

## MBR + RO 用于印染废水分质处理及回用

沈雅琴<sup>1,2</sup>, 孙文挺<sup>1,2</sup>, 贾秋英<sup>1,2</sup>, 高旭<sup>1,2</sup>, 张油<sup>1,2</sup>, 刘露露<sup>1,2</sup>,  
戴海平<sup>1,2</sup>

(1. 天津膜天膜科技股份有限公司, 天津 300457; 2. 膜材料与膜应用国家重点实验室,  
天津 300457)

**摘要:** 印染废水水量大、污染物种类多、成分复杂,采用清浊分流、分质处理,可充分发挥各段工艺优势。以双膜法(MBR + RO)为核心,采用物化 + 生化 + 膜工艺深度处理印染废水,在系统平均进水 COD、氨氮、电导率分别为 2 310.35 mg/L、121.20 mg/L、3 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  的情况下,系统平均产水 COD、氨氮、电导率分别为 6.28 mg/L、15.87 mg/L、73.70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,RO 产水浊度、色度平均值分别为 0.11 NTU、4.47 倍,满足印染工艺回用标准。

**关键词:** 纺织印染废水; 分质处理; MBR; RO

**中图分类号:** TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0085-04

## Application of MBR + RO Membrane Technologies in Printing and Dyeing Wastewater Segregated Treatment and Reuse

SHEN Ya-qin<sup>1,2</sup>, SUN Wen-ting<sup>1,2</sup>, JIA Qiu-ying<sup>1,2</sup>, GAO Xu<sup>1,2</sup>, ZHANG Tian<sup>1,2</sup>,  
LIU Lu-lu<sup>1,2</sup>, DAI Hai-ping<sup>1,2</sup>

(1. Tianjin Motimo Membrane Technology Co. Ltd., Tianjin 300457, China; 2. State Key Laboratory of Membrane Materials and Membrane Applications, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** Printing and dyeing wastewater of the textile industry are high volume, heavily polluted and complex wastewaters containing many coloring agents and persistent organic contaminants. Segregated pretreatment of printing and dyeing wastewater streams and/or recycling of valuable resources of the wastewaters are often advantageous. Taking the double membrane method (MBR + RO) as the core process, combined process of physio-chemistry + biochemistry + membrane technology was adopted in the project for advanced treatment of printing and dyeing wastewater. The project operation results showed that the average influent concentrations of COD,  $\text{NH}_3 - \text{N}$  and electrical conductivity were 2 310.35 mg/L, 121.20 mg/L and 3 420  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectively. While the corresponding average effluent concentrations were 6.28 mg/L, 15.87 mg/L, and 73.70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectively. The average turbidity and chromaticity of RO effluent were 0.11 NTU and 4.47 times, which could meet the reuse standard of dyeing and printing technology.

**Key words:** printing and dyeing wastewater; segregated treatment; MBR; RO

我国是纺织印染工业第一大国,纺织印染行业既是耗水大户也是废水排放大户,约占整个工业废水排放量的 35%。印染废水具有高有机物、高色度、可生化性差、水质变化大的特点,是难处理工业废水之一。《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—2012)进一步完善了纺织印染工业企业或生产设施水污染物排放限值、检测和监控要求,加之水价提升、排放总量控制等措施的陆续出台,企业必须对印染废水进行深度处理及回用<sup>[1~3]</sup>。分质处理是根据印染废水成分组成和性质不同,把性质差异较大的几类废水分流后采用不同的工艺加以处理。近年来,物化+生化+膜技术在印染废水分质处理得到广泛应用,膜技术以膜生物反应器(MBR)+反渗透(RO)为核心工艺,RO产水能直接回用于印染工艺。

## 1 工程背景

浙江某纺织印染公司生产废水主要来自染色、漂洗阶段,所含污染物主要包括染料、助剂及其织物本体的纤维、天然杂质、色素等,废水量为 14 000 m<sup>3</sup>/d。废水处理及回用工程采用混凝/气浮+水解酸化+接触氧化+MBR+RO 工艺,RO 产水回用于印染生产工艺,浓水排放水质达到《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—2012),再接入市政污水管网系统外排。

## 2 设计水质和工艺流程

本工程设计规模为  $14\,000\text{ m}^3/\text{d}$ , 处理后回用水量约  $8\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 。进水水质见表 1。回用为印染用水水质: pH 值为  $6.5 \sim 8.5$ ,  $\text{COD} \leq 20\text{ mg/L}$ , 色度  $\leq 10$  倍, 硬度  $\leq 10\text{ mg/L}$ , 电导率  $\leq 100\text{ }\mu\text{S/cm}$ , 浊度  $\leq 1\text{ NTU}$ 。废水处理工艺流程见图 1。

