

上流式厌氧滤器微生物学特性的研究*

赵宇华¹ 闵航¹ 李为群²

(1 浙江农业大学生物科学系 杭州 310029)

(2 浙江丝绸工学院纤维分院 杭州 310012)

摘 要 采用改良的 Hungate 厌氧技术研究了上流式厌氧滤器微生物学特性与反应器运行性能之间的关系。结果表明, COD 和挥发性脂肪酸去除率与各类菌数密切相关; 短时间有机负荷改变和反应器停止运行对各类菌数略有影响; 反应器运行稳定性取决于各类细菌的合适数量比例以及协同作用。

关键词 微生物学特性, 上流式厌氧滤器, 细菌数量

分类号 Q93.9

有机废水厌氧生物处理的最大特点是: 在废水得到稳定化的同时, 以甲烷的形式回收部分有机物的能量, 而且处理过程耗能较低, 因此该技术日益受到重视^[1,2]。厌氧消化过程中, 不同营养型细菌彼此紧密偶联、协同代谢, 形成一个完整的代谢食物链, 保证了有机物降解过程的稳定性^[3,4]。而目前对反应系统中微生物学特性的研究尚少。为此本试验较系统地研究了处理淀粉生产废水和酒精废醪的上流式厌氧滤器(UAF)中的微生物学特性与反应器性能之间的关系。

1 材料和方法

1.1 试验装置

试验采用玻璃制作的厌氧滤器, 高度为 60cm, 塑料空心球作为填充物, 有效容积为 2050ml。料液从底部进, 55cm 高度有一出水口, 进水口与出水口之间有 5 个取样口。

进料为淀粉生产废水和酒精废醪混合样, 过滤后调节 COD 至所需浓度, 进反应器前调节 pH 至 7.2。

1.2 分析样品

样品取自 5cm 取样口和 55cm 出水口, 并立即放置于无氧充 N₂ 的血清瓶中待用。

1.3 培养基

采用改良的 Hungate 厌氧技术, 按文献 [5] 报道的配方配制培养基。

1.4 分析方法

细菌数量: MPN 法^[6]。

*国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1997-04-21

COD 含量: 重铬酸钾法^[7]。

乙酸、丙酸、丁酸、 CH_4 、 H_2 含量测定: 气相色谱法^[7]。

1.5 电镜观察

用灭菌玻璃棒取污泥少许, 均匀地涂布于样品扫描台上, 自然晾干, 在 IB-5 与离子溅射仪上涂铂依合金, 再用 Amray-1000B 扫描电镜进行观察与摄相。

2 结果和讨论

2.1 稳态 UAF 中细菌分布与挥发性脂肪酸的关系

稳态 UAF 中各类群菌数垂直梯度相当明显 (图 1), UAF 底部 (0~5cm) 菌数比顶部 (50~55cm) 高 2~3 个数量级, 由于底部富集了大量细菌; 以致该区域的 COD、乙酸、丙酸和丁酸去除率分别为总去除率的 84%、85%、86% 和 80%。顶部活性污泥颗粒表面菌体稀少 (图 2), 而底部污泥表面覆盖大量的菌体 (图 3)。明显的菌数垂直梯度保证了 UAF 处于稳态运行, COD 去除率为 83%, 容积产气率为 $805\text{ml} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

从图 4 可见, 菌数垂直梯度与挥发性脂肪酸浓度相混合, UAF 底部由于进水中的细菌底物丰富, 有机酸浓度 $1000\text{mg} / \text{L}$ 以上, 而顶部有机酸浓度不足 $250\text{mg} / \text{L}$ 。

2.2 菌群与有机负荷的关系

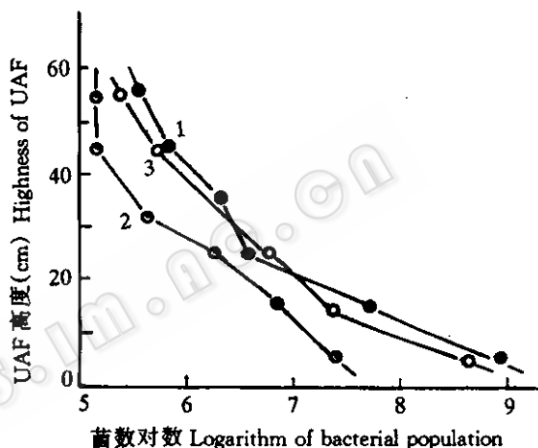


图 1 稳态 UAF 中细菌分布

Fig. 1 The bacterial distribution in the steady-state UAF
1. 发酵性细菌 Fermentative bacteria; 2. 产甲烷细菌 Methanogens;
3. 产氢产乙酸细菌 Hydrogen and acetate producing bacteria.

