

UASB 反应器处理垃圾渗滤液的启动研究

方程冉^{1,2}, 吴征宇³, 龙於洋², 李 岚¹, 沈东升²

(1. 浙江科技学院 建筑工程学院, 杭州 310023; 2. 浙江大学 环境与资源学院, 杭州 310029;
3. 上海市静安区环境监测站, 上海 200042)

摘要: 垃圾渗滤液为难处理的高浓度有机废水, 上流式厌氧污泥床(UASB)工艺被证明是处理该类废水的有效手段。为此, 以一系列不同渗滤液浓度的模拟废水作为进水, 对逐步启动 UASB 反应器进行了动态小试, 得出了 UASB 工艺处理垃圾渗滤液的较快速启动方法。结果显示: 接种普通厌氧污泥, 逐步增加反应器负荷, 经过 95 d 的运行, 完成启动。此时进水 COD 质量浓度为 5 250 mg/L, COD 去除率为 85%, 容积 COD 负荷达 8.4 kg/(m³·d), 容积产气率为 5.0 m³/(m³·d), 反应器底部形成少量颗粒污泥。

关键词: UASB 反应器; 反应器启动; 垃圾渗滤液; 废水处理

中图分类号: X705

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2007)02-0125-04

Start-up Method of UASB for Landfill Leachate Treatment

FANG Cheng-ran^{1,2}, WU Zheng-yu³, LONG Yu-yang², LI Lan¹, SHEN Dong-sheng²

(1. School of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China;
2. Department of Environment and Resource, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;
3. Shanghai Jing'an Environmental Monitoring Station, Shanghai 200042, China)

Abstract: Landfill leachate, a kind of high organic wastewater, has been proved to be treated by UASB effectively. Research on the rapid start-up of UASB is studied using the different concentration of landfill leachate as influent. It shows that the start-up can be completed in 95 days by increasing the loading of the reactor step by step with common anaerobic sludge as the seed sludge. Meantime, the influent COD concentration is 5 250 mg/L, the COD removal rate is 85%, the organic loading COD is 8.4 kg/(m³·d), the net gas yield is 5.0 m³/(m³·d) and some granular sludge is formed at the bottom of UASB.

Key words: UASB; bioreactor start-up; landfill leachate; wastewater treatment

垃圾卫生填埋因具有技术可靠、适用范围广和处理最彻底等优点而得到较为广泛的应用, 但垃圾卫生填埋其渗滤液处理难且处理费用高, 成为限制

卫生填埋技术进一步推广的瓶颈。渗滤液有机污染物种类多, 浓度高, 是渗滤液处理的主要难点^[1]。国内研究表明, 渗滤液中的有机物多达 77 种, 化学需

收稿日期: 2007-04-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50478083)

作者简介: 方程冉(1977—), 女, 浙江安吉人, 讲师, 博士研究生, 主要从事环境生物技术研究。

氧量(COD)和生化需氧量(BOD)质量浓度可达数十克每升^[2]。鉴于我国国情,渗滤液处理多采用生化法。上流式厌氧污泥床(UASB)处理工艺能显著降低渗滤液中 BOD 和 COD 含量,常作为渗滤液处理的主要途径和实现生物反应器填埋场稳定运行的有效手段^[1,3,4]。本文针对垃圾渗滤液的实际特点,以污水处理厂厌氧消化池污泥为种泥,改变以往通过模拟废水驯化 UASB 反应器后直接采用目标废水进水的方法,以模拟废水、模拟废水加渗滤液、渗滤液为基质逐步启动 UASB 反应器,避免了高浓度渗滤液对反应器的不利冲击,较快速地获得了 UASB 反应器的稳定运行。

1 材料和方法

1.1 实验材料及装置

本实验所用污泥取自杭州四堡污水处理厂厌氧污泥,放置过夜后取沉积泥接种。垃圾渗滤液采自杭州天子岭垃圾填埋场,COD 质量浓度为 5 250 mg/L。实验室自配模拟废水组成如表 1 所示。

表 1 模拟废水组成

试剂	质量浓度/(g · L ⁻¹)
KH ₂ PO ₄	7.3
NaHCO ₃	33
NH ₄ Cl	0.3
K ₂ HPO ₄ · 3H ₂ O	2.5
蔗糖	27.5

