

厌氧折流池/生物滤池/人工湿地处理扎染废水

吴义锋, 吕锡武, 朱光灿, 邓靖, 史静
(东南大学 能源与环境学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 采用厌氧折流板反应器/生物滤池—接触氧化一体化装置/垂直流人工湿地等组合工艺处理扎染废水。厌氧折流板反应池、好氧一体化装置的设计容积负荷分别为 $0.50 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 和 $0.30 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。运行结果表明,当进水 COD、 BOD_5 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、SS、色度平均值分别为 556 mg/L 、 196 mg/L 、 19.3 mg/L 、 353 mg/L 、314 倍时,出水相应指标分别为 43 mg/L 、 11.5 mg/L 、 3.1 mg/L 、 13.7 mg/L 、19 倍,系统运行稳定,可实现扎染废水长期稳定达标排放。

关键词: 扎染废水; 厌氧折流板反应池; 好氧一体化装置; 生态处理

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2009)22-0069-04

Research on Tie-dyeing Wastewater Treatment Using Anaerobic Baffled Reactor/Biofilter/Constructed Wetland

WU Yi-feng, LV Xi-wu, ZHU Guang-can, DENG Jing, SHI Jing
(School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Anaerobic baffled reactor/integrated aerobic reactor/vertical flow constructed wetland were used to treat tie-dyeing wastewater. The volume loading rates of anaerobic baffled reactor and integrated aerobic reactor are $0.50 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ and $0.30 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$. When the average influent concentrations of COD, BOD_5 , $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, SS and color are 556 mg/L , 196 mg/L , 19.3 mg/L , 353 mg/L and 314 times respectively, the effluent indexes are 43 mg/L , 11.5 mg/L , 3.1 mg/L , 13.7 mg/L and 19 times respectively. The system runs stably and can realize the long-term stable up-to-standard discharge of tie-dyeing wastewater.

Key words: tie-dyeing wastewater; anaerobic baffled reactor; integrated aerobic reactor; ecological treatment

扎染是我国云南省白族人民特有的民间传统工艺,属于印染工业的一种类型^[1]。扎染废水产生于煮练、染色、皂洗、水洗等工段所排放的残液,污染物来源于扎染原料本身的夹带物以及加工过程中所用的浆料、染料和助剂等,特点是色度大、有机物浓度高。目前,大理州扎染多为作坊式生产,规模不大,废水无序混合、间歇性排放,冲击负荷较大^[2]。笔者针对扎染废水产生特点、污染物浓度、日变化系数及当地经济状况,将生物和生态处理工艺相结合^[3,4],探讨高效稳定、投资运行费用低的扎染废水

处理工艺,为大理州扎染废水处理的工程设计和运行提供参考。

1 工程概况

1.1 废水水质、水量

扎染废水处理工程建在大理州巍山县民族工艺厂,处理规模为 $100 \text{ m}^3/\text{d}$,其中扎染废水约占80%,其余为生活污水。扎染染剂以水马桑、黄栌皮、麻栗壳和板蓝根等植物染料为主,添加硫酸铜、硫酸亚铁、硫酸铝、草酸、硫酸锌、靛蓝、还原蓝和硫化黑等化学染料。扎染废水色度高,表现为黑色、蓝色或棕

黄色。废水水质见表 1。由于扎染工业地处洱海流域,为保护高原湖泊洱海脆弱的生态环境,设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物综合排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准,大部分尾水作为扎染生产用水。

表 1 扎染废水水质及排放标准

Tab. 1 Raw wastewater quality and discharge standard

指标	pH	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₄ ⁺ - N ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/ 倍
废水水质	6.8 ~ 9.2	250 ~ 450	450 ~ 750	150 ~ 250	15 ~ 25	250 ~ 450
排放标准	6 ~ 9	≤20	≤60	≤20	≤8	≤30

