

集成膜分离技术处理印染废水工程实例及技术探讨

阮慧敏¹, 沈江南¹, 阮水晶², 陈志善³

(1.浙江工业大学化材学院, 浙江 杭州 310014; 2.杭州一达环保技术咨询服务局, 浙江 杭州 310004; 3.杭州水处理技术研究开发中心, 浙江 杭州 310012)

摘要 介绍了集成膜分离技术深度处理印染废水的工程实例,集成膜分离技术处理后出水水质稳定,废水回收率达到 70%以上,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。结果表明,集成膜分离工艺在印染废水节能减排、资源再生利用等方面将具有广阔的应用前景。

关键词 集成膜分离技术; 印染废水; 深度处理

中图分类号 :TQ028.8 ;X791

文献标识码 :B

文章编号 :1000-3770(2011)08-0127-003

印染废水具有水量大、有机污染物含量高、碱性大、水质变化大等特点,一直是废水治理工艺研究的重点和难点^[1-2]。特别是近年来化纤织物的发展和印染后整理技术的进步,新型染料种类大量出现,而且分子结构复杂且稳定,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。

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,集成膜过程是将微滤(MF)、超滤(UF)与反渗透(RO)或纳滤(NF)等技术结合使用,形成能够满足各种回收利用目的的废水深度处理工艺^[3-4],在印染废水深度处理回用上有很大的发展潜力^[5-6]。本文针对印染废水处理回用的工程设计,介绍了膜集成技术在印染废水处理领域成功推广的实例。

1 原有工艺

1.1 原水水质及排放标准

原水水质和排放标准见表 1。

表 1 原水水质及排放标准

Tab.1 Source water standard and discharge standard

项目	pH	电导率 / μS·cm ⁻¹	COD/ mg·L ⁻¹	浊度 / NTU	色度 / 倍
原水水质	7~8	800~1 350	100~350	10~65	180
排放标准	5~7	<500	<30	<10	0

1.2 原废水工艺流程

原废水处理工艺流程如图 1 所示。主要包括预

处理部分、生物处理部分和污泥处理部分。但原有工艺存在以下缺点:剩余污泥的处里费用较高;单一运用生物法已不能满足实际运用的需要;有时需要在其前端加一道提高废水可生化性的预处理,提高了投资及运行成本。

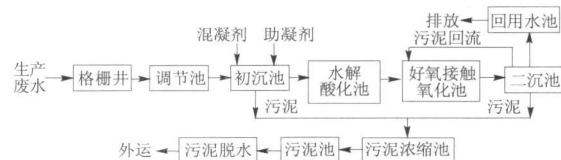


图 1 废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of the printing and dyeing wastewater treatment

因此,浙江某印染企业决定建设 1 套产水规模为 2 000 m³·d⁻¹ 的染整中水回用,对经现有废水处理站处理出水进行集成膜法深度净化后作为生产工艺用水,一方面确保正常生产运作,降低生产成本,增强自身竞争力,另一方面减少废水排放量,降低排污费支出,控制地表水污染,适应节能减排的环保要求,有效促进企业的经济效益、社会效益与环境效益同步发展。

2 集成膜分离技术工艺

原工艺生化法处理后实际出水虽然经过常规二级处理,但 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,而且 SO₄²⁻、Cl⁻ 等无机盐的浓度也很高,肉眼观察有明显棕色混浊物。集成膜分离技术装置的工艺流程由预处理系统、反渗

收稿日期 2010-11-05

作者简介 阮慧敏(1976—),女,硕士,副教授,研究方向为膜分离技术的应用,联系电话 0571-88320411;E-mail rnhm_@163.com

透和清洗系统 3 部分组成,膜集成分离技术工艺如图 2 所示。

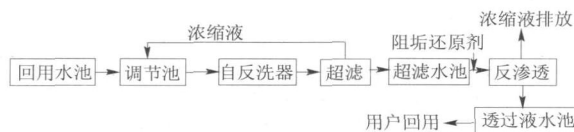


图 2 集成膜法印染废水处理工艺

Fig.2 Hybrid membrane technical process of the printing and dyeing wastewater treatment

2.1 预处理系统

印染废水一般含悬浮物（包括无机和有机的）较多，碎的纤维状悬浮物极易堵塞微滤及更细的膜。为避免废水污物堵塞膜，减少清洗难度和频率，不宜直接用膜分离法来处理，最好在膜分离前进行絮凝和气浮等常规预处理。

