

纺织印染废水深度处理中试设计与运行

王蓓蓓, 汪晓军, 萧志豪, 黄小琴

(华南理工大学 环境与能源学院, 广东 广州 510006)

摘要: 采用臭氧催化氧化/曝气生物滤池/深床厌氧滤池工艺对东莞某大型毛纺织印染厂二级生化出水进行深度处理,经过该工艺处理后出水指标(除总氮外)达到国家《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类标准,出水总氮浓度稳定低于8 mg/L,平均值为3.97 mg/L,出水苯胺浓度低于0.3 mg/L。中试运行结果表明,该深度处理工艺可应用于印染废水提标改造的实际工程中。

关键词: 纺织印染废水; 臭氧氧化; 曝气生物滤池; 厌氧滤池; 提标改造

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)05-0072-04

Design and Operation of Pilot-scale Advanced Treatment of Textile Printing and Dyeing Wastewater

WANG Bei-bei, WANG Xiao-jun, XIAO Zhi-hao, HUANG Xiao-qin

(College of Environment and Energy, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The combined process of catalytic ozonation, biological aerated filter and deep-bed anaerobic filter was used for advanced treatment of the secondary biochemical effluent from a large woolen textile printing and dyeing factory in Dongguan. The main effluent indicators of the combined process except for TN could meet the Ⅳ criteria specified in the *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). The effluent concentration of TN was below 8 mg/L with a mean of 3.97 mg/L, and the effluent concentration of aniline was below 0.3 mg/L. The pilot-scale operation performance showed that the advanced treatment process could be applied for upgrading and reconstruction of printing and dyeing wastewater treatment plants.

Key words: textile printing and dyeing wastewater; ozonation; biological aerated filter; anaerobic filter; upgrading and reconstruction

广东省某毛纺织印染有限公司的纺织印染废水经过现有的厌氧/好氧/加药絮凝/沉淀工艺处理后,出水水质可满足国家和地方相关排放标准。但由于工厂处于生态保护区,当地环保部门要求工厂的处理出水水质(除TN外)达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类标准,为满足要求,公司决定对二级生化出水进行深度处理。在前期小试的基础上,采用臭氧催化氧化/曝气生物滤池/深床厌氧滤池工艺对该厂二级生化出水进行中试研究,

试验装置处理水量为4.8 m³/d,经过4个月的调试与稳定运行,系统出水水质达到预期目标。

1 设计水质

中试系统设计处理水量为100~200 L/h,24 h连续运行,进水为废水处理厂二沉池出水。设计进出水pH值为6~9,设计进水COD、氨氮、总磷、苯胺、总氮分别为80~120、<20、<0.5、<10、<40 mg/L,设计出水对应的水质指标分别为≤30、≤1.5、≤0.3、≤0.5、≤10 mg/L。

2 试验材料与方法

2.1 主要构筑物

构筑物均采用304不锈钢材料。

臭氧催化氧化池:尺寸为 $\varnothing 0.4\text{ m}\times 6.0\text{ m}$,有效容积为 0.69 m^3 , $\text{HRT}=3.45\text{ h}$,表面负荷为 $1.59\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配有布水布气系统、臭氧催化剂、砾石承托层等。

曝气生物滤池:尺寸为 $\varnothing 0.5\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,有效容积为 0.78 m^3 , $\text{HRT}=3.92\text{ h}$,表面负荷为 $1.02\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配有布水布气系统、生物填料、砾石承托层等。

臭氧-BAF滤池:尺寸为 $\varnothing 0.5\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,有效容积为 0.32 m^3 , $\text{HRT}=1.59\text{ h}$,表面负荷为 $2.83\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配有布水布气系统、臭氧催化剂、生物填料、砾石承托层等。

深床厌氧滤池:尺寸为 $\varnothing 0.4\text{ m}\times 5.0\text{ m}$,有效容积为 0.44 m^3 , $\text{HRT}=2.20\text{ h}$,表面负荷为 $1.59\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配有布水布气系统、石英砂滤料、生物陶粒、砾石承托层、管道混合器等。

