

印染废水深度处理及回用

齐鲁青,汪晓军,徐绮坤

(华南理工大学环境科学与工程学院 工业聚集区污染控制与生态修复教育部重点实验室,
广东 广州 510006)

摘要:针对印染纺织废水稳定回用系统的浓水处理和脱盐问题,选用预处理系统(臭氧-曝气生物滤池一体化装置+曝气生物滤池)和膜系统(超滤+反渗透)的组合工艺,对印染纺织废水进行深度处理及回用。预处理较佳的工艺运行参数为:曝气生物滤池气水比为5,有机负荷分别约为2.1、1.0 kg(COD)/m³·d,溶解氧质量浓度为3.8 mg/L,水温35~40℃;臭氧投加量为20~30 mg/L。二级生化出水经预处理系统后,出水COD质量浓度平均值可降至27.4 mg/L,浊度为4.2 NTU,SS为3.0 mg/L,氨氮0.7 mg/L,色度2倍,再经过膜系统深度处理,淡水出水pH 7.4~7.9,电导率50~200 μs/cm,总硬度2~10 mg/L,总碱度25~60 mg/L,膜系统产水达到回用标准。测定浓水pH 7.3~8.3,色度32倍,COD_{Cr} 45.7~97.9 mg/L,可直接达标排放,保证系统稳定运行。

关键词:废水深度处理;印染纺织;臭氧;曝气生物滤池;反渗透;回用;浓相

中图分类号:X783;X791

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)12-0073-04

Advanced treatment and reuse of dyeing and printing wastewater

QI Lu-qing, WANG Xiao-jun, XU Qi-kun

(School of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Pollution control and industrial agglomerations, Ministry of Education Key Laboratory for Ecological Restoration, Guangzhou 510006, China)

Abstract: According to desalination problems of concentrated water treatment in textile dyeing wastewater reuse system, the combined technique of pretreatment system and membrane system are used as the advanced treatment. The pretreatment progress includes integrated device of ozone-biological aerated filter (BAF) and BAF, and the membrane system composed of ultrafiltration (UF) and reverse osmosis (RO). The optimal conditions of pretreatment system are as follows: gas/water ratio is five, organic load is 2.1, 1.0 kg(COD)/m³·d respectively, DO, 3.8 mg/L, temperature, 35-45℃, ozone dosage, 20-30 mg/L. After being steadily treated by the pretreatment, COD, turbidity, SS, ammonia nitrogen and color are 27.4 mg/L, 4.2 NTU, 3.0 mg/L, 0.7 mg/L and 2 times respectively. After being steadily treated by the membrane system, permeate water pH value is 7.4-7.9, conductivity, 50-200 μs/cm, total hardness, 2-10 mg/L, total alkalinity, 25-60 mg/L. The results show that the effluent water quality from the membrane system is up to the water reuse standard of the company. The pH value is 7.3-8.3, color, 32 times, and COD concentration is 45.7-97.9 mg/L of concentrated water. This indicate that the concentrated water from the membrane system could be discharged directly without additional treatment since it met the discharge standard.

Key words: wastewater treatment; textile dyeing; ozone; biological aerated filter (BAF); reverse osmosis (RO); reuse; dense phase

印染行业是工业用水的大户,该废水具有COD高、色度高、pH高、难生物降解、水质水量变化大等特点,如果未达标排放将会破坏水环境,危害到人类健康。因此,对印染废水进行深度处理使其回用到生产具有十分重要的意义^[1-5]。

广东某纺织企业是国内一家大型纺织印染企业,公司生产的废水都经过二级生化处理,虽然出水达到排放标准,但作为回用,其排放废水量大,二级生化出水COD_{Cr}、电导、硬度、碱度较高,深度处理回用主要集中在回用系统膜法的浓相处理和膜法脱盐

