

# 膜集成技术在印染废水回用中的应用研究

阮慧敏<sup>1</sup>, 褚红<sup>2</sup>, 阮水晶<sup>3</sup>, 沈江南<sup>1</sup>

(1. 浙江工业大学化学工程与材料学院, 浙江 杭州 310014;

2. 杭州水处理技术研究开发中心, 浙江 杭州 310012;

3. 杭州一达环保技术咨询服务服务有限公司, 浙江 杭州 310004)

**摘要:**采用膜集成技术对经生化处理法处理后的印染废水进行深度处理实验, 结果表明: 经超滤和反渗透膜处理后的出水水质稳定, 废水回收率达到 70% 以上, 化学需氧量(COD)去除率 90% 以上, 脱盐率 97% 以上, 完全可回用于高质量的印染生产线中, 膜集成技术深度处理印染废水在工程上的应用是可行的。

**关键词:**膜集成; 印染废水; 超滤; 反渗透; 回用

中图分类号: TQ085

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2009)10-0073-03

## Application of integrated membrane technology in dyeing wastewater reuse

RUAN Hui-min<sup>1</sup>, CHU Hong<sup>2</sup>, RUAN Shui-jing<sup>3</sup>, SHEN Jiang-nan<sup>1</sup>

(1. College of Chemical Engineering and Materials, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Hangzhou 310014, China;

2. Development Center of Water Treatment Technology, Hangzhou 310012, China;

3. Yida Environmental Protection Technology and Consulting Co., Hangzhou 310004, China)

**Abstract:** An integrated membrane technology is adopted for advanced treatment for dyeing wastewater, which is discharged after biochemical treatment. The result show that the wastewater recovery can reach above 70% after the integrated membrane treatment of ultrafiltration and reverse osmosis, The COD removal rate and desalination ratio can reach above 90% and 97%, respectively, and the effluent quality is stable, and the wastewater can reuse in the production for printing and dyeing. It's feasible that the integrated membrane technology can be completely used in the advanced treatment for dyeing wastewater.

**Key words:** integrated membrane; dyeing wastewater; ultrafiltration; reverse osmosis; reuse

我国是纺织印染的第一大国, 而纺织印染行业又是工业废水排放的大户, 约占整个工业废水排放量的 35%<sup>[1]</sup>, 印染废水一直以排放量大、处理难度高而成为废水治理工艺研究的重点和难点<sup>[2-3]</sup>。特别是近年来化纤织物的发展和印染后整理技术的进步, 新型助剂、染料、整理剂等难生化降解的有机物大量进入印染废水, 大大增加了废水处理难度。由于印染废水难处理, 印染废水的深度处理回用一直没有引起人们足够的重视。随着水资源的日渐短缺和水污染的日趋严重, 研究开发适应于当前印染废水水质特点, 并具有一定经济价值、社会效益的高效印染废水回用处理技术迫在眉睫。

膜分离技术由于具有分离效率高、节能无污染、工艺简单、操作方便、过程易控制等优点, 在印染废水深度处理回用上有很大的发展潜力<sup>[4-6]</sup>。笔者采用膜集成技术即超滤和反渗透对印染废水进行深度处理, 处理后的废水出水品质高, 能直接回用于各种高档纺织印染的生产中, 实现废水零排放和清洁生产。

## 1 实验部分

### 1.1 实验装置及流程

本实验采用超滤和反渗透的膜集成技术对印染废水进行回收利用。超滤膜为聚丙烯(PP)外压式中空纤维组件, 有效膜面积为 50 m<sup>2</sup>。生化出水通过增压泵进入超滤装置, 产水进入超滤水池。反渗透过程由高压泵将超滤透过水送入膜组件增压脱盐。该实验印染废水处理总流程如图 1 所示。

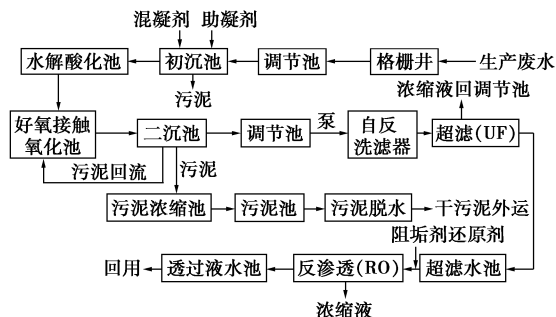


图 1 实验工艺流程示意图

## 1.2 实验水质及分析方法

实验所用废水为浙江某印染厂生化法处理后的实际出水,该水虽然经过常规二级处理,但其 COD 等指标仍未达到我国《纺织染整工业水污染物排放标准》一级标准(见表 1)。且  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  等无机盐的浓度也很高,肉眼观察有明显棕色混浊物。

