

# 二相 UASB 反应器处理碱法草浆黑液<sup>\*</sup>

王子波<sup>①</sup> 杨玉杰<sup>②</sup>

(① 扬州大学农学院, 扬州 225009; ② 华侨大学环境保护研究所, 泉州 362011)

**摘要** 采用二相 UASB 反应器处理碱法草浆黑液. 酸化相为 8.87 L 的普通升流式反应器, 甲烷相为 28.75 L 的 UASB 反应器, 系统温度  $(35 \pm 1)$ . 结果表明: 当酸化相进水 COD 浓度为  $4.079 \sim 9.198 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , COD 的负荷平均值为  $38.84 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  时, COD 的总去除率为 72.76%; 系统对负荷的冲击有较强的耐受能力.

**关键词** 二相 UASB 反应器, 草浆黑液, COD 去除率

**分类号** X 703

二相厌氧消化工艺是依据产酸菌群, 以及产甲烷菌群生长、代谢和对营养要求的不同等特性<sup>[1]</sup>, 将这两大类菌群分开. 使它们分别在两个串联的反应器中生长繁殖, 充分发挥各自的优点, 提高处理效率, 增加系统运行的稳定性. 草浆黑液浓度高、碱性强, 先用酸中和预处理<sup>[2]</sup>, 然后进行二相厌氧消化处理. 处理后的废液负荷大为降低, 为进一步好氧处理提供了条件.

## 1 实验装置

二相 UASB 反应器均用有机玻璃制成, 酸化相为不带三相分离器的升流式反应器, 体积 8.87 L. 甲烷相为升流式厌氧污泥床反应器, 体积 28.75 L. 两个反应器均置于同一恒温箱内, 温度控制在  $(35.5 \pm 1)$ . 试验工艺流程见文 [3].

## 2 试验方法和结果

二相 UASB 反应器内污泥驯化成熟后, 在人工配制的有机废水<sup>[4]</sup>中逐步投加经酸化处理而析出木质素的黑液(称混和废水). 用石灰乳将混和废水的 pH 调至 7.0 左右, 然后进入二相 UASB 反应器. 测定酸化相进水和甲烷相出水 COD 浓度, 及二相 COD 的总去除率, 实验结果见表 1. 表中  $t$  为运行时间,  $Q$  为进水流量,  $L_0$  为酸化相进水的 COD 浓度,  $S$  为甲烷相出水的 COD 浓度,  $E$  为二相系统的 COD 去除率,  $I$  为产气率,  $T$  为混和废水中黑液体积百分比.

从表 1 可知, 当反应器运行 12~21 d, 混和废水中黑液比例达 50%~60%, 酸化相进水浓度为  $10.051 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 二相系统 COD 去除率为 84%, 产气率在  $0.5 \text{ L} \cdot \text{g}^{-1}$  上下波动. 结果表明, 反应器内厌氧菌对黑液已基本适应, 没有发现污泥流失, 说明流泥的活性、沉降性能较好.

表 1 混和废水试验结果<sup>①</sup>

$t/\text{d}$	$Q/\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$	$T/(\%)$	$L_0/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$S/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$E/(\%)$	$I/\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$
1	42	10	12 005	1 325	88.96	0.47
2~4	40	20	12 201	1 448	88.13	0.49
5~6	52	25	12 582	1 476	88.27	0.46
7~8	55	30	12 437	1 366	89.02	0.41
9~11	38	40	12 501	1 457	88.34	0.36
12~18	57	50	10 051	1 553	84.98	0.45
19~21	51	60	10 056	1 672	83.37	0.51

① 表中数据为平均值

反应器内厌氧菌对黑液适应后, 停止进混和废水, 改用预酸化处理析出木质素的黑液. 用石灰乳将黑液调至中性, 反应器运行结果见表 2. 表中  $S_0$  为甲烷相进水(酸化相出水)的 COD 浓度,  $E_a$  为酸化相的 COD 去除率,  $E_b$  为甲烷相的 COD 去除率,  $F_a$  为酸化相有机质的 COD 负荷,  $f_a$  为酸化相的 COD 去除负荷,  $F_b$  为甲烷相有机质的 COD 负荷,  $f_b$  为甲烷相的 COD 去除负荷.

