

工程实例

# 物化生化组合工艺处理分散染料废水

王白杨, 曾悦, 邱攀, 周鑫

(南昌大学 资源环境与化工学院, 江西 南昌 330031)

**摘要:** 某化工厂以化学合成法生产分散染料,产生的染料废水具有高COD、高氨氮、可生化性差等特点,原处理工艺无法达标排放。改造工程采用铁碳芬顿+ABR+UASB+A/O+芬顿组合工艺处理该分散染料废水。运行结果表明,COD去除率达到93%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率达到82%,出水水质满足当地化工产业园区污水处理厂纳管标准。

**关键词:** 分散染料废水; 芬顿工艺; A/O工艺; 纳管排放

**中图分类号:** TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)14-0080-04

## Treatment of Disperse Dye Wastewater by a Combined Physical-chemical and Biochemical Process

WANG Bai-yang, ZENG Yue, QIU Pan, ZHOU Xin

(College of Environmental Resource and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** A chemical plant produces disperse dye through chemical synthesis method. Since the produced wastewater has the features of high COD, high ammonia nitrogen, poor biochemical degradation and so on, the original treated wastewater quality could not meet the discharge standard. Based on the original process, a combined process of ferric-carbon Fenton, ABR, UASB, A/O, and Fenton are adopted to treat the disperse dye wastewater. Actual operation results indicated that the COD removal rate reached 93%,  $\text{NH}_3\text{-N}$  removal rate reached 82%, and all the effluent indexes could meet the specified standards for discharging in the pipe of local chemical industry park.

**Key words:** disperse dye wastewater; Fenton oxidation; A/O process; discharge into pipes

江苏某染料公司以化学合成法生产分散黄、分散红等染料,产生的废水中含有高浓度的氮和有机污染物。由于原处理工艺存在一定的缺陷,处理效果不够稳定,且出水无法达标排放,因此,需对原有处理设施进行改造,出水水质执行当地化工产业园区污水处理厂纳管标准。

### 1 工程概况

#### 1.1 废水水质、水量

该染料公司年产100 t (R)-9-2-(磷酰基甲氧基丙基)-腺嘌呤、42 240 t 高档分散染料。生产

废水含有高浓度有机物,且色度较高,有刺激性气味。废水水质、水量及排放标准见表1。

表1 废水水质、水量及排放标准

Tab. 1 Wastewater quality, quantity and discharge standards

项目	水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	pH 值	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{NH}_3\text{-N}/$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
高浓度废水	1 500	1~2	20 000	300	25
综合废水	500	6~9	6 000	70	10
排放标准	—	5~9	1 000	40	1

针对该染料废水水质特点,采用铁碳芬顿+

ABR + UASB + A/O + 芬顿组合工艺进行处理。经铁碳芬顿预处理后再进行生化处理,可降低废水冲击负荷,同时提高废水的可生化性。

1.2 工艺流程及主要构筑物

原废水处理工艺流程见图 1。

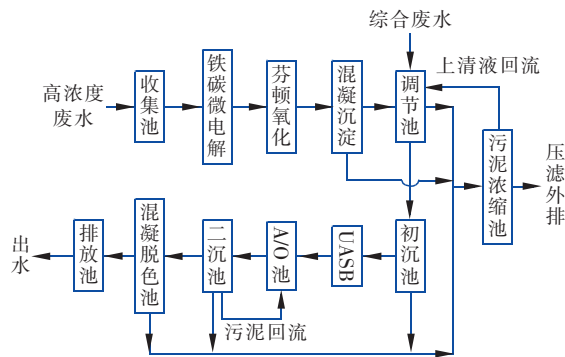


图 1 原工艺流程

Fig. 1 Flow chart of original wastewater treatment process

该工艺采用铁碳微电解、芬顿进行预处理<sup>[1]</sup>,铁碳填料质量不佳,预处理效率不高,然后经厌氧好氧生物处理,因进入生化处理阶段废水的 COD、NH<sub>3</sub>-N 仍较高,一级厌氧 + 好氧生化处理出水很难达到后续处理标准,故需对原废水处理工艺进行升级改造。将原有两组并联设计的铁碳芬顿反应池改成串联,在芬顿反应后增加 ABR。因原收集池有 8 格,每格 500 m<sup>3</sup>,利用 4 格收集并调节高浓度废水即可满足调节容量,故将原有的调节池改成 A/O 池,将初沉池改成二沉池,与现有的 A/O 池和二沉池形成两级好氧串联。在好氧工艺后增加芬顿深度处理工艺,芬顿反应池利用闲置的两个反应器,三沉池由

