

一体式厌氧平板膜生物反应器处理酒厂废水的研究

王志伟 吴志超 顾国维 俞国平

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要 研究了容积负荷、水力停留时间对一体式厌氧平板膜生物反应器处理高浓度酒厂废水效果的影响。试验结果表明, COD_{Cr} 负荷为 $5.2 \sim 8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 水力停留时间 $3 \sim 5 \text{ d}$ 时, COD_{Cr} 平均去除率为 95% 。正常运行时的碱度与 VFA 的比为 $2.5 \sim 4.5$ 。当 COD_{Cr} 负荷超过 $10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 系统 VFA 出现累积, COD 去除率下降。水力停留时间对一体式厌氧平板膜生物反应器处理效果有重要影响, 水力停留时间应大于 70 h 。

关键词 一体式厌氧平板膜生物反应器 酒厂废水 容积负荷 水力停留时间

Study on integral flat-sheet style membrane coupled anaerobic bioreactor for treatment of alcohol-distillery wastewater

Wang Zhi-wei, Wu Zhi-chao, Gu Guo-wei, Yu Guo-ping

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A integral flat-sheet style membrane coupled anaerobic bioreactor (MCAB) was applied to treat high-strength alcohol-distillery wastewater. The COD_{Cr} removal, organic load and hydraulic retention time (HRT) of the facility were investigated. Experiment results showed that COD_{Cr} removal average 95% was obtained in case when organic load was 5.2 to $8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ and HRT 3 to 5 d . During period of steady-state, ratio of alkalinity to VFA (volatile fatty acid) was about 2.5 to 4.5 . When organic load was increased over $10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, VFA of the system will be increasing acutely and COD removal decreased simultaneously. HRT had an important effect on COD removal, in any case the proper HRT of the MCAB has to be greater than 70 h .

Keywords: Integral flat-sheet style membrane coupled anaerobic bioreactor; Alcohol-distillery wastewater; Organic load; Hydraulic retention time

膜生物反应器 (Membrane Bioreactor, MBR) 近年来已经逐步应用于城市污水和工业废水的处理之中^[1,2]。厌氧膜生物反应器 (Membrane coupled anaerobic bioreactor, MCAB) 是一种处理高浓度有机废水的有效工艺^[3,4], 已成为国外如 WERF (Water Environmental Research Foundation) 等协会研究的重点之一^[5]。国内外对 MCAB 处理高浓度有机废水进行了研究^[6~9], 但是这些研究考察的是分置式 MCAB 运行特性。分置式即膜过滤装置与反应器分开设置; 一体式则是将膜组件放入反应器中直接对膜进行抽吸, 使混合液经膜过滤而得到

过滤出水, 能耗低、占地更为紧凑。平板膜优点是抗污染能力强, 反应器内可以维持较高污泥浓度, 能承受较高的有机负荷, 维持较高去除效率。本文对一体式 MCAB 处理高浓度酒厂废水的特性进行研究。

1 试验装置与方法

1.1 试验工艺流程

试验采用一体式 MCAB, 工艺流程见图 1。储液罐内的酒厂废水经过进水泵提升进入反应器, 由水位控制阀保证 MCAB 内的水位恒定。出水泵对膜组件抽真空运行, 真空表显示膜过滤操作的压力。

MCAB 由沼气循环泵保证活性污泥的均匀混合,并使膜表面受到冲刷剪切。气体经过排气阀排放,净化后由气体计量表计量。温度控制仪维持反应器内温度 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH 控制仪显示反应器内 pH,通过加入 NaHCO_3 缓冲液 pH 为 $6.8\sim 7.2$ 。在线清洗时,停止出水泵,关闭出水阀,启动清洗泵进行清洗,清洗完毕后由出水泵排除清洗废液。

