

ABR 结合 SBR 法处理印染废水的研究*

曾国驱 任随周 许玫英 岑英华 孙国萍**

(广东省微生物研究所广东省菌种保藏与应用重点实验室 广州 510070)

摘要: 采用实验室规模的厌氧折流板反应器 (ABR) 与序批式活性污泥曝气反应器 (SBR) 结合工艺处理印染废水。通过对 ABR-SBR 处理系统工艺条件的试验, 在 ABR 段 HRT 为 24~36 h, 污泥负荷为 0.43~2.46 kg COD/(m³·d), 进水 pH 值为 6.5~8.0, 温度 20℃~35℃; SBR 段的溶解氧为 2 mg/L, 曝气时间为 3~10 h, 沉淀时间为 2 h 的条件下, 经处理的印染工业废水 COD、色度和苯胺去除率分别为 32%~95%、89%~99% 和 50%~98%, 其 COD 为 30.0~97.1 mg/L, 色度为 8~40 倍, 苯胺浓度为 0.20~0.95 mg/L, 达到了国家一级排放标准。

关键词: ABR-SBR 处理系统, 印染, 废水, 工艺条件

中图分类号: X791 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2654 (2005) 06-0068-06

Study on Treatment of Dyeing Wastewater in the Combination Process of ABR and SBR*

ZENG Guo-Qu REN Sui-Zhou XU Mei-Ying CEN Ying-Hua SUN Guo-Ping**

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application,
Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070)

Abstract: A laboratory scale combination process of anaerobic baffled reactor (ABR) with sequencing batch reactor (SBR) for treatment of real dyeing wastewater was studied. The effects of operational conditions were investigated. The results demonstrated that removal rates of COD, colour and aniline were 32%~95%, 89%~99% and 50%~98%, respectively, the effluents of COD were 30.0~97.1 mg/L, colour were 8~40 times dilution ratio, concentration of aniline were 0.20~0.95 mg/L, which could meet the National Discharge Criteria (Grade I) under the operational conditions of HRTs of 24~36 h, organic loading rates of 0.43~2.46 kg COD/(m³·d), the influent pH values of 6.5~8.0, ambient temperatures of 20℃~35℃ at the ABR stage and DOs of 2 mg/L, reaction times of 3~10h, settle times of 2 h at the SBR stage.

Key words: ABR-SBR process, Dyeing, Wastewater, Operational conditions

印染废水是排放量较大的有害工业废水之一, 显著特点是带色、多变。目前, 生物处理法是印染废水主要的处理方法。传统的生物处理主要有活性污泥工艺、生物膜工艺及厌氧消化工艺。随着社会的发展, 难脱色和降解的染料、浆料及助剂被大量使用, 印染废水的处理难度更大^[1], 需要开发更经济有效的处理方法。近来, 开发了一些厌氧工艺处理印染废水^[2,3], 但在含偶氮的印染废水的微生物脱色过程中有苯胺等芳

* 国家高技术研究发展计划项目 (“863”项目) (No. 2001AA214111)

广东省自然科学基金研究团队资助项目 (No. 2015017)

广东省自然科学基金资助项目 (No. 032319)

广东省科技攻关资助项目 (No. 2002C31605)

** 通讯作者 Tel: 020-87684471, E-mail: ebiotech@gdas.ac.cn

收稿日期: 2005-02-05, 修回日期: 2005-05-08

香胺类产生^[4-6], 这些芳香胺类可通过好氧微生物来降解^[6,7]。厌氧折流板反应器 (ABR) 具有结构简单、剩余污泥少、良好的水力条件、稳定的生物固体截留能力、良好的颗粒污泥形成及微生物种群的分布和良好而稳定的处理效果的特点^[8], 与 UASB、厌氧滤池等厌氧反应器相比, 有更好的抗冲击负荷能力、能将厌氧分解代谢中不同的菌群部分分离等优势^[9]。序批式活性污泥法 (SBR 法) 具有独特的微生物区系, 系统运行稳定, 广泛应用在多种工业废水生物处理中, 该工艺处理废水出水水质好, 耐冲击负荷强^[10]。本研究分别利用 ABR 与 SBR 各自的特点, 针对印染废水中的难点, 采用实验室规模的 ABR 与 SBR 相结合的工艺处理印染废水, 取得了较好的处理效果。