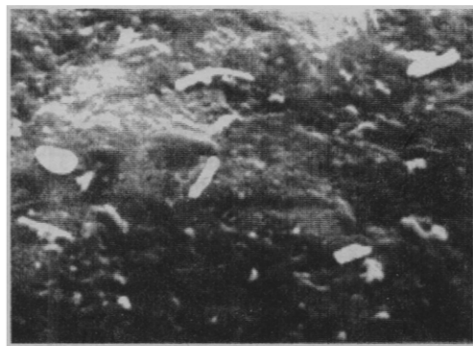


图2 UAF 顶部活性污泥扫描电镜照片 (5000×)

Fig. 2 Scanning electron micrograph of granular sludge from top of UAF

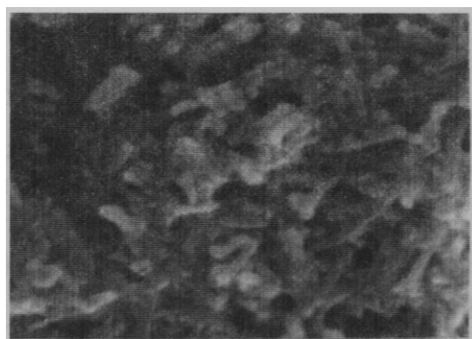


图3 UAF 底部活性污泥扫描电镜照片 (5000×)

Fig. 3 Scanning electron micrograph of granular sludge from bottom of UAF

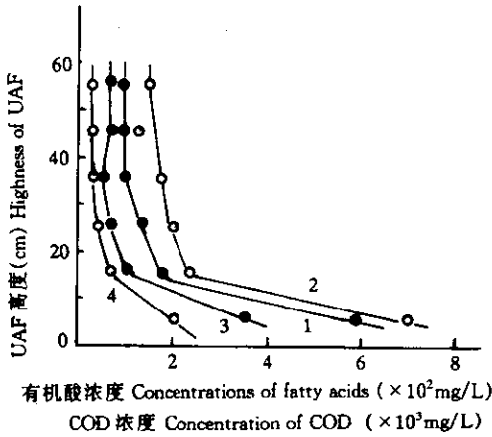


图4 稳态 UAF 中 COD 和有机酸浓度梯度

Fig. 4 Concentration-gradient of COD and Fatty acids in the steady-state UAF

1. COD; 2. 乙酸 Acetate; 3. 丙酸 Propionate;
4. 丁酸 Butyrate.

通过滤器对短时间冲击负荷的反应来研究有机负荷对细菌活性的影响。在 5d 内有意识地将稳定运行 UAF 的有机负荷从 $2500\text{mg COD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 提高到 $8200\text{mg COD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 结果滤器的容积产气率增加了 4 倍, COD 去除率下降 10%。第 6 天负荷复原后, 有关性能也随之恢复。有机负荷变化前后测定各类群菌数的变化, 其结果见图 5。可见短时间有机负荷变化不会导致菌数的明显变化, 而产气率提高的主要原因为细菌活性的增强。只有当有机负荷的变化持续较长时间并稳定在一定水平之后, 菌数才逐渐与这种变化产生对应。

2.3 水力滞留期与菌群的关系

当有机负荷为 $3500\text{mg COD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 随着水力滞留期的延长, 各类菌数产

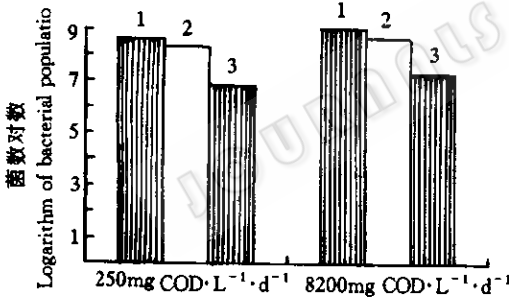


图5 不同有机负荷下的细菌数量

Fig. 5 The bacterial population under different organic loading rate

1. 发酵性细菌 Fermentative bacteria; 2. 产氢产乙酸细菌 Hydrogen and acetate producing bacteria; 3. 产甲烷细菌 Methanogens.

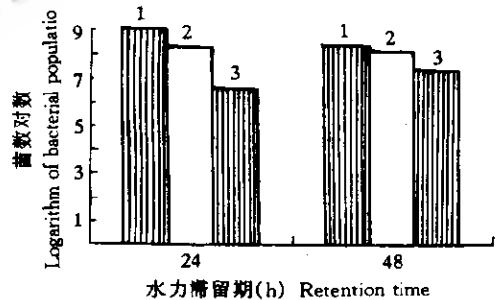


图6 不同水力滞留期的细菌数量

Fig. 6 The bacterial population in different retention time

1. 发酵性细菌 Fermentative bacteria; 2. 产氢产乙酸细菌 Hydrogen and acetate producing bacteria; 3. 产甲烷细菌 Methanogens.