表 1 原水水质

pH	电导率/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	COD <sub>C</sub> 质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	浊度/NTU	色度/倍
7~8	800~1350	100~350	10~65	180

废水 pH 采用上海理达 PHS—3BW 型 pH 计测定,电导率采用上海雷磁 DDS—307 型电导率仪测定,浊度采用 FF16—2100P 型便携式浊度计测定,COD 用重铬酸钾国标法测定,色度用稀释倍数法测定。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 微滤

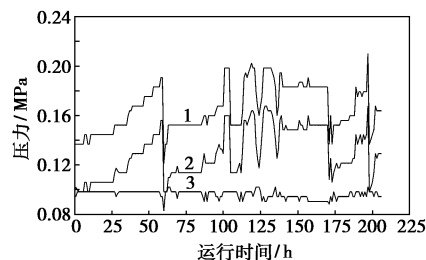
印染废水经生化处理后仍有大量大颗粒固体杂质,杂质易污堵塞超滤膜组件,因此需在超滤膜组件前选择一有效的预处理工艺。实验中选用孔径为 100  $\mu\text{m}$  的微滤装置,阻挡原水中不溶解的杂质,降低 COD 含量,确保进入超滤膜组件的原水没有大颗粒及悬浮物等堵塞通道,减轻超滤膜的负荷,从而避免对超滤膜的损害。笔者在实验中曾做过对比,让废水直接进入超滤膜组件,结果超滤膜被污染、堵塞的很严重,运行非常不稳定。而增加微滤作为预处理进行实验,效果明显好转,超滤装置能较稳定运行,清洗周期大大延长。

### 2.2 超滤

超滤能截留废水中相对分子质量大于超滤膜截留相对分子质量的成分。由于废水有机物浓度高,经生化处理后微生物含量很高,因此实验中在超滤处理中加药剂杀菌,分别采用次氯酸钠( $\text{NaClO}$ )和 2,2-二溴-3-氰基丙酰胺(DBNPA)2 种杀菌剂观察实验的效果,膜的最初反洗周期在 16 min,而膜先后调整过几次反清洗周期,最后确定 12 min 为最佳反清洗周期。膜的一个自动运行周期内的可编程控制器(PLC)控制顺序为:运行过滤(12 min)-气洗(10 s)-反洗(40 s)-正洗,如此反复。超滤浓缩液全部循环,出水去反渗透进一步处理。

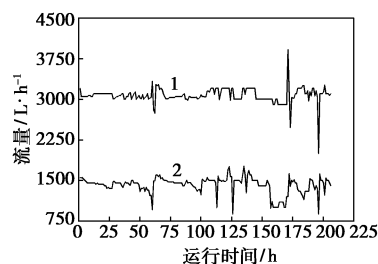
实验中测定了超滤压力、流量、浊度的变化情况(见图 2 至图 4)。废水经超滤处理后水质变澄清,

由图 2 和图 3 可知,透过液流量为 1 000 ~ 1 600 L/h,进口压力在 0.10 ~ 0.18 MPa 运行,回收率 100%。超滤实验不是很稳定,由图 4 可知超滤进水的浊度变化较大,可能是因为实验期间二沉池加絮凝剂未加到合适的量,使废水中杂质不能沉淀下去而浮于水中,导致进膜处理的废水悬浮物增多,影响了超滤运行的稳定性。



1—进口压力;2—压差;3—出口压力

图 2 超滤压力变化曲线



1—循环液;2—透过液

图 3 超滤流量变化曲线

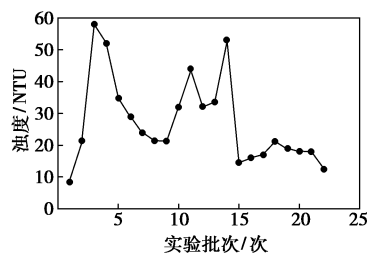


图 4 超滤进水浊度变化曲线

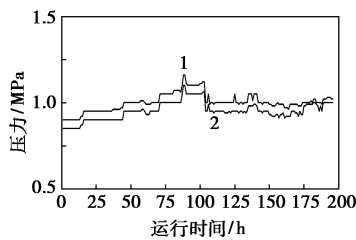
随着二沉池絮凝剂投加量逐渐增大至合理范围,超滤运行也逐渐稳定下来,运行周期也相应延长。原水固体悬浮物(SS)质量浓度在 50 mg/L 以上,而超滤后出水 SS 几乎测不出来,浊度也在 0.1 以下,说明超滤对大分子颗粒和胶体去除率较高。但超滤无法去除色度,因为超滤的截留相对分子质量在 10 万左右,而色素的相对分子质量远小于该值,很容易透过超滤膜。

