

升流式固体反应器处理鸡粪废水的研究*

周孟津 杨秀山 张维来 初一宁

(首都师范大学生物系, 北京 100037)

摘要 报告了升流式固体反应器(USR)在 35℃ 条件下处理鸡粪废水的实验结果. 进水 COD 浓度 41900—61500 mg/L, SS 45—55 g/L, SCOD 为 7200 mg/L, 总挥发酸浓度 3174 mg/L, pH=6.61. USR 运行 67 d 后, 消化器负荷达到 10.45 g/(L·d), 产气率为 4.88 L/(L·d), 所产沼气中平均甲烷含量 59.75%, COD 去除率 86.62%. 在 HRT 5 d 时, 计算出 SRT 为 24.8 d, SS 去除率 66.16%, 说明 USR 适用于高 SS 含量废水的处理.

关键词 升流式固体反应器(USR), 鸡粪废水, 厌氧消化.

当前我国亟待处理的高浓度有机废水主要有酒精废醪及禽畜粪便^[1], 这些废水固液分离后滤液的 SS 含量仍在 10 g/L 左右², 采用 UASB 或 UBF 进行处理运行不稳, 常发生浮渣及堵塞现象^[3-5]. 1982 年美国 Fannion 等设计了一种非常规消化器, 用于海藻的厌氧消化效果良好^[6, 7], 该消化器不需要污泥回流和三相分离器, 靠 SS 的自然沉淀作用使 SRT 比 HRT 延长, 从而提高了 SS 的消化率. 据此原理笔者设计了一个 15 L 的 USR 用来处理鸡粪废水, 在中温 35℃ 条件下进行了实验研究, 取得了良好运行效果.

1 实验材料和方法

1.1 升流式固体反应器(USR)及附属装置

该反应器采用有机玻璃制成, 高 100 cm, 直径 14 cm, 容积为 15 L. 在侧壁高 20 cm、40 cm、60 cm 设有 3 个取样口, 废水从下部用功率为 178 W 的 4WXB-8 型离心泵进入, 从上部适当部位排出. 微生物和 SS 靠自然沉降而滞留于消化器内, 消化器底部设有排泥管可以排除多余的污泥和沉沙. 沼气由上部导管经气水分离器后流经 SQL-2 型气体流量计进行计量(图 1).

1.2 鸡粪废水的性质

从表 1 中可以看出, 鸡粪废水 SS 含量很高, 可溶性 COD (SCOD) 只占总 COD 的 11.7%. 固体物质的降解是鸡粪沼气产量的主

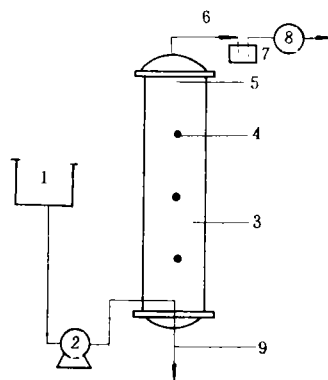


图 1 USR 发酵装置示意图

1. 储料槽 2. 进料泵 3. USR 4. 取样口 5. 出水
6. 沼气 7. 气水分离器 8. 沼气流量计 9. 排渣管

要来源, 在一定条件下, SS 的降解率与 SRT 呈正相关. 此外, 鸡粪中含有大量碳酸钙类物质, 碱度较高, 使发酵液具有较高的缓冲能力.

1.3 接种物及启动投料

USR 启动时所用的接种物为本室凤眼莲厌氧消化污泥. 于 15 L 消化器内投入接种物 3 L, 其 SS 含量 56.2 g/L, VSS 为 37.4 g/L.

投入接种物后, 立即加入鸡粪废水 9 L, 再加自来水至 15 L, 发酵于 35℃ 恒温室内进行.

1.4 分析方法

TS、VS、SS、VSS、COD、SCOD 碱度等均

* 国家“八五”科技攻关项目.

