

超声耦合 AMC 填料厌氧生物处理造纸废水的研究

孙玉* 林茂尉 周瑞瑞 贾雯清 杨须艳 邵咏琪 吴浩林 贾晓凤

(郑州航空工业管理学院土木建筑学院 河南省郑州市 450046)

摘要: 采用实验室小试试验的研究方法, 探究厌氧生物处理下的 AMC 强化体系和超声强化体系的最佳投量与最佳超声时间, 并在此基础上考察 AMC 超声耦合体系对 Ca^{2+} 的去除情况。实验结果表明: AMC 投加量为 15% 时, COD 去除率可显著提高, 且 VFA 积累最少; 超声辐照 10 min 可增强产甲烷菌活性, 并降低结垢指数; AMC 超声耦合体系可有效去除造纸废水中 Ca^{2+} , 为造纸废水处理提供新思路。

关键词: 造纸废水; AMC 填料; 超声辐照

中图分类号: X703; 文献标识码: A

前言

据中国造纸协会资料, 2021 年国内回收利用废纸总量 6491 万吨^[1]。厌氧生物处理相比于物理法、化学法可大大降低处理成本。但造纸废水成分复杂、难降解, 且含有大量的 $CaCO_3$ 等添加剂。其中 Ca^{2+} 本身对微生物无毒^[2], 但由于 Ca^{2+} 浓度过高会导致反应器结垢, 造成厌氧颗粒污泥钙化, 进而导致厌氧反应器的“酸化”。厌氧反应器高效稳定运行的前提是具有足够数量、性能良好的厌氧颗粒污泥^[3]。大量研究表明, 生物载体可促进厌氧颗粒污泥的形成, 低强度超声辅助可增加厌氧污泥的活性^[4]。本实验采用小试试验, 探究厌氧生物处理下的 AMC 强化体系和超声强化体系的最佳投量与最佳超声时间, 考察 AMC 超声耦合体系对 Ca^{2+} 的去除情况, 为造纸废水处理提供新思路。

1. 实验部分

1.1 实验试剂与仪器

酒石酸钾钠、磷酸二氢钾、重铬酸钾、硫酸银、硫酸、硫酸汞、硫酸亚铁铵、乙二醇四乙酸二钠等, 均为分析纯。HCA-102 型 COD 消解器、PHS-25 型 pH 计、HZQ-X500 型双层恒温振荡器、JY88-IIIN 型超声波细胞破碎仪。实验用水为人工模拟废水, 按照 C:N:P=100:5:1 的浓度比例进行配制。实验用 AMC 高效生物载体购置于山东省邦皓环保科技有限公司。

1.2 实验方法

按照泥水比(污泥:模拟配水)1:3 进行试验体系构建, 泥水混合后将其分装于 500 mL 锥形瓶, 恒温培养箱中避光厌氧培养(35℃, 100 rpm)。培养三天后按照 AMC 强化体系; 超声强化体系; AMC+超声耦合体系运行。

2. 实验结果与分析

以 COD、VFA、ALK 等参数为指标研究 AMC 强化体系和超声强化体系的最佳投量与最佳超声时间, 在此基础上考察 AMC 超声耦合体系对 Ca^{2+} 的去除情况, 具体研究结果如下。

2.1 AMC 强化体系

AMC 颗粒载体为多孔结构、颗粒内部的空间既增加载体的比表面积也为气体和基质交换提供场所, 考察载体填充率是影响厌氧工艺处理效果及运行成本的重要因素^[5]。实验条件: 初始废水指标条件统一 COD 为 1728 mg/L, pH 为 8.35, VFA (挥发性有机酸) 为 53.59 mg/L, ALK 为 334.08 mg/L。实验中改变填料填充率 10%, 15%, 20%, 25%, 置于同一培养箱(35℃, 100 rpm), 连续培养三天后测定废水 COD、pH、VFA、ALK 等参数, 结果及分析如下。

以不同 AMC 投加量对造纸废水进行厌氧处理, 废水指标变化情况如图 1 所示。

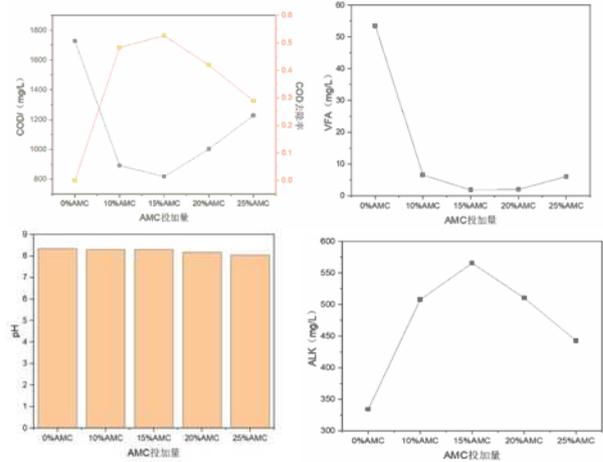


图 1 AMC 投加量对造纸废水去除效果影响 (COD、pH、VFA、ALK)

由图 1 可知, 相较于未投加体系, 添加 AMC 后厌氧体系 COD 去除效果都得到强化, 但整体趋势呈现先增加后减少趋势, 表明填料填充率并非越多越好, 对于该体系, 最佳填充率为 15%。