2.2 工艺流程

工艺流程如图1所示。

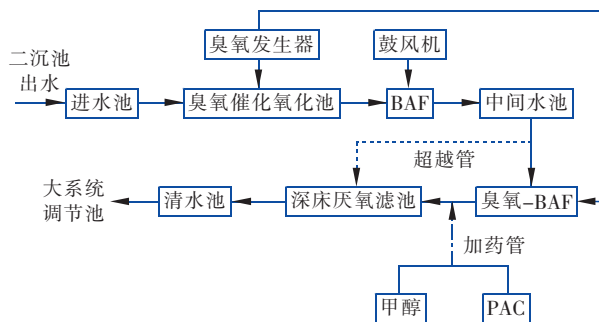


图1 深度处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of advanced treatment process

2.3 工艺说明

① 在系统进水前端设置过滤单元,废水经过滤后进入进水池。然后,将进水池出水送至臭氧催化氧化池,同时臭氧气体通过臭氧布气系统均匀地投加到臭氧催化氧化池,臭氧与废水快速混合后在臭氧催化剂的作用下与废水中的有机物发生反应,部分有机物被直接氧化成二氧化碳和水,部分不易生物降解有机物的结构被破坏,生成可生物降解有机物,提高了废水的可生化性。另外,有机物的发色基团被臭氧氧化后,废水色度显著降低^[1]。

② 曝气生物滤池集生物氧化、生物絮凝及过滤于一体^[2],既可通过生物碳氧化作用去除可生物降解有机物,同时又可利用硝化作用去除氨氮,将氨氮转化为硝酸盐氮或亚硝酸盐氮。经过曝气生物滤池后出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

③ 为了使最终出水达到地表Ⅳ类水质,需要对COD、总磷和总氮进行深入去除。废水经过臭氧催化/BAF工艺处理后,出水中残留的COD基本为极难去除的难生物降解有机物,去除难度较大。因而,后续设计一体式臭氧-BAF单元,当水质波动大时,启动该单元;若水质稳定达到设计要求则可超越此单元。

④ 深床厌氧滤池集厌氧反硝化、过滤于一体^[3],废水中残余的总氮主要以硝酸盐氮形式存在,需要通过生物反硝化作用将其转化为氮气。由于反硝化过程需要消耗碳源,因此向废水中投加甲醇。此外,当废水中的总磷低于 0.5 mg/L 时,应辅助化学除磷,可投加少量聚合氯化铝(PAC)。深床厌氧滤池的另一重要作用是去除投加PAC后产生的悬浮物,从而省却沉淀池,缩短了工艺流程并减小了占地面积。

采用气水联合反冲洗定期对臭氧催化氧化池、曝气生物滤池、臭氧-BAF、深床厌氧滤池进行反冲洗,且反冲洗出水接至现有大系统调节池中。

3 结果与讨论

3.1 调试阶段

2016年4月初开始进行调试。采用接种挂膜法培养微生物,活性污泥取自厂内好氧池。按一定比例将二沉池出水与自来水混合后进入系统,进行24 h连续闷曝,每天投加面粉和营养物质,调节曝气量,监测池内COD、pH值、DO等指标,及时调整工艺参数,保证微生物迅速增殖。每天进水8 h,每间隔4 d提高一次进水量,进水量依次为 1.8 、 2.4 、 3.3 、 3.6 、 4.4 、 $4.8\text{ m}^3/\text{d}$ 。在提高进水负荷的情况下,维持微生物的稳定生长与繁殖。

3.2 运行效果

4月底开始连续运行系统,处理水量从 100 L/h 逐渐增加到 250 L/h ,经过3个月的运行,系统状况良好。在此期间,监测COD、pH值、DO、氨氮、TP、TN、苯胺等指标。

