

序批式活性污泥法处理染料废水

苏晓丽, 刘汉湖, 鲁璐, 秦伟伟

(中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008)

[摘要] 以染料废水为处理对象, 对序批式活性污泥法(SBR)工艺和粉末活性炭(PAC)-SBR 工艺处理染料废水进行对比试验研究, 通过正交试验确定了最佳运行参数。结果表明: PAC-SBR 工艺比传统 SBR 工艺所需的缺氧搅拌、曝气时间更短, 出水水质和污泥沉降性能更好, 更耐冲击负荷。PAC-SBR 工艺在相对较短的周期内处理染料废水的效果更好, COD 去除率达 84.5%, 色度去除率达 88.9%。

[关键词] 染料废水; 序批式活性污泥法; 粉末活性炭

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2008)03-0039-04

Dyeing wastewater treatment by SBR

Su Xiaoli, Liu Hanhu, Lu Lu, Qin Weiwei

(School of Environmental Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Using the dyeing wastewater as the treating object, the contrast experiments on the SBR and PAC-SBR systems have been carried through. And through orthogonal test, the best operation parameters have been obtained. Compared with the traditional SBR system, the PAC-SBR needs shorter time in anoxic mixing and aeration, has better water quality of effluent, better sedimentation function, and better effect against impacting load. The COD removal rate is 84.5%, and chroma removal rate is 88.9%.

Key words: yeing wastewater; sequencing batch reactor; powder activated carbon

随着染料工业的迅速发展, 染料废水所带来的环境污染问题日益严重。染料废水主要来源于染料中间体行业, 由各种产品和中间体结晶的母液、生产过程中流失的物料以及冲刷地面的污水组成^[1], 废水含有大量有机物, 是难处理的工业废水之一^[2,3]。

序批式活性污泥法(SBR)是由一个或多个 SBR 池组成, 间歇式操作。运行模式为周期式, 每个周期由进水、反应、沉淀、出水和闲置等五个基本过程组成, 即在同一个反应器内完成不同目的的操作^[4]。笔者以 SBR 工艺为主体处理工艺, 分别采用 SBR 法和

5861.

- [2] Ye C, Bando Y, She G, et al. Thickness-dependent photocatalytic performance of ZnO nanoplatelets[J]. J. Phys. Chem. B, 2006, 110(31): 15146-15151.
- [3] Gracia F, Holgado J P, Yubero F, et al. Preparation, characterization and photocatalytic activity of ZnO, Fe₂O₃ and ZnFe₂O₄[J]. Surface and Coatings Technology, 2002, 158-159: 552-557.
- [4] Porob D G, Maggard P A. Flux syntheses of La-doped NaTaO₃ and its photocatalytic activity[J]. Journal of Solid State Chemistry, 2006, 179(6): 1727-1732.
- [5] Ohsawa T, Nakajima K, Matsumoto Y, et al. Combinatorial discovery of anomalous substrate effect on the photochemical properties of transition metal-doped epitaxial SrTiO₃ heterostructures [J]. Applied Surface Science, 2006, 252(7): 2603-2607.
- [6] 韩世同, 习海玲, 史瑞雪, 等. 半导体光催化研究进展与展望[J]. 化学物理学报, 2003, 16(5): 339-349.
- [7] 王桂茹. 催化剂与催化作用[M]. 第2版. 大连: 大连理工大学出版社, 2004: 132-134.
- [8] 吴越. 催化化学[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1338-1343.
- [9] Litter M I. Heterogeneous photocatalysis: transition metal ions in photocatalytic systems[J]. Appl. Catal. B, 1999, 23(2-3): 89-114.
- [10] 尚静, 徐自力, 杜尧国. TiO₂ 纳米粒子的结构、表面特性及其光催化活性研究[J]. 无机材料学报, 2001, 16(6): 1211-1216.
- [12] 曲远方. 功能陶瓷及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 553.
- [作者简介] 姜向东(1964—), 1991年毕业于中国科技大学, 教授。电话: 0373-3326335, E-mail: jewel12@126.com。
- [收稿日期] 2007-10-30(修改稿)