稳定运行的问题上。

针对此问题,笔者将臭氧-曝气生物滤池一体化装置与曝气生物滤池作为预处理系统,并组合超滤与反渗透工艺,探索了深度回用处理印染废水。

1 进水水质及工艺流程

1.1 进水水质

进水取自某印染企业污水厂的二级生化处理出水,水量5 m³/h,24 h连续进水。进水水质及回用标准见表1。

收稿日期:2010-07-28

基金项目:广州市科技计划资助项目(2009Z1-E751)

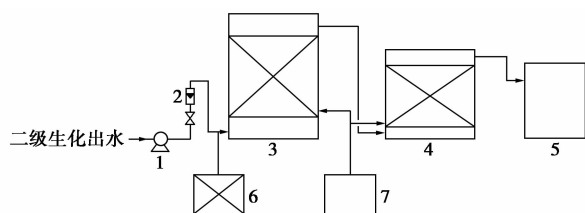
作者简介:齐鲁青(1986-),女,硕士生,主要从事水污染控制方向研究,359321492@qq.com;汪晓军(1964-),男,博士,教授,通讯联系人,cejxwang@scut.edu.cn。

表 1 进水水质情况及回用标准

检测项目	进水水质	回用标准
pH	7~9	7~8
色度/倍	16~32	无
浊度/NTU	5.2~13.9	<1
COD _{Cr} 质量浓度/mg·L ⁻¹	55.0~147.7	<10
SS质量浓度/mg·L ⁻¹	10.4~35.6	<1
氨氮质量浓度/mg·L ⁻¹	2.6~4.3	<1
电导率/μs·cm ⁻¹	5000~6500	<500
总硬度/mg·L ⁻¹	30~80	<20
总碱度/mg·L ⁻¹	640~930	<60

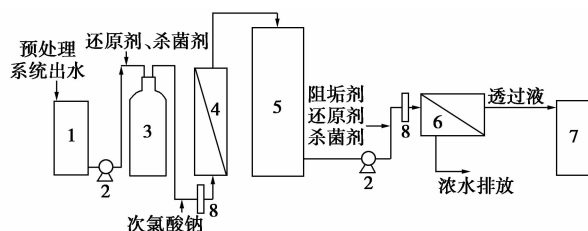
1.2 工艺流程

预处理系统、膜系统的试验工艺流程分别见图 1、图 2。



1—离心泵;2—流量计;3—臭氧-曝气生物滤池一体化装置(高 6 m,上向流);4—曝气生物滤池(高 4.5 m,上向流);5—清水池;6—臭氧发生系统;7—风机房

图 1 预处理系统流程图



1—原水罐;2—高压泵;3—多介质过滤器;4—超滤组件;5—超滤产水罐;6—反渗透组件;7—反渗透产水罐;8—保安过滤器

图 2 膜系统流程图

如图 1 所示,二级生化出水首先由水泵抽入上向流的臭氧-曝气生物滤池一体化装置,即臭氧直接通入曝气生物滤池,形成一体化装置,臭氧氧化和生物处理同时进行。一体化装置的出水流入上向流曝气生物滤池的底部,最后废水从曝气生物滤池出水堰进入清水池中。

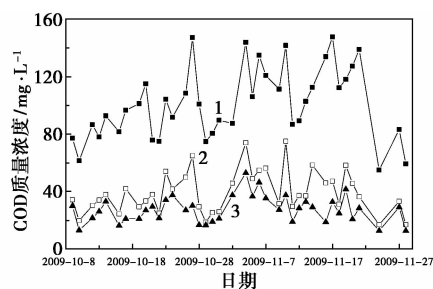
膜系统的流程如图 2 所示。预处理系统的出水储存在原水罐中,通过高压泵进入多介质过滤器,多介质过滤器出水经过保安过滤器后进入超滤组件,超滤出水被储存在超滤产水罐中。超滤产水罐的水再通过高压泵先经过保安过滤器,最后进入反渗透