1 材料与方法

1.1 试验用水

试验用水来自广东省某印染厂, 废水的 pH 值为 8.51 ~ 10.20, BOD₅ 为 17.0 ~ 394 mg/L, COD_{Cr} 为 130 ~ 3.34 × 10³ mg/L, 色度为 280 ~ 7,000 倍。在试验时除了特别说明外将 pH 值调至 6.5 ~ 8.0。

1.2 试验装置与工艺流程

废水生物处理系统为容积为 48L 的 ABR 与总容积为 150L 的 SBR (通过设置 4 个出水口来调节容积) 串连的装置, 其中 ABR 由 12 个隔室组成。处理工艺流程如图 1 所示。印染废水从调节池通过蠕动泵输入到 ABR, 经 ABR 处理后排入 SBR, 处理后外排。

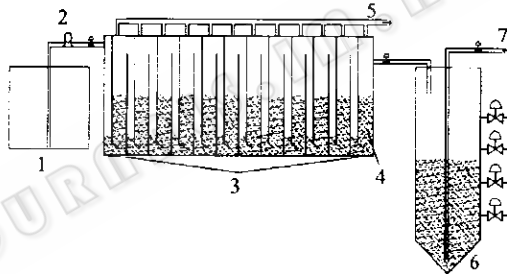


图 1 印染废水处理工艺流程图

1 调节池, 2 蠕动泵, 3 ABR, 4 ABR 污泥层, 5 沼气收集管, 6 SBR, 7 鼓风机通气管

1.3 ABR 的厌氧污泥驯化

来源于某化工厂废水处理系统和城市污水处理系统的厌氧污泥混合后, 置于 ABR 中, 使污泥浓度达到 15 gMLSS/L。ABR 启动期间, 进水量控制在 14.4 ~ 57.6 L/d, COD 容积负荷小于 1.2 kgCOD / (m³ · d), 水力停留时间由 80 h 逐渐缩短到 20 h。经过 50d 的培养驯化, ABR 中的污泥浓度达到 20 gMLSS/L。

1.4 SBR 中活性污泥的驯化

SBR 中加入来源于某化工厂废水处理系统和城市污水处理系统的活性污泥, 使污泥沉降比为 30%, 闷曝 2 d 后逐渐增加废水量, 待具有一定处理效果后再继续增加, 每次增加 20%, 直至满负荷进水。

1.5 水质分析项目与分析方法

色度、COD_{Cr}、悬浮物、苯胺类化合物的测定按文献 [11], BOD₅ 用 BOD Trak 测定。

2 结果与讨论

2.1 ABR-SBR 处理系统效果的影响因素

2.1.1 ABR 段: (1) 水力停留时间: 从表 1 可以看出, 水力停留时间越长, 处理效果越好 (COD 的去除和色度的降低、出水 COD/BOD 的比值, 苯胺浓度的提高等方面)。但水力停留时间过长, 厌氧反应器的容积相应增大, 成本增加, 24 ~ 36 h 的停留时间比较合适。

表 1 水力停留时间的影响

工况	指标	进 水	出 水				
			水力停留时间 (h)				
			72	60	48	36	24
1	COD (mg/L)	267	77	79	90	103	104
	色度 (倍)	650	30	30	30	50	80
	BOD (mg/L)	52	36	37	38	36	35
	苯胺 (mg/L)	0.35	0.75	0.64	0.48	0.47	0.45
2	COD (mg/L)	646	143	165	194	225	296
	色度 (倍)	425	40	50	60	76	160
	BOD (mg/L)	125	58.8	63.4	70.8	79.7	92
	苯胺 (mg/L)	0.24	1.82	1.68	1.44	1.20	0.68
3	COD (mg/L)	2.35×10^3	230	280	315	353	429
	色度 (倍)	5, 500	60	80	100	120	130
	BOD (mg/L)	625	92	107	112	116	135
	苯胺 (mg/L)	0.58	2.48	2.32	2.05	1.95	1.86

