

文章编号:1671-6833(2007)03-0065-04

葡萄糖废水浓度对 EGSB 污泥颗粒化影响的研究

郭锐¹, 黄瑞敏¹, 陈士明², 周媛媛¹, 高武龙¹

(1. 华南理工大学 环境科学与工程学院, 广州 510640; 2. 佛山科学技术学院 资源环境系, 广东 佛山 528000)

摘要: 采用厌氧膨胀颗粒污泥床(EGSB)处理葡萄糖废水, 研究进水 COD 浓度对污泥颗粒化的影响。实验结果表明: 随着进水 COD 浓度从 2 000 mg/L 上升到 10 000 mg/L, 传质过程中进入颗粒内部的营养量逐渐增加, 促进污泥颗粒化, 颗粒直径也随之增大; 进水浓度剧烈变化对反应器造成很大冲击, 引起细菌生长过快, 污泥结构松散, 沉降性能下降, COD 去除率和产气率降低。

关键词: EGSB 反应器; 葡萄糖废水; 进水浓度; 污泥颗粒化

中图分类号: X 703.3 **文献标识码:** A

0 引言

EGSB 能够在很高负荷下稳定运行的重要原因在于反应器内形成的厌氧颗粒污泥。颗粒污泥具有良好的沉降性能、生物活性和很长的停留时间^[1-2], 使反应器处理效能高。目前, 国内外关于颗粒污泥的研究主要集中在麦芽废水、甲醛废水、酒精废水^[3-5]等, 有关葡萄糖废水污泥颗粒化的问题还缺乏系统研究。研究进水浓度对污泥颗粒化的影响, 以期探求出两者之间的关系, 为如何调控进水浓度快速培养颗粒污泥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

(1) 接种污泥采用广州某啤酒厂 UASB 反应器中的颗粒污泥, 黑色, 粒径以 0.4 mm ~ 1.4 mm 为主, 其 VSS/SS 为 0.68。接种前先将污泥颗粒进

行筛选处理, 再用 COD 为 500 mg/L 的人工配水进行漂洗和活化, 接种污泥量 VSS 约为 6.5 g/L。

(2) 实验用水取自广州某味精厂的葡萄糖生产废水, 可生化性虽好, COD、SS 浓度高、成分复杂、水质水量波动大、pH 值极不均匀, 属较难处理的高浓度有机废水^[6]。废水水质情况如表 1。进水由葡萄糖生产废水用自来水稀释, 根据水质情况以及实验不同阶段, 取不同稀释倍数, 使 COD 浓度为 2 000 mg/L ~ 10 000 mg/L, 同时投加尿素和磷酸二氢钾, 并用 Na₂CO₃ 调节 pH 值 7.0 左右。

1.2 实验设备和条件

实验用 EGSB 反应器为有机玻璃制成, 有效容积 0.245 m³, 反应区内径 0.25 m, 高径比 20, 下部为颗粒污泥床, 上部沉淀区内设三相分离器。沿反应器高度方向均布取样口。EGSB 整体结构如图 1。实验过程中反应器的温度控制在 (30 ± 1) °C。

表 1 葡萄糖废水原水水质

Tab. 1 Quality of glucose wastewater

项目	pH 值	COD /(mg · L ⁻¹)	BOD /(mg · L ⁻¹)	SS /(mg · L ⁻¹)	NH ₃ -N /(mg · L ⁻¹)	TP /(mg · L ⁻¹)
测定值	5 ~ 6	1 500 ~ 15 000	750 ~ 8 000	800 ~ 1 500	50 ~ 60	8 ~ 10

1.3 分析项目及测试方法

(1) 化学需氧量 COD: 重铬酸钾法^[7]。

(2) pH 值: 用 pHB-3 型便携式 pH 计测定。

(3) 产气率: 根据气体流量计计量值计算。

(4) 挥发性悬浮物 VSS: 标准质量法^[7]。

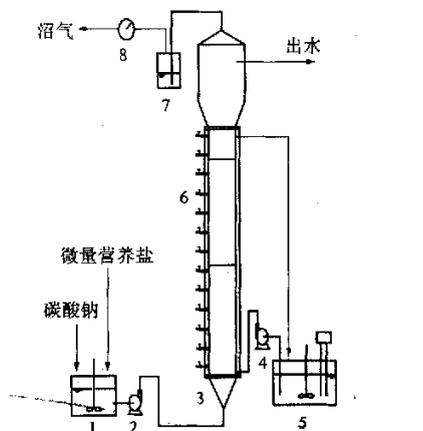
(5) 体积指数 SVI: 取浓度约为 2 g TSS · L⁻¹ 的污泥悬浮液, 均匀混合后置于 1 000 mL 有刻度的锥形量筒中, 经过 30 min 沉降后, 读取污泥的

收稿日期: 2007-04-06; 修订日期: 2007-06-18

作者简介: 郭锐 (1982-), 男, 陕西渭南人, 华南理工大学硕士研究生, 主要从事污水治理和给水净化研究。

体积 V , 然后将上清液分离出去, 再将污泥烘干后称取其质量 m , 再求出 $SVI = V/m (\text{mL} \cdot \text{g}^{-1} \text{TSS})$.

