

# 粉末炭 / SBR 工艺处理高浓豆制品废水研究

龙腾锐, 林于廉, 尤鑫, 易洁  
(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘要:** 对粉末炭 (PAC) / SBR 工艺处理高浓度豆制品生产废水进行了研究, 探讨了 PAC 用量、曝气时间、曝气方式对处理效果的影响。结果表明: 在 PAC 用量为 400 mg/L、PAC / SBR 反应器进水 COD 负荷 < 6 000 mg/L 及限制曝气时间为 6 h 时, 最终出水的 COD 和  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度均能达到标。COD 由 2 850 mg/L 降至 611 mg/L 时, 反应符合零级反应动力学规律; COD < 611 mg/L 时, 反应符合一级反应动力学规律。

**关键词:** 粉末炭 / SBR; 豆制品废水; 曝气时间; 曝气方式; 反应动力学

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2008)09 - 0106 - 03

## Study on Treatment of High-concentration Soybean Product Wastewater by PAC / SBR Process

LONG Teng-ru, L N Yu-lian, YOU Xin, YI Jie

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** The treatment of high-concentration soybean product wastewater by PAC / SBR process was studied, and the effect of PAC dosage, aeration time and aeration mode on the treatment efficiency was discussed. The results show that the COD and ammonia nitrogen concentrations in the effluent can meet the discharge standard when the PAC dosage is 400 mg/L, the COD load is below 6 000 mg/L, and the aeration time is controlled at 6 h. The reaction follows the zero order kinetic law when the COD concentration is reduced from 2 850 mg/L to 611 mg/L, while the reaction follows the first order kinetic law when the COD concentration is below 611 mg/L.

**Key words:** PAC / SBR; soybean product wastewater; aeration time; aeration mode; reaction kinetics

### 1 试验材料与方法

#### 1.1 原水水质

试验废水取自重庆市某豆制品生产厂的生产废水, 出水水质应达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的二级标准。原水水质及排放标准见表 1。

接种污泥取自该厂排水沟的黑色底泥, 污泥的驯化采用连续进水方式进行, 经过 45 d 驯化完成。成熟污泥沉降性能良好,  $\text{SV}_{30}$  达到 25%, 并且出现小

口钟虫、轮虫、等枝虫和漫游虫。

表 1 原水水质及排放标准

Tab 1 Raw wastewater quality and discharge standard

指标	COD / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	pH	SS / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	色度 倍	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
数值	18 550 ~ 22 350	14 840 ~ 17 102	4.2 ~ 6.0	630 ~ 970	120 ~ 140	97 ~ 112
排放标准	150	30	6 ~ 9	150	80	25

工艺流程见图 1。

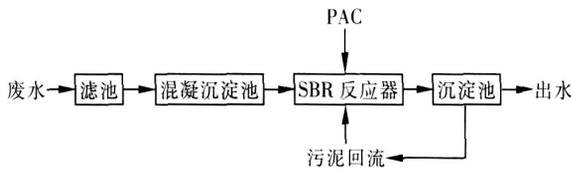


图 1 工艺流程

Fig 1 Flow chart of treatment process

试验系统包括两套全自动 SBR 反应器和 4 套自制 SBR 反应器。反应器均为无色有机玻璃制成,全自动反应器的直径为 40 cm、高为 78 cm,自制反应器的直径为 25 cm、高为 44 cm。采用粘砂块曝气头曝气,空气泵的流量为 2.5 m<sup>3</sup>/min。反应器设置 3 个排水口,分别设在反应器的 1/3、1/2、2/3 高处,反应器底部设有排泥口。

试验过程中每个处理单元的运行参数见表 2。

表 2 各阶段的运行参数

Tab 2 Operation parameters in different phases

项目	运行周期 /d	周期内处理水量 /L	运行周期内时间分配 /h			
			进水	曝气	沉淀	出水和闲置
A	2	47	1	6	1	2
B	2	47	1	7	1	1

