR) was used for treatment of dying wastewater from a woolen mill. The results showed that when COD, BOD₅ and color in the influent was 179 ~ 358 mg/L, 44.8 ~ 206 mg/L and 50 ~ 240 dilution times (DT), the average COD, BOD₅ and color of A/O MBR effluent was 20.2 mg/L, 1.6 mg/L, 25 DT respectively. The removal of COD, BOD₅, color, turbidity was 92.1%, 98.4%, 60.7% and 98.9% respectively. Each quota of the treated water met the gray water standards (CJ25.1-89). The A/O MBR process has many advantages, such as stable performance, simple operation, easy management etc. The result of this work could be reference for the designing of industrial scale A/O MBR process for treatment of the woolen mill waste water.

Key words: MBR; dying wastewater treatment; activated sludge

膜生物反应器(membrane bioreactor, MBR)是一种水处理效率高,处理水质好的新型水处理技术,但目前国内 MBR 的研究大多集中在生活污水的处理方面,国外用于含染料工业废水的 MBR 研究也很少有报道^[1-4]。

本文以毛纺印染废水为对象,采用厌氧/好氧膜生物反应器(anaerobic/oxidic membrane bioreactor, A/O MBR)工艺,对 MBR 处理毛纺印染废水的技术可行性进行了研究。在经过小型试验获得良好效果的基础上,开展了中试研究,希望为该工艺在印染废水处理中的实际应用提供科学依据和参考。

1 材料与方法

1.1 实验装置

本研究采用的膜生物反应器实验装置由厌氧池、好氧曝气池、膜、水力循环及反冲洗自动控制等单元组成,实验规模 10 m³/d,实验装置系统示意图见图 1。

基金项目:国家“九五”科技攻关课题(96-909-05-03);中国科学院“九五”重点项目(KJ952J1026)

作者简介:郑祥(1978~),男,博士生。

收稿日期:2000-09-28

* 通讯联系人

在文中,当对实验系统整体讨论时简称 A/O MBR,当不包括厌氧池,仅对曝气池和膜单元组成的系统部分讨论时简称 MBR.

实验系统的厌氧池容积为 4.5 m^3 ,主要作用是通过水解酸化,破坏染料等有机物的分子结构,以利于后续好氧曝气池中进一步降解,达

到最终去除的目的.好氧曝气池的容积为 3.0 m^3 ,曝气池中的曝气量为 $8 \sim 15 \text{ m}^3/\text{h}$.采用中空纤维超滤膜,膜材料为聚丙烯酰胺(PAN),截割分子量 50000,由本研究中心研制.膜的总面积为 12 m^2 .

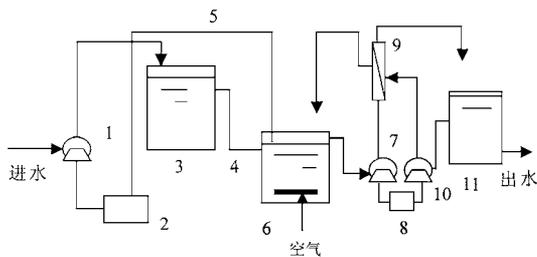
1.2 分析项目与方法

项目有 pH、温度、污泥浓度(MLSS)、溶解氧(DO)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、化学需氧量(COD)、色度、浊度等,测定方法均采用标准方法^[5].

1.3 实验废水及运行参数

实验在北京某毛纺厂污水站进行.实验废水水源取自该污水站经过 0.5 mm 筛板筛滤后的毛纺印染废水.废水组分复杂,含有染料、染色助剂、毛料漂染过程产生的各种污染物.实验废水水质情况见表 1.

实验废水处理量(Q)平均为 $10.3 \text{ m}^3/\text{d}$;好氧曝气池的 MLSS、DO、鼓气量、水温、pH 运行参数见表 2.



1. 进水泵 2. 水位控制器 3. 厌氧池 4. 溢流管 5. 水位传感器 6. 曝气池 7. 循环泵 8. 反冲洗控制器 9. 膜组件 10. 反冲泵 11. 净化水池

图 1 A/O MBR 试验装置

Fig. 1 Experimental equipment of A/O MBR

表 1 实验废水水质

Table 1 Experimental wastewater quality

温度/ $^{\circ}\text{C}$	pH	COD/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	BOD ₅ / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	氨氮/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	色度	浊度/ NTU
24 ~ 38	6.3 ~ 7.8	179 ~ 358	44.8 ~ 206	0.51 ~ 1.74	50 ~ 240	34 ~ 98

表 2 膜生物反应器曝气池的运行参数

Table 2 Operating parameters of aeration tank in MBR

统计值	温度 / $^{\circ}\text{C}$	pH	DO / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	MLSS / $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	HRT / h	Q / $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$
最大值	35	8.2	10.4	2.82	9.4	13.4
最小值	9	6.5	0.2	0.32	5.4	7.7
平均值	24.9	7.4	2.8	1.55	7	10.3

2 结果与讨论

2.1 处理效果与出水水质

A/O MBR 对毛纺印染废水的处理效果详见表 3.

