

耐酸产甲烷颗粒污泥的培养及其动力学特性的研究*

左剑恶, 凌雪峰, 顾夏声

(清华大学环境科学与工程系厌氧生物实验室, 北京, 100084, email: jiane.zuo@tsinghua.edu.cn)

摘要: 采用中性厌氧颗粒污泥接种运行 3.1L 的 EGSB 反应器, 采用逐级降低 pH 的运行方式, 培养获得了具有较好产甲烷活性的耐酸颗粒污泥, 实现了在 pH6.0 的酸性条件下 EGSB 反应器稳定的产甲烷过程; 并对耐酸颗粒污泥中乙酸营养型产甲烷菌的动力学特性进行了研究。

关键词: 耐酸颗粒污泥; 动力学; 低 pH 值; 厌氧消化

A study on cultivation of acid-tolerant methanogenic granular sludge and its kinetic characteristics

ZUO Jiane, LING Xue-feng, GU Xia-sheng

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China,

Email: jiane.zuo@tsinghua.edu.cn)

Abstract: A 3.1L expanded granular sludge bed reactor were operated using neutral granular sludge as seed sludge, through gradually lowering down the pH values, acid-tolerant methanogenic granular sludge with good methanogenic activity were cultivated and the stable methanogenesis under low pH in EGSB reactor was obtained subsequently. The kinetic characteristics of acetotrophic methanogen in the acid-tolerant granular sludge were studied under different pH values.

Keywords: acid-tolerant granular sludge, kinetics, methanogenic process, anaerobic digestion

酸性条件下实现厌氧产甲烷反应器的长期、稳定和高效的运行对扩展厌氧生物处理的范围具有积极意义, 但目前只有少数学者对此进行了初步研究^[1,2,3]。如何在厌氧反应器内培养出耐酸产甲烷颗粒污泥, 是厌氧工艺在酸性条件下稳定运行并获得良好出水水质的关键, 作为区别于传统中性颗粒污泥而具有特殊耐酸性能的颗粒污泥, 对其动力学特性进行研究很有必要。

1 试验装置及流程

本文所采用的试验装置及工艺流程如图 1 所示, 其中 EGSB 反应器的总体积为 3.1L, 反应区为 1.92L, 沉淀区为 1.18L。接种的中性颗粒污泥取自某处理啤酒废水的生产性 UASB 反应器。试验用水为葡萄糖自配水。采用 Milton Roy pH 在线控制系统将反应器内 pH 值控制在设定范围; 通过水浴夹套将反应区的温度控制在 $35 \pm 1^\circ\text{C}$, 通过回流将反应器内的水力上升流速控制在 3m/h 左右。

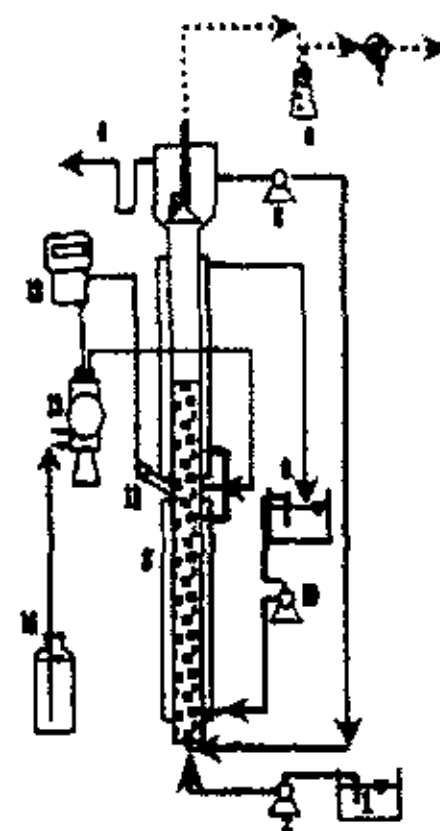


图1 试验装置与工艺流程

2 结果与讨论

2.1 耐酸颗粒污泥的培养及反应器在酸性条件下的运行

在 EGSB 反应器中接种污泥后, 首先在中性条件下启动, 然后采用逐级降低 pH 值的运行策略, 在第 170d 时, pH 值已逐步下降到 6.4。此后, 继续降低 pH 值, 每次降幅

为 0.1 单位, 反应器在随后 180d 的运行情况如图 2 所示。从第 298 天开始, pH 最终下降并一直维持在 6.0, 反应器运行仍保持稳定: 在前 23d 内, 负荷稳定在 $5.0\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$, COD 去除率为 95% 以上, 产气量为 $5.48\text{L}/\text{d}$, 其中 CH_4 含量为 57.6%; 后 25d 内, 负荷达到 $7.5\text{kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$, COD 去除率约为 91% 以上, 产气量为 $9.43\text{L}/\text{d}$, CH_4 含量为 55.9%。反应器出水碱度很低, 平均仅为 $328.5\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ 。

1. 进水箱 2. 进水计量泵 3. EGSB 反应器 4. 出水
5. 三相分离器 6. 水封 7. 湿式气体流量计 8. 回流计量泵 9. 水浴锅 10. 热水循环泵 11. pH 探头
12. pH 在线控制器 13. 碱液计量泵 14. 1mol/L NaOH 溶液贮瓶

