DOI:10.3969/j.issn.1001-5485.2013.11.006 2013,30(11):24-27

连续微滤+反渗透技术在印染废水回用中的研究

张 云,陈建标,杨柳俊
(江苏省水文水资源勘测局 南通分局,江苏 南通 226006)

摘要:采用连续微滤(CMF)+反渗透(RO)处理技术对印染废水进行深度处理,研究了CMF+RO集成工艺的处理效果。实验结果表明:CMF+RO处理系统运行稳定,对COD_{cr}、色度、浊度、电导率的去除率均达到98%以上,RO产水的水质优于自来水,各项水质指标均满足印染工艺回用的要求。

关 键 词:连续微滤;反渗透;印染废水;回用
中图分类号:X793 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-5485(2013)11-0024-04

我国是纺织印染的第一大国,每天印染废水排放300万~400万t。纺织印染产业是江苏省的支柱行业,也是江苏省水资源消耗量大、污染物排放量较大的行业之一,全省纺织印染废水、COD排放量占全省工业废水排放总量15%以上,仅次于化工产业。印染行业废水产排量大、有机污染物含量高,已经成为水环境污染严重的产业之一[1]。实行最严格的水资源管理制度,落实用水总量、用水效率、纳污总量三条红线管理,均要求对印染行业废水进行再生处理回用。对印染废水进行深度处理,实现水资源循环利用,对缓解水资源短缺、实现水资源的可持续利用和合理配置具有重要的战略意义[2],是建设资源节约型和环境友好型社会的必经之路。

目前处理印染废水的常规方法主要有物理法、生物法和化学法,各种方法都有其不同的优缺点,往往需要多种方法和多个处理单元组成的系统处理后才可以达到要求。采用常规的废水处理方法尽管能将废水中的大部分有机物和色度去除,但是水中的硬度、离子浓度仍然无法满足生产用水要求。同时常规废水处理系统抗负荷冲击能力较差、处理效果不稳定,出水水质较难稳定地满足回用水的要求。膜处理技术以其高脱盐率、处理效果稳定、抗冲击负荷能力强及运行和操作的自动化程度高等优点受到业内人士关注。越来越多的研究表明,膜分离技术是印染废水回用最具有可行性的技术之一。本文采用连续微滤+反渗透工艺深度处理印染企业二沉池出水,系统地研究了连续微滤+反渗透工艺深度处理印染废水的效果。

1 试验部分

1.1 试验材料

废水来源于南通某印染企业二沉池出水,该印染企业主要从事短纤,长丝坯布,色织布,绒布,精、粗毛布的生产与销售,废水主要来源于染色工段,主要成分为:COD、BOD_5、色度等,COD的浓度在1 200~1 800 mg/L,色度在300~450 PCU。采用水解酸化+接触氧化+砂滤池工艺进行废水处理,经处理出水水质达到膜处理装置的进水要求(pH 6~9,COD≤180 mg/L,BOD_5≤25 mg/L,悬浮物SS≤70 mg/L)。

1.2 试验装置与试验方法

连续微滤(CMF)选用天津膜天膜工程技术有限公司研制的内压式聚偏氟乙烯中空纤维滤膜组件(ø160 mm×1 730 mm)1根,膜表面积为40 m^2,CMF运行的工艺流程见图1。反渗透膜采用陶氏TW30—4014膜组件,反渗透装置由高压泵、2段RO膜及出水箱组成。

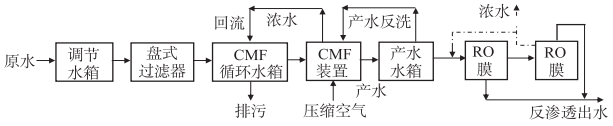


图1 连续微滤+反渗透系统的工艺流程图

Fig.1 Flow chart of CMF and RO combined process

CMF进水为原污水处理系统水解酸化+接触氧化+砂滤池的出水,水质指标为:COD的浓度为168.2 mg/L,浊度为20 NTU,SS为63.2 mg/L,pH为6~9,色度为30 PCU。RO试验进水为本试验中的

收稿日期:2012-09-05;**修回日期**:2012-09-21
基金项目:江苏省水利科技重点项目(2009033)
作者简介:张 云(1983-),女,江苏南通人,工程师,主要从事环境化学与水资源保护方面的研究,(电话)13814707612(电子信箱)zhangyun_1983924@163.com。

连续微滤产水。

1.3　测定指标与分析方法

试验中测定 CMF + RO 系统运行的压力考察膜系统运行的稳定性，测定 pH、COD_{cr}、浊度、色度来表征 CMF + RO 系统对印染废水二次出水深度处理的效果，本试验在常温下进行。试验中 pH 检测采用玻璃电极法，COD_{cr}检测采用重铬酸钾法，浊度检测采用分光光度法，色度检测采用铂钴比色法，电导率检测采用电极法。