注: A 为限制曝气运行方式; B 为非限制曝气运行方式。

1.2 分析方法

pH 采用 pH S - 3 型 pH 计测定,其余水质指标和污泥性能指标均按国家标准方法测定<sup>[1]</sup>。

2 结果与讨论

2.1 粉末炭用量对出水 COD 的影响

粉末炭 (PAC) 用量对处理效果的影响见表 3。

表 3 PAC 对出水 COD 的影响

Tab 3 Effect of PAC on effluent COD mg · L<sup>-1</sup>

项目	PAC 投加量 / (mg · L <sup>-1</sup> )				
	0	200	400	600	
时间	0 h	2 197	2 197	2 197	2 197
	0.5 h	1 964	1 822	1 647	1 473
	1 h	1 270	1 103	926	1 030
	2 h	739	692	536	659
	3 h	375	341	253	325
	4 h	258	217	157	224
	5 h	207	159	112	176
	6 h	174	125	98	144

注: 0 时刻的 COD 浓度为进水后的混合液浓度。

从表 3 可以看出, PAC 投加量为 400 mg/L 时, 处理效果最好, 因此 PAC 的最佳用量为 400 mg/L。

添加了 PAC 的 SBR 系统的处理效果要好于未加 PAC 的。通过方差分析发现 PAC 对去除 COD 的影响达到了显著水平, 同时还发现曝气时间对 COD 的去除影响极为显著, 这在表 3 中也有充分的体现。

2.2 曝气时间对出水 COD 的影响

在 PAC 投加量为 400 mg/L 的条件下, 出水 COD 随曝气时间的变化见表 4。

表 4 COD 随曝气时间的变化

Tab 4 Variation of COD with aeration time

mg · L<sup>-1</sup>

项目	进水 COD	混合液 COD	曝气时间 /h							
			1	2	3	4	5	6	8	10
数值	4 192	1 297	307	158	83	54	49			
	4 799	1 835	670	387	178	132	87	69		
	5 267	2 197	926	536	253	157	112	98	83	
	5 651	2 564	1 383	738	303	205	174	124	102	89
	5 911	2 752	1 602	839	343	258	199	148	121	97

由表 4 可知, 随着进水 COD 浓度的增加, 出水 COD 浓度要满足二级排放要求 (COD < 150 mg/L) 所需要的时间急剧增加, 例如进水 COD 为 4 192 mg/L 时, SBR 反应器仅需曝气 3 h 便可使 COD 浓度降至 83 mg/L; 而进水 COD 为 5 911 mg/L 时, SBR 反应器则需要曝气 6 h 才能使 COD 达标排放。为了保证活性污泥在冲击负荷或环境改变的条件下仍有良好的处理效果, 最短曝气时间确定为 6 h。从表 4 还可以看出, 在曝气时间为 6 h 时, 欲使出水 COD 达标则应使进水 COD < 6 000 mg/L。

2.3 COD 降解的动力学

SBR 中的粉末活性炭浓度为 400 mg/L, 在反应器中混合液的 COD 浓度为 2 850 mg/L (进水 COD 浓度为 6 721 mg/L)、污泥浓度为 7 510 mg/L 的条件下, PAC/SBR 系统的出水 COD 浓度见图 2。

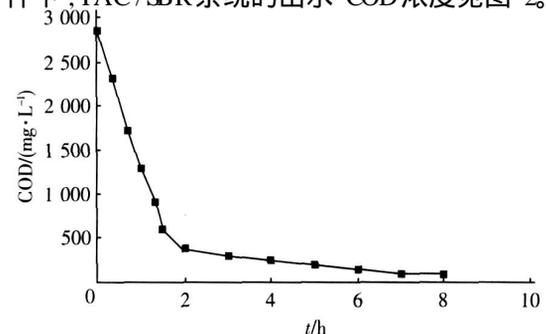


图 2 COD 随时间的变化

Fig 2 Variation of COD with time

对处理结果进行反应级数判别得出:在曝气 1.5 h 内 (此阶段反应器中混合液的 COD 浓度由 2 850 mg/L 降至 611 mg/L), 反应符合零级反应动力学规律; 在曝气 1.5 h 以后 (此阶段反应器中混合液的 COD < 611 mg/L), 反应符合一级反应动力学规律。