收稿日期: 1995-10-25

表 1 鸡粪废水性状测定结果

项 目	TS/%	VS/%	SS/g·L ⁻¹	VSS/%	pH		
数 值	5.18—6.33	78.4	45.0—55.0	76.3	6.61		
项 目	COD	SCOD	乙酸	丙酸	丁酸	总酸	碱度
数值/mg·L ⁻¹	41900—61500	7200	2048	880	246	3174	4864

采用常规方法进行测定^[8],挥发酸测定采用 SP-2305 型气相色谱,沼气成分测定采用 SP-2304 型气相色谱,pH 采用 ORIONRESEARCH model 221 型酸度计测定。

2 实验结果与讨论

实验从 1993-03-04 开始至 05-10 结束,共进行了 67 d。采用半连续投料方式运行,开始每 2—3 d 投料 1 次,每次投料 1—3 L,第 20—29 d 每天投料 1 次,每次投料 2 L,第 30—64 d 每天投料 2 次共 3 L。

2.1 USR 的运行效果

在 USR 运行过程中,日平均负荷和产气量的变化见图 2。开始阶段,平均 COD 负荷 1—2 g/(L·d)。发酵进行 20 d 后负荷升至 4—6

g/(L·d),30 d 后 COD 负荷升至 8 g/(L·d),产气率也逐渐上升至 3.5—4 L/(L·d),35 d 时因排渣及降温,产气突然下降,但很快回升。45 d 后负荷及产气率均不断上升,第 55 d 后负荷上升至 10—11 g/(L·d),产气率上升至 5.0 L/(L·d)左右,最后阶段的运行参数列于表 2。

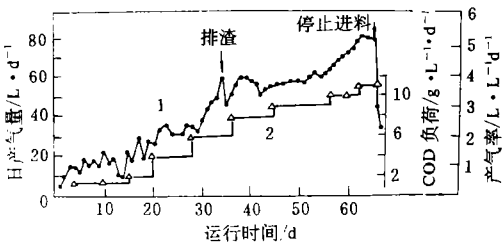


图 2 USR 的负荷及产气量的变化
1. 日产气量及产气率 2. 负荷

表 2 USR 后期运行参数

月-日	进料浓度 TS/%	平均 COD 负荷 /g·L ⁻¹ ·d ⁻¹	产气率 /L·L ⁻¹ ·d ⁻¹	进料 COD /mg·L ⁻¹	出料 COD /mg·L ⁻¹	COD 去除率 /%	沼气甲烷含量 /%
04-30	5.23	9.94	4.33	49600			
05-01	5.23	9.94	4.47	49600			
05-02	5.23	9.94	4.60	49600			
05-03	5.50	10.45	4.73	52250	7520	85.61	59.49
05-04	5.50	10.45	4.80	52250			
05-05	5.76	10.94	5.27	54700			
05-06	5.76	10.94	5.33	54700			
05-07	5.65	10.74	5.27	53670	7360	86.29	59.70
05-08	5.65	10.74	5.13	53670			
平均	5.67	10.45	4.88	52227	6987	86.62	59.75

从表 2 可以看出,USR 在 COD 负荷 10.45 g/(L·d) 情况下运行稳定,在适当排泥情况下产气率为 4.88 L/(L·d),COD 去除率在 86.62% 左右,沼气中平均甲烷含量 59.75%。

2.2 USR 的 SRT 及其计算方法

反应器里的 SRT,根据经验可通过下式计算出^[7]:

$$SRT = [(TSS_r)(RV \times D_r)]/$$

$$[(TSS_e)(EV \times D_e)]$$

式中,SRT 为固体滞留期(d);TSS_r 为消化器内总悬浮固体 TSS 的平均百分浓度;TSS_e 为反应器出水的 TSS% 浓度;RV 为反应器体积;D_r 为消化器内固体密度;EV 为每天出水的体积(等于进料的体积);D_e 为出水中的固体密度。

据测定,实验结束时 TSS_r,A、B、C 3 个取样点分别为 8.1%、8.7%、7.4%,平均为

8.1%，在不排泥的情况下，当污泥充满消化器后 $TSS_e = 1.7\%$ 、 $RV = 15\text{ L}$ 、 $EV = 3\text{ L}$ 、 $D_e = 80.1\text{ g/L}$ 、 $D_s = 76.8\text{ g/L}$ 。这样可按上式计算出 SRT。

$$\begin{aligned} SRT &= [8.1 \times (15 \times 80.1)] / \\ &[1.7 \times (3 \times 76.8)] \\ &= 9732 / 392 = 24.8\text{ (d)} \end{aligned}$$