混凝沉淀池改造而成。改造后工艺流程见图 2。

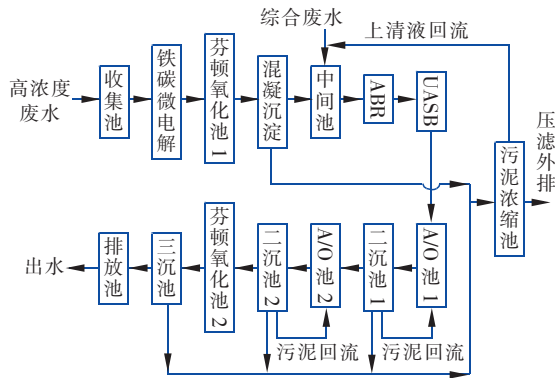


图 2 改造后工艺流程

Fig. 2 Flow chart of upgrading and reconstruction process

高浓度废水由收集池提升至铁碳微电解池,原水呈强酸性,pH 值为 1~2,加入氢氧化钠溶液调节 pH 值至 3~4。铁碳微电解出水 pH 值升高,进入芬顿氧化池 1 时将 pH 值调回 3~4,按比例投加 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 溶液和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 进行芬顿反应。芬顿反应池出水调节 pH 值至 8~9,投加 PAC、PAM 进入混凝沉淀池沉淀。沉淀出水与综合废水在中间池混合,调节 pH 值至 7~8,再提升至 ABR,将大分子有机物转化为小分子有机物,有利于后续的处理。ABR 出水进入 UASB 进行二级厌氧反应,进一步去除有机物。UASB 出水先后流入两级 A/O 池去除有机污染物和氨氮,二沉池 2 出水进入芬顿反应池 2,将 pH 值调至 3~4,按比例投加 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 去除剩余有机物及色度,出水 pH 值调节至 8~9,进入三沉池,泥水分离后上清液进入排放池,出水进入化工园区污水管网。主要构筑物及设计参数见表 2。

表 2 主要构筑物及设计参数

Tab. 2 Main structures and their design parameters

构筑物	尺寸	设计参数	数量/座	结构	备注
铁碳池	5 m×3.9 m×5.5 m	停留时间为 8.1 h	5	钢混	原有
芬顿池 1	5 m×3.9 m×5.5 m	停留时间为 8.1 h	5	钢混	原有
混凝沉淀	32 m×5 m×5.5 m	停留时间为 12.8 h	1	钢混	原有
ABR	D12 m×7.5 m	HRT 为 38 h,有机负荷为 4.0 kg/(m <sup>3</sup> ·d)	4	不锈钢	新建
UASB	20 m×28 m×10.5 m	HRT 为 67.2 h,有机负荷为 3.0 kg/(m <sup>3</sup> ·d)	1	钢混	原有
A/O 池 1	28 m×21 m×5 m	HRT 为 31.7 h,DO 为 2~4 mg/L	1	钢混	改造
二沉池 1	D18 m×4 m	表面负荷为 0.3 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	1	钢混	改造
A/O 池 2	9 m×10 m×5.5 m	HRT 为 16.2 h,DO 为 2~4 mg/L	3	钢混	原有
二沉池 2	D18 m×4 m	表面负荷为 0.3 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	1	钢混	原有
芬顿池 2	D12 m×6 m	停留时间为 16.3 h	2	不锈钢	利旧
三沉池	D18 m×4.5 m	表面负荷为 0.3 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	1	钢混	原有