通过线性回归分析, 得到 1.5 h 以前 COD 浓度随时间的变化如图 3 所示。

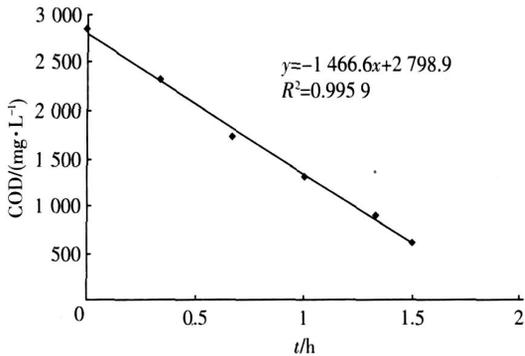


图 3 零级反应时 COD 随曝气时间的变化

Fig 3 Variation of COD with aeration time during zero order reaction

对 1.5 h 后的 COD 浓度进行托马斯法<sup>[12]</sup>处理, 结果如图 4 所示。

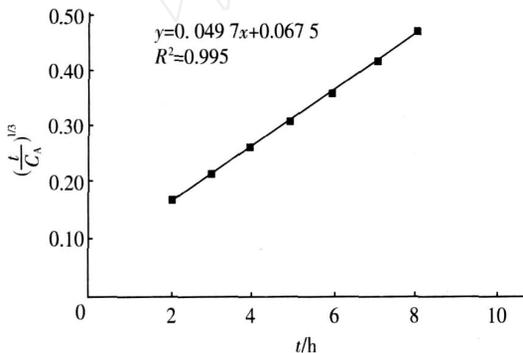


图 4  $C_A - t$  的托马斯图

Fig 4 Thomas curve of  $C_A - t$

#### 2.4 曝气方式对处理效果的影响

当采用限制性及非限制性曝气方式运行时, 系统对 COD 和  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除情况如表 5 所示。

对试验结果进行  $t$  检验可以看出: 两种曝气方式对 COD 的去除效果无显著影响, 但是限制性曝气与  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除却显著相关。这是因为限制性曝气使活性污泥混合液有一个缺氧到厌氧的过渡阶段, 这有利于进行反硝化<sup>[13]</sup>; 同时, 限制性曝气还对控制丝状菌有益<sup>[14]</sup>。因此, PAC/SBR 系统宜采用限

制性曝气方式。

表 5 不同曝气方式的运行结果

Tab 5 Operation result with different aeration modes

运行周期个	进水		方式 A		方式 B	
	COD / (mg · L <sup>-1</sup> )	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ / (mg · L <sup>-1</sup> )	COD 去除率 / %	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率 / %	COD 去除率 / %	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 去除率 / %
1	1 323	81.2	93.0	90.1	94.0	85.2
2	1 462	74.9	94.7	84.9	94.8	82.6
3	2 050	116.5	96.9	97.2	96.3	83.9
4	1 714	129.5	96.4	96.8	95.9	74.9
5	3 211	149.7	96.1	95.8	96.7	85.2
6	3 761	197.6	97.6	97.5	97.5	83.1
7	4 127	241.3	97.3	97.3	96.1	73.9
8	4 612	227.9	96.2	96.8	95.9	79.1
9	5 194	245.1	96.2	97.4	95.8	81.8
10	5 898	269.8	95.9	97.8	95.8	80.8

### 3 结论

PAC/SBR 工艺处理豆制品生产废水具有可行性, 在预处理后进水 COD < 6 000 mg/L 的条件下, 处理出水的 COD 和  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度可以满足二级排放标准要求。

PAC 用量对 PAC/SBR 工艺的处理效果有显著的影响, 其最佳用量为 400 mg/L; 曝气时间对 PAC/SBR 工艺的处理效果有极显著的影响, 最短曝气时间为 6 h; PAC/SBR 工艺宜采用限制性曝气方式, 以利于对  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  的去除。

PAC/SBR 工艺处理豆制品生产废水的 COD 降解动力学特征为: 在 SBR 反应器中, COD 浓度由 2 850 mg/L 降至 611 mg/L 时, 反应符合零级反应动力学规律; COD < 611 mg/L 时, 反应符合一级反应动力学规律。

### 参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [2] 程树培. 环境生物技术 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1994.
- [3] 张琳, 马华年. 影响 SBR 法除磷脱氮的主要因素 [J]. 中国给水排水, 1996, 12(2): 27 - 28
- [4] 刘永淞, 陈纯. SBR 法工艺特性研究 [J]. 中国给水排水, 1990, 6(6): 5 - 11.

E - mail: sxryyx@163.com

收稿日期: 2007 - 12 - 26