2.2 超滤系统

UF 超滤膜可用于除去水中的悬浮微粒、胶体、微生物等。在水压的作用下水分子及小分子物质等透过超滤膜，水中的悬浮微粒、胶体、微生物等则被截留在超滤膜的内表面。由于超滤膜上的微孔很小，可以有效除去各种水中悬浮颗粒、胶体、细菌和大分子有机物等，这些截留物质可能会在膜的内表面集聚，所以需要定期对超滤膜组件进行定期的反冲洗和加药清洗。因其具有有效去除水中胶体、细菌、微生物的功能，而被广泛用作净化水的生产设备和 RO 反渗透装置的前置处理设备。对超滤系统进行了调试和试运行，具体数据如图 3 所示。从图 3 中可以看出，超滤系统的运行压力和水通量保持稳定，所选用的超滤系统符合预处理的要求。

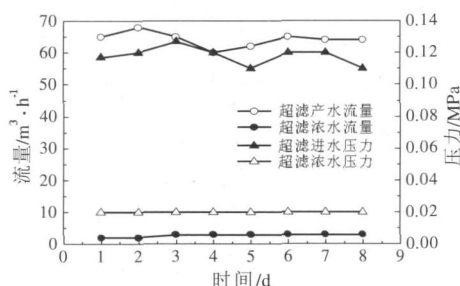


图 3 超滤试运行情况

Fig.3 Test run condition of ultrafiltration

2.3 反渗透系统

RO 处理主要是去除水中的盐分及部分溶解性有机物，处理系统包括 RO 高压泵、保安过滤系统、RO 主机、清洗过滤系统、透过液水池（RO 产水箱）。反渗透系统的调试运行情况如图 4 所示。从图中可以看出，反渗透产水流量和水质随着进水水质略有波动，但基本保持稳定，本项目所选用的 RO 膜

符合该水质的处理要求。

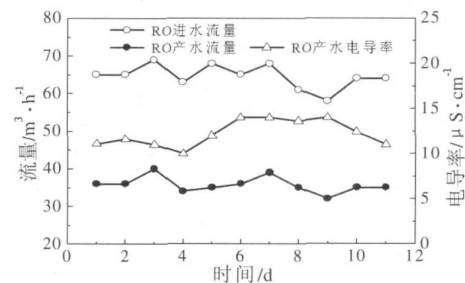


图 4 反渗透运行情况

Fig.4 Test run condition of reverse osmosis

2.4 清洗系统

反渗透膜在使用过程中，由于各种因素的影响，不可避免地会有结垢现象或受污染，只不过是程度不同而已。同时，由于反渗透膜在正常工作时是处在高压状态下，膜会被压缩形变。如果长期这样，就会产生塑性形变，即膜被压密实，且不能恢复，导致膜的性能下降。清洗系统的功能就是当反渗透膜出现结垢现象或受污染而导致性能下降，就必须根据情况采用相应化学药品进行清洗处理，定时对反渗透膜进行低压冲洗，将膜表面的沉积冲走，同时充分利用时间，让被压缩的膜恢复，延长膜的使用期限，并且在系统长时间停止运行时，向系统内输送保护液。

2.5 工艺操作参数

本工程经一级混凝沉淀或气浮处理后，SS 去除率为 70%~80%，COD 去除率在 70%左右，必须进行后续生物处理，以进一步去除溶解性 COD、BOD₅ 等污染物。经过物化-生化联合处理，出水水质为 pH 为 7~8，COD 在 100 mg·L⁻¹ 左右，SS 质量浓度为 20~50 mg·L⁻¹，达到国家一级排放标准。然后采用 100 μm 微滤膜进行后续的预处理，改善废水水质，去除悬浮物及可直接沉降的杂质，调节废水水质，以确保整个处理系统的稳定性。根据原水水质情况，集成膜水处理装置的预处理系统包括原水泵、自反洗过滤器、精密过滤器、阻垢加药及 pH 调节系统、监测仪表等。

超滤系统设置原水增压泵 2 台，规格为 135 m³·h⁻¹、32 m、18.5 kW。加杀菌、加絮凝系统各 1 套；自反洗过滤器 1 套，规格为 250 m³·h⁻¹、20 m、18.5 kW。UF 超滤装置 2 套，选用进口 8 寸超滤膜，单套装置共 48 支 UF 膜组件，确保单套产水水量可以达到 65 m³·h⁻¹。UF 超滤装置设置有反冲洗功能。超滤循环泵 2 台，规格为 200 m³·h⁻¹、12 m、15 kW。反洗水泵 1 台，规格为 250 m³·h⁻¹、20 m、18.5 kW。超滤药洗系统 1 套。

反渗透水泵 2 台，规格为 120 m³·h⁻¹、35 m、18.5 kW。保安滤器 2 只，规格为 WL-SS-31-30"-F-A，材

质 SS304。RO 增压泵 2 台规格 $90\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, 160 m , 37 kW , CRN64-7-1。RO 装置 2 套, 选用高压抗污染 RO 膜, 安装在数根膜压力管内。RO 系统回收率在 70% 以上, 系统脱盐率不小于 90%。膜材料选用美国海德能或陶氏抗污染反渗透膜。一段循环泵 2 台, 规格为 $90\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, 30 m , 11 kW , CRN90-2-2。二段循环泵 2 台, 规格为 $50\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, 50 m , 11 kW , CRN64-2。

