

厌氧膜生物反应器处理高浓度食品废水的应用*

何义亮¹ 吴志超¹ 李春杰¹ 顾国维¹ 谢芬琴² 张明旭² 陈祖义²

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092 E-mail: lchj@public7.sta.net.cn;

2. 上海市环境保护科学研究院, 上海 200233)

摘要 采用由完全混合的厌氧生物反应器和板框式超滤膜组件构成的厌氧膜生物反应器对高浓度食品废水进行处理, 考察了厌氧膜生物反应器的处理效果及其对负荷、水力停留时间等的稳定性。膜组件装填面积为 0.64m^2 , 膜材质为聚醚砜(PES), 膜截留分子量为 20000。结果表明, COD 负荷在 $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 膜出水 COD 去除率可达 $80\% \sim 90\%$; 当 COD 负荷超过 $4.5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 混合液 VFA 出现积累, COD 去除率下降至 70% 。对 SS、色度及细菌的去除率分别可达 100% 、 98% 和 99.9% 。水力停留时间对厌氧膜生物反应器的处理效果有重要影响, 水力停留时间应大于 50h 。

关键词 厌氧膜生物反应器, 食品废水, 废水处理, 稳定性

Application of The Anaerobic MBR for Treatment of High Concentration Food Wastewater

He Yiliang¹ Wu Zhichao¹ Li Chunjie¹ Gu Guowei¹

Xie Fenqing² Zhang Mingxu² Chen Zuyi²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China E-mail:

lchj@public7.sta.net.cn; 2. Shanghai Municipal Research Academy of Environmental Protection, Shanghai 200233)

Abstract A cross-flow ultrafiltration membrane separation was applied to anaerobic process for treatment of a high concentration food wastewater. The UF unit used was a flat plate type of module in which eight sheets of PES membrane with total surface area of 0.64m^2 was installed. The nominal molecular cut-off size of the membrane was 20000 dalton. It was proved that the COD removal rate was $80\% \sim 90\%$ at COD loading rate of $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ and $70\% \sim 80\%$ at $4\sim 5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$. This system had a high performance in removing SS, color and bacteria due to the membrane separation and the removal rate of 100% , 98% and 99.9% was achieved respectively. The HRT of anaerobic reactor was found to have a important influence on the treatment effect and needed to be more than 50h .

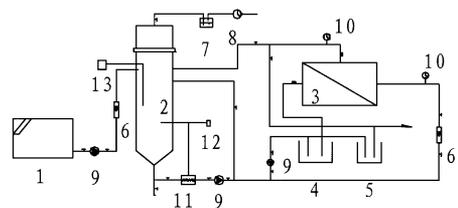
Keywords anaerobic, membrane bioreactor, food wastewater, wastewater treatment, stability.

目前国外对膜生物反应器技术进行了大量的研究工作^[1~4], 国内对好氧膜生物反应器技术也开展了许多研究^[5~7]。本文通过由完全混合的厌氧生物反应器和板框式超滤膜组件构成的厌氧膜生物反应器对高浓度食品废水进行处理, 考察了厌氧膜生物反应器的处理效果及其对负荷、水力停留时间等的稳定性。

1 试验工艺流程及主要设备

试验工艺流程如图 1 所示。

厌氧反应器总容积为 500L , 有效反应容积 400L 左右。中温消化, 通过加热及温度控制装置将温度控制在 35°C 左右。通过 pH 值自动控制仪将 pH 值控制在 $6.8\sim 7.2$ 之间。



1. 格网贮水池 2. 厌氧反应器 3. 膜组件 4. 清水池
5. 化学清洗池 6. 流量计 7. 水封 8. 气体流量计
9. 水泵 10. 压力表 11. 加热器 12. 温度控制
13. pH 自动控制仪

图 1 厌氧膜生物反应器系统工艺

* 上海市环境保护科学基金资助项目(97-007)

作者简介: 何义亮(1965~), 男, 博士生, 副教授, 主要研究方向为水污染控制

收稿日期: 1999-03-05

膜组件为板框式超滤器, 试验装填膜面积为 0.64m^2 , 膜材质为聚醚砜(PES), 截留分子量为 20000, 加压泵功率 0.75kW 。

试验现场为上海国福龙凤食品有限公司废水主要来源为面粉压滤出水、洗肉水、蔬菜汁、蔬菜清洗水、器具清洗水、洗地用水、洗米水等, 有机物主要来自前 3 种水, 试验也主要取这 3 种水配制, COD 在 $2000\sim 15000\text{mg/L}$ 之间, 废水经 100 目滤网过滤后作为厌氧膜生物反应器的进水。