粉末活性炭(PAC)-SBR法(PAC-SBR)两种工艺对染料废水进行对比试验研究,以找到一种流程简单、高效节能的染料废水处理工艺。

1 试验部分

1.1 试验装置

试验装置是由进水系统、出水系统、曝气系统、搅拌系统组成的全自动 SBR 反应器。SBR 反应器由有机玻璃制成,矩形,尺寸为 78 cm×40 cm×32 cm,有效容积 100 L。反应器内有微孔曝气装置,反应器所需的空气由鼓风机气泵供给。试验装置见图 1。

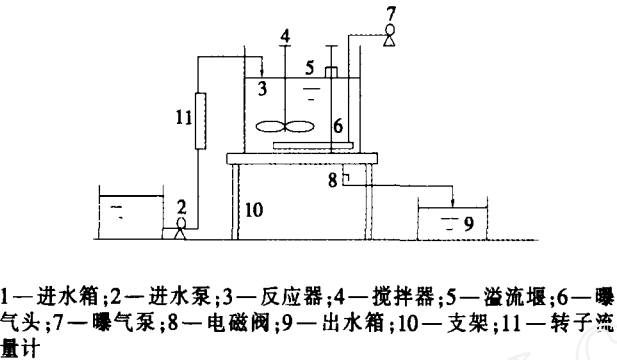


图 1 SBR 试验装置

1.2 试验用水

试验用水为徐州开达精细化工厂的排放废水,该废水有机物含量高,水质水量波动较大,其 COD 500~2 500 mg/L,BOD₅ 100~700 mg/L,色度 250~800 倍,pH 4~10。

2 试验结果与分析

2.1 SBR 处理染料废水的试验

试验采用缺氧—好氧相结合的运行方式,SBR 的五个运行阶段,即进水、反应、沉淀、排放、闲置,各阶段运行时间的长短对废水中污染物、色度的去除都有一定影响。试验确定 SBR 反应器各阶段的操作时间为:进水 1 h,缺氧搅拌 4 h,曝气 16 h,沉淀 1 h,排水 0.5 h,闲置 1.5 h,24 h 为一个周期。在此操作周期下进行 SBR 处理高负荷染料废水的试验,结果见图 2、图 3。

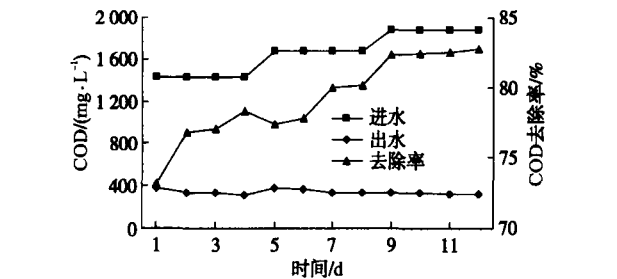


图 2 SBR 对 COD 的去除率

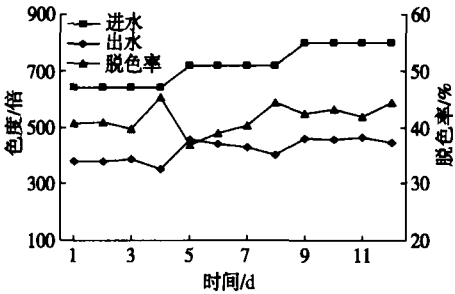


图 3 SBR 对色度的去除率

由图 2、图 3 可知,当进水 COD 为 1 432~1 876 mg/L、色度为 640~800 倍时,SBR 工艺通过缺氧搅拌 4 h,曝气 16 h 试验,COD 的去除率为 73.2%~82.7%,脱色率为 40.6%~44.4%,COD 去除率不稳定,色度仍然较高。出水色度不能达到纺织染整工业水污染物排放三级标准。由此可见,普通的 SBR 工艺对染料废水的处理效果不好,尤其是对色度的去除效果不理想。