对COD的去除效果如图2所示。

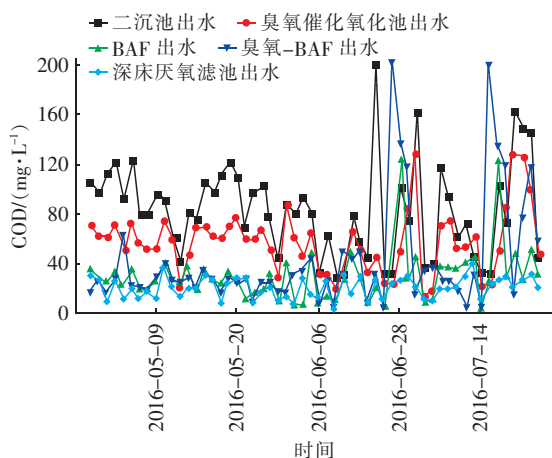


图2 各处理单元出水 COD 浓度

Fig.2 Effluent concentration of COD in each process

由图2可知,进水COD大多数在30~120 mg/L范围内,臭氧催化氧化起到预处理作用,提高了废水的可生化性^[2]。经过BAF处理后,出水COD明显下降,对COD的去除率高达90%,且多数情况对COD的去除率在70%左右。由于BAF出水COD较低,所以在试验过程中臭氧-BAF并未通入臭氧。系统中深床厌氧滤池进水COD过低,低碳氮比导致碳源不足,脱氮效率较低,因此从6月份开始向深床厌氧滤池投加甲醇,发现滤池反硝化碳源投加比例为3.0 g 甲醇/gTN时,既可保证出水COD < 30 mg/L,又可得到较好的反硝化效果。

各工艺单体对氨氮的去除效果见图3。

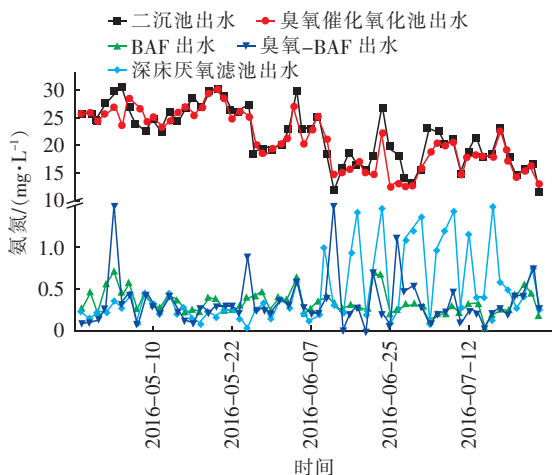


图3 各处理单元出水氨氮浓度

Fig.3 Effluent concentration of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ in each process

进水氨氮浓度为10~30 mg/L,经过曝气生物滤池处理后氨氮 < 0.8 mg/L,对氨氮的去除率达到

97%以上。投加碳源后,深床厌氧滤池的出水氨氮略有增加,可能是由于反硝化细菌的内源呼吸作用产生氨氮导致的。

各处理单元的出水总氮浓度如图4所示。

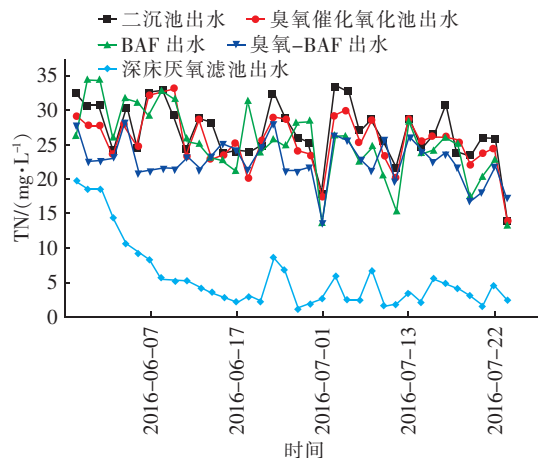


图4 各处理单元出水总氮浓度

Fig.4 Effluent concentration of TN in each process

进水TN为13.81~33.53 mg/L,稳定运行后出水TN平均为3.97 mg/L,TN平均去除率为85.3%。稳定运行过程中甲醇碳源投量为2.50~5.27 g/gTN,平均为2.86 g/gTN。深床厌氧滤池平均进水溶解氧为4.87 mg/L,平均出水溶解氧为0.85 mg/L。试验过程中,起初对各单元的反冲洗频率为7 d一次;投加PAC后,深床厌氧滤池滤床阻力增加更快,将反冲洗频率提高至2 d一次。