表 2 进水 COD 质量浓度及废水配比情况

时间/d	进水 COD 质量浓度/(mg · L ⁻¹)	模拟废水体积配比/%	渗滤液体积配比/%	进水量/(L · d ⁻¹)
1~5	5 000	100(5 000 mg/L)	0	7.0
6~10	2 600	87.5(2 600 mg/L)	12.5(2 625 mg/L)	11.2
11~15	2 900	75(3 000 mg/L)	25(2 625 mg/L)	14.0
16~36	2 900	65(3 050 mg/L)	35(2 625 mg/L)	14.0
37~50	3 520	65(2 590 mg/L)	35(5 250 mg/L)	14.0
51~71	4 266	40(2 790 mg/L)	60(5 250 mg/L)	18.7
72~81	5 250	15(5 250 mg/L)	85(5 250 mg/L)	18.7
82~95	5 250	0	100(5 250 mg/L)	22.4

1.3 分析项目及方法

COD 质量浓度测定:标准重铬酸钾法;pH 值测定:pHS-3 型精密酸度计;气体流量:湿式气体流量计;气体成分测定:GC-9160-HD 气相色谱仪。

2 实验结果与讨论

UASB 反应器启动过程中,以 COD 去除率作为增加负荷的指标。当 COD 去除率稳定达到 80%

UASB 反应器用有机玻璃制成,有效容积 14 L,主体尺寸:φ150×1 000,其中底部锥形进水部分高 10 cm,保护高度 5 cm,有效高 85 cm,三相分离器外置。实验装置见图 1。

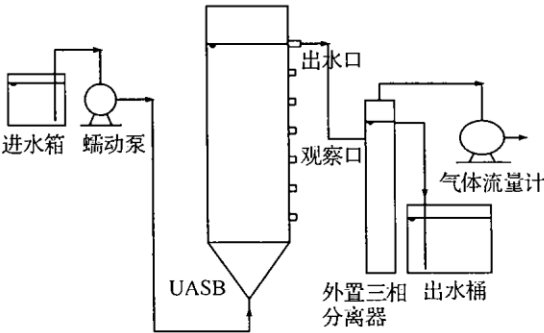


图 1 UASB 反应器示意

1.2 实验方法

UASB 反应器启动试验在恒温室内进行,温度控制在(30±1)℃,首先采用模拟废水对厌氧活性污泥进行活化培养,然后垃圾渗滤液逐步加入到模拟废水中继续驯化,直至最后全部用渗滤液完成驯化启动(表 2)。

污泥取回实验室后采用模拟废水(COD 质量浓度 3 000 mg/L)活化两周。UASB 反应器启动初始,污泥装填量 8 L((60% V),污泥 VSS 10.3 g/L;进水 7 L,进水 COD 质量浓度 5 000 mg/L,HRT 初设定为 48 h;有机 COD 负荷为 2.5 kg/(m³ · d);上升流速:1.11 cm/h。

以上时,相应地逐渐增加反应器的容积负荷(VLR)。根据 UASB 反应器启动进水水质差异,分为三个阶段:第一阶段全部采用自配模拟废水;第二阶段为混合进水,即在模拟废水中加入一定比例的渗滤液;第三阶段全部采用渗滤液进水启动,如表 2 所示。UASB 反应器厌氧进水 COD 容积负荷达到 2.5 kg/(m³ · d)以上且产气正常稳定,COD 去除率达 80%以上,系统视为启动完成^[5]。鉴于垃圾渗滤

液的特性,结合 UASB 工艺对该类废水处理的有效性进行分析,实验设计最终渗滤液进水 COD 质量浓度控制为 5 000 mg/L 左右。启动过程中每一次进水渗滤液比例的增加都是以前一进水 COD 去除率达 80% 为前提,并稳定运行 3~5 d。