表 2 二相 UASB 反应器处理草浆黑液试验结果

$t/\text{d}$	$Q/\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$	$L_0/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$S_0/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$E_a/(\%)$	$F_a/\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$	$f_a/\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$
1	60	6.064	3.881	35.99	41.02	14.76
2	61	5.660	3.565	37.00	38.92	14.40
3	62	4.079	2.651	35.00	28.51	9.98
4	61	4.870	3.002	38.37	33.49	12.85
5	60	4.604	2.950	35.91	31.14	11.18
6	60	4.610	2.952	35.98	31.19	11.22
7	61	4.521	2.939	35.00	31.09	10.88
8	60	9.199	5.519	40.00	62.22	24.91
9	60	6.100	3.918	35.78	41.26	14.76
10	60	6.321	3.964	37.28	42.76	15.94
11	61	6.154	3.877	37.00	42.32	15.66
12	61	6.133	3.969	35.29	42.18	14.88
平均值				36.55	38.84	14.28

$t/\text{d}$	$S/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$E_b/(\%)$	$F_b/\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$	$f_b/\text{kg} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$	$I/\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$	$E/(\%)$
1	1.516	60.93	8.10	4.49	0.64	74.99
2	1.416	60.29	7.57	4.56	0.66	74.98
3	1.103	58.42	5.72	3.34	0.48	72.97
4	1.305	56.52	6.37	3.60	0.52	73.20
5	1.323	55.16	6.16	3.40	0.51	71.26
6	1.335	54.77	6.16	3.37	0.50	71.04
7	1.103	62.48	6.24	3.90	0.49	75.62
8	3.107	43.70	11.52	5.03	0.48	66.23
9	1.544	60.60	8.18	4.95	0.36	74.69
10	1.764	55.50	8.27	4.59	0.45	72.09

续表

<i>t</i> /d	<i>S</i> / <i>g</i> · <i>L</i> <sup>-1</sup>	<i>E<sub>b</sub></i> / <i>(%)</i>	<i>F<sub>b</sub></i> / <i>kg</i> · ( <i>m</i> <sup>3</sup> · <i>d</i> ) <sup>-1</sup>	<i>G<sub>b</sub></i> / <i>kg</i> · ( <i>m</i> <sup>3</sup> · <i>d</i> ) <sup>-1</sup>	<i>I</i> / <i>L</i> · <i>g</i> <sup>-1</sup>	<i>E</i> / <i>(%)</i>
11	1.544	60.18	8.23	4.95	0.42	74.88
12	1.764	55.55	8.42	4.68	0.40	71.24
平均值		57.01	7.60	4.28	0.49	72.76

从表 2 可以看出,当酸化相与甲烷相进水有机质的 COD 负荷平均值分别为 38.84 kg · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup>和 7.6 kg · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup>时,COD 的去除负荷平均分别为 14.28 kg · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup>和 4.2 kg · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup>,二相 UASB 反应器系统 COD 总去除率为 72.76%。恒定进水量,改变进水 COD 浓度,酸化相 COD 去除率变化幅度较小,而甲烷相 COD 去除率变化幅度相对大些。当酸化相进水 COD 提高到 9.199 g · L<sup>-1</sup>时,甲烷相 COD 去除率降至最低点 43.70%。就整个系统而言,COD 去除率的变化幅度不大,基本稳定在 72.0% 左右。

3 结论

在本实验条件下,可得出结论。(1) 碱法草浆黑液先用酸中和预处理,再进入二相 UASB 反应器处理是可行的。酸化相进水有机质 COD 负荷平均值为 38.84 kg · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup>时,二相反应器系统 COD 总去除率为 72.76%。(2) 酸化相进水 COD 浓度提高到 9.199 g · L<sup>-1</sup>时,系统 COD 总去除率降至本实验最低点 66.23%。酸化相进水 COD 浓度控制在 6.000 g · L<sup>-1</sup>左右较适宜。(3) 酸化相耐冲击、稳定性好。由于酸化相串联在甲烷相前,使得整个系统运行稳定。

参 考 文 献

1 吴 强,兰社益,江 萍等. 草浆蒸煮废液两段厌氧处理工艺研究. 环境科学,1993,14(增刊):56~62  
2 周晓俭. 制浆造纸废水的厌氧消化处理. 环境科学丛刊,1987,8(8):11~15  
3 王子波,杨玉杰,孙剑辉. 二相 UASB 反应器的启动. 华侨大学学报(自然科学版),1998,19(1):82~84

Treating Black Liquor of Alkaline Straw Pulp by Adopting Two-Phase Reactors of Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Wang Zibo<sup>①</sup> Yang Yujie<sup>②</sup>

(<sup>①</sup> College of Agriculture, Yangzhou Univ., 225009, Yangzhou;  
<sup>②</sup> Inst. of Envirion. Protect., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** The black liquor of alkaline straw pulp was treated at a system temperature of (35 ± 1) in two-phase reactors, covering a common upflow reactor of 8.87 L for acidulation phase and a 28.75 L reactor of up-flow anaerobic sludge blanket for methane phase. With 4.079 3~9.198 5 gCOD · L<sup>-1</sup> as the concentration of chemical oxygen demand in inflow water for acidulation phase and 38.84 kgCOD · (m<sup>3</sup> · d)<sup>-1</sup> as the average value of volumetric loading, the authors obtain some results revealing a COD total removal rate of 72.76% and a fairly strong tolerance of the system to the impact of loading.

**Keywords** two-phase UASB reactors, black liquor of straw pulp, COD removal rate