

垃圾渗滤液 AOA/SBR 工艺系统构建及效能研究

俞际晖

中节能(咸宁崇阳)环保能源有限公司, 湖北 咸宁 437500

[摘要]为有效解决生物处置技术对垃圾渗滤液中总氮去除效率低下的问题, 基于 AOA/SBR 工作模式下设计构建了新型城市垃圾渗滤液处置系统, 并开展了不同回流比、碳氮比和温度下的 AOA/SBR 垃圾渗滤液处置系统处理效能试验研究。试验结果指出: (1) 系统回流比控制在 100% 时, 脱氮效率最高, 提升回流比不能提高系统的脱氮效率, 但提升回流比能减少沉淀池中污泥上浮的问题; (2) 当系统碳氮比控制在 5:1 时, 能够实现稳定的深度脱氮, 碳氮比不足时系统是无法实现氮素的深度去除, 过高的碳氮比对系统的影响更复杂, 不仅导致曝气时间延长, 脱氮效率变低, 还导致污泥膨胀和污泥增量; (3) 系统水温较低会影响系统的脱氮效率, 尤其对反硝化的影响更明显, 常温和高温状态下系统的脱氮效率基本一致, 所以系统在运行时保持 25℃ 以上可以保证较高的脱氮效率。研究成果为我国城市垃圾渗滤液处置提供了一定的基础。

[关键词] AOA 工艺; SBR 工艺; 垃圾渗滤液处置; 温度; 回流比; 碳氮比

DOI: 10.33142/sca.v5i5.7368

中图分类号: X703

文献标识码: A

Study on Construction and Efficiency of AOA/SBR Process System for Landfill Leachate

YU Jihui

China Energy Conversation (Xianning Chongyang) Environmental Protection Energy Co., Ltd., Xianning, Hubei, 437500, China

Abstract: In order to effectively solve the problem of low removal efficiency of total nitrogen in landfill leachate by biological disposal technology, a new urban landfill leachate disposal system was designed and constructed based on AOA/SBR working mode, and experimental research on the treatment efficiency of AOA/SBR landfill leachate disposal system was carried out under different reflux ratio, carbon nitrogen ratio and temperature. The test results show that: (1) When the reflux ratio of the system is controlled at 100%, the denitrification efficiency is the highest. Increasing the reflux ratio can not improve the denitrification efficiency of the system, but increasing the reflux ratio can reduce the problem of sludge floating in the sedimentation tank; (2) When the carbon nitrogen ratio of the system is controlled at 5:1, stable deep nitrogen removal can be achieved. When the carbon nitrogen ratio is insufficient, the system cannot achieve deep nitrogen removal. The impact of high carbon nitrogen ratio on the system is more complex, which not only leads to longer aeration time, lower nitrogen removal efficiency, but also leads to sludge bulking and sludge increment; (3) Low system water temperature will affect the nitrogen removal efficiency of the system, especially the denitrification. The nitrogen removal efficiency of the system is basically the same at room temperature and high temperature, so keeping the system above 25 °C during operation can ensure high nitrogen removal efficiency. The research results provide a certain basis for the disposal of urban garbage leachate in China.

Keywords: AOA process; SBR process; disposal of landfill leachate; temperature; reflux ratio; carbon nitrogen ratio

引言

城市化的快速发展带来了大量的生活垃圾, 而城市生活垃圾处置长采用垃圾填埋或焚烧等固体废弃物无害化处理方式^[1-3]。在城市生活垃圾填埋或焚烧处置过程中, 垃圾渗滤液的处置是一项非常大的难题^[4-6]。一方面, 垃圾渗滤液本身具有非常强烈的异味, 会影响周围居民生活; 另一方面, 垃圾渗滤液具有较强的污染性, 垃圾渗滤液的泄漏会严重威胁区域水资源使用安全并污染土壤^[7-8]。因此, 如何高效、经济地处置垃圾渗滤液对于保障垃圾处置场附近的居民财产安全和生态环境具有重要意义。目前, 我国对垃圾渗滤液的处置方法主要包括物理-化学处置技术和生物处置技术。然而, 利用物理-化学处置技术处理垃圾渗滤液不仅成本高, 且很容易产生二次污染^[9-12]。然