(2) 负荷的影响: 当进水 COD、色度分别为 $646 \sim 2.05 \times 10^3$ mg/L 和 425 ~ 1,500 倍时, 容积负荷为 $0.43 \sim 2.46$ kgCOD/ ($m^3 \cdot d$) 的条件下, 出水的 COD、色度分别为 224 ~ 380 mg/L 和 76 ~ 120 倍, 处理效果相差较小。

(3) 进水 pH 值的影响: 印染废水的 pH 值变化很大, 调节 pH 值比较其对 ABR 的处理效果影响。试验的结果表明, 当 ABR 进水的 pH 值为 7.0 时处理效果最好, 7.5 时次之, pH 值为 6.5 和 8.0 时效果稍差, pH 值为 6.0 时最差, 这是因为反应器内污泥的微生物主要为细菌, 而细菌一般在中性和弱碱条件下生长和降解作用最好, 在弱酸条件下也能生存, 故进水 pH 值 6.5 ~ 8.0 均可。

(4) 温度的影响: 从表 2 可以看出, 温度低于 15℃ 对 ABR 的处理效果有明显的影 响, 但温度在 20℃ 以上时, 温度对色度影响明显减弱, 所以, 温度保持在 20℃ 左右能 稳定系统的处理效果。

表 2 温度的影响

温 度 (℃)	进 水				出 水				去除率 (%)	
	COD (mg/L)	色度 (倍)	BOD (mg/L)	苯胺 (mg/L)	COD (mg/L)	色度 (倍)	BOD (mg/L)	苯胺 (mg/L)	COD	色度
10 ~ 12	1.13×10^3	1, 500	494	1.06	740	620	204	1.83	34.5	58.7
15 ~ 17	1.13×10^3	1, 500	494	1.06	435	370	219	1.97	61.5	75.3
20 ~ 22	1.13×10^3	1, 500	351	1.10	443	160	194	2.43	60.8	89.3
26 ~ 29	269	650	53	0.35	88.9	40	33	0.59	70.0	93.8
32 ~ 35	268	650	52	0.35	76.6	30	36	0.75	71.4	95.4

2.1.2 SBR段:(1)溶解氧的影响:表3的结果表明,0.5~1 mg/L的溶解氧不足以满足SBR中微生物的要求,溶解氧在2 mg/L时处理效果最好。如果苯胺浓度高,需要的溶解氧浓度要增加。

表3 溶解氧的影响

工况	指标	SBR 进水	SBR 出水				
			溶解氧 (mg/L)				
			0.5	1	2	4	6
1	COD (mg/L)	150	118	97.8	83.8	99.8	116
	BOD (mg/L)	47.0	11.3	9.9	1.4	1.4	4.2
	苯胺 (mg/L)	6.05	2.03	1.12	0.45	0.44	0.33
	色度 (倍)	50	40	40	40	40	40
2	COD (mg/L)	296	192	124	96.0	105	110
	BOD (mg/L)	91.3	62.2	38.5	18.3	23.6	25.4
	苯胺 (mg/L)	7.82	3.85	1.80	0.84	0.80	0.75
	色度 (倍)	100	75	40	40	40	44

(2)曝气时间的影响:SBR进水浓度不同的时候,曝气时间可根据水质调节(表4)。在较低进水浓度下,曝气时间为3 h即可满足要求,曝气时间过长,不但造成浪费,而且曝气过度,BOD和COD又逐渐升高,反而影响处理效果。