组件,反渗透产水储存于反渗透产水罐中,反渗透浓水则通过管道排放。在多介质过滤器进水前,要投加杀菌剂;在反渗透组件进水前,要投加还原剂、杀菌剂和阻垢剂。

2 工艺实际运行效果及讨论

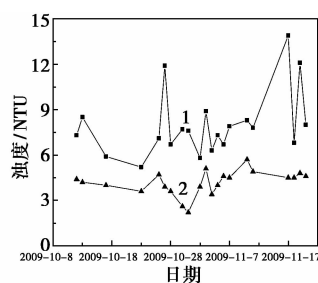
2.1 预处理系统运行效果

预处理系统工艺流程为:进水→臭氧-曝气生物滤池一体化装置→曝气生物滤池→出水,参数如下:进水流量 5 m³/h,水力停留时间 3 h,气水比为 5,水温 35~45℃,臭氧投加量为 20~30 mg/L,反冲洗周期为 1 周。水质各项指标测定按文献[6]方法测定。系统运行效果如图 3 至图 8。



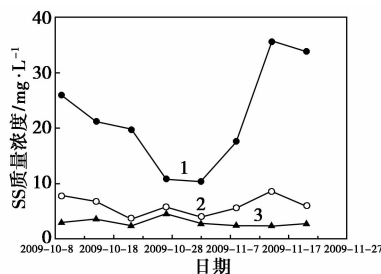
1—二级生化出水;2—臭氧-曝气生物滤池一体化装置出水;3—曝气生物滤池出水

图 3 预处理系统对 COD 去除效果



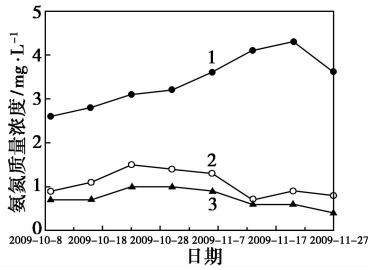
1—二级生化出水;2—曝气生物滤池出水

图 4 预处理系统对浊度去除效果



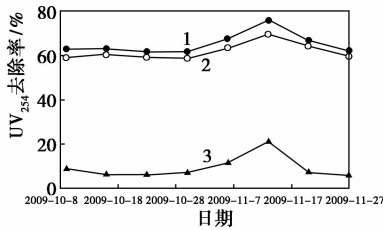
1—二级生化出水;2—臭氧-曝气生物滤池一体化装置出水;3—曝气生物滤池出水

图 5 预处理系统对 SS 去除效果



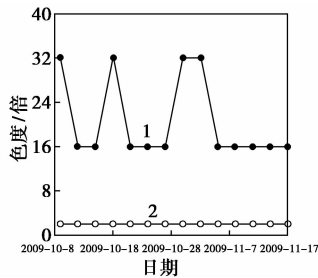
1—二级生化出水;2—臭氧-曝气生物滤池一体化装置出水;
3—曝气生物滤池出水

图6 预处理系统对氨氮去除效果



1—整个预处理系统;2—臭氧-曝气生物滤池一体化装置;
3—曝气生物滤池

图7 预处理系统各工段出水 UV₂₅₄ 去除率分析



1—二级生化出水;2—臭氧-曝气生物滤池一体化装置出水

图8 预处理系统对色度去除效果

预处理系统稳定运行效果如表2。其中臭氧-曝气生物滤池一体化装置 COD 平均去除率达到 61.5%,氨氮平均去除率 69.2%,色度平均去除率 85%,UV₂₅₄ 平均去除率为 61.7%,说明一体化装置中臭氧氧化与生化处理同步进行,脱除大部分污染物,处理效果显著。臭氧能够分解羟基自由基和氧分子,氧化发色基团中的不饱和键,从而去除有机物和色度,BAF 通过滤料及生物膜的吸附截留作用,以及生物膜内部微环境和厌氧段的反硝化作用,从而进一步去除氨氮和污染物。

通过预处理后的出水 COD 质量浓度平均为 27.4 mg/L,色度稳定在 2 倍,SS 质量浓度 < 5 mg/L,明显稳定和改善了膜系统的进水水质,延长了膜的再生周期及使用寿命。