表 1 进水水质、水量

Tab.1 Characteristics of the influent and wastewater quantity

项目	pH 值	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	电导率/ ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )
低浓度废水	9 ~ 10	$\leq 1\,800$	$\leq 100$	$\leq 200$	$\leq 2\,500$	10 000
高浓度废水	11 ~ 13	$\leq 6\,000$	$\leq 800$	$\leq 200$	$\leq 10\,000$	4 000

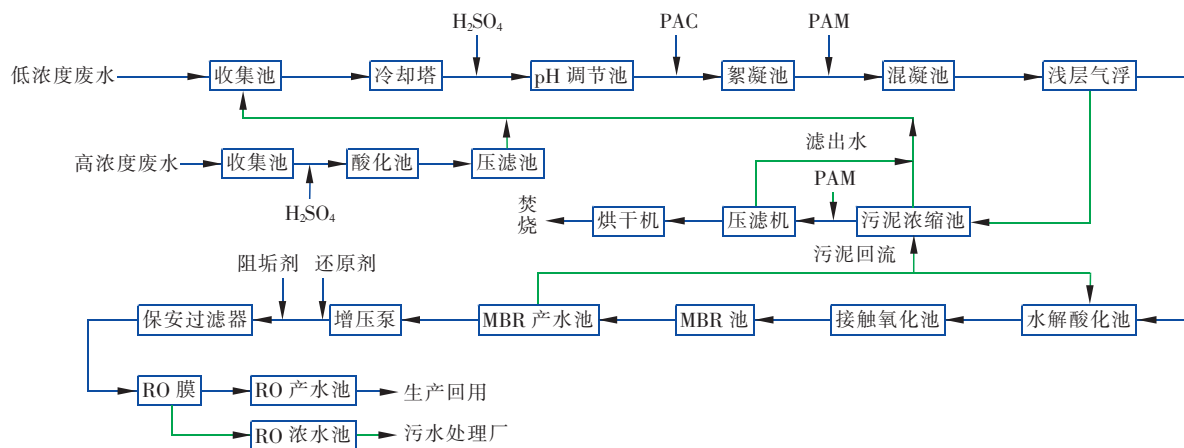


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

## 2.1 工艺说明

### ① 分质处理

印染废水按污染程度分为低浓度废水和高浓度废水。高浓度废水收集后先经过酸析,再通过板框压滤机过滤,除去主要污染物(对苯二甲酸)。滤液 pH 值约 2~3,送入低浓度废水 pH 调节池与低浓度废水综合处理;泥饼主要含对苯二甲酸,可回收利用。

## ② 物化预处理

处理后的高浓度废水与低浓度废水汇集到调节池,由泵提升至 pH 调整池,通过投加硫酸将 pH 调至混凝反应所需的最佳 pH 值,在混凝反应池内投加 PAC (聚合  $\text{FeCl}_3$ ) 和 PAM (聚丙烯酰胺) 进行混凝反应。混凝反应池出水自流进入浅层气浮池,在气浮池内进行泥水分离,出水自流进入中间水池,污泥进到浓缩池进一步处理。

### ③ 生化处理

经过物化预处理后的废水由中间水池提升泵提升至冷却塔,将水温降至35℃以下。冷却塔出水进入水解酸化池,在厌氧菌和兼性菌的作用下,废水中的高分子有机物被降解成易生化的小分子有机物,以提高废水的可生化性。水解酸化池出水自流进入接触氧化池,接触氧化池内安装有弹性填料,在填料上附着生长的生物膜,可降解水中有机物。

### ④ MBR系统

膜生物反应器(MBR)是高效膜分离技术与活性污泥相结合的新型污水处理技术,超滤膜是实现膜分离作用的核心部件。一方面,膜截留了反应池中的微生物,使活性污泥浓度大大增加;另一方面,由于膜的过滤精度高,可提高出水水质,降低出水浊度,保障RO系统稳定运行。