A/O MBR 对 COD 的去除率平均达 92.1%,其中厌氧池单元的平均去除率为 10.5%;出水 COD 平均值为 $20.2 \text{ mg}/\text{L}$.对比实验现场废水处理车间同期 COD 去除率

42%,本系统平均高出 50%.北京市中水水质标准及建设部颁布的生活杂用水水质标准(CJ25.1-89)的 COD 浓度为 $50 \text{ mg}/\text{L}$,本系统在 120 多天的连续运行中 COD 的平均值仅为 $20.2 \text{ mg}/\text{L}$,明显优于该标准. A/O MBR 的 COD 进出水浓度变化参见图 2.

A/O MBR 对 BOD₅ 处理效果参见图 3.本实验的毛纺印染废水营养成分不协调, BOD₅: NH₃-N: P=1045: 8: 1;废水的生物可降解性能较差, BOD₅/COD 波动较大,有时小于 0.2,有时又大于 0.6.但 A/O MBR 的 BOD₅ 平均去除率达 98.6%.

废水中的染料等有机物组分多为难生物降解物,染料分子一般在好氧条件下很难破坏,色度难以去除.但有些染料分子可以在厌氧条件下水解酸化,分解为较易被好氧微生物分解的

表 3 A/O MBR 的水处理效果

Table 3 Efficiency of dyeing wastewater treatment by A/O MBR

项目		COD/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	BOD ₅ / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	浊度/NTU	NH ₃ ⁻ -N/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	色度
进水		256.5	94.8	45.65	1.05	64
出水		20.2	1.6	0.51	0.56	25
去除率/%		92.4	98.4	98.9	47	74
生活杂用水水质	城市园林绿化	50	10	10	20	30
标准 CJ25.1-89	洒水 扫除	50	10	5	10	30

小分子物质,因此,系统加入了厌氧处理单元以便提高脱色效果.结果表明:以厌氧-好氧单元为生物反应器的 MBR 有较明显的脱色效果,出水的色度一般可保持在 25 倍左右,色度的平均去除率达 60.7%,其中厌氧池的平均去除率为 33.4%.A/O MBR 的进出水色度变化参见图 4.

膜生物反应器对浊度的去除作用明显,出水的浊度均低于 0.65 NTU,出水浊度十分稳定,平均值仅为 0.51 NTU,浊度的变化曲线见图 5.

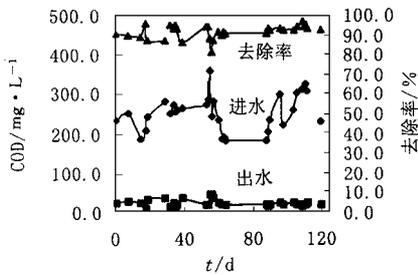


图 2 COD 的去除效果

Fig. 2 Removal efficiency of COD

2.2 MBR 的 COD 污泥负荷和容积负荷

曝气池进水的 COD 浓度为 144 ~ 361 mg/L,出水 COD 值小于 25 mg/L 时,MBR 稳定运行期的 COD 容积负荷为 0.83 ~ 2.45 kg/(m³·d),COD 污泥负荷为 0.60 ~ 1.80 kg/(kg·d).

在系统运行初期,MLSS 仅为 0.32 g/L,污泥负荷最高达 3.71 kg/(kg·d),系统出水在 15 ~ 45 mg/L 之间,系统对 COD 的平均去除率达 90%左右.系统运行 10d 后,MLSS 升到 0.9 g/

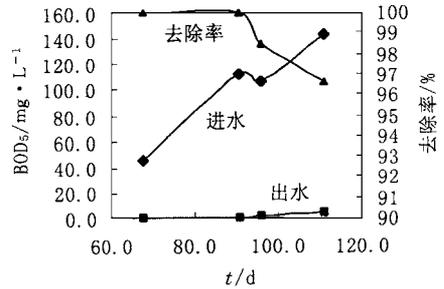
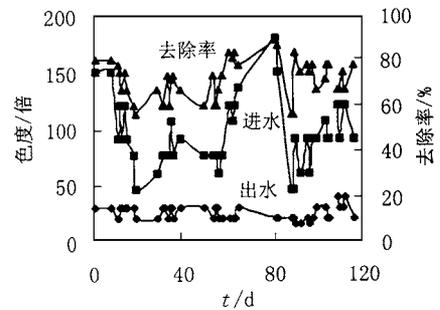
图 3 BOD₅ 的去除效果Fig. 3 Removal efficiency of BOD₅