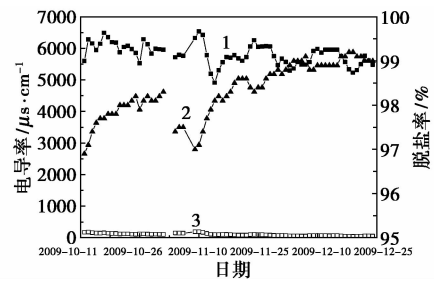
表2 预处理系统稳定运行处理效果

指标	COD _{Cr} 质 量浓度/ mg·L ⁻¹	浊度/ NTU	SS 质量 浓度/ mg·L ⁻¹	氨氮质 量浓度/ mg·L ⁻¹	色度/ 倍	UV ₂₅₄
进水	55.0 ~ (101.3)	5.2 ~ (8.0)	21.9 ~ (21.9)	2.6 ~ (3.4)	16 ~ (21)	1.382 ~ (1.472)
出水	12.7 ~ (27.4)	2.2 ~ (4.2)	2.4 ~ (3.0)	0.4 ~ (0.7)	2 (2)	0.332 ~ (0.514)
去除率/%	72.7	45.3	82.6	78.8	89.3	65.1

注:表2中括号内数据为平均值。

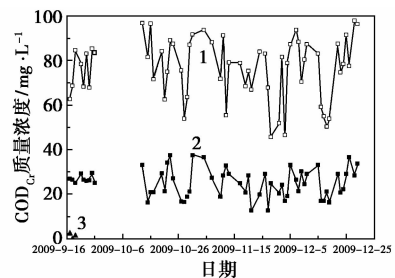
2.2 膜系统运行效果

膜系统的主要作用是脱盐和脱除总硬度。预处理系统出水首先进入多介质过滤器,其操作压力在 $(1.0 \sim 3.5) \times 10^4$ Pa,流量 4.5 m³/h,反洗周期 5 天,反洗 10 min;超滤组件操作压力保持在 $(3 \sim 4) \times 10^4$ Pa,流量 4.5 m³/h,气洗周期 50 min,气洗时间 20 s,反洗周期 50 min,反洗时间 100 s,化学分散洗周期 33 h,化学分散洗时间 8 min;反渗透组件采用陶氏低压抗污染反渗透膜,运行压力 $(8.0 \sim 11.5) \times 10^5$ Pa,高压泵频率 32 Hz,回流流量 4 m³/h,回收率 66.7%。膜系统运行效果如图 9 至图 12。



1—进水;2—脱盐率;3—产水

图9 膜系统脱盐效果



1—浓水;2—进水;3—产水

图10 膜系统对 COD 去除效果

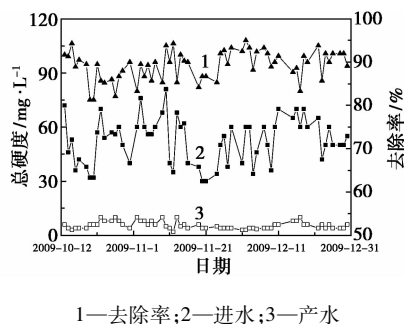


图11 膜系统对总硬度去除效果

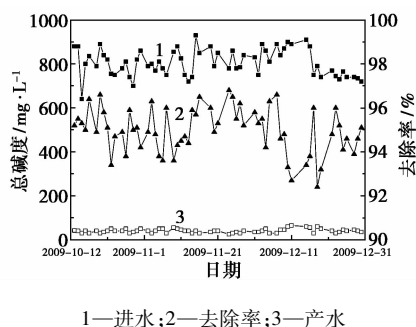


图12 膜系统对总碱度去除效果

多介质过滤器中装填石英砂和锰砂组合滤料,通过吸附作用去除水中的悬浮物、胶体细菌、病毒等,其SS去除率达到50%。超滤选用外压式中空纤维超滤膜,工艺运行过程中,检测超滤出水浊度波动小,低于0.4 NTU,其水污染淤泥密度指数(SDI)在0.4~1.5,符合反渗透进水SDI<5的要求,保证了膜系统的稳定运行。

