

文章编号:1007-4112(1999)03-0139-04

## 玉米淀粉废水处理工艺的研究

皇甫浩, 罗德春

X792.03

(西安公路交通大学 环境工程研究所, 陕西 西安 710064)

**摘要:**采用 UASB 反应器—曝气氧化塘组成的系统对玉米淀粉废水处理工艺进行了研究,结果表明,UASB 反应器按  $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$  的容积负荷运行,COD 去除率达 91% 以上,反应器再次启动时,3 d 即可正常运行,经过 142 d 的运行,反应器内生成了污泥指数(SVI)为 15~17 ml/gSS 的颗粒污泥;厌氧出水再经曝气氧化塘处理后 COD 小于 100 mg/l。

**关键词:**玉米淀粉;废水;UASB 反应器;曝气氧化塘

中图分类号:X792

文献标识码:A

废水处理

## Anaerobic-aerobic Treatment of Corn Starch Wastewater

HUANG Fu-hao, LUO De-chun

(Environmental Engineering Institute, Xi'an Highway University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** A process using UASB reactor followed by an aeration lagoon was demonstrated, to treat wastewater from corn plant. At  $35 \pm 1 \text{ C}$  and organic loading rate  $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ , 91% of the influent COD was removed by the UASB reactor. Sludge granulation developed quite well and the granular sludge had a sludge volume index(SVI) of 15~17 ml/gSS. It took only three days for the UASB reactor to recover from a long feed break. The COD concentration of the effluent out of the aeration lagoon was less than 100 mg/l.

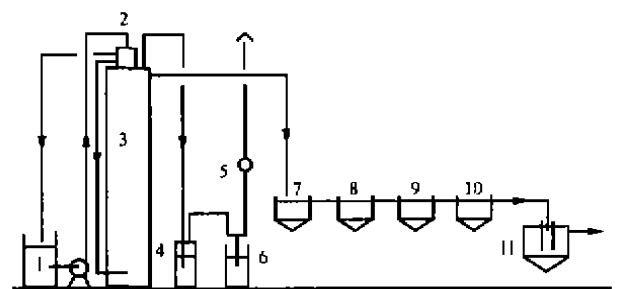
**Key words:** corn starch; wastewater; UASB anaerobic; aeration lagoon

采用湿法工艺生产玉米淀粉,每处理 1 000 kg 玉米,则要排出 COD 为 5 000~6 000 mg/l 的废水  $8.2 \sim 8.5 \text{ m}^3$ ,本研究根据淀粉生产具有季节性的特点,用 UASB 反应器和曝气氧化塘组成的系统对玉米淀粉废水进行处理,实验结果表明,UASB 反应器以  $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$  的负荷运行,COD 去除率可达 91% 以上,再次起运时 3 d 即可正常运行。并且反应器内生成了沉降性能良好的颗粒污泥,其污泥指数(SVI)为 15~17 ml/gSS,厌氧出水再经曝气氧化塘处理,COD 小于 100 mg/l,处理后的水可回用于生产,并可用于鱼塘肥水和农灌。

## 1 实验方法及材料

## 1.1 实验流程和主要设备

实验流程及主要设备如图 1 所示。UASB 反应



1. 恒温废水箱;2. 计量水箱;3. UASB 反应器;4. 沼气水封;5. 沼气流量计;6. 气水分离器;7. 8. 9. 10. 曝气氧化塘;11. 混凝沉淀池

图 1 实验流程及主要设备

器有效水深 2.1 m,有效容积  $0.5 \text{ m}^3$ ,反应器内温度  $35 \pm 1 \text{ C}$ ,曝气氧化塘为 4 塘串连运行,每塘的有效容积  $0.72 \text{ m}^3$ ,采用表面曝气方式,实验在生产现场进行,淀粉废水不添加任何营养元素,也不调整 pH

收稿日期:1998-06-25

作者简介:皇甫浩(1949-),男,河南南阳人,西安公路交通大学副教授,硕士

值,经计量后直接进入 UASB 反应器。

### 1.2 间歇发酵产气实验

为了考察厌氧污泥在启动期内活性的变化,在不同运行时期,取反应器内 1m 高处的污泥做了间歇发酵产气实验。发酵装置由发酵瓶,集气瓶和量筒组成,实验时,在反应器内 1m 高处取发酵液 1l,滤去清液后,取其污泥,然后加入新鲜淀粉废水,使反应体积为 1l, COD 为 4 500 mg/l, 发酵瓶内的温度为 35℃。

