

厌氧和高级化学氧化联合深度处理高浓度印染废水

周碧冰, 郑祥远

(温州市环境保护设计科学研究院, 浙江 温州 325000)

摘要: 采用 ABR 厌氧 + 好氧生物法处理 COD 约为 3 000 mg/L 的印染废水, ABR 池的 HRT 为 22 h, 对 COD 的去除率约为 30%, 污泥负荷为 $1.2 \text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, B/C 值从 0.16 提高到了 0.19。经过好氧处理后 $\text{BOD}_5 < 5 \text{ mg/L}$, 采用 O_3 和生物滤池组合工艺进一步处理尾水, $m_{\text{O}_3}: m_{\text{COD}}$ 为 4:1, 生物滤池的 HRT 为 9 h, 处理后的尾水 COD $< 50 \text{ mg/L}$, 水质澄清, 能满足回用要求。

关键词: 印染废水; ABR 厌氧; 臭氧; 生物滤池

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0109-03

Combination of Anaerobic Treatment and Advanced Oxidation Process for High Strength Printing and Dyeing Wastewater Tertiary Treatment

ZHOU Bi-bing, ZHENG Xiang-yuan

(Wenzhou Environmental Protection Design Scientific Institute, Wenzhou 325000, China)

Abstract: The combination process of anaerobic baffled reactor (ABR) and aerobic reactor was used to treat the printing and dyeing wastewater. The COD of raw wastewater was about 3 000 mg/L. When the hydraulic retention time (HRT) of ABR was controlled as 22 h, and the sludge loading rate was $1.2 \text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, the removal efficiency of COD was 30%, and the B/C ratio increased from 0.16 to 0.19. The effluent of ABR was treated in the aerobic treatment process. The effluent BOD_5 of the aerobic process was less than 5 mg/L. In the advanced treatment process, e. g. combination of O_3 oxidation and biological filter, when $m_{\text{O}_3}: m_{\text{COD}}$ ratios was controlled as 4:1 and HRT was kept as 9 h, the final effluent COD was below 50 mg/L. The final water quality could meet the requirements of reuse.

Key words: printing and dyeing wastewater; ABR; ozone; biological filter

印染废水由于 B/C 值低 (< 0.3), 可生化性差, 若简单采用好氧生化法处理, 难以达到 COD $< 100 \text{ mg/L}$ 的标准, 因而需要混凝沉淀-兼氧法联合提高 B/C 值后进一步用好氧法处理^[1,2]。而随着排放标准的提高, 对于需要达到 COD $\leq 50 \text{ mg/L}$ 的回用水要求的, 在生化处理后往往进一步采用臭氧氧化 + 生物渗滤池、 ClO_2 + 生物渗滤池等尾端处理方法^[3-6]。随着清洁生产技术的推广, 印染行业用水的水浴比大大降低, 吨产品的废水排放量大大减少, 导致废水的 COD 浓度由 2 000 mg/L 左右上升到 3 000 mg/L 以上, 深度处理尾水更加困难。

对某印染公司污水处理站进行改造, 在印染废水处理前端引入 ABR 厌氧工艺, 经过好氧生物处理后的尾水直接采用臭氧高级氧化和生物滤池组合技术处理, 处理规模为 $800 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水 COD 稳定低于 50 mg/L。

1 废水处理工艺

1.1 废水水质、水量

该印染公司主要为锦纶丝、涤纶丝染色, 采用聚氨酯型浆料上浆, 采用分散染料和酸性染料染色, 同时添加高分子助剂如匀染剂、渗透剂、平平加等。由于工艺水平的提高, 吨产品的用水量减少, 未处理废

水 COD 由 2 000 mg/L 上升到 3 000 mg/L 以上,可生化性差,B/C 值约为 0.16。废水量约 800 m³/d。

1.2 原处理工艺

该公司原废水处理设施建于 20 世纪 90 年代,采用预冷却/调节/混凝沉淀/SBR 处理工艺。原工艺处理出水 COD 约 200 ~ 300 mg/L,不能达到《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—2012)的一级标准,即 COD ≤ 80 mg/L,而技改后要求部分出水满足《纺织染整工业废水治理工程技术规范》(HJ 471—2009)COD < 50 mg/L 的回用要求。