而, 利用生物处置技术处理垃圾渗滤液又存在处置周期过长和脱氮效率不佳等问题, 且不能有效降解垃圾渗滤液中的大分子有机物和重金属离子^[13-15]。由此可见, 单独采用物理-化学处置技术或生物处置技术处理垃圾渗滤液均存在一定的局限性。

综上所述, 现有研究也较少涉及到高效且经济的综合处置方法技术。因此, 开发并应用物理-化学+生物的综合处置技术对于我国垃圾渗滤液处置具有重要意义。本文基于室内试验, 构建了 AOA (厌氧/好氧/缺氧)/SBR (序批式活性污泥工艺) 垃圾渗滤液处置系统, 并开展了不同回流比、碳氮比和系统水温条件下的垃圾渗滤液深度脱氮试验。研究成果为我国垃圾渗滤液处置提供了一定的借鉴作用。

1 试验设计

1.1 试验水样采集

本次试验所用的水样为取自江苏省南京市某垃圾填埋场的垃圾渗滤液,该垃圾填埋场占地越300亩,设计使用年限为20年。对所取垃圾渗滤液试样进行分组并展开室内水质成分分析,得到具体参数如下:(1)pH=7.1~7.9之间;(2) NH_4^+/N 含量在1050~1250mg/L之间;(3) NO_3^-/N 含量小于1mg/L;(4) NO_2^-/N 含量小于1mg/L;(5)COD在3600~8200mg/L之间。见图1。



图1 垃圾渗滤液试样

1.2 AOA/SBR 处置系统

本次试验所构建的AOA/SBR系统如下图2所示,该系统主要包括如下几个部分:(1)污水原水箱、(2)AOA反应器以及(3)沉淀池。污水原水箱设有溢流管和放空管,污水原水箱通过进水泵与AOA反应器相连;AOA反应器包括8个格室,按水流方向,共分为厌氧区、好氧区和缺氧区。反应系统进水通过蠕动泵连通进水箱和反应器,曝气区域采用底部曝气头连接空气流量计和曝气泵,系统采用多个加热棒和温度控制箱组成的温控系统,温控系统可以调节反应系统的温度,系统每个区域都设有机械搅拌装置以保证各区域污泥与废水达到混合悬浮状态。系统沉淀池设在最后,其作用是泥水分离,沉淀后的污泥通过污泥回流泵输送回反应器的厌氧搅拌格,污泥回流比控制在100%。本实验AOA系统接种污泥为处理垃圾渗滤液成熟SBR反应器的活性污泥,MLSS为12457mg/L,接种量为70L,由于AOA系统容积较大,两组试验接种后驯化30d,MLSS达到2546mg/L^[16]。

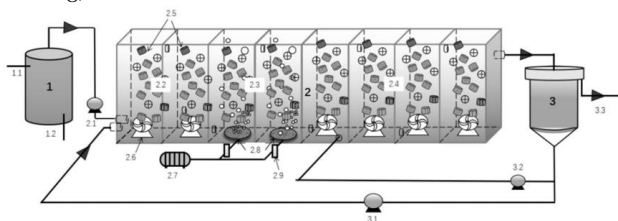


图2 AOA/SBR 系统装置示意图

1.3 试验方案

本次试验研究分为三个部分,第一组为不同回流比条件下AOA/SBR系统深度脱氮试验,第二组为不同碳氮比条件下AOA/SBR系统深度脱氮试验,第三组为不同系统水温

条件下AOA/SBR系统深度脱氮试验。本次试验全部按照AOA运行模式,将对照组的进水总无机氮的浓度控制在1200mg/L,碳氮比5:1,水温设置为25℃,回流比为100%。通过控制变量,改变不同试验组的试验条件。其中,第一组的变量为回流比,原始回流比为100%,其他回流比分别为125%和150%;第二组的变量为碳氮比,原始碳氮比为5:1,其他碳氮比分别为3:1和7:1;第三组的变量为系统水温,原始系统水温为25℃,其他系统水温分别为15℃和35℃。在本次研究正,每次试验均包含四个阶段,其中,第一阶段和第三阶段为对照组试验条件,而第二阶段和第四阶段则为改变了试验条件的阶段。每个阶段的试验时长均为5d,每次试验的总时长为20d^[17]。