### 1.3 废水的来源及性质

实验在生产现场进行,废水取自生产车间下水管道总排口,废水的性质如表 1 所示。

表 1 玉米淀粉废水的性质

项目	数值
COD/mg·l <sup>-1</sup>	5 000~6 000
BOD <sub>5</sub> /mg·l <sup>-1</sup>	2 915
SS/mg·l <sup>-1</sup>	500~1 000
pH	5.0~6.0
硫化物/mg·l <sup>-1</sup>	9.95
氨氮/mg·l <sup>-1</sup>	116.24

### 1.4 接种污泥

接种污泥取自城市污水处理厂的消化污泥,

接种污泥量  $SS_{(0)} = 24.9\text{kg}$ , 挥发性污泥量  $VSS_{(0)} = 11.45\text{kg}$ ,  $VSS/SS = 0.46$ 。

### 1.5 分析项目

COD, BOD<sub>5</sub>, VSS, SS 用标准法测定<sup>[1]</sup>, 污泥指数(SVI)用 100 ml 量筒测定, 进水的 COD 采用原液直接测定, 出水的 COD 经滤纸过滤后测定。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 UASB 反应器的启动阶段

本阶段反应器共运行了 60 d, 由于工厂停产, 从 61 d~96 d 反应器停运了 36 d, 运行结果如表 2 所示, 流量为当日进水流量的平均值。

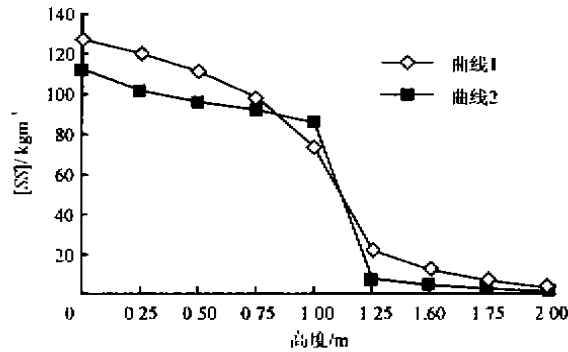
第 1~20 d, 反应器以约 2.5kgCOD/m<sup>3</sup>·d 的负荷运行<sup>[2]</sup>, 2 d 后开始产气, 第 20 d 时, COD 去除率达到 80.9%, 第 21~40 d, 反应器以 4.5 kgCOD/m<sup>3</sup>·d 左右的负荷运行, 由表 2 中实验数据可以看出, 当负荷提高以后, COD 去除率由 80.9% 降到了 63.5%, 但随着运行天数的增加, 反应器内厌氧菌的增殖和厌氧菌群之间的平衡调整, 到第 38 d 时, COD 又逐渐回升到 79.3%, 第 41~60 d, 反应器负荷提高到 6.5kgCOD/m<sup>3</sup>·d 左右, 同样, COD 去除率又由 80.1% 下降到了 61%, 当反应器继续运行到

表 2 USAB 反应器实验数据(第 1~60d)

运行天数 /d	流量/m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ×10 <sup>-3</sup>	进 水		出 水		负 荷 kgCOD/m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup>	产气量 /m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	COD 去除率	出水 SS /mg·l <sup>-1</sup>
		mgCOD/l	pH	mgCOD/l	pH				
1	10.0	3 828	5.5		6.5	1.84			
4	11.9	3 610	5.5		6.5	2.06			
10	10.8	4 780	5.8	1 233	6.8	2.45	0.423	73.8	40
16	12.0	4 500	5.8	1 179	6.9	2.60	9.459	73.8	65
20	10.9	4 673	5.8	892	6.9	2.45	0.405	80.9	38
21	18.2	4 952	6.0	1 080	7.0	4.32	0.854	78.2	130
22	22.0	4 488	5.8	1 638	7.0	4.75	0.707	63.5	106
23	21.2	4 267	6.0	1 523	6.9	4.35	0.614	64.5	121
29	22.1	4 283	5.8	1 383	7.0	4.55	0.745	67.7	162
35	21.1	4 555	5.8	993	6.9	4.62	0.902	78.2	146
38	22.9	4 335	6.0	897	7.0	4.77	0.907	79.3	170
40	20.4	4 633	6.0	991	7.0	4.53	0.820	78.6	149
41	31.3	4 359	6.0	867	7.0	6.54	0.892	80.1	159
42	32.4	4 318	6.0	1 684	6.9	6.72	0.901	61.0	182
43	31.2	4 281	6.0	1 558	6.9	6.41	0.958	63.6	136
49	31.1	4 384	5.9	1 394	7.1	6.54	0.915	68.2	175
55	27.7	4 765	6.1	1 086	7.2	6.34	1.149	77.2	176
60	27.6	4 733	6.0	899	7.1	6.27	1.142	81.0	174

