

# MBR + 臭氧组合工艺处理印染废水案例分析

俞沈晶<sup>1</sup>, 唐志鹏<sup>2</sup>, 张亚超<sup>1</sup>, 洪芳<sup>1</sup>

(1. 宁波中瑞环保科技有限公司, 浙江 宁波 315200; 2. 杭州蕴泽环境科技有限公司, 浙江 杭州 310051)

**摘要:** 采用 MBR + 臭氧组合工艺处理印染废水, 主要对 COD 及色度去除效果进行考察。单独采用 MBR 作为二级处理, 稳定出水时 COD 平均为 70 mg/L, 但色度高于排放标准; 加入臭氧氧化作为深度处理, 臭氧投加浓度为 50 mg/L, 接触时间为 30 min 和 35 min 时, 出水色度分别为 65 ~ 77 倍(符合排放标准)和 30 ~ 35 倍(符合回用水标准)。废水经过深度处理回用后, 实际平均可节省 42.78 万元/a。膜通量的稳定仍是工程难点, 膜丝易堵塞, 需用次氯酸钠在线经常性清洗。

**关键词:** 印染废水; MBR; 臭氧氧化; 回用

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)08-0104-04

## Case Analysis of Printing and Dyeing Wastewater Treatment Project with a Combined Process of MBR and Ozonation

YU Shen-jing<sup>1</sup>, TANG Zhi-peng<sup>2</sup>, ZHANG Ya-chao<sup>1</sup>, HONG Fang<sup>1</sup>

(1. Ningbo SScet Environment High-Tech Co. Ltd., Ningbo 315200, China; 2. Hangzhou Yunze Environment Science & Technology Co. Ltd., Hangzhou 310051, China)

**Abstract:** The treatment effect, especially the removal of COD and chroma, and the influencing factors of a combined process including MBR and ozonation for treating printing and dyeing wastewater was studied. The average COD was about 70 mg/L in the effluent when MBR was as a secondary treatment alone, but chroma was higher than the effluent standard. So ozonation was used as the advanced treatment. The average chroma decreased to 65 - 77 times meeting the effluent standards and 30 - 35 times meeting the reuse water standards when ozone contact time was 30 min and 35 min with the ozone concentration of 50 mg/L. The company could actually save 427 800 yuan annually through the advanced treatment and water reuse. However, the stability of the membrane flux was still a difficulty in the project. The membrane fiber was easy to block. It was necessary to use sodium hypochlorite for frequent online cleaning.

**Key words:** printing and dyeing wastewater; MBR; ozonation; reuse

印染废水具有水量大、有机成分复杂, 色度、水温、COD 高等特点<sup>[1]</sup>。传统印染废水处理工艺主要为吸附法、混凝法、化学氧化法、焚烧法以及生物法<sup>[2]</sup>。由于化学纤维织物的发展, 染料的更新使得难降解有机物大量进入印染废水, 尤其色度的去除更是一大难题, 单一的处理方法已经不能满足当前

印染废水处理的要求<sup>[3-4]</sup>。采用 MBR + 臭氧组合工艺处理印染废水, 对 COD、氨氮及色度去除效果进行考察, 确定膜清洗周期及最佳臭氧投加浓度和臭氧氧化时间, 并对工艺的经济性进行评价, 从而提供一种稳定、高效的印染废水深度处理回用工艺, 满足浙江省印染行业废水提标改造相关技术需求。

1 工程概况

浙江某公司的印染废水是一种典型的经过深度处理脱色后可回用的废水,其中染色工序主要产生染色废水、降温废水以及洗缸废水,印花废水主要来自印花颜料废水、蒸煮废水以及清洗废水。企业原有一套污水处理系统,但已无法满足新厂扩建和更加严格的排放标准要求,迫切需要升级改造。扩建

后总的废水处理能力将达到1 200 m<sup>3</sup>/d,其中印花废水 650 m<sup>3</sup>/d,染色废水 500 m<sup>3</sup>/d,生活污水 50 m<sup>3</sup>/d,原有的混凝沉淀池改成中水回用池重新利用,其余的设备设施不再使用。废水水质和排放标准见表 1,处理后的水质需达到《纺织染整工业水污染排放标准》(GB 4287—2012)和《纺织染整工业废水治理工程技术规范》(HJ 471—2009)的回用水标准。