2.2 SBR 工艺处理染料废水最佳运行参数的确定

为了寻求最佳的运行参数,达到最好的处理效果,我们进行了三因素三水平的正交试验^[5],正交试验中所考察的影响因素及水平见表 1。

表 1 SBR 工艺的影响因素及水平			
因素	水平 1	水平 2	水平 3
A(污泥 COD 负荷)/(kg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)	0.4	0.6	0.8
B(曝气方式)	限制曝气	半限制曝气	非限制曝气
C(pH)	6	8	10

经过一周左右的调试,待系统稳定后进行测试,取 15 次较稳定的试验的平均值作为试验结果。正交试验结果与分析见表 2。

从表 2 中极差大小可以看出,对于 COD 的去除率和脱色率,影响因素的顺序为:污泥负荷>曝气方式>pH,特别是 pH 对 COD 的去除率影响很小。其中的 3 号试验,即在污泥 COD 负荷为 0.4 kg/(kg·d)、非限制曝气方式和 pH=10 的条件下,COD 去除率达 81.2%,脱色率为 50.8%,是最佳运行参数,但处理效果仍然不好,尤其是对色度的去除效果不理想。

2.3 SBR 和 PAC-SBR 工艺处理染料废水对比试验

PAC-SBR 法是向 SBR 反应器中投加粉末活性炭的工艺^[6],试验确定正常运行的 PAC-SBR 系统粉末活性炭的投加质量浓度为 0.6 g/L。

表 2 正交试验结果与分析

试验号	A	B	C	COD _{Cr} 去除率/%	脱色率/%
1	1	1	1	78.6	47.2
2	1	2	2	80.9	48.3
3	1	3	3	81.2	50.8
4	2	1	2	74.5	42.6
5	2	2	3	77.1	45.1
6	2	3	1	80.8	49.6
7	3	1	3	70.2	32.7
8	3	2	1	71.3	39.3
9	3	3	2	74.9	40.3

极差分析

指标	A	B	C	指标	A	B	C
K ₁	80.2	74.4	77.0	G ₁	48.8	40.8	45.4
K ₂	77.5	76.4	76.8	G ₂	45.8	44.2	43.7
K ₃	72.1	79.0	76.2	G ₃	37.4	46.9	42.9
R ₁	8.1	4.6	0.8	R ₂	11.4	6.1	2.5

注:K₁、K₂、K₃ 为平均 COD 去除率(%);G₁、G₂、G₃ 为平均脱色率(%);R₁、R₂ 代表 COD 去除率和脱色率的极差(下表同)。

2.3.1 SBR 和 PAC-SBR 工艺操作时间对比

进行了两工艺缺氧搅拌和曝气时间的对比试验,试验确定两工艺最佳运行周期见表 3。

表 3 PAC-SBR 和 SBR 工艺运行周期 h

工艺	进水	缺氧	曝气	沉淀	排水	闲置
SBR	1	4	16	1	0.5	1.5
PAC-SBR	1	3	14	1	0.5	4.5

2.3.2 SBR 和 PAC-SBR 污泥沉降对比

粉末活性炭投加到 SBR 反应器中会影响污泥的沉降性能。分别取工作末期两个反应器内的混合液 100 mL,静置 30 min,测污泥沉降比 SV。两工艺污泥沉降情况见图 4。

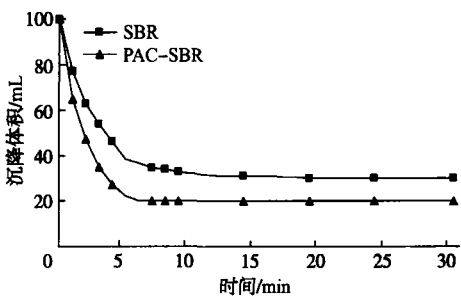


图 4 PAC-SBR 和 SBR 工艺的污泥沉降对比

由图 4 可以看出,PAC-SBR 工艺污泥沉降在 5 min 内基本完成,SV=20%;SBR 工艺污泥沉降基本完成要 15 min,SV=30%。这说明 PAC-SBR 法污