RO 反渗透膜装置的化学清洗系统由清洗药箱、清洗泵、清洗精密滤器及连接管阀件组成, 当膜组件受污染时, 可以用它进行 RO 系统的化学清洗。清洗精密滤器 1 只, 规格: WL-SS-31-40"-F-A, 材质 SS304。清洗水泵 1 台, 规格: $50\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, 50 m , 11 kW , CRN64-2。清洗水箱: 10 m^3 , 材质 PE。RO 膜的清洗频率约一个月清洗一次, 清洗后通量恢复较好, 一般能恢复到初始通量的 95% 以上。

3 集成膜分离技术产水水质

表 2 为集成膜系统运行半年后系统的产水水质, 从表 2 可以看出, COD 去除率 90% 以上, 脱盐率 97% 以上。试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丰富的依据和借鉴。

表 2 原水与膜法处理后水质情况

Tab.2 Water quality of source water and water treated by membrane

项目	pH	电导率 / $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	COD/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	浊度 / NTU	色度 / 倍
原水	7~8	800~1350	100~350	10~65	180
膜分离产水	6~8	<30	<10	0	1~2
回用标准	6.5~8.5		<60	5	30
去除率 /%		>96.2	>90	100	>98

4 经济效益分析

印染废水经过深度处理回用, 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, 若以工业化运行产水 $2\ 000\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 计, 电费约 1.2

元 $\cdot\text{m}^3$, 超滤膜更换费约 $0.3\text{ 元}\cdot\text{m}^3$ (膜寿命按 2 年计), 反渗透膜更换费约 $0.6\text{ 元}\cdot\text{m}^3$ (膜寿命按 3 年计), 药剂费 $0.3\text{ 元}\cdot\text{m}^3$, 人工费 $0.1\text{ 元}\cdot\text{m}^3$, 因此膜集成工艺总运行费用约为 $2.5\text{ 元}\cdot\text{m}^3$, 具有明显的经济效益。同时, 为企业减少废水排放量 $2\ 000\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, 年减少 66 万 t, 若以污水排放费 $2.2\text{ 元}\cdot\text{m}^3$ 计, 可为企业每年减少排污费用 145 万元, 系统全自动化控制, 实现经济效益和社会效益的双赢。

投资回收期: 减少年排污费 145.2 万元, 减少软化水费 $72.6\text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$, 处理直接费 $99.0\text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$, 为企业节约水处理直接费 $118.8\text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

减少二期扩建项目需新购排污权费: 新增 COD 量为 79.2 t , 需购 COD 量为 $118.8\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$, 需新购排污权费 $950.4\text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$, 为企业年节约支出 $1\ 287\text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

5 结 论

采用膜集成技术处理印染废水, 与传统工艺相比, 产水能回用于生产工艺中, 而且系统长期连续运行出水水质稳定, COD 去除率 90% 以上, 脱盐率 97% 以上, 过程可自动控制, 操作简单, 该工艺在印染废水处理回用中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 曾杭成, 张国亮, 孟琴, 等. 印染废水深度处理中纳滤和反渗透工艺的比较[J]. 工业水处理, 2009, 29(1): 58-61.
- [2] 曾杭成, 张国亮, 孟琴, 等. 超滤 / 反渗透双膜技术深度处理印染废水[J]. 环境工程学报, 2008, 2(8): 1021-1025.
- [3] 沈江南, 阮慧敏, 汪华明, 等. 集成膜技术处理微污染水的工艺研究[J]. 水处理技术, 2010, 36(3): 96-98.
- [4] 郦丹丹, 沈江南, 陈葆青, 等. 集成膜分离技术澄清中药口服液的实验研究[J]. 浙江工业大学学报, 2009, 37(3): 255-258.
- [5] 阮慧敏, 褚红, 阮水晶, 等. 膜集成技术在印染废水回用中的应用研究[J]. 现代化工, 2009, 29(10): 73-75.
- [6] 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.

ENGINEERING DESIGN OF THE TREATMENT PROCESS OF PRINTING AND DYEING WASTEWATER BY HYBRID MEMBRANE TECHNOLOGY

Ruan Huimin¹, Shen Jiangnan¹, Ruan Shuijing², Chen Zhishan³

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

2. Yida Environmental Protection Technology & Consulting Co., Hangzhou 310004, China;

3. Development Center of Water Treatment Technology, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The engineering design of the hybrid membrane technology to the treatment of printing and dyeing wastewater was introduced. It appeared that permeate had good quality and wastewater recovery could control above 70% using hybrid membrane technology. The rejection for COD and salt could reach as high as 90% and 97%, respectively. Permeate could be recycled to most of dyeing process.

Keywords: membrane hybrid technology; printing and dyeing wastewater; advanced treatment