计算结果表明，在 $HRT = 5\text{ d}$ 的情况下，USR 的 $SRT = 24.8\text{ d}$ ，这是 USR 在处理高 SS 原料时在高负荷条件下稳定运行的根本原因。由于有了较长的 SRT，固体物得到了较为彻底的消化，SS 去除率为 66.16%，说明鸡粪废水中的 SS 多为可生物降解物质。

USR 出水中带出的污泥没有必要再进行回流，一是由于长的 SRT 和 MRT 使底物降解较为彻底，消化器内也有较为充足的微生物量。二是如果每天回流 0.5 L 污泥，则每天的出水量 (EV) 升高，如果其它条件不变，按公式计算的 $SRT = 21.3\text{ d}$ ，比原来缩短 3.5 d，所以在 USR 运行过程中污泥回流是得不偿失的做法。

2.3 USR 中挥发酸、碱度及 pH 的变化

出水中的挥发酸、碱度及 pH 的变化见图 3。可以看出在消化器启动时，出水总挥发酸浓度高达 3840 mg/L，但很快下降至 122 mg/L。到第 35 d 时由于排泥及消化器降温，使挥发酸浓度又出现一次上升。稳定运行阶段总挥发酸浓度为 254 mg/L，由于进水碱度较高，加上鸡粪内蛋白质含量较高，消化过程中产生的氨使碱度增加，所以中后期碱度保持在 7000—7500 mg/L 之间，使发酵液的 pH 始终保持在 7.0 以上，这对厌氧消化起到很好的作用，当出现超负荷现象时污泥沉降性能变差，出水 COD 升

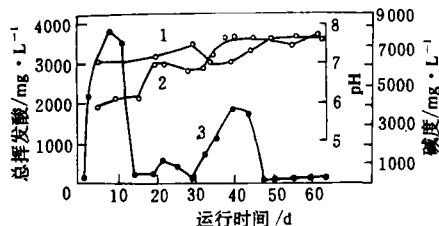


图3 发酵过程总挥发酸、碱度及 pH 值变化曲线

1. pH 2. 碱度 3. 总挥发酸

高，但一般不会造成酸化现象。

2.4 消化器中污泥的分布及排泥

USR 在实验结束时，消化器中污泥分布见图 4，最底部的 SS 高达 198 g/L，因其砂砾较高，VSS 为 67.6 g/L，高度 20 cm 到 60 cm 之间污泥的 SS 在 80 g/L 左右，VSS 在 45 g/L 左右，高度 80 cm 时污泥的 SS 锐减至 19.3 g/L，VSS 为 11.5 g/L。由于 SRT 长污泥沉降性能良好，说明 USR 适用于高 SS 废水的厌氧消化。

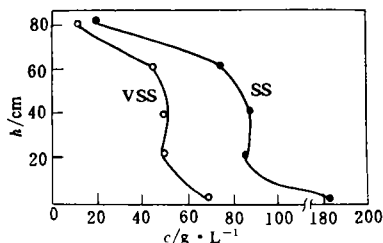


图4 USR 中污泥的分布

为了改善出水水质，减少出水中 SS 的含量，应当使污泥的高度低于出水口一定距离。所以应定时从底部排渣管中进行排泥，但每次排出的量不宜过多。在发酵进行到 34 d 时消化器一次排泥 2 L，占消化器污泥总量的 16.7%。因排泥过多对以后 3—4 d 的消化能力带来不利影响。排出污泥的 SS 含量高达 140.2 g/L，但其 VSS 含量为 34.38%，为 48.2 g/L。说明排泥中非活性物质含量较高，及时排泥对消化器运行有利。

参 考 文 献

- 1 杨可俊，张大同. 中国沼气十年. 北京：中国科学技术出版社，1990：29—34
- 2 朱锡宝，王娥. 中国沼气学会第四次代表大会，学术交流论文集，1992：C8-1
- 3 徐 洪，李士侠等. 中国沼气，1992，10(1)：32
- 4 姚爱莉，杨可俊等. 中国沼气，1990，8(1)：30
- 5 徐洁泉，杨可俊. 中国沼气，1991，9(3)：26—29
- 6 Fannion R F et al.. Energy from Biomass and Wastes IV. 1982：373—400
- 7 Chynoweth D P et al.. Anaerobic Digestion of Biomass. Elsevier science Publishing Co. Inc., 52 Venderbilt Avederbilt Avenue, New York NY10017, USA. 1987
- 8 中科院成都生物所编写组. 沼气发酵常规分析. 北京：北京科技出版社，1984