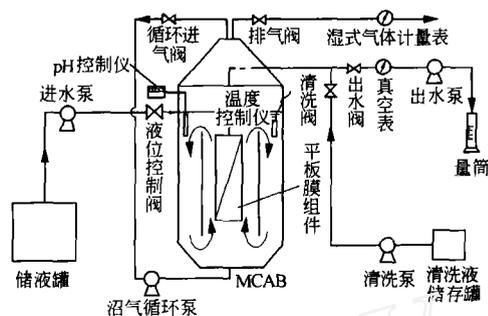


图1 试验工艺流程

试验采用的膜材质为聚偏氟乙烯(PVDF),膜的有效过滤面积均为 0.059 m^2 。膜截留相对分子质量为 $100\ 000$ 。

1.2 水质监测方法

COD_{Cr} 、SS、VFA、浊度和色度测定均采用国家环境保护局编制的《水和废水监测分析方法》中的标准方法。

2 试验结果与讨论

2.1 MCAB 运行状况

由图2可知,在一个清洗周期内,MCAB运行22 d左右,膜污染逐步增强,压力升至 40 kPa ;而后进行在线化学清洗($0.1\%\sim 0.5\%$ NaClO 溶液,清洗时间2 h)使膜通量和压力近似恢复至原来的水平,MCAB继续运行。

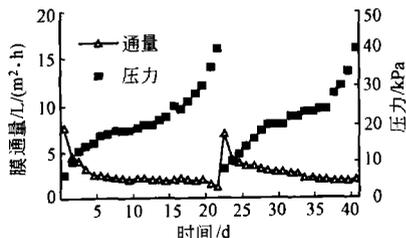


图2 压力、膜通量随运行时间的变化

2.2 COD_{Cr} 去除效果

MCAB的HRT为3~5 d,污泥龄60 d,污泥浓度为 $8\ 000\sim 10\ 000\text{ mg/L}$, COD_{Cr} 容积负荷为 $5.2\sim$

$8\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。由图3可知,在随机检测一个月内存均进水 COD_{Cr} 为 $25\ 764\text{ mg/L}$,平均出水 COD_{Cr} 为 $1\ 294.5\text{ mg/L}$,平均去除率为 95% 。说明MCAB抗冲击负荷的能力较强,容积负荷在 $5.2\sim 8\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 波动时,系统的处理效果稳定。

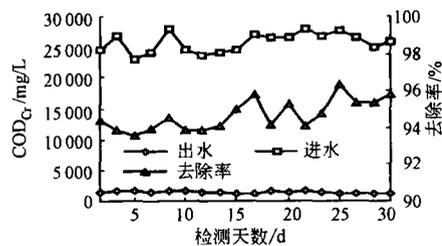


图3 MCAB进出水 COD_{Cr} 及去除率

2.3 HRT 对出水水质的影响

由图4可知,HRT在70 h以内时,MCAB对 COD_{Cr} 去除率较低;当HRT大于70 h时,系统 COD_{Cr} 去除率可稳定在 90% 以上;HRT继续增大,系统 COD_{Cr} 去除率增加缓慢。说明MCAB需要保证一定的HRT,本试验适宜的HRT为 $70\sim 100\text{ h}$ 。

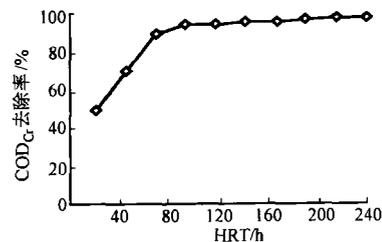


图4 COD_{Cr} 去除率与HRT的关系

2.4 容积负荷对出水水质以及产气量的影响

由图5可知,容积负荷对去除率有一定的影响,当容积负荷达到 $10\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 以上时,系统VFA严重累积,系统的 COD_{Cr} 去除率严重下降。

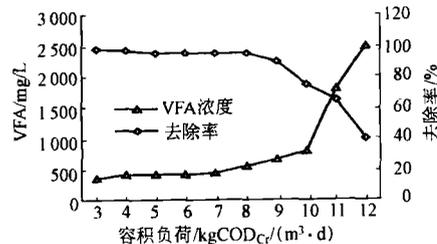


图5 容积负荷与去除率的关系

由图6可知,产气量随容积负荷的增加而增加,但是当容积负荷过高时,产气量并未增加,主要是由于系统内VFA累积而使处理效果严重下降,影响

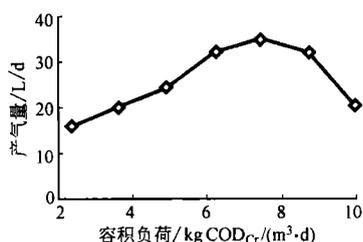


图6 容积负荷与产气量的关系

系统的产气量。

2.5 碱度、VFA 和 pH 与 MCAB 运行性能

由图 7 可知, VFA(以醋酸计)浓度为 284~588 mg/L, 平均为 454.7 mg/L; 碱度(以 CaCO₃ 计)为 1 286~1 980 mg/L, 平均为 1 592 mg/L。碱度与 VFA 比(pH)为 2.5~4.5。