表 1 进、出水及回用水水质

Tab. 1 Quality of influent, effluent and recycled water

项目	COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	色度/倍	pH 值
进水水质	≤1 200	≤400	≤130	300~800	800~1 000	6~9
排放标准(出水水质)	≤200	≤50	≤20	≤100	≤80	6~9
回用标准(回用水质)	≤100	≤25	≤10	≤70	≤40	6~9

废水处理工艺流程见图 1。主要构筑物及设计参数见表 2。主要设备及参数见表 3。

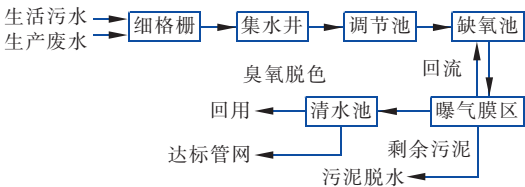


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

表 2 主要构筑物及设计参数

Tab. 2 Main structures and design parameters

项目	HRT/h	规格尺寸	有效容 积/m <sup>3</sup>	数量/ 座
集水井	2.2	Ø8 m×3 m	110	1
调节池	12	640 m <sup>3</sup>	600	1
缺氧池	2	105 m <sup>3</sup>	100	1
MBR	10.6	585 m <sup>3</sup>	450	1
臭氧塔	—	Ø1.5 m×6 m	10	1
清水储池	—	2.4 m×2.0 m×4.0 m	18	1

表 3 主要设备及参数

Tab. 3 Main equipment and parameters

项目	规格	数量	安装位置
回转式格栅	栅隙 3 mm,材质 SUS304	1 套	格栅渠
一级自吸泵	陆上泵 Q=55 m <sup>3</sup> /h,H=100 kPa,N=5.5 kW	2 台	集水井
二级提升泵	陆上泵 Q=45 m <sup>3</sup> /h,H=100 kPa,N=3.7 kW	2 台	调节池
潜水搅拌机	QJB 320/740-3	2 台	
缺氧池潜水搅拌机	QJB 260/740-0.85	1 台	缺氧池
捞毛机	捞毛机栅隙 1 mm,材质 Q235B	1 套	
污泥回流泵	陆上泵 Q=95 m <sup>3</sup> /h,H=120 kPa,N=5.5 kW	2 台	MBR 曝气区 及过滤区
膜组件	每组 650 m <sup>2</sup> PVDF 中空纤维膜	5 套	
MBR 曝气区风机	罗茨风机 Q=15.55 m <sup>3</sup> /min,H=55 kPa,P=30 kW	1 台	
MBR 过滤区风机	罗茨风机 Q=10.5 m <sup>3</sup> /min,H=50 kPa,P=18.5 kW	1 台	
MBR 抽水泵	离心泵 Q=56 m <sup>3</sup> /h,H=166 kPa,N=3.7 kW	2 台	
曝气器	通量 0.5~2 m <sup>3</sup> /h,充氧效率 20%,阻力 2.5~5.5 kPa	462 套	
在线清洗系统	计量泵、PE 储罐	1 套	
膜吊装系统	含龙门吊、手拉葫芦和专用吊具	1 套	
污泥输送泵	污水离心泵 Q=5 m <sup>3</sup> /h,H=10 kPa,N=0.75 kW	1 套	污泥脱 水系统
污泥加药装置 PAM	141 L/h,0.18 kW,1 000 L 的 PE 储罐	1 套	
污泥脱水机	叠螺式污泥脱水机 1 kW,含配套加药装置	1 套	回用系统
臭氧发生器	氧气源 1 kg/h,CF-G-2-1kg,不含氧气设备和冷却水设备	1 套	
电气控制柜	PLC 控制,含上位机和显示器,包括软件和组态编程	2 台	电控间

## 2 工程调试及运行

### 2.1 污泥接种培养

该工程于2014年3月初开始调试,主要集中在曝气池,接种含水率为80%的脱水湿泥5 t,使曝气池污泥浓度理论值达到2.2 g/L,污泥容积负荷控制在0.3~0.5 kgCOD/(kgMLSS·d)。驯化阶段,向印染废水中投加适当的粪便水和生活污水(混合液COD为800~1 000 mg/L)进行闷曝,每天排走过量上清液,并根据实际情况补充相对应的N、P等营养元素。经过两周时间,通过光学显微镜观察到大量的纤毛虫、轮虫、钟虫等微生物,说明活性污泥絮体已经形成且有较好活性。另外,污泥浓度维持在4~5 g/L以及COD去除率维持在85%~90%,说明污泥驯化已经成熟,可以运行。活性污泥性能好坏可根据所含微生物种类、数量来确定,微生物系统生物相越丰富,活性越好。