根据厌氧反应器的负荷及膜组件的水通量, 每日处理水量按 $300\sim 600\text{L}$ 设计。

2 试验结果与分析

2.1 厌氧膜生物反应器的运行效果

图 2 为厌氧膜生物反应器进水 COD、膜出水 COD、混合液滤纸过滤液 COD (以此来表示混合液中有机物的含量) 以及混合液挥发性脂肪酸(VFA) 浓度随运行天数的变化。这一阶段厌氧生物反应器的水力停留时间为 60h 左右, 污泥浓度 MLSS 为 $6000\sim 8000\text{mg/L}$ 。

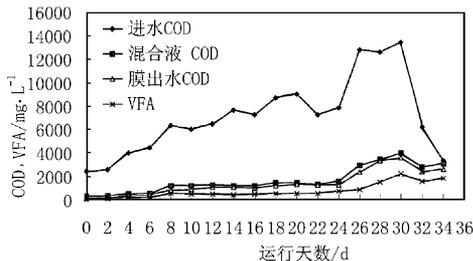


图 2 进出水 COD 以及混合液 VFA 浓度随运行天数的变化

由图 2 可见, 当进水 COD 低于 10000mg/L 时, 厌氧膜生物反应器的运行基本稳定。随着进水 COD 浓度逐步提高, 混合液 VFA 浓度虽有所提高, 但基本稳定在 500mg/L 左右, 膜出水 COD 去除率和混合液滤纸过滤液 COD 去除率均可达到 80% 以上。当进水 COD 浓度超过 12000mg/L 后, 混合液 VFA 浓度明显提高并出现积累, 出水 COD 也明显提高, COD 去除率下降至 70% 左右。当混合液 VFA 浓度积累至 2000mg/L 以上时, COD 去除率迅速下降, 系统受到抑制。可见在厌氧膜生物反应器

内, 控制混合液 VFA 浓度十分重要。

2.2 进水容积负荷对混合液 VFA 浓度影响

图 3 为混合液 VFA 浓度随进水容积负荷的变化。由图 3 可见, 进水容积负荷对混合液 VFA 浓度有着明显影响, 当负荷较低时, 混合液 VFA 浓度低于 300mg/L ; 当 COD 负荷在 $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 混合液 VFA 浓度在 500mg/L 左右; 当 COD 负荷超过 $4.5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 混合液 VFA 浓度明显提高并出现积累。

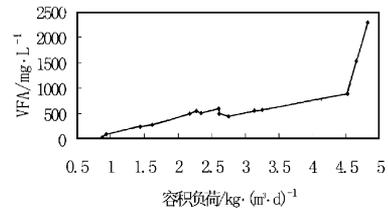


图 3 混合液 VFA 浓度随进水容积负荷的变化

厌氧膜生物反应器内混合液 VFA 浓度之所以较高且对进水容积负荷的变化较为敏感, 与膜分离工艺对生物系统的影响有关。由于加压泵对厌氧活性污泥不断的循环切割(厌氧生物反应器内的活性污泥每小时被循环 $4\sim 8$ 次), 一定程度上影响了甲烷菌的活性^[8]。

2.3 进水容积负荷对 COD 去除率的影响

图 4 为进水容积负荷对膜出水 COD 去除率和混合液滤纸过滤液 COD 去除率的影响。

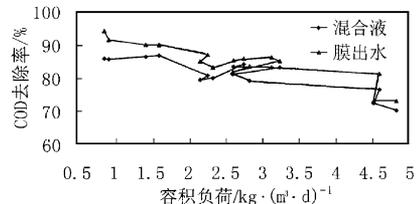


图 4 进水容积负荷对 COD 去除率的影响

由图 4 可见, 进水容积负荷对膜出水 COD 去除率和混合液滤纸过滤液 COD 去除率都有一定的影响, 当负荷较低时, 膜出水 COD 去除率可达 90% 以上; 当 COD 负荷在 $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 膜出水 COD 去除率在 $80\sim 90\%$ 之间; 当 COD 负荷超过 $4.5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 膜出水 COD 去除率降至 70%。

图 2 和图 4 的结果也表明, 厌氧膜生物反应器膜出水 COD 和混合液滤纸过滤液 COD

及其去除率都较为接近 这主要是因为所处理的食物废水易于生物降解, 极易酸化, 而厌氧酸化阶段所产生的低级脂肪酸分子量较小, 不能被超滤膜所截留 对混合液 VFA 浓度和膜出水 VFA 浓度的测定结果表明, 2 者基本相同