2　结果与讨论

2.1　CMF + RO 系统运行压力情况

对连续微滤 + 反渗透系统的运行压力进行跟踪测定，CMF + RO 系统运行压力的变化情况如图 2 所示。

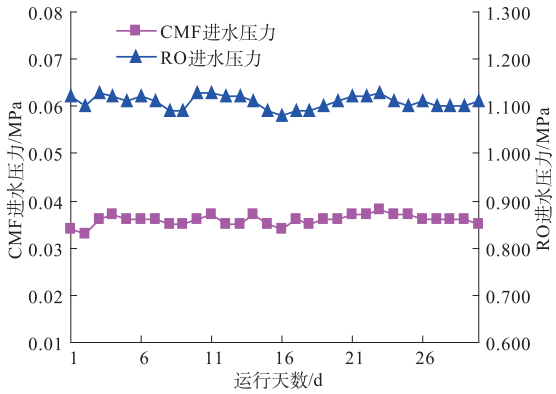


图 2　CMF + RO 系统运行压力变化

Fig. 2　Variation of pressure offered by the operation of CMF and RO system

由图 2 可见，在 1 个月的运行过程中，CMF + RO 系统的运行压力变化很小，运行情况十分稳定。CMF 系统的运行压力保持在0.035 MPa左右，主要因为连续微滤采用了恒流量运行方式；RO 系统的运行压力保持在1.1 MPa左右。

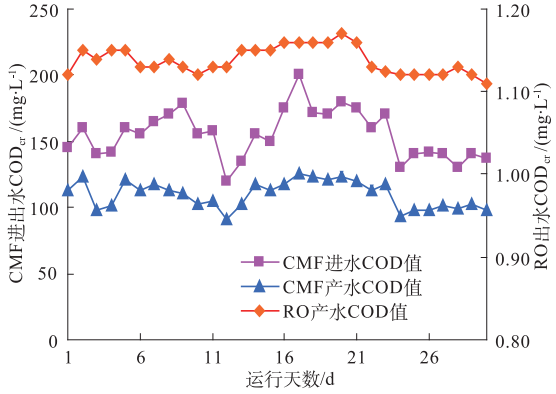


图 3　CMF + RO 系统进出水 COD 的变化情况

Fig. 3　Variation of COD concentration in the influent and effluent of CMF and RO system

2.2　CMF + RO 系统对 COD 的去除效果

连续跟踪监测 CMF + RO 系统对 COD 的去除效果，CMF 和 RO 系统运行过程中进出水的 COD 变化情况如图 3 所示。

由图 3 可见，CMF 进水的 COD 值存在较大的波动，通过微滤膜的截留作用，出水的 COD 值基本稳定在 160 mg/L 上下，保证了连续微滤膜出水水质具有较高的稳定性，RO 产水完全满足印染工艺用水标准对 COD_{cr}的要求。CMF 和 RO 对 COD_{cr}的去除完全依靠物理截留作用，进水 COD_{cr}的浓度高低对 CMF 产水的 COD_{cr}有直接影响。因此，必须进一步加强印染废水的原预处理工艺，确保其出水的稳定性，保障深度处理膜系统的安全运行。

2.3　CMF + RO 系统对浊度的去除效果

CMF + RO 系统进出水浊度的变化情况如图 4 所示。

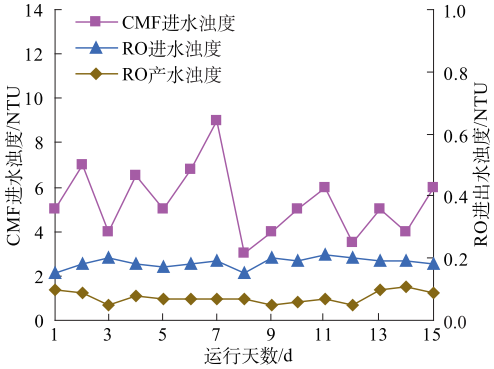


图 4　CMF + RO 系统进出水浊度的变化

Fig. 4　Variation of turbidity of the influent and effluent of CMF and RO system

从图 4 可以看出，砂滤处理后的印染废水经过 CMF 系统处理后，浊度大幅度降低，最低0.15 NTU，去除率最高达97.9%，满足 RO 进水对浊度的要求。RO 产水浊度平均只有0.18 NTU，满足印染工艺用水对浊度的要求。