图 4 色度的去除效果

Fig. 4 Removal efficiency of color

L,系统的 COD 污泥负荷降到 1.40 kg/(kg·d),系统进入运行的稳定期,COD 污泥负荷在 0.60 ~ 1.80 kg/(kg·d) 之间.此时出水的 COD 值均小于 25 mg/L,系统对 COD 的平均去除率达 92%.在系统的稳定运行期,由于进水 COD 的波动,污泥负荷一度升至 1.81 kg/(kg·d),但出水水质和各项指标的去除率都无大的变化,表明 MBR 处理毛纺印染废水耐冲击负荷的能力较强,出水水质稳定.

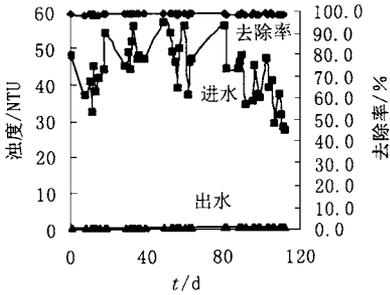


图 5 浊度的去除效果

Fig. 5 Removal efficiency of turbidity

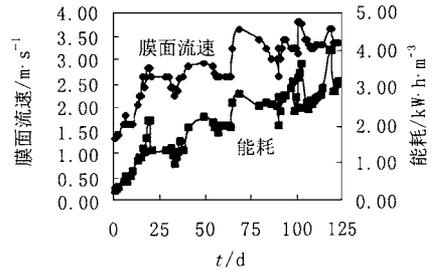


图 7 膜面流速、能耗的变化

Fig. 7 Variation of membrane surface flow velocity and energy consume

2.3 系统产水量及能耗

试验采用恒定通量的操作方式,膜平均操作压力(TMP)从19kPa开始,膜通量稳定在适当值 $35 \sim 45 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,系统产水量为 $300 \sim 550 \text{ L}/\text{h}$ 。图6给出了系统运行过程中膜通量和TMP随时间变化的情况。膜通量保持恒定时,膜操作压力的升高反映了运行过程中污染物在膜面的积累。

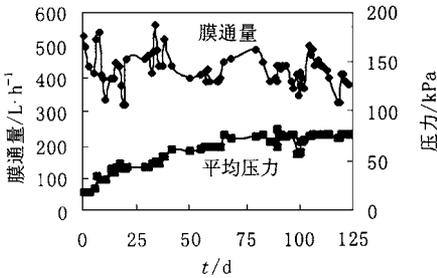


图 6 膜通量、平均压力的变化

Fig. 6 Variation of membrane flux and average pressure

图7给出了系统运行过程膜面流速、能耗随时间的变化。在系统运行的前10d,单位产水能耗为 $0.3 \sim 0.7 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。随着膜污染的加剧,为了保持恒定的膜通量,膜面流速从初期的 $1.3 \text{ m}/\text{s}$ 提高到后期的 $3.6 \text{ m}/\text{s}$,能耗从 $0.3 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 升高到 $3.0 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$,表明膜污染是造成膜生物反应器能耗高的主要原因。

3 结论

(1) A/O MBR处理毛纺印染废水,无论进水水质如何变化,出水 $\text{COD} \leq 25 \text{ mg}/\text{L}$, $\text{BOD}_5 < 5 \text{ mg}/\text{L}$,浊度 $< 0.65 \text{ NTU}$,色度 < 30 ,符合建设部的标准(CJ25.1-89),对印染废水 COD 、 BOD_5 、色度、浊度的平均去除率分别为92.1%、98.4%、60.7%、98.9%。采用该工艺处理毛纺印染废水技术可行。

(2) MBR处理毛纺印染废水稳定运行期的 COD 容积负荷为 $0.83 \sim 2.45 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, COD 污泥负荷为 $0.60 \sim 1.80 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。MBR处理毛纺印染废水耐冲击负荷的能力较强,出水水质稳定。

(3) 膜的污染是造成膜生物反应器能耗高的主要原因。

参考文献:

- 1 樊耀波,王菊思.水与废水处理中的膜生物反应器技术.环境科学,1995,16(5):79~81.
- 2 岑运华.膜生物反应器在污水处理中的应用.水处理技术,1991,17(5):319~323.
- 3 Brindle K. Membrane bioreactor today's effluent treatment process for tomorrow. UTA International,1997,2.
- 4 Manam J, Sanderson E. Membrane bioreactors. In: Megaw Hill (Ed). Water Treatment: Membrane Processes. 1996, chapter 17.
- 5 国家环保局编.水和废水监测分析方法(第三版).北京:中国环境科学出版社,1989.