2.1 UASB 反应器启动过程 COD 变化

整个试验过程 UASB 反应器进、出水 COD 质量浓度及 COD 去除率如图 2 所示。

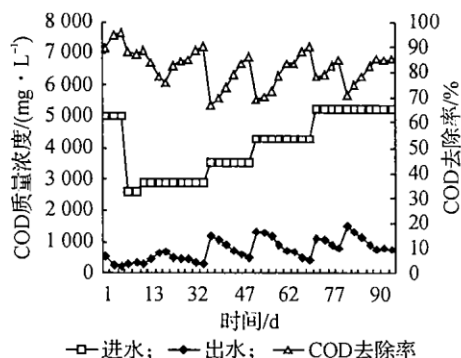


图2 UASB 反应器进出水 COD 质量浓度及去除率

活化两周后,UASB 反应器厌氧污泥对实验室自配模拟废水已具备较高的 COD 去除率,实验前 5 天,进水 COD 质量浓度 5 000 mg/L,控制 HRT 为 48 h,COD 去除率达 95%。第 6 天始,进水中掺入渗滤液,考虑到渗滤液含有的复杂有机污染物对 UASB 反应器运行的冲击,进水 COD 质量浓度控制降至 2 600 mg/L,此时 COD 去除率有所下降,但由于掺入的渗滤液量较少,反应器仍保持有 80% 以上的 COD 去除率。此后,根据反应器的稳定状态逐步提高进水 COD 质量浓度,该曲线呈阶梯状上升。第 11 天和第 16 天,分别提高渗滤液掺入比例和进水 COD 质量浓度,COD 去除率再次回落,但仍能较快恢复至 80% 以上。第 37 天,当渗滤液比例增至 35%,进水 COD 质量浓度为 3 520 mg/L 时,COD 去除率陡降至 66.6%,而后经过 10 d 左右的驯化适应,再次稳定。此后又分别在第 51 天和第 72 天提高进水 COD 质量浓度及渗滤液所占进水比例,与前类似,COD 去除率经过先下降再回复到 80% 以上稳定水平。自第 82 天始,改用全部为渗滤液进水,经过 3~4 d 的驯化,该 UASB 反应器已能完全适应渗滤液进水,此时,COD 质量浓度为 5 250 mg/L,COD 去除率为 85% 左右。

2.2 UASB 反应器启动过程 HRT 和 VLR 变化

UASB 反应器启动过程中水力停留时间 HRT 和容积负荷 VLR 变化情况如图 3 所示。

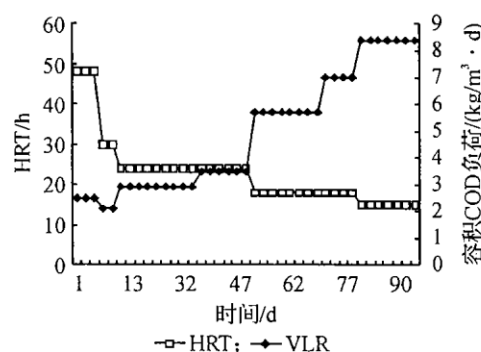


图3 UASB 反应器的 HRT 和 VLR 变化

结合进水 COD 质量浓度变化分析,当反应器 COD 去除率稳定在 80% 以上时提高至下一负荷。该反应器 HRT 随时间延长控制为阶段性递减,初始控制 HRT 为 48 h,而后分别在第 6、11、51、82 天降至 30、24、18、15 h。容积 COD 负荷则相应逐步提高,由第 6 天进水中掺入渗滤液始的 $2.1 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 上升至 UASB 反应器启动完成时的 $8.4 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

2.3 UASB 反应器启动过程出水 pH 变化

由图 4 可知,启动初期,出水 pH 值较低,为 6.9~7.0,而后出水 pH 值没有出现明显波动,随进水电碱性的改变很小,pH 稳定在 7.0~7.5。这是因为初期反应器处于产酸阶段,产甲烷菌数量较少。随试验进行,产甲烷菌大量繁殖,和产酸菌能够保持一定的平衡状态^[6]。