生相应的变化, 发酵性细菌和产氢产乙酸细菌的数量略有下降, 而产甲烷细菌数却有上升 (图 6), 这是由于前二者受基质浓度的限制。

2.4 菌群与反应器运行稳定性的关系

在运行稳定期, 有机负荷 $4000\text{mg COD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 温度从 28°C 增加至 35°C , 容积产气率和 COD 去除率分别从 $861\text{ml} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 65% 上升到 $1045\text{ml} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 78%, 出水乙酸浓度从 $563\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 减至 $231\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。从表 1 可见, 各类菌数呈上升趋势, 最后稳

定在一定数量的水平上。

表1 稳态和不稳态UAF中的细菌数量

Table 1 The bacterial population in steady-state or non-steady-state UAF

细菌数量 The bacterial population(cells/ml)	稳定运行 Steady-state		不稳定运行 Non-steady-state	
	28℃	35℃	35℃	28℃
发酵性细菌 Fermentative bacteria	1.7×10^7	3.5×10^8	3.5×10^8	2.0×10^8
产氢产乙酸细菌 Hydrogen and acetate producing bacteria	2.0×10^7	9.5×10^7	9.5×10^7	6.0×10^6
产甲烷细菌 Methanogens	6.0×10^5	2.5×10^6	2.5×10^6	1.7×10^6

在运行不稳定期间, 有机负荷为 $4000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 温度从 35°C 降至 28°C , 容积产气率和 COD 去除率分别从 $1045 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 78% 降至 $227 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 24%, 出水乙酸浓度增加 5 倍。计数结果(表 1)发现各类菌数均下降, 产甲烷细菌数下降幅度更大。

2.5 UAF 停止运行后各类菌数的变化

图 7 表明, 停止进料 1 个月, 各类群菌数有不同程度的降低, 但是仍然保持一定数量, 并使反应器持续产气 10 天左右。而且重新启动不需要特殊措施, 恢复进料后第 2 天反应器开始产气。性能逐渐恢复, 进料 10 天以后恢复至停运前水平。

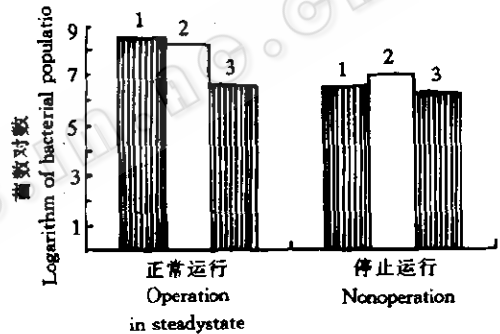


图 7 停止运行 30 天后各类群细菌数量

Fig. 7 The bacterial population after non-operation for 30

1. 发酵性细菌 Fermentative bacteria; 2. 产氢产乙酸细菌 Hydrogen and acetate producing bacteria; 3. 产甲烷细菌 Methanogens.

参 考 文 献

- [1] Chartrain M, Bhatnagar L, Zeikus J G. *Appl Environ Microbiol*, 1987, 53(5): 1147~1156.
- [2] Jurgen H, Thiele M, Zeikus J G. *Appl Environ Microbiol*, 1988, 54(1): 10~19.
- [3] Macleod F A, Guiot S R, Costerton J W. *Appl Environ Microbiol*, 1990, 56(6): 1598~1607.
- [4] Jurgen H T, Wu W M, Mahendra K J et al. *Biotechnology and Bioengineering*, 1990, 35: 990~999.
- [5] 钱泽渊, 闵航. 沼气发酵微生物学. 杭州: 浙江科技出版社, 1986.
- [6] 赵宇华, 钱泽渊. 中国沼气, 1987, 5(2): 6~14.
- [7] 中国科学院成都生物研究所. 沼气发酵常规分析. 北京: 北京科学技术出版社, 1984.

A STUDY ON MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF UPFLOW ANAEROBIC FILTER

Zhao Yuhua¹ Min Hang¹ Li Weiqun²

(1 *Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029*)

(2 *Zhejiang Institute of Silk Textiles, Hangzhou 310012*)

Abstract This experiment was conducted to study the relationship between performance and bacterial population in upflow anaerobic filter by improved Hungate technique. The results obtained showed as follows: (1) There existed correlation closely between the bacterial population, COD and volatile fatty acids removal; (2) The bacterial population was affected to a small extent by the change of organic loading rate in short time and suspending performance; (3) Successful performance of the reactor depended on the microbes' composition and their coordinated metabolism.

Key words Microbiological characteristics, Upflow anaerobic filter, Bacterial population