### ⑤ RO系统

MBR出水直接经过输送泵送入RO系统,大幅降低水的电导率、硬度等指标。RO产水直接回用于印染工艺,浓水进入污水处理厂进一步处理。

## 2.2 工艺特点

① 在预处理前期按印染废水的污染程度实施清浊分流,分质处理,缓解了高浓度废水对后续工艺的冲击,解决了企业生产中水回用率、成本与产品质量的两难选择问题。

② 采用絮凝-气浮物化工艺去除水中大部分悬浮物,降低出水浊度、色度,提高生化进水的水质。

③ 由于超滤膜的高效截留作用,极大地提高了印染废水深度处理后的水质,同时使得MBR池内的污泥快速富集,生化功能在MBR池内进一步加强。

④ 反渗透产水直接回用于印染工艺,大大降低了运行成本,保障了回用水质。

⑤ 采用自动化控制,压力、流量、电导率、温度、pH值、ORP等参数均实现在线监测,并可通过人机界面进行设置,实现无人值守。

## 3 主要构筑物及设计参数

① 水解酸化池。1座,2格,单池有效容积为7000 m<sup>3</sup>,水力停留时间为12 h,回流量为100 m<sup>3</sup>/h,填料填装体积为4547.4 m<sup>3</sup>,单池檐口长度为52.7 m。

② 接触氧化池。1座,共8格,单格氧化池尺寸为2.25 m×4.0 m×5.6 m。填料体积为1213.3

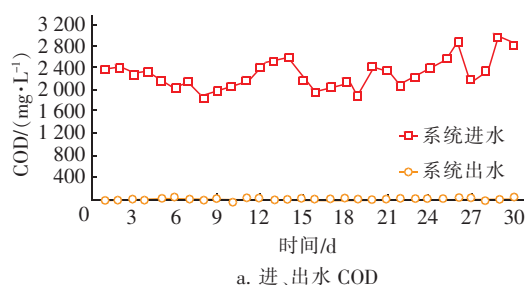
m<sup>3</sup>,氧化池总面积为404.44 m<sup>2</sup>,每格氧化池面积为9.00 m<sup>2</sup>,填料负荷为8.43 kgBOD<sub>5</sub>/(m<sup>3</sup>·d),废水与填料接触时间为0.37 h,废水停留时间为0.62 h,需气量为145.83 m<sup>3</sup>/min,剩余污泥量为1288 kgMLSS/d。

③ MBR膜池。1座,尺寸为25 m×16 m×5 m,MBR池内置浸没式超滤膜组件,膜组件采用PVDF中空纤维膜,平均膜孔径≤0.1 μm,平均通量为12 L/(m<sup>2</sup>·h)。MBR部分共10个膜池,其中有效工作为9个,另外一个进行化学清洗,每个膜池设6个单元,每个单元34片膜。每台膜架尺寸为3.2 m×1.5 m×1.9 m,分为两列布置于水体中。膜池采用混凝土结构,底部安装曝气装置,持续好氧曝气将废水进一步处理,污泥浓度可达到8000~10000 mg/L。MBR污泥大部分回流到水解酸化池和接触氧化池,剩余污泥排放量约10%~20%。MBR超滤膜组件维护性化学清洗周期为7~14 d,恢复性化学清洗周期为3个月或跨膜压差上升超过35 kPa。

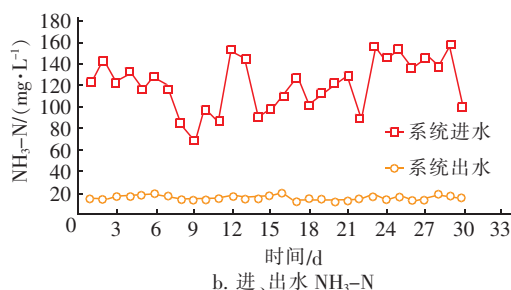
④ RO膜系统。MBR出水直接经过泵送入RO系统,RO系统设计为4套,单套一级两段,12:6排布,单套18支压力容器,每支压力容器装6支膜,每套108支膜元件。RO系统采用抗污染、宽流道膜元件,回收率为60%~70%,平均通量为20 L/(m<sup>2</sup>·h),清洗周期为半个月。