废水经超滤处理后进入反渗透膜进行深度处理,超滤作为反渗透的预处理装置,可以去除污染、

堵塞反渗透膜的胶体、细菌、病毒等杂质,延长反渗透膜的清洗周期和寿命,降低总体运行成本,说明超滤的预处理是可行的。

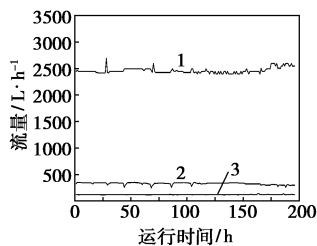
### 2.3 反渗透

经超滤处理后的出水已经是澄清液,但是颜色还是很深,且COD值也较高,不能作为回用水,需要进行反渗透深度处理。实验中采用2支4英寸反渗透膜对废水进行处理,反渗透压力和流量变化曲线见图5和图6。



1—出口压力;2—进口压力

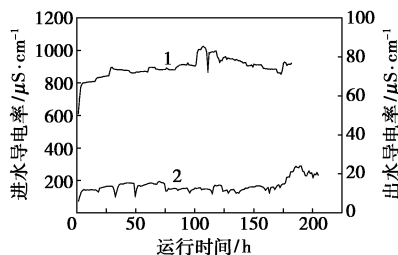
图5 反渗透压力变化曲线



1—循环液;2—透过液;3—浓排液

图6 反渗透流量变化曲线

由图5和图6可知,反渗透在超滤的预处理下,基本保持稳定运行,回收率在73%~75%,运行压力0.9~1.2 MPa,浓缩液流量125 L/h,透过液流量为310~350 L/h,循环液流量2500 L/h左右。电导率是反映反渗透膜截留性能的一个重要指标,也是衡量印染废水是否可回用的一个重要指标。由图7可知,整个反渗过程中出水电导率都维持在



1—进水;2—出水

图7 反渗导电率变化曲线

20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  以下,脱盐率始终稳定在97%以上,去除率达到印染废水回用标准。

### 2.4 出水水质及经济性分析

经检测反渗透出水COD质量浓度 $< 10 \text{ mg}/\text{L}$ , pH 6~8,电导率 $< 30 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,色度1~2,基本为无色。COD去除率90%以上,脱盐率97%以上。实验证明超滤和反渗透的膜集成技术相当稳定,装置出水水质仅次于饮用纯净水,完全符合回用水的要求,为大系统的印染废水回用处理提供了依据和借鉴。

印染废水经过深度处理后回用,可节约大量的水资源,减少企业在水资源上的开支。膜深度处理部分费用主要由膜更换费、电费、药剂费、人工费等组成,若以工业化运行处理废水2000  $\text{m}^3/\text{d}$ 计,电耗费用约1.2元/ $\text{m}^3$ ,超滤膜更换费约0.3元/ $\text{m}^3$ (膜寿命按2年计),反渗透膜更换费约0.6元/ $\text{m}^3$ (膜寿命按3年计),药剂费0.3元/ $\text{m}^3$ ,人工费0.1元/ $\text{m}^3$ ,因此超滤和反渗透的膜集成工艺废水处理总运行费用约为2.5元/ $\text{m}^3$ ,具有明显的经济效益。

## 3 结论

本研究采用超滤和反渗透的膜集成技术处理印染废水,出水水质稳定,完全可以回用于印染行业。仅此一项就可以为企业节约大量的生产用水,并减少污水排放,对降低企业成本,提高企业综合经济效益、社会效益和环境效益,促进企业技术进步等方面有着重要意义。研究表明,采用超滤和反渗透的膜集成技术处理印染废水从技术上和经济上都是可行的,尤其在不远的将来,水资源不断减少,水价越来越贵,排污限制越来越严格时,膜法深度处理必将具有广阔的应用前景。

### 参考文献

- [1] 张莉莉,李顺涛.印染废水回用技术初探[J].化纤与纺织技术,2008(1):36-39.
- [2] Allegre C, Moulin P, Maisseu M, et al. Treatment and reuse of reactive dyeing effluents[J]. Journal of Membrane Science, 2006, 269: 15-34
- [3] 许效天,尚贵祥,许云峰,等.新型脉冲循环流化床组合工艺处理印染废水工程[J].水处理技术,2008,34(1):84-87.
- [4] Fersi C, Gzara L, Dhahbi M. Treatment of textile effluents by membrane technologies[J]. Desalination, 2005, 185: 399-409
- [5] Mo J H, Lee Y H, Kim J, et al. Treatment of dye aqueous solutions using nanofiltration polyamide composite membranes for the dye wastewater reuse[J]. Dyes and Pigments, 2008, 76: 429-434
- [6] 陈伟,佟玲,陈文清,等.膜分离技术在印染废水分质处理与分段回用中的应用[J].环境污染与防治,2008,30(7):62-66. ■