2 调试与运行

2.1 反应器的启动

① ABR 的启动。对 ABR 接种本市某污水处理厂脱水污泥,每个 ABR 罐接种量为 30 t,共 120 t。为使微生物能更好适应环境,反应器采用高浓度废水混合部分综合废水的低负荷启动。启动初期控制有机负荷为 0.5 kg/(m<sup>3</sup>·d),间歇进水<sup>[2]</sup>。检测出水 pH 值和 COD,跟踪有机物去除率,确定是否要提高进水有机负荷,有机负荷的提升方式为增大反应器进水中高浓度废水的比例。经过 3 个月左右的驯化,有机负荷提高至 4.0 kg/(m<sup>3</sup>·d),COD 去除率由开始的 2% 逐渐上升,最后维持在 20% 左右,此时 ABR 启动成功。

② UASB 启动。因 UASB 为原有,并未清空,池内有部分有活性的颗粒污泥,但污泥浓度偏低,为此向 UASB 接种 100 t 脱水污泥,使污泥浓度达到 6~8 kgVSS/m<sup>3</sup><sup>[3]</sup>。经过 3 个月驯化,COD 去除率大大提高,较大颗粒污泥逐渐形成,产气量明显增加,逐步提高进水量和负荷,直至设计流量和负荷。调试期间 ABR 和 UASB 总 COD 去除效果见图 3。

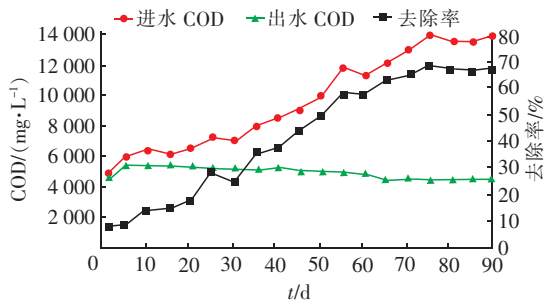


图 3 ABR 和 UASB 对 COD 的总去除效果

Fig. 3 Total removal rates of COD by ABR and UASB

随着调试的进行,COD 去除效果逐步提升,运行稳定后对 COD 的总去除率可达到 68%。

③ A/O 池启动。A/O 池接种来自本市某城镇污水厂的好氧污泥,每池接种 30 t。启动初期投加综合废水,间歇运行,闷曝 2 d,然后排出一部分水,加入 UASB 出水,如此反复驯化,逐渐增大进水负荷,2 周后连续进水运行,好氧池曝气量增大,DO 逐渐下降,微生物明显增长,每天监测反应池的 SV<sub>30</sub>,使其维持在 35% 左右,保持足够的污泥量,MLSS 为 3 000~5 000 mg/L,系统启动成功。1 个月 后,反应池中污泥沉降速度快,泥水分离迅速,絮体良好,有土腥味,镜检时发现大量钟虫等生物,活性污泥驯化良好。同时为达到较好的氨氮去除率,需控制 A 池 pH 值为 7.0~7.5,DO 为 0.2~0.8 mg/L;O 池 pH 值为 7.0~8.0,DO 为 2~4 mg/L;硝化液回流比为 200%,污泥回流比为 75%。

2.2 稳定运行效果

该工程于 2017 年 5 月底结束安装改造,6 月—8 月进行了 3 个月的调试,系统正常运行,出水达标排放。系统稳定运行后,从 9 月 1 日—30 日对水质连续监测 1 个月。改造后组合工艺处理效果见表 3。由表 3 可知,收集池有机物浓度波动较大,但经改造后的铁碳芬顿+ABR+UASB+A/O+芬顿组合工艺处理后,出水能达标排放,说明该组合处理工艺抗冲击负荷能力强。综合图 3 及表 3 的数据可知,两级厌氧反应去除 COD 效果良好,去除率可达 68%,组合工艺的 COD 去除率达到 93%,NH<sub>3</sub>-N 去除率达到 82%,且水质较为稳定。出水 COD、NH<sub>3</sub>-N 浓度均达到当地化工产业园区污水处理厂的纳管标准。