### 2.2 工程调试运行

印染废水首先经过细格栅去除大的悬浮物和杂物,然后进入集水井,由一级提升泵提升至调节池。调节池内设有潜水搅拌机,用于均衡水质,调整pH值,减小对后续生物处理系统的冲击。调节池中的废水经过二级提升泵进入捞毛机,捞除废水中的纤维,再自流入MBR缺氧区进行反硝化,去除总氮,并产生碱度,减少硝化反应消耗的碱,再进入曝气区和膜区去除大部分COD和氨氮。经过处理的废水经浸没在膜过滤区的膜丝过滤后抽出,直接排入污水管网。MBR出水经过臭氧脱色后回用。混合液中的污泥被截留在MBR中,可以形成很高的污泥浓度和丰富的微生物种群,实现废水的高效处理。膜生物反应器产生的少量剩余污泥定期排放至污泥脱水系统,泥饼外运,脱水滤液回流至集水井。

MBR的膜丝每15~30天进行一次在线清洗,每年采用次氯酸钠和柠檬酸进行一次离线化学清洗。离线清洗时不影响系统正常运行。

### 2.3 结果与讨论

#### 2.3.1 出水水质

膜出水氨氮、SS、pH等完全达标,故后期出水水质分析以COD和色度为主(见图2~4),其中调试后期COD的去除率基本维持在80%~90%,膜出水COD完全达到排放标准,经过臭氧氧化不降反升,推测为臭氧氧化分解膜出水中的发色基团,使得COD有所增加,色度除经过生化反应去除,有很大

一部分靠污泥的吸附,所以定期排泥非常必要,一般10天就需要排泥一次,直到曝气池中污泥浓度降到3 g/L左右,膜出水色度达到200倍左右已是极限。臭氧浓度维持在50 mg/L,接触氧化时间为25 min时,色度可以降到125~210倍;接触时间为30 min时,色度可以达到65~77倍,符合出水标准;而接触时间提高到35 min时,色度达到30~35倍,符合回用水标准(见图3)。由于臭氧发生塔顶部没有尾气处理装置,故有较大一部分臭氧未得到充分利用,在一定程度上影响了处理效果。