1.2 工艺流程

工艺流程见图 1。

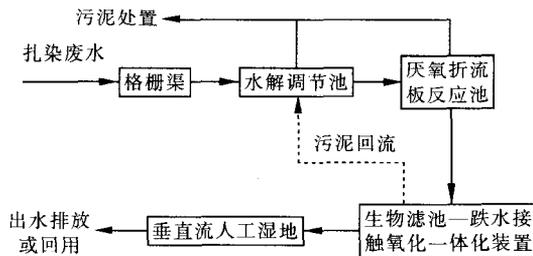


图 1 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

扎染废水经格栅去除大部分颗粒悬浮物及纤维后进入水解调节池均质均量,池内设置填料对废水进行一定的预处理。水解池出水经潜水泵提升至厌氧折流板反应池,去除部分 COD 并使废水充分脱色。厌氧折流板反应池出水自流至一体化好氧装置,生物滤池位于上部,淋滤水自然跌落至下部的五级跌水接触氧化池完成自然充氧,在有氧条件下进行生化处理。好氧处理出水自流进入垂直流人工湿地进行深度净化后达标排放。水解调节池、厌氧折流板反应池的污泥排至浓缩池,经干化后外运填埋处置。

该工艺流程具有两个特点:①废水经一次提升,自然跌落完成充氧,无需专门的曝气设施,运行费用低;②厌氧池排泥周期长,产泥量少,节省污泥处理成本。

该工程自 2008 年 7 月启动,接种污泥取自大理州巍山县屠宰场的厌氧池和曝气池,稀释后分别加入水解调节池、厌氧折流板反应池和好氧一体化装置。经 2 个月的调试,工艺系统逐渐进入稳定运行

状态。运行期间每 5 天监测一次各处理单元的进、出水水质,主要根据 COD、色度的变化评价工艺运行效果,湿地系统增加氨氮等监测指标。

2 工艺设计及运行效果

① 格栅渠

扎染废水中含有大量植物碎屑、标签纸以及从扎染布脱落的短纤维,如得不到有效去除,可能会造成水泵堵塞;另外,悬浮物长期沉积在水解调节池的底部,会使水解调节池有效容积减少,影响水质、水量调节功能,降低预处理效果。

格栅渠有效尺寸为 $1.2 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$,有效水深为 0.6 m ,HRT 为 10 min ,渠内设 1 道细格栅,栅条间隙为 5 mm ,定时清洗。运行结果表明,格栅能有效拦截植物碎屑、短纤维等悬浮物,截留率 $> 85\%$,出水 SS 为 $40 \sim 250 \text{ mg/L}$ 。

② 水解调节池

扎染厂规模相对较小,生产和排水极不稳定,需将峰值水量进行储存以供连续处理,避免出现较大的水力、水质冲击负荷,保证后续处理构筑物和设备正常运行。根据扎染厂的间断性生产特点,调节池调节时间取 12 h ,设计有效容积为 48.4 m^3 ,HRT 为 23 h ,有效水深为 4.2 m ,砖混结构。为充分利用有效调节容积,使调节池具备水解功能,池内分 3 格,并悬挂无纺布填料,填料面积为 $95.7 \text{ m}^2/\text{格}$ 。水解调节池可使扎染废水中的 NaClO 等无机物充分分解,避免其对厌氧微生物产生毒性抑制,同时去除一定的污染物。在水解调节池出水口安装 2 台管道离心泵(1 用 1 备, $Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 150 \text{ kPa}$, $N = 0.75 \text{ kW}$),将废水提升至后续的厌氧折流板反应池中。

③ 厌氧折流板反应池

厌氧折流板反应池具有良好的水力条件,丰富的微生物种群结构和良好的抗冲击负荷能力,广泛应用于印染、食品工业废水处理工程中^[5]。厌氧折流板反应池设计容积负荷为 $0.50 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,有效容积为 190 m^3 ,池内分 6 格,有效水深为 7.7 m ,池底设有 6 个污泥斗,泥斗深为 0.6 m 。单格净尺寸为 $1.3 \text{ m} \times 3.2 \text{ m} \times 4.6 \text{ m}$,下降区与上升区尺寸分别为 $0.3 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$ 和 $1.0 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$ 。无纺布填料分 2 层悬挂,填料面积为 $169.3 \text{ m}^2/\text{格}$ 。

图 2、3 分别为试运行期间厌氧折流板反应池对 COD 和色度的去除效果。运行初期,COD 去除率为 30% 左右,色度去除率为 40% 左右,随着运行时间

的增加,对 COD 和色度的去除效果逐渐明显,运行 90 d 后,COD 去除率已增至 50% 左右,色度去除率达到 80% 以上,运行稳定。另外,由于进水 COD 波动较大,而厌氧池出水 COD 相对稳定,一般低于 100 mg/L,从而为后续构筑物的稳定运行提供了条件。