1.3 前处理工艺改造

该公司原预处理工艺为投加石灰调节 pH 值至 8 左右,再与硫酸亚铁混凝反应,吸附去除大量的染料和大分子物质。由于废水排放的浓度升高,混凝沉淀用药量也相应提高,未反应的亚铁离子和流失的污染物对后续生化系统造成了破坏,使好氧处理效率变得极差。

该公司原有调节池为 6 格,每格池容为 220 m³,深度 ≥ 5 m。现将原预处理工艺集水池/调节池/混凝沉淀改为集水池/ABR 四级厌氧处理/调节池/两级混凝沉淀工艺。

经 ABR 厌氧处理后,COD 由 3 000 mg/L 下降到 2 000 mg/L 以下,B/C 值大大提高,再用一级亚铁石灰混凝,以及 PAC、PAM 二级混凝处理,消除了物化混凝对后续生化处理的影响。

1.4 好氧处理工艺改造

对原有两组 SBR 池进行改造,一组改为 O 池,一组改为高级氧化池 + 生物滤池,改间歇进出水为连续进出水,新增二沉池,使处理流程加长。

1.5 深度处理

二沉池出水进入生物滤池,同时在生物滤池前有高级氧化池,采用现场发生臭氧的技术,经高级氧化后,再经生物滤池生化处理,出水由微黄变为澄清。改造后的工艺流程见图 1。

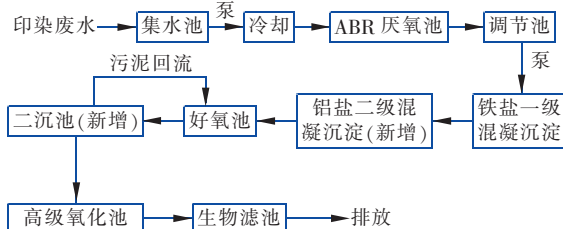


图 1 改造后的工艺流程

Fig. 1 Flow chart of reconstruction process

1.6 主要构筑物及设计参数

① ABR 池/调节池

由原调节池改造为 4 格 ABR 池,再加 2 格调节池(连通),ABR 增加折流板、污泥回流系统,并加盖,每格 ABR 的 HRT 为 5.5 h,总 HRT 为 22 h;调节池的 HRT 为 11 h。

② 二级物化处理工艺

原有的一级亚铁盐混凝沉淀工艺,再加一级铝盐混凝沉淀工艺,可以吸附去除难生化的有机大分子,并防止铁盐进到生化系统中。沉淀池表面负荷为 0.67 m³/(m² · h)。

③ 好氧生化系统

采用活性污泥法,鼓风曝气 HRT 为 18 h,容积负荷为 2.8 kg COD/(m³ · d),控制 DO 为 2 ~ 4 mg/L,MLSS 为 3 ~ 5 g/L。O 池后新增辐流式二沉池,表面水力负荷为 0.7 m³/(m² · h)。设回流泵进行污泥回流,污泥回流比为 50% ~ 100%。

④ 高级氧化 + 生物滤池系统

二沉池出水 BOD₅ 几乎测不出,而 COD 在 100 mg/L 左右。为此,引入高级氧化系统,将原有的一组 SBR 池改造为高级氧化池 + 生物滤池,引入臭氧发生器一台,臭氧产生量为 5 kg/h, m_{O₃}: m_{COD} 为 4 : 1,主机功率为 12 kW。

生物滤池的填料由颗粒活性炭(4 mm)和陶粒混合构成,层高为 3 m,采用水向下、气向上的逆流布置,HRT 为 9 h,底部布有排泥管。

2 运行效果分析

2.1 系统调试

该工程在改造时,为不影响污水池正常运行,ABR 系统并未优先改造,二沉池出水 COD 一直维持在 200 mg/L 左右,影响了后续深度处理。为此,在生化处理之前增加 ABR 工艺,投加某污水处理站厌氧污泥,接种量为 2 ~ 3 kgSS/m³,处理效果大大改善。ABR 池污泥为黑色,有少量气泡产生,直至整个 ABR 系统产气,然后可正常进水。

好氧池的污泥为原有 SBR 池的污泥,去掉 50% 的污泥后,直接加面粉、尿素、磷肥进行培养、驯化,使 MLSS 达到 3 ~ 4 g/L。

经过 2 个月的试运行,二沉池出水 COD 维持在 80 ~ 100 mg/L,同时生物滤池出水 COD 在 60 ~ 80 mg/L 时,开始调试高级臭氧氧化系统。经过 3 个月连续运行,最后出水 COD 稳定达到 30 ~ 50 mg/L。