泥沉降性能较好,COD 去除率较高。在 SBR 反应器中加入粉末活性炭可有效地防止污泥膨胀现象。

2.3.3 SBR 和 PAC-SBR 工艺耐冲击负荷对比

在上述确定的两工艺最佳运行周期下,考察了 PAC-SBR 和 SBR 工艺对污染物的去除情况及水质变化较大时两系统工艺运行的稳定性、耐冲击负荷性,结果见图 5、图 6。

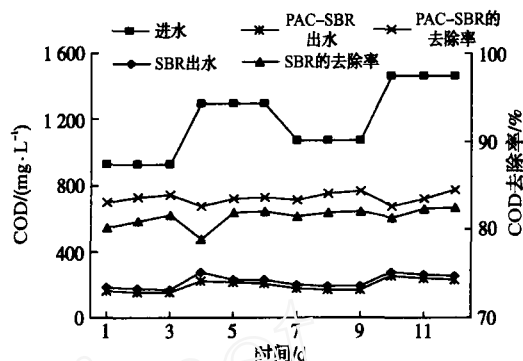


图 5 两反应器中 COD 去除的率对比

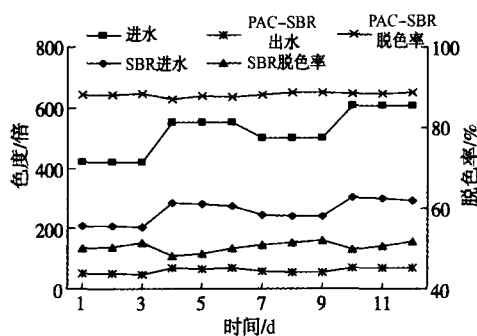


图 6 两反应器中色度去除率对比

由图 5、图 6 可知,当进水 COD 为 930~1 462 mg/L、色度为 420~605 倍时,PAC-SBR 在缺氧 3 h、曝气 14 h 条件下,COD 去除率为 82.6%~84.5%,色度去除率为 87.2%~88.9%,出水 COD 和色度都达到了纺织染整工业水污染物排放的二级标准;SBR 在缺氧 4 h,曝气 16 h 条件下,COD 去除率为 78.9%~82.5%,色度去除率为 48.3%~51.9%。可见,PAC-SBR 比 SBR 工艺处理染料废水效果好、所需时间短、耐冲击负荷强。

产生这种结果的原因是:(1) 向 SBR 反应池投加粉末活性炭可以提高反应池内污泥的凝集性,提高反应池的污泥浓度,使系统的抗毒能力和生物降解能力有所提高^[7];(2)粉末活性炭的巨大表面积和吸附作用将有机物和溶解氧浓缩在粉末活性炭的表面和周围,为微生物的代谢活动营造了良好的微环

境,加快了有机物的降解过程;(3)通常条件下生物不能降解的有机物被粉末活性炭吸附后,增加了与微生物接触的时间,而接触时间就相当于系统的泥龄^[8,9],接触时间长,必然提供了更多的生物降解机会。

2.4 PAC-SBR 工艺处理染料废水运行参数的确定
为了确定 PAC-SBR 的最佳运行参数,进行了三因素三水平的正交试验,试验中所考察的因素及水平见表 4,正交试验结果与分析见表 5。

表 4 PAC-SBR 工艺的影响因素及水平			
因素	水平 1	水平 2	水平 3
A(污泥 COD 负荷)/(kg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)	0.4	0.6	0.8
B(曝气方式)	限制曝气	半限制曝气	非限制曝气
C(PAC 投加质量浓度)/(g·L ⁻¹)	0.4	0.6	0.8