2 试验结果分析

2.1 回流比影响分析

基于室内试验,对比分析当回流比分别为100%、125%以及150%时AOA/SBR系统对垃圾渗滤液中氮的去除效果,试验结果如图3所示。由图3可知,相较于100%回流比条件下,当回流比提升到125%和150%时,AOA/SBR系统对氮元素的去除效率出现了一定程度的下降,回流比的增大对AOA/SBR系统的脱氮效率有明显的不良影响。由图3可知,当回流比为100%时(第一阶段和第三阶段),系统中的好氧格亚硝及出水亚硝浓度均呈现缓慢降低的变化趋势,而总氮去除率则随反应时间呈现出逐渐增大的变化趋势。同理,当回流比为125%时(第二阶段),系统中的好氧格亚硝及出水亚硝浓度则呈现出先增大后减小的变化趋势,但均高于回流比为100时的浓度,且第二阶段系统中的总氮去除率呈现波动状态,均低于第一阶段;当回流比为150%时(第四阶段),系统中的好氧格亚硝及出水亚硝浓度快速增大,而总氮去除率则快速减小。分析认为,回流比的增大引起了AOA/SBR系统脱氮效率的降低,根本原因在于回流比增大会导致污水/污泥混合液在AOA反应器中停留的时间变短,污泥的同步硝化反硝化与内源反硝化反应不充分,因此系统的脱氮效率降低。

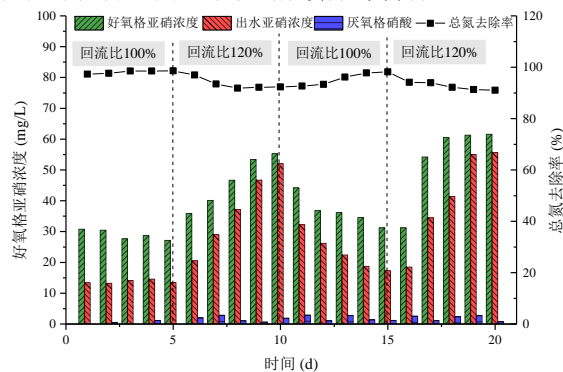


图3 不同系统回流比下垃圾渗滤液参数随时间变化曲线

3.2 水温影响分析

图4展示了在不同温度条件下AOA/SBR系统对垃圾渗

滤中氮元素的去除效果, 试验中不同阶段系统的水温分别为 25℃、15℃、25℃和 35℃时。由图 4 可知, 在第一阶段, 25℃水文条件下, 系统保持着良好的氮元素去除效果。而在第二阶段, 当温度降低到 15℃后, AOA/SBR 系统中厌氧格亚硝、好氧格亚硝以及出水亚硝的浓度均出现了大幅度的上升; 同时, 系统的总氮去除率也逐渐降低, 逐渐从第一阶段的 97%以上降低至 91%左右, 下降幅度非常明显。当试验进入第三阶段后, 通过再次提升水温, AOA/SBR 系统的总氮去除率再次上升, 同时厌氧格亚硝、好氧格亚硝以及出水亚硝的浓度也逐渐降低。此后, 将系统水温提升至 35℃, 我们可以发现, AOA/SBR 系统的脱氮效率产生了一定的提升, 但提升幅度很小^[18]。综上所述, 当系统水温为 15℃时, 系统的脱氮效率较差; 而当系统水温为 25℃或 35℃时, 系统对垃圾渗滤液的氮去除效率较高, 总氮去除率能达到 97%以上, 深度脱氮效果较好。分析认为, 较低的水温对反硝化作用的影响非常明显, 厌氧格的反硝化能力大幅降低, 从曝气格和出水亚硝浓度基本一致来看, 内源反硝化能力基本消失。15℃对 AOA 系统的硝化反应影响较小, 实验观察到采用三个曝气格可以完成对氨氮的基本去除, 不需要增设曝气格。高温条件与常温条件下, 系统的脱氮效率基本一致。以上说明后置反硝化 AOA 系统在 25℃/35℃之间可以操持最佳运行工况, 低于 25℃系统脱氮效率逐步下降。