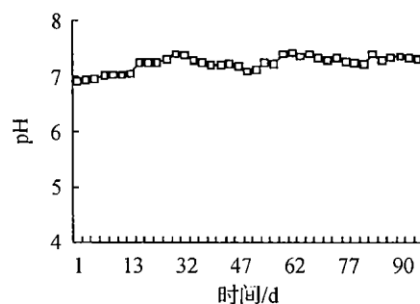


图4 UASB 反应器出水 pH 值变化

2.4 UASB 反应器启动过程产气量

由图 5 可知,启动阶段,反应器的沼气产量随有机负荷增加以较快的速率增长。初始容积 COD 负荷为 $2.1 \sim 2.5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时,反应器容积产气率在 $1.2 \sim 1.5 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。中期容积 COD 负荷提升至 $2.9 \sim 5.7 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,容积产气率相应增至 $2.0 \sim 3.2 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。直至启动完成时容积产气率已增至 $5.0 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。据色谱分析,沼气中 CH_4 及 CO_2 的含量分别为 CH_4 50%~55%, CO_2 42%~48%。

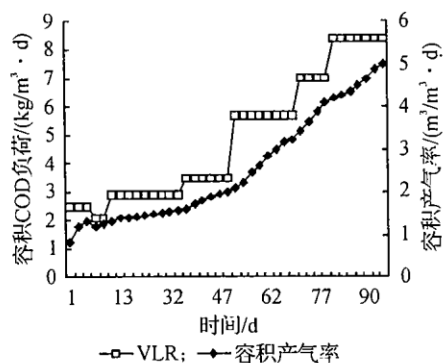


图 5 UASB 反应器沼气产量变化

2.5 UASB 反应器启动完成时污泥形态分析

反应器启动过程的实质是微生物逐渐适应新环境而建立新的生态系统的过程,其间伴随微生物种群的变化及污泥形态的变化^[6]。本试验首先采用模拟废水对厌氧活性污泥进行活化培养,然后逐步参加渗滤液驯化启动反应器直至全部用渗滤液(COD 质量浓度 5 250 mg/L)作为进水进行厌氧处理,COD 去除率稳定在 80% 以上。此时从反应器底部取样口取泥观察,发现有小颗粒污泥出现,直径 1 mm 左右,但数量不多,大部分仍为分散的絮状污泥。这可能是受垃圾渗滤液水质的影响和条件的限制,UASB 反应器虽然获得了较高的 COD 去除率和容积负荷,能保证渗滤液中高浓度有机物的稳定去除,但就形成大量大颗粒成熟污泥获取更高的有机物去除效率尚有一定距离。

3 结 论

本试验以模拟废水、模拟废水加渗滤液、渗滤液为基质逐步启动 UASB 反应器,避免了高浓度垃圾

渗滤液对 UASB 反应器的冲击影响,较快地完成了 UASB 反应器的启动。

1) UASB 反应器逐步适应渗滤液进水,至第 95 天启动完成时渗滤液进水 COD 质量浓度 5 250 mg/L, COD 去除率 85%;容积 COD 负荷 8.4 kg/(m³·d)。

2) UASB 反应器出水 pH 值没有出现明显波动,随进水酸碱性的改变很小,稳定在 pH 7.0~7.5。启动完成时反应器容积产气率为 5.0 m³/(m³·d)。沼气中 CH₄ 含量为 50%~55%。

3) 启动完成时,反应器底部有小颗粒污泥出现,但数量不多,大部分仍为分散的絮状污泥。如何形成大量大颗粒成熟污泥以提高反应器有机负荷有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 沈东升. 生活垃圾填埋生物处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 刘丹, 李启彬. 垃圾渗滤液处理的新思路——生物反应器填埋场技术的应用[J]. 西南交通大学学报, 2006, 40(6): 769-773.
- [3] 何若, 沈东升, 朱荫渭. 生物反应器填埋场处理生活垃圾的研究进展[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2004, 30(3): 252-258.
- [4] 袁志宇, 程林. UASB 处理垃圾渗滤液内循环运行试验研究[J]. 武汉理工大学学报, 2006, 28(1): 85-88.
- [5] 张志扬, 李江华, 贾丽云, 等. UASB-生物接触氧化-絮凝沉淀法处理皂素废水[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(S1): 32-34.
- [6] 初里冰, 张兴文, 杨凤林, 等. UASB 启动过程中污泥颗粒化的形成机制[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(2): 22-23, 113.