表 5 正交试验结果与分析							
试验号	A	B	C	COD去除率/%	脱色率/%		
1	1	1	1	79.6	55.2		
2	1	2	2	81.2	75.6		
3	1	3	3	82.6	85.3		
4	2	1	2	77.5	73.2		
5	2	2	3	78.6	86.3		
6	2	3	1	79.2	54.9		
7	3	1	3	74.6	86.9		
8	3	2	1	73.4	56.6		
9	3	3	2	74.5	78.9		
极差分析							
指标	A	B	C	指标	A	B	C
K ₁	81.8	77.2	77.2	G ₁	72.0	71.8	55.6
K ₂	78.8	78.3	77.7	G ₂	71.5	72.8	75.9
K ₃	74.2	78.6	79.1	G ₃	74.1	73.0	86.2
R ₁	7.0	1.3	1.9	R ₂	2.1	1.3	30.6

从表 5 可以看出,对 COD 的去除率的影响因素依次为污泥负荷>活性炭的投加量>曝气方式。对 COD 去除效果最好的工艺条件为 A₁B₃C₂,COD 去除率达 82.6%。

对脱色率的影响因素依次为活性炭的投加量>污泥负荷>曝气方式。脱色效果最好的工艺条件为 A₃B₁C₃,脱色率达 86.9%。

因为污泥负荷和曝气方式对脱色率影响不大,所以最佳工艺组合为:污泥 COD 负荷为 0.4 kg/(kg·d)、非限制曝气方式和粉末活性炭投加质量浓度 0.8 g/L,COD 去除率和脱色率都达到最好。

3 结论

(1)SBR 工艺处理染料废水出水水质基本稳定,但处理效果不好,尤其是对色度的去除效果不理想。

(2)SBR 工艺处理染料废水时,污泥负荷对 COD 去除率和脱色率的影响很大,pH 对两者影响很小,最佳运行工艺组合为:污泥 COD 负荷为 0.4 kg/(kg·d)、非限制曝气和 pH=10,COD 去除率达 81.2%。

(3)在相同的进水水质及运行条件下,PAC-SBR 工艺比 SBR 工艺处理染料废水所需的缺氧搅拌时间、曝气时间更短,出水水质和污泥的沉降性能更好,更耐冲击负荷。PAC-SBR 工艺处理染料废水适宜的缺氧搅拌时间为 3 h、曝气时间为 14 h,而 SBR 系统缺氧搅拌需 4 h、曝气时间需 16 h,且 PAC-SBR 工艺在相对较短的周期内处理染料废水的效果更好。

(4)在 PAC-SBR 工艺处理染料废水时,污泥负荷对 COD 的去除率影响很大,对脱色率影响不明显。投加粉末活性炭对 COD 的去除有一定的作用,对脱色率的影响效果最明显。最佳运行工艺组合为:污泥 COD 负荷为 0.4 kg/(kg·d)、非限制曝气、投加 0.8 g/L 粉末活性炭。

[参考文献]

[1]李家珍.染料、染色工业废水处理[M].北京:化学工业出版社,1997:12-50.
[2]李旭东,杨芸.废水处理技术及工程应用[M].北京:机械工业出版社,2003:194-200.
[3]汤鸿霄,钱易,文湘华,等.水体颗粒物和难降解有机物的特性与控制技术原理[M].北京:中国环境科学出版社,2000:217-229.
[4]郝瑞霞.SBR 工艺在废水处理中的应用[J].河北科技大学学报,1999,20(1):35-36.
[5]上海科学技术交流站.正交试验设计法[M].上海:上海人民出版社,1975:4-45.
[6]陈郭建.PAC-SBR 法处理高浓度有机废水[J].环境工程,1995,13(5):3-6.
[7]张统.SBR 及其变法污水处理与回用技术[M].北京:化学工业出版社,2003:2-18.
[8]Fu L,Wen X,Lu Q,et al. Treatment of dyeing wastewater in two SBR systems[J]. Process Biochemistry, 2001,36:1111-1118.
[9]彭永臻.SBR 法的五大优点[J].中国给水排水,1993,9(2):29-31.

[作者简介] 苏晓丽(1983—),中国矿业大学环境与测绘学院环境科学系在读硕士。电话:13775902518,E-mail:sz83912@163.com。
[收稿日期] 2007-10-25(修改稿)