第 60 d 时, COD 去除率又逐渐回升到 81%。

反应器运行到第 60 d 时, 反应器内厌氧污泥浓 [SS] 沿反应器高度的分布如图 2 中的曲线 1 所示, 积分曲线 1 下的面积,  $SS_{(60)} = 27.1 \text{ kg}$ , 与第 1 d 时的污泥量  $SS_{(1)}$ , 相比, 增加了 2.2 kg, 测得第 60 d 时, 厌氧污泥的  $VSS/SS = 0.61$ , 挥发性污泥量  $VSS_{(60)} = 16.5 \text{ kg}$ , 比  $VSS_{(1)}$ , 增加了 5 kg。

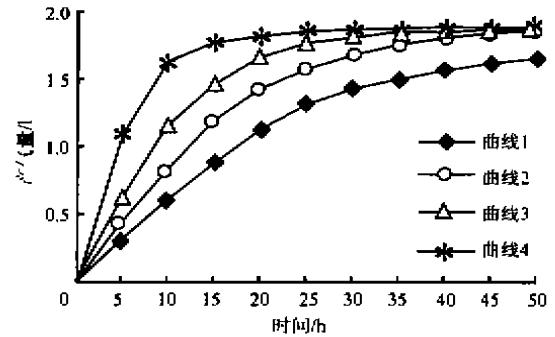


曲线 1 第 60 d; 曲线 2 第 142 d

图 2 污泥浓度 [SS] 沿反应器高度的分布

当 UASB 反应器运行到第 20 d、第 40 d 和第 60 d 时, 分别取反应器内 1 m 高处单位体积的污泥做了间歇发酵产气实验, 结果如图 3 所示, 间歇发酵的体积为 1 l, COD 初始浓度为 4 500 mg/l, 比较图 3 中的 3 条曲线, 曲线的开始部分其斜率 1 条比 1 条大, 这是因为随着运行时间的延长, 单位反应器体积内的污泥的数量和活性均在增加, 从而使产气率

增大, 由图 3 中可以看出, 同样是 7.5 h 的反应时间, 3 条曲线分别给出的累积产气量是 0.47 l、0.63 l 和 0.93 l。



曲线 1 第 20 d; 曲线 2 第 40 d; 曲线 3 第 60 d; 曲线 4 第 142 d

图 3 不同运行时期单位反应器体积污泥的间歇发酵产气曲线

观察第 60 d 时反应器内的污泥形态, 反应器内的污泥仍以絮状污泥为主, 但已有少量的颗粒污泥产生, 颗粒呈球形或椭球形, 直径约在 1.0~1.5 mm 之间, 同时测得污泥指数 ( $SVI$ ) = 35 ml/gSS, 这说明污泥已有了较好的沉降性能。

### 2.2 颗粒污泥形成阶段

本阶段从第 97~142 d, 反应器共运行了 45 d, 然后从第 143~202 d, 反应器停运了 60 d, 实验结果如表 3 所示。

本阶段一开始反应器就以  $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$  左右的负荷运行, 进水 COD 平均为 5360 mg/l, 水温

表 3 UASB 反应器实验数据 (第 9~142 d)

运行天数 /d	流量/ $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ $\times 10^{-3}$	进 水		出 水		负 荷 $\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$	产气量 $/\text{m}^3\text{h}^{-1}$	COD 去除率	出水 SS $/\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$
		mgCOD/l	pH	mgCOD/l	pH				
97	30.9	5 196	5.5			7.70			
100	30.7	5 104	6.0	1 092	7.0	7.50	1.212	78.6	152
103	32.7	4 846	6.0	1 124	7.0	7.60	1.314	76.8	179
106	31.1	4 944	5.5	890	7.0	7.35	1.271	82.0	177
109	30.5	5 475	5.5	805	7.0	8.0	1.470	85.3	323
112	29.8	5 237	6.0	628	7.0	7.46	1.450	88.0	482
115	36.2	4 841	6.5	629	7.0	8.40	1.171	87.0	614
118	32.7	5 382	6.0	748	7.0	8.47	1.637	86.1	989
121	31.8	5 462	6.0	565	7.0	8.31	1.523	89.5	1 080
124	32.9	5 255	5.5	494	7.0	8.29	1.617	90.6	961
127	29.8	5 237	5.5	450	7.0	7.46	1.575	91.4	825
130	28.7	5 593	5.5	492	7.0	7.72	1.651	91.2	387
133	27.6	6 382	6.0	491	7.0	8.47	1.639	92.3	212
136	28.6	6 018	5.5	493	7.0	8.23	1.782	91.8	179
139	29.9	5 455	5.5	497	7.0	7.83	1.605	91.1	182