(6) 污泥颗粒粒径分布: 湿式筛法^[8].



1. 进水槽; 2. 进水泵; 3. EGSB 反应器; 4. 循环水泵;
5. 恒温水槽; 6. 取样口; 7. 水封; 8. 湿式气体流量计

图1 EGSB 实验装置

Fig. 1 Schematic diagram of EGSB

2 实验过程

2.1 污泥驯化阶段

污泥驯化阶段反应器在无回流状态下运行, 接种污泥泵入 EGSB 反应器后, 以 $4 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 的负荷启动^[9], 进水 COD 浓度为 2000 mg/L 左右, pH 值控制在 7 左右. 运行至第 17 d 出水 COD 浓度 1176 mg/L , 接种污泥逐渐适应了废水水质, 气泡连续均匀. 至第 23 d, 水力停留时间由开始的 12 h 减至 4 h, 容积负荷也增大为 $12 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 出水 COD 浓度降低到 976 mg/L , 反应器运行稳定, 床层膨胀虽不明显, 但界面比较清晰, 认为污泥稳定驯化期结束^[10]. 驯化过程中废水进水浓度和出水浓度的变化见图 2.

2.2 负荷稳定运行及提高阶段

污泥经过 23 d 的驯化后, EGSB 反应器运行稳定, 出水 COD 浓度稳定在 950 mg/L 左右, 实验进入提高负荷阶段, 水力停留时间保持 4 h 不变, 实验分 3 个阶段:

(1) 第 31 ~ 45 d, 进水 COD 浓度 2000 mg/L 左右, 容积负荷 $12 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 根据出水浓度变化, 调整回流比提高容积负荷. 第 45 d, 进水流量 $6.25 \text{ m}^3/\text{d}$, 容积负荷 $17 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 此时出水 COD 居高不下, 表明负荷超出反应器承受范围. 从反应器内取出污泥观察发现: 污泥呈黑

万方数据

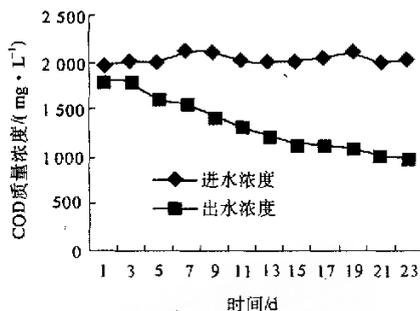


图2 污泥驯化过程中废水进水浓度和出水浓度的变化
Fig. 2 Changes of concentrations of inflow and outflow wastewater during the cultivation of sludge/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

褐色, 以絮状为主. 在反应器底层发现少量颗粒污泥, 颗粒表面覆盖一层黏性物质, 与絮状污泥混在一起. 随即降低进水量并提高回流比, 几天后反应器逐渐恢复正常运行, 产气均匀.

(2) 第 52 ~ 66 d, 容积负荷 $17 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 左右, 进水 COD 浓度为 6000 mg/L , 流量为 $6.30 \text{ m}^3/\text{d}$. 运行 2 d 出水浑浊, 大量污泥上浮随出水流失, 反应器运行恶化. 将进水流量降低到 $5.5 \text{ m}^3/\text{d}$ 并加大回流比. 3 d 后反应器运行稳定, 出水 COD 浓度 1109.2 mg/L . 第 66 d 后, 将进水流量提高到 $8.2 \text{ m}^3/\text{d}$, 2 d 后出水 COD 浓度保持在 1100 mg/L 左右. 该阶段污泥颗粒化进一步发展, 呈灰褐色, 数量增多, 粒径增大, 污泥床开始形成.

(3) 第 73 ~ 88 d, 容积负荷 $20 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 进水 COD 浓度为 10000 mg/L , 流量降低到 $7.84 \text{ m}^3/\text{d}$. 运行 2 d 后发现污泥粒径明显变大但比较松散, 可见浓度变化太快引起细菌生长过快, 污泥结构松散, 沉降性能差, 使 COD 去除率和反应器产气率下降^[11]. 随即调整进水流量为 $7.08 \text{ m}^3/\text{d}$ 并加大回流比, 5 d 后出水 COD 浓度下降到 1046.8 mg/L . 88 d 后, 将进水流量逐步提高到 $10.4 \text{ m}^3/\text{d}$, 容积负荷至 $25 \text{ kg COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 几天后, 出水浓度稳定在 1000 mg/L . 此时污泥膨胀率达 70%, 膨胀床形成并逐渐增厚, 污泥颗粒变得光滑、密实, 有一定机械强度.