2.2 运行效果

2010 年 11 月 19 日—20 日,在连续进水 40 m³/h 的前提下,同时对集水池、ABR 池、二级混凝池、二沉池、生物滤池出水在 8:00、12:00、16:00 分别进行采样并检测,结果见表 1。

表 1 连续采样检测结果

Tab. 1 Monitoring results of COD and BOD₅ mg · L⁻¹

项 目		COD			BOD ₅		
		8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
集水池	19 日	2 950	3 010	3 090	482	486	490
	20 日	2 890	3 030	3 050	489	486	488
ABR 池	19 日	2 060	2 070	2 090	380	382	390
	20 日	2 070	2 080	2 060	386	384	384
二级 混凝池	19 日	650	640	630	263	267	263
	20 日	630	645	638	267	265	217
二沉池	19 日	86	92	90	<5	<5	<5
	20 日	94	98	94	<5	<5	<5
生物 滤池	19 日	46	42	40	<5	<5	<5
	20 日	45	42	43	<5	<5	<5

由表 1 可知,ABR 池对 COD 去除率约为 30%,比传统水解池的去除率(<10%)大大提高,污泥负荷为 1.2 kgCOD/(kgMLSS · d),B/C 值从 0.16 提高到了 0.19,同时预处理混凝剂用量减少 50%,污泥产量也从 15 t/d 减少到 7 t/d。

经过二级混凝后,B/C 值提高到 0.4 以上,用活性污泥法降解小分子易生化的物质,污泥负荷为 0.68 kgCOD/(kgMLSS · d),出水 BOD₅ < 5 mg/L,此时若继续用传统的好氧生化处理已是浪费。引入臭氧氧化后,结合生物炭滤池(HRT 为 9 h)可使出水 COD < 50 mg/L 且澄清,回用于部分生产环节。

2.3 运行费用

运行费用(电费、人工费、药剂费等)见表 2。

表 2 运行费用

Tab. 2 Operational cost

项 目	单 价	单位费用/(元 · m ⁻³)
电费(E1)	0.80 元/(kW · h)	1.20
人工费(E2)	3 600 元/(月 · 人)	1.60
药剂费 (E3)	氧化钙	750 元/t
	硫酸亚铁	500 元/t
	PAC	2 000 元/t
	PAM	15 000 元/t
合计	E = E1 + E2 + E3	
		4.07

3 结论

① 对于目前水量为 800 m³/d、进水 COD 约

3 000 mg/L 的印染废水,采用 ABR 厌氧调节/二级物化混凝沉淀工艺作为预处理,结合传统活性污泥 + 高级臭氧氧化 + 生物滤池工艺,对 COD 的去除率达到 99.8% 以上,出水 COD < 50 mg/L,水色澄清,能达到《纺织染整工业废水治理工程技术规范》(HJ 471—2009)的回用水要求。

② 目前印染废水多采用混凝和水解工艺处理,效果差,污泥产量大,若采用厌氧和混凝相结合工艺,则可以减少污泥量。

③ 对于高浓度的印染废水,若要求出水水质达到回用标准,则该工艺具有一定的应用价值。

参考文献:

[1] 戴日成,张流,郭茜,等. 印染废水水质特征及处理技术综述[J]. 给水排水,2000,26(10):33-37.
[2] 邱丽娟,陈亮,黄满红. UASB 反应器处理染料及印染废水的研究进展[J]. 化工环保,2009,29(5):416-419.
[3] 刘伟京,许明,喻学敏,等. UASB 与 ABR 工艺处理印染废水中试实验研究[J]. 水资源保护,2009,25(5):74-77.
[4] 李昊. 臭氧与曝气生物滤池深度处理染整废水的试验研究[D]. 济南:山东建筑大学,2012.
[5] 徐绮坤,汪晓军. 印染废水深度处理的试验研究[J]. 工业水处理,2010,30(3):37-40.
[6] 朱军. 臭氧-BAF 工艺在印染废水深度处理的研究[J]. 广东化工,2013,(7):168-169.



作者简介:周碧冰(1983-),女,浙江温州人,大学本科,助理工程师,主要从事工业废水处理工作。

E-mail:21923465@qq.com

收稿日期:2016-12-28