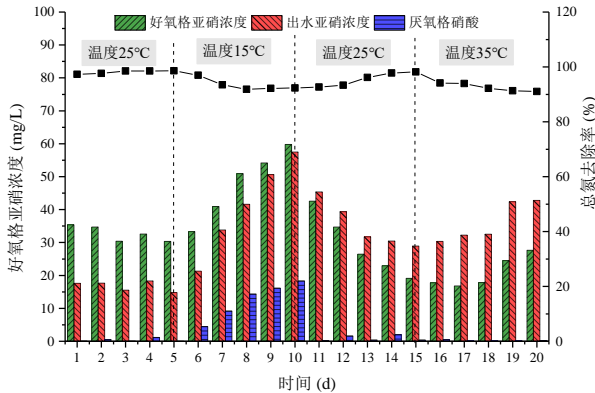


图 4 不同水温下垃圾渗滤液参数随时间变化曲线

3.3 碳氮比影响分析

基于室内试验, 对比分析当碳氮比分别为 3:1、5:1 以及 7:1 条件下, AOA/SBR 系统对垃圾渗滤液中氮的去除效果, 试验结果如图 5 所示。由图 5 可知, 当碳氮比为 5:1 时(第一阶段), AOA/SBR 系统的脱氮效果比较稳定。此阶段, 厌氧格亚硝、好氧格亚硝以及出水亚硝的浓度均在一定范围内波动, 而总氮去除率也比较稳定, 在 97%~99% 范围内波。而在第二阶段, 当碳氮比调整到 3:1 后, AOA/SBR 系统对氮元素的去除效率逐渐下降。当反应时间达到 10d 时, 此时总氮的去除效率降低至 93.65%。同时, 此阶段厌氧格亚硝、好氧格亚硝以及出水亚硝的浓

度均呈现出逐渐增大的变化趋势。在第三阶段。将碳氮比再次调整至 5:1, 厌氧格亚硝、好氧格亚硝以及出水亚硝的浓度快速下降, 总氮去除率则逐渐增大并在 t=15d 时再次恢复至 97.89%。在第四阶段, 将碳氮比调整至 7:1, 此后可以明显观察到, 厌氧格亚硝浓度基本不变而好氧格亚硝和出水亚硝的浓度则逐渐增大, 同时总氮去除率也逐渐减小, 降低至 92.50%左右。分析认为, 当碳氮比为 5:1 时时最合适的, 此时 AOA/SBR 系统的脱氮效率最好。当碳氮比过低时(3:1), 反硝化菌在厌氧搅拌阶段吸收的碳源不足, 导致反硝化能力不够; 同时在曝气阶段, 没有足够的碳源参与同步硝化反硝化反应, 这也导致了系统亚硝浓度的上升。而当碳氮比过高时, 大量未被反硝化菌吸收的碳源在曝气区域被异养菌利用, 这不仅导致了异养菌的过量繁殖, 还导致了曝气时间的增长, 一部分储存在反硝化菌中的碳源在曝气时被消耗, 高碳氮比实验中出现了二沉池污泥泥线增高和污泥膨胀的现象, 为此不得不进行排泥工作, 若系统长时间处于高碳氮比环境下, 势必会破坏系统的脱氮能力。

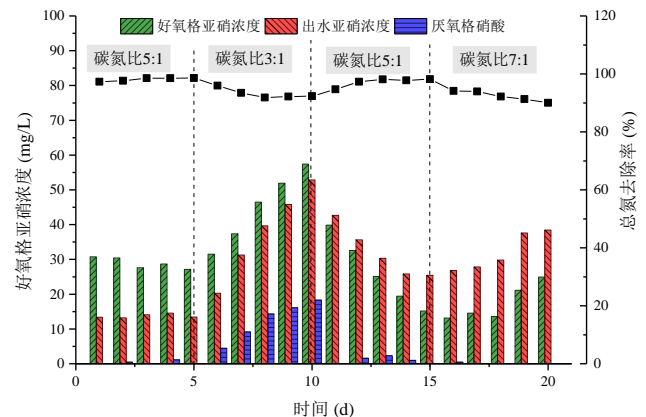


图 5 不同碳氮比下垃圾渗滤液参数随时间变化曲线

4 结论

为解决现有 A0 装置系统在垃圾渗滤液氮元素去除率较低的问题, 本次研究室内构建了新型 AOA/SBR 系统。进一步基于室内脱氮试验, 深入分析了不同回流比、碳氮比以及系统水文条件下, 新型 AOA/SBR 系统对城市垃圾渗滤液的深度脱氮效率。研究主要结论如下:

(1) 基于 AOA/SBR 工艺构建的污水处理系统, 能够实现城市垃圾渗滤液的深度脱氮。不同试验条件下, 该系统对垃圾渗滤液中总氮的去除效率均在 90%以上, 最高总氮去除率可达到 98%, 系统的深度脱氮效果良好。