3 结果与讨论

3.1 污泥特性的变化

(1) 整个运行过程中污泥粒径随废水 COD 浓度的变化如图 3. 从图中可以看出颗粒污泥的粒径随进水 COD 浓度的提高而增大. 废水 COD

浓度为 2 000 mg/L 阶段,94% 的颗粒污泥的粒径小于 1 mm. 进水 COD 浓度提高到 6 000 mg/L 后,粒径增大,大部分在 2 mm 以下,少数达到 3 mm. 在进水 COD 浓度为 10 000 mg/L 阶段,污泥粒径进一步增大,粒径小于 1 mm 的颗粒污泥只有 11%,可见粒径受传质过程所能进入颗粒内部的营养量所控制,随进水浓度的上升而增大;在水力剪切和筛选分级的作用下,颗粒污泥逐渐形成.

(2) 运行过程中,分别从下向上取样对污泥进行测试,污泥内挥发性悬浮物 VSS 含量和体积指数 SVI 的变化如表 2.

表 2 污泥中 VSS(%) 和 SVI(mL · g⁻¹) 随污水浓度的变化

Tab. 2 Changes of VSS and SVI in sludge caused by the concentration of wastewater

污水浓度 (mg · L ⁻¹)	2 000				6 000				10 000									
	第 31 d	第 38 d	第 45 d	第 52 d	第 59 d	第 66 d	第 73 d	第 80 d	第 88 d	VSS	SVI	VSS	SVI					
取 1	31	196	32	185	40	110	72	99	74	90	75	81	79	73	80	65	81	40
样 2	28	289	31	276	39	203	70	180	72	169	73	152	77	101	79	77	80	44
口 3	27	370	31	355	37	293	63	265	69	240	71	160	74	140	75	89	77	50

从表中看出,在废水 COD 浓度为 2 000 mg/L 阶段,污泥内微生物量随运行时间以及沿反应器高度方向变化都很小;SVI 沿反应器高度方向增大,表明反应器下部的污泥沉降性能较好,而絮状污泥易随出水流失,所以该阶段应减少絮状污泥的流失,使微生物尽量滞留在反应器内;当进水 COD 浓度提高到 6 000 mg/L 时,污泥 VSS 含量有了很大提高,污泥内微生物的数量和活性远远高于上个阶段,污泥 SVI 减小,沉降性能提高;在进水 COD 浓度 10 000 mg/L 阶段,污泥 VSS 含量比较稳定,污泥 SVI 明显低于前两阶段,可见高的进水浓度可使营养物更多地进入颗粒内部,促进污泥颗粒化,缩短培养时间.第 96 d,3 个取样口污泥的 VSS 与上一阶段相比,没有明显变化,体积指数也相差较小,污泥已经成熟.

3.2 COD 去除率的变化

在运行过程中,每次提高进水浓度,COD 去除率都会明显下降,然后回升.COD 去除率随进水浓度的变化如图 4 所示.污泥颗粒化过程中,提高进水浓度,有利于微生物繁殖及颗粒污泥的生长,从而提高了 COD 去除率.从图中可看出,在整个运行阶段 COD 去除率明显呈现 3 个阶段.废水浓度为 2.000 mg/L 时,COD 去除率稳定在 60% 左右,将废水浓度提到 6 000 mg/L 时,COD 去

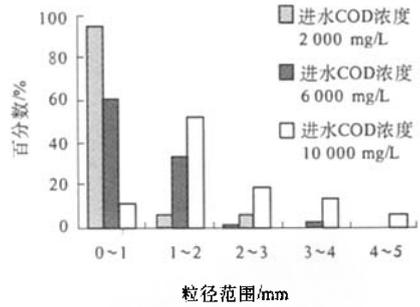


图 3 污泥粒径分布随进水浓度的变化

Fig. 3 Distribution of diameter of granular sludge

率在 80% 左右.在废水浓度为 10 000 mg/L 时,COD 去除率上升到 90% 左右.

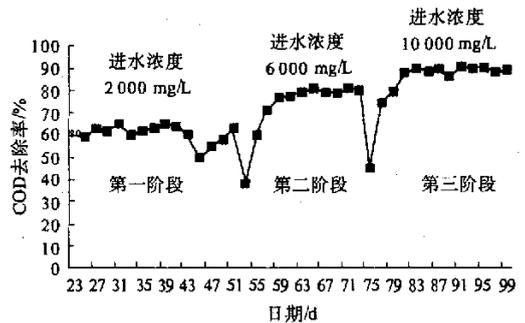


图 4 COD 去除率随运行时间的变化

Fig. 4 Changes of COD removed ratio along with run time

3.3 反应器产气率的变化

运行过程中产气率的变化如图 5.由图可知,随着进水 COD 浓度的提高,产气率呈阶梯式上升趋势.在废水 COD 浓度为 2 000 mg/L 阶段,产气率稳定在 1.2 m³/(m³ · d) 左右;进水浓度提高到 6 000 mg/L 时,产气率达到 2.3 m³/(m³ · d) 左右;进水 COD 浓度为 10 000 mg/L,产气率上升到 4.1 m³/(m³ · d) 左右.每次提高进水浓度初期,产气率明显降低,然后开始回升,这是由于废水浓度变化太快,引起反应器运行不稳定.