表4 曝气时间的影响

工况	指标	曝气时间 (h)										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	COD (mg/L)	114.0	102.0	90.2	87.5	86.0	80.2	70.4	78.2	79.5	-	-
	BOD (mg/L)	35.2	18.3	18.3	18.3	18.3	14.1	12.7	12.7	14.1	-	-
	色度 (倍)	60	50	50	40	40	40	50	50	50	-	-
	苯胺 (mg/L)	5.85	4.26	2.10	0.90	0.62	0.44	0.33	0.32	0.30	-	-
2	COD (mg/L)	262.0	218.0	196.0	172.0	154.0	139.0	125.0	112.0	99.8	90.7	99.4
	BOD (mg/L)	90.0	55.3	42.6	33.6	24.1	18.2	14.8	11.2	9.2	7.5	7.7
	色度 (倍)	100	80	70	60	55	50	46	42	40	40	40
	苯胺 (mg/L)	9.63	8.23	6.78	5.63	3.47	1.84	1.46	1.20	0.98	0.81	0.68
3	COD (mg/L)	283	234	205	178	160	144	132	120	109	100	96.0
	BOD (mg/L)	98.7	62.3	49.6	36.5	25.6	18.5	15.8	14.6	13.4	12.3	11.6
	色度 (倍)	60	50	42	36	32	30	30	30	-	-	-
	苯胺 (mg/L)	6.03	4.54	3.34	2.04	1.69	1.21	1.01	0.95	0.75	0.68	0.62

注: - 表示未测

(3)沉淀时间的影响:如表5所示,起始COD、色度、BOD、悬浮物分别为156 mg/L、50倍、38.2 mg/L、210 mg/L,反应完成后,在0.5~4h范围内,随着沉淀时间的延长,各项指标越好,沉淀时间在2 h时,能达到排放标准,再延长时间,水中的浓度COD、BOD、悬浮物、色度等变化不大。不同进水浓度运行时,得到类似的结果。

表 5 沉淀时间的影响

沉淀时间 (h)	出 水				去 除 率 (%)			
	COD (mg/L)	色度 (倍)	BOD (mg/L)	悬浮物 (mg/L)	COD	色度	BOD	悬浮物
0.5	120.0	50	8.4	41.0	23.1	0	78.0	80.5
1.0	112.0	40	5.6	26.0	28.2	20.0	85.3	87.6
2.0	88.9	40	4.2	14.0	43.0	20.0	89.0	93.3
3.0	86.9	40	4.2	6.5	44.3	20.0	89.0	96.9
4.0	85.0	40	2.8	3.5	45.5	20.0	92.7	98.3

2.2 ABR-SBR 处理系统工艺参数的选择

通过以上试验，在 ABR-SBR 处理系统中，确定 ABR 段水力停留时间在 24 ~ 36 h，污泥负荷为 0.43 ~ 2.46 kg COD/ (m³ · d)，进水 pH 值为 6.5 ~ 8.0，温度在 20℃ ~ 35℃；SBR 段的溶解氧为 2 mg/L，曝气时间为 3 ~ 10 h，沉淀时间为 2 h。

2.3 ABR-SBR 处理系统的处理效果

应用 ABR-SBR 处理系统处理印染废水的结果表明，通过 ABR 对印染废水的脱色、COD 和苯胺的部分去除，以及 SBR 对 ABR 出水中的脱色、COD 和苯胺进一步的去除，ABR-SBR 系统对印染废水的脱色效果较好、对 COD 和苯胺去除效率较高 (图 2 ~ 4)。