(2) 回流比、碳氮比和系统水温均是影响 AOA/SBR 脱氮效率的重要因素。当回流比过高时, 会导致污水/污泥混合液在 AOA 反应器中停留的时间变短, 反硝化反应不充分; 而当温度过低或碳氮比控制不当时, 也会导致反硝化反应不充分, 因此系统对垃圾渗滤液中的氮元素去除效率降低。

(3) 在综合考虑运行成本的情况下, 经过多重试验研究与论证发现, 当回流比为 100%、温度为 25℃碳氮比为 5: 1 时, AOA/SBR 系统的深度脱氮效果较好且运行成本较低, 此时系统的脱氮效率可以达到 97%以上。

[参考文献]

- [1]董立波. 城市生活垃圾处置和利用技术分析[J]. 当代化工研究, 2022(2): 60-62.
- [2]邵旭萍. 城市生活垃圾处理、处置和利用技术分析[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(9): 99-101.
- [3]林海鸿. 城市生活垃圾焚烧发电运行成本控制要点[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(13): 120-121.
- [4]钟绍煌, 李海柯, 欧阳果仔, 等. MBR 技术在垃圾渗滤液处理中的应用[J]. 人民珠江, 2022, 43(3): 45-53.
- [5]张俊蛟. 垃圾渗滤液处理现状及存在问题分析[J]. 资源节约与环保, 2022(3): 110-113.
- [6]范涛. 城市生活垃圾填埋场渗滤液全量化处理研究[J]. 广东化工, 2022, 49(6): 144-147.
- [7]蒋宝军, 孙一文, 王新培, 等. 磁性 TiO₂/GO 复合催化剂处理垃圾渗滤液试验研究[J]. 中国给水排水, 2022, 38(3): 99-104.
- [8]尹冬年, 肖小兰, 阮文权, 等. 厌氧膜生物反应器处理垃圾渗滤液的研究进展[J]. 广东化工, 2022, 49(2): 71-73.
- [9]俞乙平, 林少华, 高莉苹, 等. 电化学氧化法处理垃圾渗滤液的研究现状[J]. 应用化工, 2021, 50(11): 3087-3094.
- [10]林也程, 王相智, 王龙玉, 等. 相转移催化剂存在下 pH 值对高铁酸钾处理垃圾渗滤液的影响[J]. 化工科技, 2021, 29(5): 31-37.
- [11]郝爱荣, 张小伟. 垃圾渗滤液总氮指标监测及其质量控制分析[J]. 资源节约与环保, 2021(6): 59-60.
- [12]伍永钢, 胡谦, 程玉虎, 等. 负载两种不同电极材料 MEC 处理实际垃圾渗滤液的运行特性[J]. 化工进展, 2021, 40(2): 402-410.
- [13]姚军强, 吴志跃, 郑晓宇, 等. 厌氧膜生物反应器处理垃圾渗滤液在高负荷下的连续运行性能研究[J]. 新能源进展, 2022, 10(1): 27-33.
- [14]闫宝亨, 刘瑞强, 戴捷, 等. 泥膜混合生物转盘预处理餐厨垃圾渗滤液的中试研究[J]. 水处理技术, 2022, 48(2): 124-128.
- [15]张雪. 好氧活性污泥对垃圾渗滤液中 PPCPs 的去除效能及生物转化机制研究[D]. 北京: 北京大学, 2021.
- [16]贺海东, 关砚冰. SBR 工艺处理垃圾渗滤液研究及应用现状[J]. 科技与创新, 2016, 2(15): 1.
- [17]杨曦, 王增长, 张弛. SBR 工艺对垃圾渗滤液处理的实验研究[J]. 山西能源与节能, 2009(6): 4.
- [18]时晓宁, 王淑莹, 孙洪伟, 等. SBR 工艺处理垃圾渗滤液研究及应用现状[J]. 水处理技术, 2009, 35(2): 6.

作者简介: 俞际晖 (1974-), 男, 汉族, 1999 年 7 月毕业于哈尔滨工业大学市政与环境工程系, 工学学士学位; 2020 年 7 月毕业于中国科学技术大学工商管理学院(MBA), 工商管理学硕士学位, 研究方向: 高浓度有机废水处理、垃圾渗滤液处理, 目前职务: 总经理。