系统对TP的去除情况如图5所示。

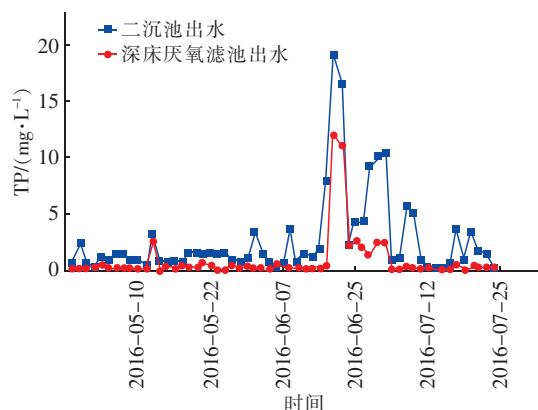


图5 系统进出水总磷变化

Fig.5 Change of TP in advanced treatment process

6月17号之前,系统的进水TP相对稳定,除个别天数波动外,依靠生物除磷作用即可达到出水TP < 0.3 mg/L的目标;6月17号开始二沉池出水TP

波动较大,生物除磷已不能满足出水要求,从6月28号开始向深床厌氧滤池中投加PAC,依靠化学除磷提高出水水质。投加比例按 $8.0 \sim 10.0 \text{ gPAC/gTP}$ 计算,经过3 d的缓冲,出水TP逐渐达到目标值,此后PAC按 10 mg/L 投加,除个别时间进水TP达到 5 mg/L 外,出水总磷稳定在 0.3 mg/L 以下,可达到地表Ⅳ类水标准。

系统进水苯胺浓度为 $0.74 \sim 1.79 \text{ mg/L}$,平均为 1.07 mg/L 。当臭氧催化氧化池臭氧投加量为 $40 \sim 50 \text{ mg/L}$ 时,系统出水苯胺 $\leq 0.3 \text{ mg/L}$,近一半情况出水苯胺未检出,且苯胺去除率均为80%以上,平均去除率为95%。

3.3 建议

对TN的去除主要是利用深床厌氧滤池的反硝化作用,经过好氧处理后深床厌氧滤池进水C/N值太低,无法满足反硝化细菌的营养要求。依靠外加碳源则会出现COD和TN之间不平衡,外加碳源投加多,TN出水效果好,出水COD则会变高;外加碳源投加少,出水COD较好,TN的去除率降低。在本系统中,甲醇碳源投加量在 $3 \sim 4 \text{ g/gTN}$ 时,对COD和TN均能达到较好的去除效果。

由于甲醇与PAC的投加量是按照前一天运行的效果计算,因此出水水质存在滞后现象,在此后的工程应用中需要安装实时监测系统,以便及时根据实际情况调整药剂投加量,达到稳定的出水水质。

4 结论

① 对于印染废水,采用臭氧催化氧化/曝气生物滤池/深床厌氧滤池工艺深度处理二级生化出水,其处理效果稳定,可以达到预期目标。出水主要指标(除总氮外)达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类标准,出水TN稳定低于 8 mg/L ,

平均为 3.97 mg/L 。

② 曝气生物滤池对经过二级生化处理的印染废水仍具有显著的生化作用,对COD和氨氮的去除效果明显,对氨氮的去除率高达97%以上。深床厌氧滤池是实现污水深度处理脱氮的有效手段,对总氮的去除率可达80%以上。

参考文献:

- [1] 王海龙,张玲玲,王新力,等. 臭氧氧化工艺在印染废水处理中的应用进展[J]. 工业水处理,2011,31(7): 18-21.
- [2] 汪晓军,林德贤,顾晓扬,等. 臭氧-曝气生物滤池处理酸性玫瑰红染料废水[J]. 环境工程学报,2006,7(7):43-46.
- [3] 刘金瀚,白宇,林海,等. 反硝化生物滤池用于污水深度脱氮研究[J]. 中国给水排水,2008,24(21):26-29.



作者简介:王蓓蓓(1992-),女,甘肃张掖人,硕士研究生,主要研究方向为水污染控制技术。

E-mail:594703506@qq.com

收稿日期:2016-10-22

依法治水,科学管水,强化节水