膜系统稳定运行期间,反渗透膜截留了大部分的偏碱性离子,所以RO产水pH比进水低,为7.4~7.9,电导率则在50~200 $\mu\text{s}/\text{cm}$,平均脱盐率可达98.2%;总硬度2~10 mg/L,平均去除率为89.2%;总碱度25~60 mg/L,平均去除率为95.0%,产水达到回用标准要求;而浓水pH 7.3~8.3,色度32倍,COD质量浓度45.7~97.9 mg/L,仍然可以达标排放,彻底解决了膜法浓相处理的难题。

3 结语

(1)采用预处理系统(臭氧-曝气生物滤池一体

化装置+曝气生物滤池)和膜系统(超滤+反渗透)的组合工艺,可深度处理印染纺织废水。试验表明,臭氧氧化和BAF生物截留吸附作用使预处理系统保证了膜进水水质,经膜系统处理后,淡水回用,浓水仍然可以达标排放。预处理系统较佳运行参数为:气水比为5,有机负荷分别约为2.1、1.0 kg(COD)/ m^3 (滤料)·d,溶解氧质量浓度为3.8 mg/L,水温35~40℃;臭氧直接通入曝气生物滤池,形成臭氧-曝气生物滤池一体化装置,臭氧投加量宜在20~30 mg/L。

(2)预处理系统运行良好。进水COD质量浓度平均值为101.3 mg/L,浊度为8.0 NTU,SS质量浓度为21.9 mg/L,氨氮质量浓度3.4 mg/L,色度21倍,经过预处理系统稳定处理,出水COD质量浓度平均值可降至27.4 mg/L,浊度为4.2 NTU,SS质量浓度为3.0 mg/L,氨氮质量浓度0.7 mg/L,色度2倍。预处理系统高效去除污染物,有效地保证了膜系统进水水质。测定浓水pH 7.3~8.3,色度32倍,COD质量浓度45.7~97.9 mg/L,可直接排放。

(3)膜系统稳定运行期间,RO产水pH在7.4~7.9,电导率则在50~200 $\mu\text{s}/\text{cm}$,平均脱盐率可达98.2%;总硬度2~10 mg/L,平均去除率为89.2%;总碱度25~65 mg/L,平均去除率为95.0%。

参考文献

- [1] Wang Xiaojun, Gu Xiaoyang, Lin Dexian, *et al.* Treatment of acid rose dye containing wastewater by ozonizing-biological aerated filter [J]. *Dyes and Pigments*, 2007, 74(3): 736-740.
- [2] 顾晓扬,汪晓军,陈思莉,等. 臭氧-曝气生物滤池对纺织洗水的回用处理[J]. *中国给水排水*, 2008, 24(7): 42-44.
- [3] 汪晓军,顾晓扬,王炜. 组合工艺处理高浓度日用化工废水[J]. *工业水处理*, 2008, 28(2): 78-80.
- [4] Renata Zylla, Jadwiga Sojka-Ledakowicz. Coupling of membrane filtration with biological methods for textile wastewater treatment [J]. *Desalination*, 2006, 198: 316-325.
- [5] Erkan Sahinkaya, Nigmet Uzal, Ulku Yetis, *et al.* Biological treatment and nanofiltration of denim textile wastewater for reuse [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2008, 153: 1142-1148.
- [6] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 216-219. ■

《现代化工》入选中国科学引文数据库核心期刊

《现代化工》创刊于1980年,为中国化工信息中心主办的综合性化工技术类期刊。经过近30年的发展,《现代化工》已经在化工领域有了很大的影响,一直入编《中文核心期刊要目总览》。今年,《现代化工》入编《2009—2010年中国科学引文数据库核心期刊》。目前,《现代化工》既是中文核心期刊也是科学引文数据库核心期刊。读者和相关单位可登陆中科院中国科学文献服务系统(<http://sdb.csdl.ac.cn>),点左下角“中国科学数据库来源期刊”查证。

——《现代化工》编辑部