Sci., **17**(4), 1996, pp. 39—40

To study an interaction between *S. obliquus* and N-(2, 4-dimethylphenyl)-N'-methylformamide, a standard method of algal bioassay for evaluating the toxicity of toxic chemicals was applied and 96 h-EC₅₀ of N-(2, 4-dimethylphenyl)-N'-methylformamide on inhibition of *S. obliquus*'s growth was calculated as 6.5 mg/L. It was found that N-(2, 4-dimethylphenyl)-N'-methylformamide can not be biodegraded by *S. obliquus* at the initial concentration of 2, 4 and 8 mg/L respectively.

Key words: *Scenedesmus obliquus*, N-(2, 4-dimethylphenyl)-N'-methylformamide, algal bioassay, biodegradation.

A Study on the Selective Inhibition of Immobilized Acetyl Cholinesterases of Different Biosources by Organophosphorus insecticides.

Yu Xiaoying (Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(4), 1996, pp. 41—43

The enzyme electrode method was used to study the selective inhibition of acetyl cholinesterases (AChE) extracted from three different biosources by organophosphorus insecticides. It was found that the inhibition extent of AChE by DDVP follows the order of fly, electric fish, chicken liver. In addition the capacity of five kinds of insecticides to selective inhibition AChE extracted from electric fish was studied. It was found that 9.8×10^{-8} mol/L phoxim is sufficient enough to inhibit 10% of AChE's mobility of electric fish. The detection limits of various kind of insecticides are also presented in this paper. The experiment also showed that in the range of 20—45°C temperature would exert almost no influence on the mobility of AChE. The optimum pH value, ionic strength and the mechanism of selective inhibition which affect the mobility of AChE were discussed.

Key words: organophosphorus insecticides, acetyl cholinesterases, selective inhibition, enzyme electrode.

Research of Upflow Solid Reactor (USR) Treating Chicken farm wastewater at Anaerobic Digestion Condition. Zhou Mengjin et al. (Dept. of Biology, Capital Normal University, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(4), 1996, pp. 44—46

The paper presents the result of Chicken farm

wastewater anaerobic digestion in upflow solid reactor (USR) at 35°C. The influent concentration was as follows: COD: 41900—61500 mg/L, SS: 50—60 g/L, TVA: 3174 mg/L, pH = 6.61. After 67 days of USR proceeding, the loading rate of USR reached to 10.45 g/(L·d), gas production rate achieved 4.88 L/(L·d), and average amount of CH₄ was 59.75% in which, the COD removing rate increased to 86.62%. At 5 days of HRT, the SRT was 24.8 d, SS removing rate was 66.16%.

Key words: upflow solid reactor (USR), Chicken farm wastewater, anaerobic digestion.

Preparation of Compound Granulated Adsorbent of Attapulgit and Studies on Its Adsorbability to Lead.

Qin Fei, Xu Ouyong (Dept. of Environ. Sci. and Eng., Nanjing University, Nanjing 210093), Jiang Tingda (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of sciences, Beijing 100085); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(4), 1996, pp. 47—50

The granulated adsorbent of Attapulgit (AT) with some additive which includes cement (SN), quartz sands (SS) and steel crumbs (CS) was researched in order to produce a practical adsorbent for removal of lead in the waste water. The manufacture progress of granulated adsorbent and its adsorbability were discussed in detail. Optimum adsorbent is AT-SS among adsorbent of AT-SS, AT-SN and AT-CS. It has a capacity of adsorbing lead of 500 mg/g under the static conditions and of 60 mg/g under the dynamic conditions when it was manufactured at a AT-SS mixing ratio of 5 : 1 and by roasting at a temperature of 700°C for 120 min. The penetration time is 20 h and the regeneration rate is 48.3% with the current velocity of 1.5 ml/min. The Pb concentration of effluence is lower than standard within 236 times bed volume at the intake concentration of 200 mg/L.

Key words: wastewater treatment, adsorbent, lead, attapulgit, cement, quartz sands, steel crumbs.

Effect of Nitrate on Acclimatic Process for Terephthalic Acid Anaerobic Degradation. Li Xiaoming et al. (Dept. of Biotechnology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036); *Chin. J. Environ. Sci.*, **17**(4), 1996, pp. 51—53

Nitrate can promote the acclimatic process for