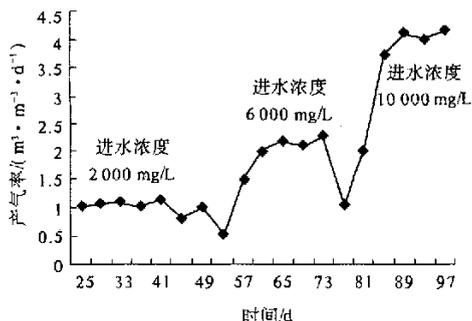


图5 产气率随运行时间的变化

Fig.5 Changes of biogas generation rate along with run time

4 结论

(1)利用EGSB处理葡萄糖废水,进水COD浓度为2000 mg/L~10000 mg/L时,反应器内逐渐出现颗粒污泥,其粒径随进水浓度的升高而增大;为使颗粒污泥具有更好的沉降性能,在反应器启动过程中应根据出水效果适时提高反应器进水有机负荷,并控制好上升流速和回流比。

(2)进水COD浓度提高过快,会出现由于营养物质过量,传质效果增强,微生物生长过快,污泥结构松散,沉降性能下降,不利于培养沉降性能良好的颗粒污泥。因此,为创造有利于颗粒污泥形成的条件,进水COD浓度的提高应该循序渐进。

(3)EGSB运行时,每次提高进水COD浓度后,要相应地降低进水量,保持反应器容积负荷稳定,待反应器运行稳定后,再逐步提高进水流速。

参考文献:

[1] 刘永红,贺延龄,李耀中. UASB反应器中颗粒污泥

的沉降性能与终端沉降速度[J]. 环境科学学报, 2005, 25(2): 176-179.

[2] 买文宁,曾科,何争光. 抗生素废水处理的中试研究[J]. 郑州大学学报(理学版), 2002, 23(2): 16-19.

[3] REBAC S, VAN LIER J B, JANSSEN M G J, et al. High-rate anaerobic treatment of malting wastewater in a pilot-scale EGSB system under psychrophilic conditions [J]. Chem Tech Biotechnol, 1997, 68: 135-146.

[4] ZOUTBERG G R, FRANKIN R. A. Treatment of chemical and brewery waste water with a new type of anaerobic reactor: the biobed EGSB reactor [J]. Wat Sci Tech, 1996, 94(5-6): 375-381.

[5] 陈浩. EGSB反应器处理高浓度有机废水实验研究[D]. 北京:清华大学, 2000.

[6] 王凯军,秦人伟. 发酵工业废水处理[M]. 北京:化学工业出版社, 2000.

[7] 国家环境保护局. 水和废水检测分析方法(第4版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002.

[8] 黄建东. 内循环厌氧反应器处理COD 3000 mg/L葡萄糖自配废水实验研究[D]. 北京:清华大学, 2002.

[9] 江瀚,王凯军,倪文. 有机负荷及水力条件对EGSB运行效果影响的研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(1): 40-43.

[10] 贾学斌,刘冬梅. 膨胀颗粒污泥床厌氧反应器的快速启动研究[J]. 中国给水排水, 2006, 26(3): 89-92.

[11] 常海荣,张振家,王欣泽. 厌氧膨胀颗粒污泥床(EGSB)在高浓度工业废水处理中的应用[J]. 环境工程, 2004, 26(3): 14-16.

Study on the Effect of the Concentration of Glucose Sewage on EGSB Sludge Granulating

GUO Rui¹, HUANG Rui-min¹, CHEN Shi-ming², ZHOU Yuan-yuan¹, GAO Wu-long¹

(1. College of Science and Environment Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Resource Environment School of Foshan University, Foshan 528000, China)

Abstract: The glucose wastewater was treated by EGSB and the influence of COD concentration on the sludge granulation was studied. The results show that: The diameter of granule that is controlled by the amount of nutrition that enters into the inner of granule in the course of the transferred matter becomes greater with the COD concentration of supplying sewage ranging from 2000 mg/L to 10000 mg/L; it is the sharp change of the concentration of supplying water that could cause too much fast growth of microorganism and lead to the structure of sludge loose and the settlement properties decline.

Key words: EGSB; glucose wastewater; concentration; sludge granulation