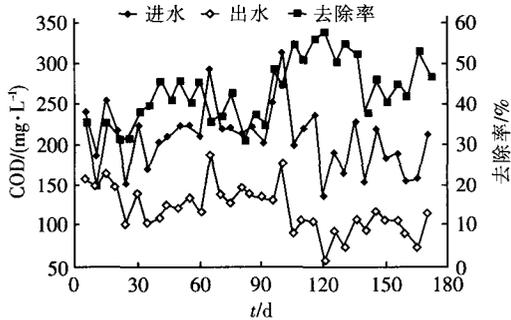


图 2 厌氧折流板反应池对 COD 的去除效果
Fig. 2 Removal of COD by ABR

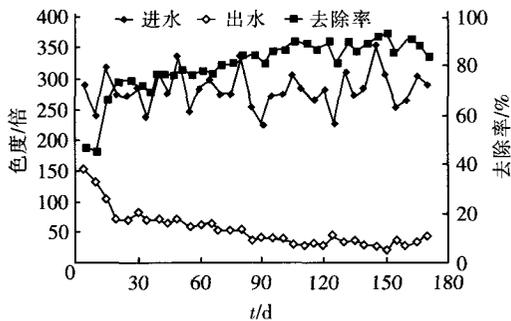


图 3 厌氧折流板反应池对色度的去除效果
Fig. 3 Removal of color by ABR

④ 好氧一体化装置

好氧一体化装置为塔式结构,集生物滤池和五级跌水接触氧化池于一体。好氧一体化装置设计容积负荷为 0.30 kgCOD/(m³·d)。生物滤池有效容积为 20.2 m³,池内装填规格为 Ø50 mm 的鲍尔环填料,填料高度为 1.7 m,体积为 14.3 m³。跌水接触氧化池共分 5 级,单池有效容积为 4.6 m³,池内悬挂无纺布填料,填料面积为 75.6 m²/级,砖砌结构用隔墙分成两部分,废水从隔墙的一侧流入,穿过隔墙底部,从另一侧流出。池底设有高 0.15 m 的泥斗,每级净尺寸为 3.0 m × 2.8 m × 0.6 m,有效水深为 0.55 m,每级又包括下降区(尺寸为 1.75 m × 2.8 m × 0.6 m)和上升区(尺寸为 1.13 m × 2.8 m × 0.6 m)。

好氧一体化装置示意图 4。

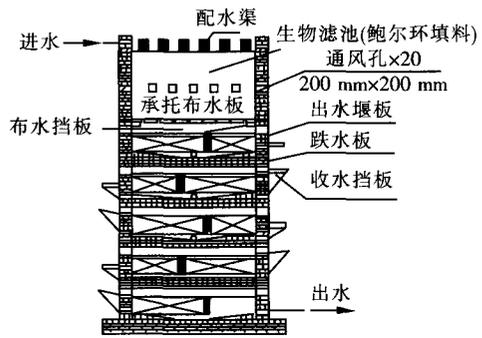


图 4 好氧一体化装置剖面示意

Fig. 4 Sectional schematic diagram of integrated aerobic reactor

好氧一体化装置利用重力逐级跌水,自然充氧。将鲍尔环填料堆放于滤池内作为滤料和微生物生长的载体,滤池中部设通风口,保证滤池内足够的溶解氧。五级跌水接触氧化池总 HRT 为 5.5 h,每级跌水池均设排泥管,污泥回流至水解调节池。好氧一体化装置正常运行时进、出水水质见表 2。出水水质基本接近排放标准,SS 浓度降低,从而保证了后续人工湿地的稳定运行。

表 2 好氧一体化装置进、出水水质

Tab. 2 Quality of influent and effluent of integrated aerobic reactor

指标	pH	COD/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	色度/倍
进水水质	6.9~8.3	58~186	25~83	20~80
出水水质	6.9~7.8	37~102	15~43	13~40

⑤ 垂直流人工湿地

垂直流人工湿地相对其他类型人工湿地具有占地面积小、运行费用低、氮磷去除能力强等特点^[6]。设计水力负荷为 0.35 m³/(m²·d),单组有效面积为 144 m²,滤料厚为 1.0 m,共 4 格,设为 2 组,交替运行,池底坡度为 2.5%。湿地内种植芦苇、水芹菜、菖蒲和美人蕉,种植密度均为 9 株/m²。垂直流人工湿地表面铺设 PVC 材质的 DN75 主布水管和 DN30 布水支管,每隔 0.35 m 在管壁左右设 4 mm 布水孔。湿地底部铺设 DN50 排水管(PVC 材质)。