受国家自然科学基金(50008009)和国家“863”计划(2002AA601190)联合资助

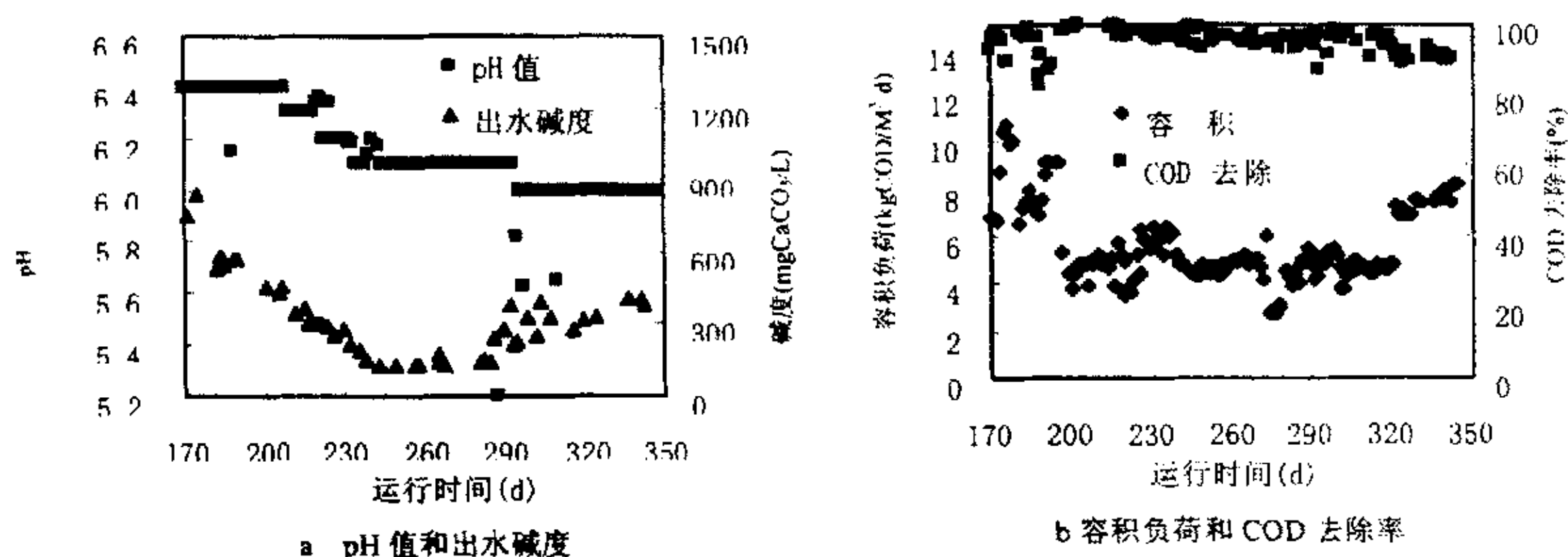


图2 EGSB反应器在酸性条件下的运行情况

2.2 耐酸颗粒污泥中乙酸营养型产甲烷菌的动力学特性研究

当EGSB反应器在pH7.0、pH6.4和pH6.2的状态下稳定运行时,从其底部取出少量颗粒污泥,分别在pH7.0、pH6.4和pH6.2的条件下,利用“Anetics”方法^[4]测定了其污泥中乙酸营养型产甲烷菌的动力学参数,结果见表1。发现,对于由同一接种污泥经过一定时间在不同pH值下驯化培养后,pH值对其中乙酸型产甲烷细菌的 K_s 和 Y 的影响较小,而对 V_{max} 、 K_d 、 Y_{obs} 的影响较大。污泥的产甲烷活性在pH6.4和7.0时几乎相等,而pH6.2时则有较大程度的下降。

表1 不同pH值下耐酸颗粒污泥中乙酸营养型产甲烷菌的动力学参数

	V_{max}	K_s	Y	K_d	Y_{obs}	SMP (最大比产甲烷活性)
	g 乙酸/gVSS·d	mg/L 乙酸	gVSS/g 乙酸·d	d ⁻¹	gVSS/g 乙酸·d	mlCH ₄ /gVSS·d
pH7.0	3.46	50	0.065	0.028	0.0569	1479
pH6.4	3.18	10	0.057	0.032	0.0469	1416
pH6.2	2.63	45	0.062	0.114	0.0187	1150

3 结论

- 3.1 采用中性颗粒污泥接种,通过逐级降低反应器内pH值的运行策略,在EGSB反应器内驯化培养获得了具有较高活性的耐酸产甲烷颗粒污泥,且该反应器能够在低pH下实现稳定的厌氧产甲烷过程;
- 3.2 对耐酸颗粒污泥内中乙酸型产甲烷细菌的动力学特性进行了初步研究,发现pH值对 K_s 和 Y 的影响较小,而对 V_{max} 、 K_d 、 Y_{obs} 的影响较大。

参考文献:

- [1] Brummeler, E. T., P.L.W. Hulshoff, J. Dolfig, et al., Applied and Environ. Microb., 1985, June: 1472-1477.
- [2] Matsumoto, A., M. Sakamoto and T. Noike, Wat. Sci. Tech., 1992, 26(9-11): 2453-2456.
- [3] Savant, D. V., Y.S. Shouche, S. Prakash, International Journal of systematic and evolutionary microbiology, 2002, 52: 1081-1087.
- [4] 凌雪峰, 酸型条件下耐酸产甲烷颗粒污泥培养与机理研究, 硕士学位论文, 清华大学, 2003。