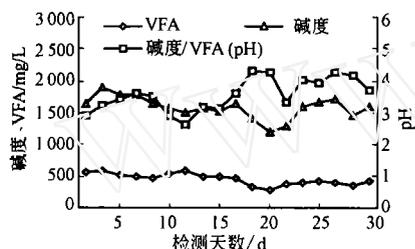


图7 正常运行时 VFA 与碱度的关系

2.6 SS、浊度和色度的去除效果

由表 1 可知, MCAB 对 SS 和浊度有很好的去除效果, 这可归功于膜的筛分和截留作用。同时, MCAB 与好氧 MBR 或其他生物处理工艺相比在色度去除上也有较好的处理效果。

表 1 MCAB 对 SS、浊度和色度去除效果

项目	进水	出水	去除率/%
SS/mg/L	200~400	0	100
浊度/NTU	200~260	≤15	≥92.5
色度/倍	1 000~1 300	100~200	≥80

3 结论

(1) MCAB 进水平均 COD_{Cr} 为 25 764 mg/L, COD_{Cr} 容积负荷为 5.2~8 kg/(m³·d), 平均出水 COD_{Cr} 为 1 294.5 mg/L, 平均去除率为 95%。

(2) 容积负荷对 COD_{Cr} 去除率有一定的影响, 当容积负荷达到 10 kg/(m³·d) 以上时, 系统 VFA 严重累积, 系统的 COD_{Cr} 去除率严重下降。

(3) 产气量随容积负荷的增加而增加, 但容积

负荷过大时会造成 VFA 的累积, 处理效果下降, 产气量并无明显增大。

(4) MCAB 正常运行时的 VFA(以醋酸计)浓度为 284~588 mg/L, 平均为 454.7 mg/L; 碱度(以 CaCO₃ 计)为 1 286~1 980 mg/L, 平均为 1 592 mg/L。碱度与 VFA 比(pH)为 2.5~4.5。

(5) MCAB 对 SS、浊度和色度也有较好的处理效果。

参考文献

- 1 Brindle K, Stephenson T. Application of membrane biological reactors of the treatment of wastewater. *Biotech Bioeng*, 1996, 49:601~610
- 2 Hong S P, Pae T H, Tak T M, et al. Fouling control in activated sludge submerged hollow fiber membrane bioreactors. *Desalination*, 2002, 143:219~228
- 3 Eimaie S, Abdelmoumni L. Experimental test to evaluate performance of an anaerobic reactor provided with an external membrane unit. *Wat, Sci., Tech*, 1998, 38(8-9):385~392
- 4 Choo K H, Lee C H. Membrane fouling mechanisms in the membrane-coupled anaerobic bioreactor. *Wat Res* 1996, 30(8): 1771~1780
- 5 Water Environmental Research Foundation (WERF). Exploring membrane technology for wastewater treatment [EB/OL]. <http://www.werf.org/>. 2002
- 6 郑祥, 朱小龙, 樊耀波. 膜生物反应器处理毛纺废水的中试研究. *环境科学*, 2001, 22(4):91~94
- 7 何义亮, 吴志超, 李春杰, 等. 厌氧膜生物反应器处理高浓度食品废水的研究. *环境科学*, 1999, 20(6):53~55
- 8 Fuchs W, Binder H, Mavrias G, et al. Anaerobic treatment of wastewater with high organic content using a stirred tank reactor coupled with a membrane filtration unit. *Wat Res*, 2003, 37:902~908
- 9 Wen C, Huang X, Qian Y. Domestic wastewater treatment using an anaerobic bioreactor coupled with membrane filtration. *Process Biochemistry*, 1999, 35: 335~340

☆通讯处: 200092 同济大学环境科学与工程学院研究生信箱

E-mail: wittfyht@citiz.net

电话: (021)65980400

收稿日期: 2005-09-27

修回日期: 2005-11-17