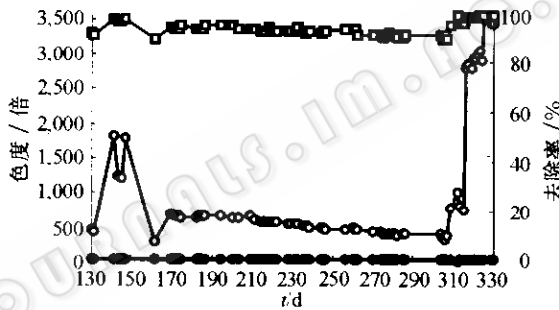


图 2 ABR-SBR 处理系统对色度的处理效果

○ 进水色度, ● 出水色度, □ 去除率/%

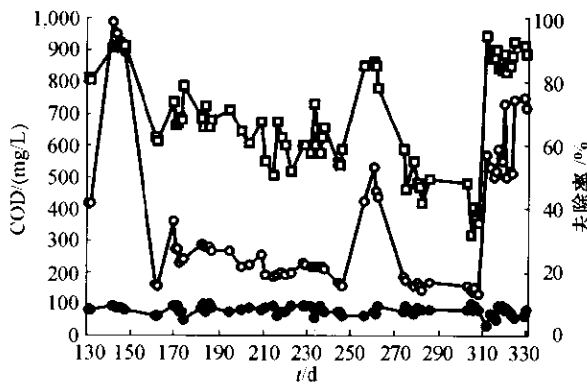


图 3 ABR-SBR 处理系统对 COD 的处理效果

○ 进水, ● 出水, □ 去除率/%

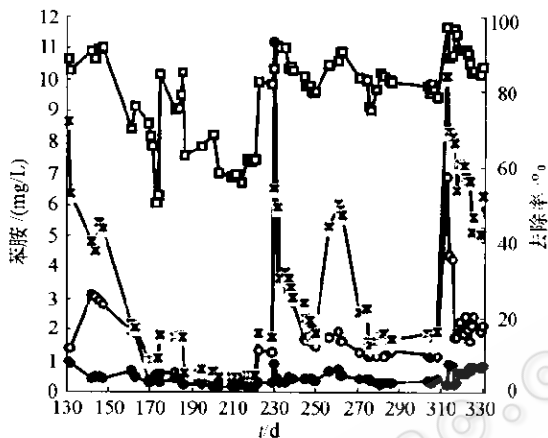


图4 ABR-SBR处理系统对苯胺的处理效果

—○— ABR+SBR进水, —*— ABR出水, —●— ABR+SBR出水, —□— 去除率/%

当进水色度为280~3,550倍, COD为130~986 mg/L时,出水色度为8~40倍, COD为30.0~97.1 mg/L,去除率分别为89%~99%和32%~95%;ABR在废水处理过程中,由于脱色而产生苯胺类物质,ABR出水中的苯胺升高,经过SBR的处理,总出水苯胺浓度为0.20~0.95 mg/L,去除率为50%~98%。

参考文献

- [1] 汪凯民, 靳志军. 环境科学, 1991, 12 (4): 62~67.
- [2] Sen S, Demirel G N. Water Research, 2003, 37 (8): 1868~1878.
- [3] Stern S R, Szyrkowicz L, Rodighiero I. Water Sci Technol, 2003, 47 (10): 55~59.
- [4] 刘志培, 杨惠芳. 微生物学报, 1989, 29 (6): 418~426.
- [5] 徐向阳, 张明洲, 俞秀娥. 中国沼气, 2001, 19 (2): 3~7, 29.
- [6] Seshadri S, Bishop P L, Agha A M. Waste Management, 1994, 14 (2): 127~137.
- [7] 郑金来, 李君文, 晁福寰. 微生物学通报, 2001, 28 (5): 85~88.
- [8] 沈耀良, 王宝贞. 废水生物处理新技术-理论与应用. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. 53~60.
- [9] Barber W, Stuckey D. Water Research, 1999, 33 (7): 1559~1578.
- [10] 王东海, 文湘华, 钱易. 环境科学进展, 1999, 7 (6): 38~44.
- [11] 中国标准出版社第二编辑室. 中国环境保护标准汇编-水质分析方法. 北京: 中国标准出版社, 2001. 169~171, 227~228, 234~236.