人工湿地是系统运行的控制性节点,依靠绿色植物以及填料富集微生物的作用去除有机污染物,同时也能有效去除氮、磷等污染物,出水 SS 浓度更低。

稳定运行期间人工湿地的进、出水水质见表 3。

表3 人工湿地进、出水水质

Tab.3 Quality of influent and effluent of constructed wetland

指标	pH	SS/ (mg· L ⁻¹)	COD/ (mg· L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg· L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N /(mg· L ⁻¹)	色度/ 倍
进水	6.9~7.8	20~45	37~102	25~83	7.2~15.7	13~40
出水	7.2~7.5	8~18	28~57	7~13	1.3~5.6	7~26

由表3可知,人工湿地的出水水质已达到工程设计要求。

3 工程经济分析

该工程土建费用为36.6万元,设备、管道、填料及安装费共15.7万元,总投资为52.3万元,因本工程包括预处理及深度处理工段,因而投资比城镇生活污水处理工程略高。

该工程运行费用主要为提升水泵能耗,功率为0.75 kW,每天运行24 h,按大理州工业用电电价为0.91元/(kW·h)计算,电费为0.16元/m³。另外,该工程不设专职管理人员,仅安排负责环境卫生、定期排泥和人工湿地杂草清理的兼职人员1名,人工费为30元/d(工作日)。运行费用合计为0.46元/m³,明显低于当前传统印染工业废水处理成本。

4 结语

① 生物生态组合工艺稳定运行后对扎染废水具有较好的处理效果,当进水COD、BOD₅、NH₄⁺-N、SS、色度平均值分别为556 mg/L、196 mg/L、19.3 mg/L、353 mg/L、314倍时,出水水质基本满足《城

镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准,整个处理系统运行稳定,耐冲击性能良好。

② 该废水处理工程运行费用为0.46元/m³,对大理州扎染废水处理起到了示范作用。

参考文献:

- [1] 陈晓玉,杨秀稳. 扎染批量化续缸染色工艺研究[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报,2009,(1):26-31.
- [2] 韩涛,彭文启,李怀恩,等. 洱海水体富营养化的演变及其研究进展[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2005,3(1):71-74.
- [3] Zee F P, Villaverde S. Combined anaerobic-aerobic treatment of azo dyes - A short review of bioreactor studies [J]. Water Res, 2005, 39(8): 1425-1444.
- [4] 吴慧芳,陆继来,王世和,等. ABR水解/生物接触氧化处理印染废水[J]. 中国给水排水,2005,21(10):52-54.
- [5] 周磊,陈朱蕾,廖波,等. 厌氧折流板反应器性能研究进展[J]. 工业水处理,2007,27(5):1-5.
- [6] 白玉华,章小军,雷志洪,等. 垂直流人工湿地净化机理及工程实践[J]. 北京工业大学学报,2008,34(7):761-767.

电话:15005163963

E-mail:shinfun@163.com

收稿日期:2009-06-15

· 企业动态 ·

格兰富为中国贫困地区中学捐助太阳能高效水泵

2009年9月24日,格兰富集团全球总裁 Carsten Bjerg 先生专程赶到河北保定,参加当地一所贫困中学——定兴柳卓乡中学的泵房剪彩仪式。这是一座由格兰富集团出资捐赠的现代化泵房,专门用来解决该校1500名师生的饮水问题。

在泵房剪彩仪式上,Carsten Bjerg 先生透露,此次捐赠给柳卓乡中学的 SQFlex 水泵是一种小型太阳能水泵系统。该系统全部使用太阳能,具有自我维护、自我清洗、对环境无污染等优点。使用这套系统不仅能节省学校的电能,还能保护环境。

据介绍,这种太阳能高效水泵已在肯尼亚等国得到成功应用,可以明显改善贫困地区居民的饮水质量。

说起这次捐赠的初衷,Carsten Bjerg 先生表示:“格兰富集团非常关注中国贫困农村儿童的饮水安全,也一直在想方设法尽最大努力来帮助他们。”据悉,此次捐赠是格兰富集团在中国的第一个企业社会责任项目。

(本刊编辑部)