37~38℃, 12 h后, 反应器温度由16℃升到35℃, 3 d后COD去除率达到78.63%, 10 d后达到82.0%, 运行到28 d时, COD去除率达到90%以上, 这是因为反应器内保持着大量的高活性的厌氧污泥。Lettinga<sup>[3]</sup>给出了长期存放的厌氧污泥的活性数据, 存放25个月以后所有泥样都仍保持着其活性的57%, 其平均降解速率为 $7 \times 10^{-4}/d$ , 本实验中的厌氧污泥保存了37 d, 污泥仍保存着其活性的97%, 因此反应器能够很快启动运行。

图2中的曲线2为第142 d时, 反应器内的污泥浓度[SS]沿高度的分布曲线, 图3中的曲线4为第142 d时取反应器内1m高处单位体积的污泥所做的间歇发酵累积产气曲线(COD初始浓度为4500 mg/l), 当反应时间为7.5 h时, 累积产沼气量为1.47 l。计算可知, 第142 d时反应器内的污泥量 $SS_{142} = 24.3 \text{ kg}$ , 与第60 d时的 $SS_{60}$ 相比, 减少了2.8 kg, 这是因为随着负荷的增加, 一些不易沉降的污泥被冲出, 测得此时厌氧污泥的 $VSS/SS = 0.70$ ,  $VSS_{142} = 17.0 \text{ kg}$ , 与 $VSS_{60}$ 相比, 变化不大, 但污泥的活性却增加了。

观察第142 d时污泥的形态, 颗粒污泥的外形多为球状和椭球状, 直径一般为1.0~1.5 mm, 直径较大者为2.5 mm, 呈灰黑色, 颗粒表面包裹有半透明的胶状膜, 测得第142 d时的污泥指数( $SVI$ ) = 15~17 ml/gSS, 此时污泥已有了良好的沉降性能。

### 2.3 曝气氧化塘运行实验

曝气氧化塘实验在UASB反应器的第3次启动运行正常时进行, 反应器的启动从第203 d开始(在这之前反应器停运了60 d), 以 $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 的负荷运行, 进水COD平均为5691 mg/l, 3 d后, COD去除率达到85%以上, 8 d后达到90%以上。曝气氧化塘的运行方式为4塘串联运行, 进水量控制在30 l/h左右, HRT为4 d, 曝气功率为5 W/( $\text{m}^3$ 有效塘容), 由表4可以看出, UASB反应器出

水经曝气氧化塘处理, 再经混凝沉淀处理后, 出水的COD可降到100 mg/l以下, SS可降到80 mg/l以下。

表4 曝气氧化塘实验数据

进水 COD /mg <sup>-1</sup>	出水 COD /mg <sup>-1</sup>	出水 [SS] /mg <sup>-1</sup>	平均塘温 /℃
593	56	72	24
440	81	62	24.1
592	61	80	21.8
622	67	76	22.9
511	60	45	22.0
545	88	65	17.0

## 3 结 语

(1)用UASB反应器处理淀粉废水, 在本实验中生成了污泥指数 $SVI$ 为15~17 mg/gSS的颗粒污泥。

(2)UASB反应器以 $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 的负荷运行, COD去除率稳定在91%以上。

(3)UASB反应器再次启动时, 仍可按 $8 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 的负荷启动运行, 3 d后COD去除率就可达到80%以上。

(4)厌氧出水经曝气氧化塘处理, 再经混凝沉淀后COD可降到100 mg/l以下, SS可降到80 mg/l以下。

### 参考文献:

- [1] 国家环保局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [2] 申立贤. 高浓度有机废水厌氧处理技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [3] Lettinga G. Direct Anaerobic Treatment Handles Wastes Effectively[M]. Industrial Wastes, Jan-Febr. PP18-41, 1979.

[责任编辑 孙守增]

(上接第124页)

一点。可见, 对同一非线性随机函数, FBP学习过程中的方差比BP算法的方差小, FBP对非线性函数的跟踪性能良好, 并且在学习次数 $k = 120$ 时, FBP的学习时间从BP学习时间的166 s减少到158 s。

### 参考文献:

- [1] 张化光, 杨英旭, 柴天佑. 多变量模糊控制的现状与发

展(1)(II)[J]. 控制与决策, 1995, 10(4).

- [2] HUNT K J. Neural Networks for Control System—A Surve[J]. Automatica, 1992, 26(6).
- [3] 侯媛彬. 降低一类神经网络灵敏度的理论和方法的研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1998, 18(4).

[责任编辑 郭庆健]