2.4 水力停留时间对 COD 去除率的影响

在厌氧膜生物反应器的运行过程中, 由于膜通量是逐步衰减的, 因此废水在厌氧反应器内的停留时间是变化的, 初期较短, 然后逐渐延长并趋于稳定 图 5 为随着水力停留时间的变化膜出水 COD 去除率和混合液滤液过滤液 COD 去除率的变化情况[进水 COD 容积负荷约 $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$]

由图 5 可见, 当水力停留时间低于 50h 时, COD 去除率较低且不稳定; 当水力停留时间超过 50h 后, COD 去除率稳定在 80% 以上 说明厌氧膜生物反应器同样要求保证一定的水力停留时间

2.5 进水容积负荷对产气量的影响

图 6 为进水容积负荷对产气量的影响

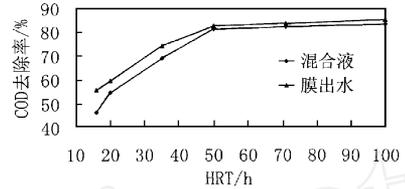


图 5 水力停留时间对 COD 去除率的影响

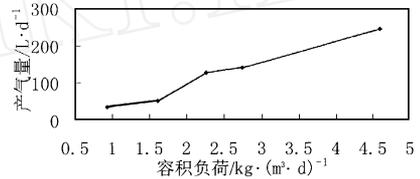


图 6 进水容积负荷对产气量的影响

由图 6 可见, 进水容积负荷对产气量有着明显的影响, 负荷提高, 产气量明显提高

2.6 对 SS、色度及细菌的去除

表 1 为厌氧膜生物反应器对 SS、色度及细菌的去除情况

表 1 厌氧膜生物反应器对 SS、色度及细菌的去除效果

进水 SS $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	出水 SS $/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	SS 去除率 /%	进水色度 /倍	出水色度 /倍	色度去除率 /%	混合液细菌总数 $/\text{个} \cdot \text{mL}^{-1}$	出水细菌总数 $/\text{个} \cdot \text{mL}^{-1}$	细菌截留率 /%
600~1000	0.0	100	6000~10000	>100	>98	2.1×10^{17}	3	>99.9

表 1 的结果表明, 厌氧膜生物反应器对 SS、色度及细菌都有很好的去除效果, 这主要应归因于膜的截留作用

3 结论

(1) 厌氧膜生物反应器负荷较低时, 膜出水 COD 去除率可达 90% 以上; 当 COD 负荷在 $2\sim 3\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 膜出水 COD 去除率在 80%~90% 之间; 当 COD 负荷超过 $4.5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 膜出水 COD 去除率降至 70%。

(2) 由于膜分离工艺对生物系统的影响, 厌氧膜生物反应器内混合液 VFA 浓度较高且对进水容积负荷的变化较为敏感; 当 COD 负荷超过 $4.5\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 时, 混合液 VFA 出现积累

(3) 厌氧膜生物反应器的水力停留时间应大于 50h。进水容积负荷对产气量有着明显的影响, 负荷提高, 产气量明显提高

(4) 厌氧膜生物反应器对 SS 的去除率可达 100%, 对色度的去除率可达 98%, 对细菌的

截留率可达 99.9%。

参 考 文 献

- 1 Hardt F W et al Solid Separation by Ultrafiltration for Concentrated Activated Sludge J. Wat Poll Con Fed, 1970, 42(12): 2135~ 2148
- 2 Grethlein H E. A anaerobic Digestion and Membrane Separation of Domestic Wastewater J. Wat Poll Con Fed, 1978, 50: 754~ 763
- 3 Kazuo Yamamoto et al Tannery Wastewater Treatment Using a Sequencing Batch Membrane Reactor. Wat Sci Tech, 1991, 23: 1639~ 1648
- 4 Yuichi Suwa et al Single-Stage, Single-Sludge Nitrogen Removal by An Activated Sludge Process with Cross-Flow Filtration. Wat Res, 1992, 26(9): 1149~ 1157
- 5 桂平等 膜-复合式生物反应器组合系统操作条件及稳定运行特性 环境科学, 1998, 19(2): 35~ 38
- 6 刘锐 影响一体式好氧膜生物反应器膜清洗周期的几个因素 环境科学, 1998, 19(4): 26~ 28
- 7 何义亮等 膜生物反应器生物降解与膜分离共作用特性研究 环境污染与防治, 1998, 20(6): 18~ 20
- 8 Martin Brockmann et al Sludge Activity under the Condition of Crossflow Microfiltration. Wat Sci Tech, 1997, 35(10): 173~ 181