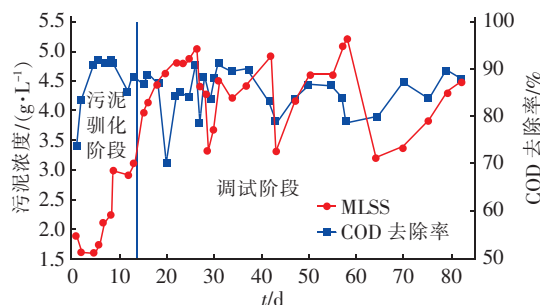


图2 调试期间污泥浓度及COD去除率

Fig. 2 Sludge concentration and COD removal during commissioning

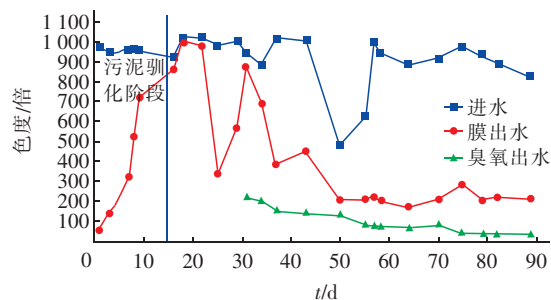


图3 调试期间色度去除效果

Fig. 3 Effect of chroma removal during commissioning

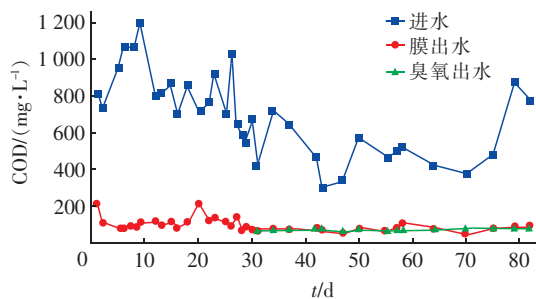


图4 调试期间COD去除效果

Fig. 4 Effect of COD removal during commissioning

在系统运行过程中,曝气池出现大量气泡,这是由于印染废水中存在大量的表面活性剂。解决办

法:添加消泡剂或者安装自来水喷头进行消泡。

### 2.3.2 经济分析

① 工程投资。总投资为288.794万元,土建投资为70.55万元,设备综合投资为218.244万元。

② 运行费用估算。污水处理操作人员2人,费用为3.6万元/(人·a);试剂费(次氯酸钠、污泥脱水药剂、碱)为10.3万元;总装机容量为160 kW,平均运行功率为112 kW,电价为0.6元/(kW·h),则电费为54.82万元/a(扣除节假日,一年按340 d算);设备维修费为0.8万元/a,制备臭氧的氧气源费用为15.4万元/a,则总运行费用为88.52万元/a(2.17元/m<sup>3</sup>)。

③ 收益分析。回用水制备100~200 m<sup>3</sup>/d,当地COD≤100 mg/L处理费用为2.4元/m<sup>3</sup>,工业用水为4.5元/m<sup>3</sup>,则节约690~1380元/d,一年可节约23.46~46.92万元。

该污水站至今已经运行3年,平均运行费用为85.39万元/a,平均回用水量为5.24×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/a,可节约36.16万元/a。

### 2.3.3 存在的问题及解决措施

①调节池积泥过多,虽然在池内对角位置安装有2台潜水搅拌机,但仍存在死角,会产生积泥,且伴随着毛发等纤维物,容易板结硬化。目前采用定期调整搅拌机角度避免产生积泥死角。②膜丝容易堵塞,膜污染现象严重,尤其是在生产旺季膜池中细小毛丝较多,因此在调节池与缺氧池之间加入了捞毛机,栅隙为1 mm,有效地减少了毛丝进入MBR系统产生的堵塞。另外,应及时排出剩余污泥,以防止膜池污泥堵塞膜帘。

## 3 结论

采用预处理+A/O池+臭氧氧化深度处理印染废水,COD由1200 mg/L降至100 mg/L以下,去除率达92%,色度由1000倍降到50倍以下,去除率达到95%,其中MBR工艺的处理效率高、占地面积小;而臭氧对于分散染料、阳离子染料等均具有良好的脱色效果。将两种工艺进行组合,MBR工艺可以强化COD去除效果,并完全截留悬浮物,从而减少臭氧的消耗量。在实际应用过程中,减少膜污染以及提高臭氧氧化的利用率仍需加强。

### 参考文献:

[1] 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).

[2] 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.

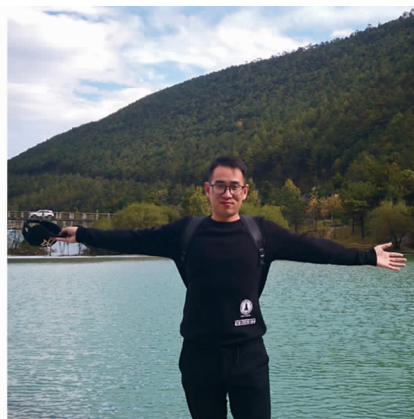
Mao Zhelin, Hung Lifang, Zhang Haijie. Project example of advanced treatment and reuse of printing and dyeing wastewater[J]. Industrial Water & Wastewater, 2016, 47(6): 61-63 (in Chinese).

[3] 沈雅琴,孙文挺,贾秋英. MBR+RO用于印染废水分质处理及回用[J]. 中国给水排水,2018,34(6):85-88.

Shen Yaqin, Sun Wenting, Jia Qiuying. Application of MBR + RO membrane technologies in printing and dyeing wastewater segregated treatment and reuse [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(6): 85-88 (in Chinese).

[4] 周迎科,夏广洁,冯雷. 臭氧氧化技术在印染废水回用系统中的应用[J]. 中国给水排水,2017,33(11):64-67.

Zhou Yingke, Xia Guangjie, Feng Lei. Analysis of ozonation technology in dyeing wastewater reuse system [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(11): 64-67 (in Chinese).



作者简介:俞沈晶(1989-),男,浙江湖州人,硕士,工程师,主要从事废水处理技术研究及工程设计施工工作。

E-mail:875087389@qq.com

收稿日期:2018-07-18