表 3 组合处理工艺对废水的处理效果

Tab. 3 Removal effect of pollutants by combined process

日期	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	收集池/(mg·L <sup>-1</sup> )	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	去除率/%	收集池/(mg·L <sup>-1</sup> )	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	去除率/%
9 月 1 日	16 280	908	94.4	208	36	82.7
9 月 5 日	19 208	935	95.1	216	37	82.9
9 月 10 日	17 400	960	94.5	233	39	83.3
9 月 15 日	13 398	940	93.0	229	35	84.7
9 月 20 日	17 000	915	94.6	219	35	84.0
9 月 25 日	17 800	903	94.9	196	33	83.2
9 月 30 日	19 400	920	95.3	201	36	82.1

注: 收集池 pH 值为 1~3,出水 pH 值为 7~8。

调试中出现的问题及解决措施:

① 芬顿阶段反应效果不佳。由于原水水质变

化较大,经过铁碳微电解后还有较大波动,导致芬顿反应药剂投加量不够准确。解决办法:在收集池中安装机械搅拌以加强废水的混合;通过试验优化芬顿处理药剂的投加量。

② 好氧池泡沫较多。好氧池调试期间出现大量泡沫,又称启动泡沫。原因是该厂生产原料中含有磺酸盐等表面活性剂成分,细菌无法代谢去除。解决办法:控制适宜的 DO,根据实际情况投加营养物质,同时在曝气池四周增加喷淋。采用二沉池出水循环喷淋消泡,可有效消除泡沫外溢且能减少消泡剂的使用。

### 3 经济分析

本工程废水处理量为 2 000 m<sup>3</sup>/d,处理成本:人工费 0.75 元/m<sup>3</sup>,药剂费 11 元/m<sup>3</sup>,水、电费 2.7 元/m<sup>3</sup>,污泥处理费 0.6 元/m<sup>3</sup>,合计 15.05 元/m<sup>3</sup>。

### 4 结论

① 铁碳芬顿 + ABR + UASB + A/O + 芬顿组合工艺对分散染料废水具有较好的去除效果,对 COD、NH<sub>3</sub>-N 的去除率可达 93% 和 82%,出水各项指标均达到该园区污水处理厂纳管标准。

② 铁碳微电解和芬顿预处理提高了废水的可生化性,有利于后续的生化处理,同时去除了大量的色度物质。

③ COD 的去除主要在 ABR 和 UASB 中进行,去除率达 68%,NH<sub>3</sub>-N 的去除主要在 A/O 池中进行。ABR 设计简单,抗冲击负荷强,处理效率高。UASB 出水的有机物为 A 池反硝化提供了碳源,从而提高了脱氮效率。

### 参考文献:

- [1] 陈华军,杨刚宾. Fenton 试剂预氧化—活性污泥处理染料废水的研究[J]. 水处理技术,2013,39(8):63-66.

Chen Huajun, Yang Gangbin. Treatment of dye wastewater by Fenton preoxidation and activated sludge process [J]. Technology of Water Treatment, 2013, 39(8): 63-66 (in Chinese).

- [2] 王白杨,吴星,罗亚情,等. 物化+生化工艺在高氮高磷制药废水处理中的应用[J]. 工业水处理,2015,35(12):93-95.

Wang Baiyang, Wu Xing, Luo Yaqing, et al. Application of the physical-chemical + biochemical process to the treatment of pharmaceutical wastewater containing highly concentrated nitrogen and phosphorus [J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(12): 93-95 (in Chinese).

- [3] 王白杨,王娜,欧阳二明. UASB—A/O 工艺在丙烯酰胺废水处理中的应用[J]. 给水排水,2011,37(11):56-58.

Wang Baiyang, Wang Na, Ouyang Erming. Application of UASB-A/O process in acrylamide wastewater treatment [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(11): 56-58 (in Chinese).



作者简介:王白杨(1965-),男,江西永新人,硕士,教授,研究方向为废水处理理论与技术。

E-mail: 18270840282@163.com

收稿日期:2017-12-06

实施国家节水行动,建设节水型社会