2.4　CMF + RO 系统对色度的去除效果

CMF + RO 系统进出水色度比较如图 5 所示，从图 5 可以看出，CMF 进水色度较高，过滤后 CMF 产水色度降低到平均6.6 PCU。RO 系统对色度有较好的去除率，RO 产水的色度未检出。反渗透系统对色度的去除效果很好且稳定，原因是产生色度的污染物多数是含有苯环和双键等发色基团的有机物，其分子量大、结构复杂，且空间尺寸较大，而反渗透膜结构致密、化学性质稳定，在压力驱动下反渗透膜只能通过溶剂分子和相对分子质量较小的溶质分子和离子，故反渗透能高效地截留有机物。另一方面，这些带有发色基团的有机物的物理化学参数

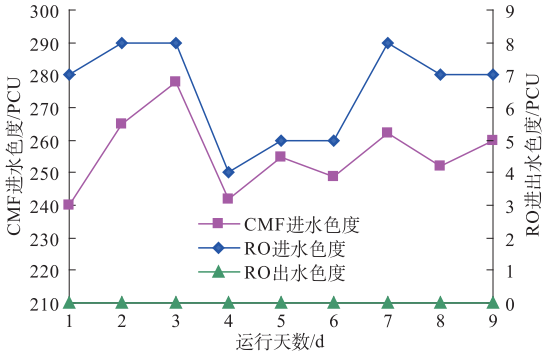


图 5 CMF + RO 系统进出水色度的变化

Fig. 5 Variation of chromaticity of the influent and effluent of CMF and RO system

(如极性参数、非极性参数、Hammet 数或 Taft 数等)会增大其与膜材料之间的排斥力使分离度增加,故反渗透膜工艺能较彻底地脱除色度[3]。

2.5 CMF + RO 系统出水电导率变化

为考察 CMF + RO 系统对电导率的去除效果,对 CMF + RO 系统进出水水质的电导率进行跟踪监测,试验结果如图 6 所示。

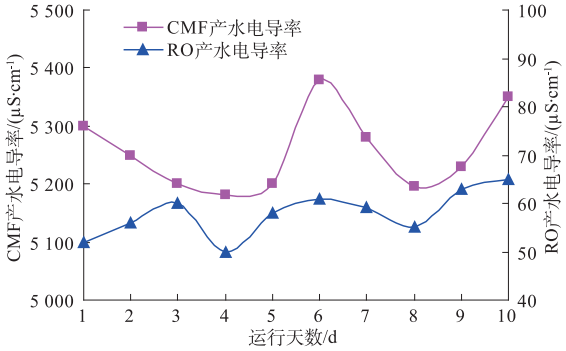


图 6 CMF + RO 系统进出水电导率的变化

Fig. 6 Variation of conductivity of the influent and effluent of CMF and RO system

从图 6 可以看出,CMF 产水电导率很高,平均 5 256μS/cm,RO 产水电导率平均 58 μS/cm,RO 脱盐率高达 99%。电导率表征物体传导电流的能力,溶液的电导率等于溶液中各种离子电导率之和,可以间接衡量溶液中离子的总含量。微滤膜对溶液中溶解的离子是无法截留的,RO 膜则具有非常优秀的脱盐能力,能完全去除水中的二价离子,对水中的一价离子也有很好的去除能力[4]。所以,CMF 系统产水电导率较高,而 RO 系统产水电导率很低。

2.6 水质量比较

将自来水、预处理水、连续微滤系统产水、反渗透系统产水的水质进行比较,比较结果见表 1。

从表中可以看出,反渗透对于水中的大部分污染物均具有很高的去除率,对于常见的 SO_4^{2-},Cl^-,Ca^{2+},Mg^{2+} 等常见离子,去除率均大于 99%。产水的色度、浊度、COD 等指标无法检测出,产水水质优于自来水的水质,完全满足纺织印染工艺的要求。

表 1 CMF 产水、RO 产水、自来水水质对比

Table 1 Comparion of the water quality among CMF water, RO water and tap water

水质指标	CMF 产水含量	RO 产水		自来水含量
		含量	与 CMF 产水相比去除率	
SO_4^{2-}	480 mg/L	1.2 mg/L	99.7%	35.5 mg/L
Cl^-	580 mg/L	2.8 mg/L	99.5%	19.3 mg/L
Ca^{2+}	96 mg/L	0.8 mg/L	99.2%	120 mg/L
硬度	360 mg/L	250 mg/L	99.3%	160 mg/L
COD	130 mg/L	未检出	100%	10 mg/L
总 Fe	1.2 mg/L	未检出	100%	0.04 mg/L
总 Mn	0.6 mg/L	未检出	100%	<0.01 mg/L
电导率	5 200 μS/cm	100 μS/cm	98.1%	240 μS/cm
浊度	0.1 NTU	未检出	100%	0.51 NTU
色度	5 倍	未检出	100%	<5 倍