## 4 运行效果

系统稳定运行连续一个月的监测数据见图2。



a. 进、出水 COD



b. 进、出水 NH<sub>3</sub>-N

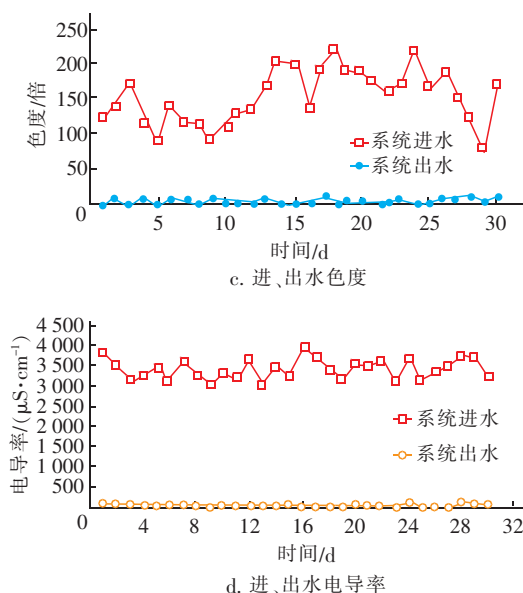


图2 连续一个月的系统运行监测结果

Fig.2 Operational data of the treatment system for a month

系统平均进水 COD 为  $2\,310.35\text{ mg/L}$ , 出水 COD 为  $1.0 \sim 15.9\text{ mg/L}$ , 平均值为  $6.28\text{ mg/L}$ , 去除率为  $95.93\%$ ; 系统平均进水氨氮为  $121.20\text{ mg/L}$ , 出水氨氮为  $4 \sim 19\text{ mg/L}$ , 平均值为  $15.87\text{ mg/L}$ , 去除率为  $86.88\%$ ; 系统平均进水电导率为  $3\,420\text{ }\mu\text{S/cm}$ , 出水电导率为  $45 \sim 94\text{ }\mu\text{S/cm}$ , 平均值为  $73.70\text{ }\mu\text{S/cm}$ ; 系统出水浊度为  $0.08 \sim 0.15\text{ NTU}$ , 平均值为  $0.11\text{ NTU}$ ; 出水色度为  $0 \sim 8$  倍, 平均值为  $4.47$  倍, 主要指标出水浓度均在设计范围内。

## 5 运行成本

本工程产水量为  $8\,000\text{ m}^3/\text{d}$ , 耗电量为  $13\,558\text{ kW}\cdot\text{h/d}$ , 以电价为  $0.8\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$  计, 则电费为  $1.35\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 药剂耗材费用折合  $0.55\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 以 3 人 2 班, 1 人化验、主管, 工资为  $5\,000\text{ 元}/(\text{月}\cdot\text{人})$  计, 人工费为  $0.146\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 设备检修保养等费用为  $0.083\text{ 元}/\text{m}^3$ , 直接运行费用为  $2.129\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

## 6 结论

以 MBR + RO 为核心的“物化 + 生化 + 双膜法”工艺对印染废水 COD、氨氮、浊度、色度、电导率都有很好的去除效果, RO 系统出水水质满足印染工艺回用要求, RO 浓水满足国家排放标准。该项目实施后节约新鲜水  $260 \times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ , 同时减少近  $260 \times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$  废水排放量, 实现了水资源的高效利用, 降低了企业的生产成本, 有利于企业的可持续发展。该项目的成功实施起到了很好的示范作用, 为难处

理复杂工业废水的处理提供了新的技术路径, 有利于印染废水回用技术的推广, 从而降低印染行业的整体耗水量及废水排放量。

## 参考文献:

- [1] 毛哲林, 黄丽芳, 张海杰. 印染废水深度处理及回用工程实例[J]. 工业用水与废水, 2016, 47(6): 61-63.  
Mao Zhelin, Hung Lifang, Zhang Haijie. Project example of advanced treatment and reuse of printing and dyeing wastewater[J]. Industrial Water & Wastewater, 2016, 47(6): 61-63 (in Chinese).
- [2] 郭海林, 周宇松, 李亮, 等. MBR + 反渗透双膜法处理印染废水及其回用工程实例[J]. 水处理技术, 2016, 42(3): 132-135.  
Guo Hailin, Zhou Yusong, Li Liang, et al. Application of membrane bio-reactor and reverse osmosis in dyeing and finishing wastewater treatment and its reuse project[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(3): 132-135 (in Chinese).
- [3] 温沁雪, 王进, 郑明明, 等. 印染废水深度处理技术的研究进展及发展趋势[J]. 化工环保, 2015, 35(4): 363-369.  
Wen Qinxue, Wang Jin, Zheng Mingming, et al. Research progresses and development trends of technologies for dyeing wastewater advanced treatment[J]. Environmental Protection of Chemical Industry, 2015, 35(4): 363-369 (in Chinese).



作者简介: 沈雅琴(1985-), 女, 天津人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为污水处理技术。

E-mail: shenyagin99@163.com

收稿日期: 2017-08-04