VFA 是厌氧反应器稳定运行重要参数, 系统内微生物的代谢平衡受酸性发酵与碱性发酵影响, 进而影响产甲烷菌的活性^[6]。投加 AMC 后, 系统内 VFA 水平明显下降, 主要是由于新体系产甲烷菌代谢能力得到强化, VFA 分解速率加快。

pH 是厌氧反应器稳定运行的重要参数之一, pH 值也是影响厌氧反应器颗粒污泥形成的重要因素^[7]。结果表明在不同投加量下 pH 变化较小, 说明体系稳定性好。

投加 AMC 可明显提升体系碱度, 进而使体系不易结垢, 释放污泥活性, 且投加量为 15% 时, 效果最优。

2.2 超声强化体系

超声辐照时间对污泥性能影响较大, 从而影响厌氧污泥活性及废水处理效果, 确定合适的超声辐照时间在系统运行时至关重要^[8]。实验考察超声辐照时间对废水 VFA、ALK 的影响, 辐照时间分别选取 10 min, 20 min, 30 min, 40 min 四个水平, 实验结果如图 2 所示。

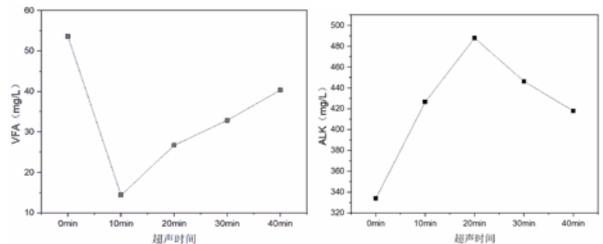


图 2 超声时间对造纸废水 VFA、ALK 的影响

经超声辐照后, 体系内 VFA 积累量呈先下降后上升趋势, 且在 10

(下转第 77 页)

(上接第 75 页)

min 辐照时间时积累量最低,表明此时产甲烷菌活性最高,效果最优;体系内 ALK 呈上升趋势,在 20 min 辐照时 ALK 最高,此时体系最不易结垢。但辐照时间与经济成本正相关,因此综合考虑选择 10 min 为最佳辐照量。

2.3 AMC 超声耦合强化体系

通过考察 AMC 投加体系与超声辐照体系对造纸废水的处理效果,表明两者对厌氧造纸废水处理都有强化作用,因此拟考察耦合体系对厌氧造纸废水处理效果,并重点考察废水中 Ca^{2+} 去除效果。

结果表明 AMC 超声耦合体系可有效去除造纸废水中 Ca^{2+} ,在不同投加量耦合 10 min 超声体系中, Ca^{2+} 可以稳步去除;15%AMC 投量耦合超声体系对 Ca^{2+} 去除效果最佳。

3. 总结

本研究结论如下:

(1) 投加 AMC 后,厌氧体系 COD 去除效果得到强化;产甲烷菌代谢能力得到强化,系统内 VFA 水平明显下降;体系结垢指数下降;最佳投量(填充率)为 15%;

(2) 超声辐照可提高产甲烷菌活性,降低 VFA 水平;使体系结垢指数下降;10 min 辐照为最佳辐照量。

(3) AMC 超声耦合体系可有效去除造纸废水中 Ca^{2+} ,15%AMC 投量耦合 10min 超声辐照对 Ca^{2+} 去除效果最佳。

参考文献:

[1] 中国造纸工业 2021 年度报告[J]. 中华纸业, 2022, 43(9):8-18.

[2] 薛方勤,孙振亮,钱明,等. 废纸造纸废水厌氧处理中

降低反应器颗粒污泥钙化的研究[J], 中国造纸, 2015, 34(2): 19~24.

[3] M. Akuzawa, T. Hori, S. Haruta et al. Distinctive Responses of Metabolically Active Microbiota to Acidification in a Thermophilic Anaerobic Digester [J]. Microb EcoL. 2010, 11(29):155-166.

[4] Chu C P, Lee D J, Chang B V, et al. "Weak" ultrasonic pretreatment on anaerobic digestion of flocculated activated biosolids [J]. Water Research, 2002, 36:2681~2688

[5] 王宁,丁海川,刘永红,等. AMC 厌氧颗粒污泥快速培养及对印染废水处理性能研究[J]. 应用化工, 2021.

[6] 苏德林,王建龙,黄永恒,等. ABR 反应器的碱度变化及调控研究[J]. 环境科学, 2006, 27(10):4.

[7] 周本省. 介绍一种新的水质判断指数—Puckorius 指数[J]. 化工给排水设计, 1995(1):7-9.

[8] 王佳琪,朱易春,李齐佳. 低强度超声在低 C/N 污水处理中的应用[J]. 工业水处理, 2017, 37(5):5.

作者简介:孙玉(1989-),女,南阳人,讲师,主要研究方向为废水处理。

基金项目:全国大学生创新创业训练计划项目(202210485031);超声耦合 AMC 颗粒生物载体增效造纸废水厌氧生物处理的研究(222102320152);介质阻挡放电联合生物法处理典型 PPCPs 废水的去除机制及关键技术研究(212102310520)。