2.7 膜污染控制

膜污染是膜处理技术应用中不容忽视的问题,随着微滤膜的运行,污染物在膜孔及膜表面吸附,需要通过气水反冲洗对微滤膜进行清洗;反渗透元件的膜片在运行过程中会受到无机盐垢、微生物、胶体物质和不溶性有机物等的污染,这些污染物沉积在膜表面,导致压力上升,产水量下降[5],一般采用 pH 值等于 2 左右的酸液对反渗透膜进行化学清洗,清洗结束后即投入正常运行生产;运行到下一个周期,产水量比初始状态下降 15% 后,对反渗透系统进行酸洗和碱洗,每次清洗后基本都能恢复到初始性能。

3 结 论

(1) 印染废水二级生化处理后达标的废水,采用连续微滤 + 反渗透膜处理工艺,系统运行稳定,出水色度、浊度均未检出,对 COD、盐度的去除率均达 99% 以上,出水水质完全满足纺织印染工艺的要求,可回用于印染生产的各工艺环节。

(2) 将连续微滤 + 反渗透膜系统的产水水质与自来水的水质进行比较,产水水质优于自来水的水质。为提高印染废水的回用量,降低运行成本,可将 CMF 产水、RO 产水、自来水按照比例混合调配使用。

参考文献:

[1] 阮新潮, 王 涛, 曾庆福. 印染废水的深度处理及回用[J]. 工业水处理, 2006, 26(4): 22 - 24. (RUAN Xin-chao, WANG Tao, ZENG Qing-fu. Wastewater Treatment and Reuse in Dyeing and Finishing Industry [J]. Industrial Water Treatment, 2006, 26(4): 22 -

24. (in Chinese))
[2] 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. (RUAN Hui-min, CHU Hong, RUAN Shui-jing, *et al.* Application of Integrated Membrane Technology in Dyeing Wastewater Reuse[J]. Modern Chemical Industry, 2009, 29(10): 73 - 75. (in Chinese))
[3] 魏　娜, 张雁秋, 季　凯. 膜分离技术在印染废水回用中的研究和应用[J]. 净水技术, 2009, 28(5): 1 - 5. (WEI Na, ZHANG Yan-qiu, JI Kai. Membrane Separation Technology on Printing and Dyeing Wastewater Reuse[J]. Water Purification Technology, 2009, 28(5): 1 - 5. (in Chinese))
[4] 徐竟成, 许　健, 李光明,等. 微絮凝 - 微滤用于印染废水回用反渗透预处理的试验研究[J]. 环境工程学报, 2007, 1(1): 64 - 68. (XU Jing-cheng, XU Jian, LI Guang-ming, *et al.* Research on Microflocculation and Microfiltration for RO Pretreatment of Dyeing Wastewater for Reuse [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2007, 1(1): 64 - 68. (in Chinese))
[5] 郑　涛. 反渗透技术在 PTA 废水回用处理中的应用研究[D]. 上海:同济大学, 2005. (ZHENG Tao. Research on the Reuse of PTA Wastewater by Reverse Osmosis Technology [D]. Shanghai: Tongji University, 2005. (in Chinese))

(编辑:赵卫兵)

Reuse of Dyeing Waste Water by CMF and RO Combined Treatment

ZHANG Yun, CHEN Jian-biao, YANG Liu-jun
(Nantong Branch of Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Nantong　226006, China)

Abstract: Dyeing waste water was pretreated by CMF (continuous microfiltration) and RO (reverse osmosis) combined process, and the effect of this treatment was analyzed. Results showed that CMF and RO system was operated steadily and economically. It can effectively remove total COD_{cr}, chromaticity, turbidity and conductivity by over 98%. The water quality of RO effluent is superior to that of tap water, and each water quality index meets the requirement of dyeing technique.

Key words: continuous microfiltration; reverse osmosis; dyeing waste water; reuse

(上转第 23 页)

Device of Purifying Storage Drinking Water in Rural Karst Engineering Water Shortage Area

ZHU Sheng-liang, ZHANG Jian-li, WU Ke-hua, LI An-ding, CHE Jia-xiang
(Institute of Mountain Resources Research, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China)

Abstract: In spite of abundant precipitation, the engineering water shortage is severe and resident's drinking water cannot be guaranteed in southwest China because of widely distributed karst landform. To alleviate the water shortage, and to meet the requirements of dispersed water supply in remote mountain areas, a simple and easy-to-use water purification device with small consumption is designed. The organic matters in the storage water are reduced by physical purification and disinfection. Test results show that the microbes in the storage water are remarkably reduced, the contents of organic matter decreased, and the microbial indicators meet drinking water sanitary standards. The water purification device has low running cost and broad application prospect.

Key words: engineering water shortage; drinking water safety; water purification