

自生动态膜生物反应器对低浓度生活污水处理效果研究

冉 全 康蓓蓓 刘珍贤 符 露 田 辉

贵州工业职业技术学院化工系，贵阳

摘 要 | 自生动态膜生物反应器是一种具有很大潜力的污水处理技术。为了检验自生动态膜生物反应器的处理效果，设计建造了一套平行排列自生动态膜生物反应器，以棉布作为动态膜基质，对低浓度污水的处理效果进行了研究。结果表明：平行排列自生动态膜生物反应器不容易发生堵塞；棉布作为动态膜基材容易解体，不适于作为膜基质；COD、NH₃-N、TN、TP 的平均去除分别为 16.47%、28.17%、15.44%、27.51%，装置对低浓度污水有一定的去除效果，对常规水质的污水处理效果还需要试验证明。

关键词 | 自生动态膜生物反应器；低浓度废水；处理效果

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



膜生物反应器（MBR）工艺是近年来研究较热门的水处理工艺，具有处理效率高、运行效果好、占地面积小、污泥产量低等多种优点^[1]，自生动态膜生物反应器（SFMBR）技术继承了传统 MBR 的优势，还具有膜通量大，膜污染容易清洗，能耗低和价格低等优点^[2]。为了检验自生动态膜生物反应器的

基金项目：贵州省联合基金“黔科合 LH 字【2014】7395”；贵州工业职业技术学院校级基金（2021ZK01）。

通讯作者：冉全，硕士、副教授，研究方向：农村环境污染治理研究，E-mail: ranquanlearn@126.com。

文章引用：冉全，康蓓蓓，刘珍贤，等. 自生动态膜生物反应器对低浓度生活污水处理效果研究[J]. 环境与资源，2022，4（1）：1-9.

<https://doi.org/10.35534/er.0401001>

处理效果,设计建造了一套平行排列自生动态膜生物反应器,以棉布作为动态膜基质,对低浓度污水的处理效果进了研究,为自生动态膜生物反应器的应用提供参考。

1 实验材料与方法

1.1 实验装置

如图 1 实验装置设置在污水处理厂,用提升泵将污水处理厂里调节池的水打到进水箱,通过软管连接流入反应器,反应器内采用棉布作为膜基材,将棉布固定在不锈钢丝网上,竖直平行放置于反应器内,底部设有曝气盘进行曝气,曝气量为 50L/min,反应器有效容积 66.5L,间隙进出水,出水流量 2.3 L/min,水力停留时间 2.1h。

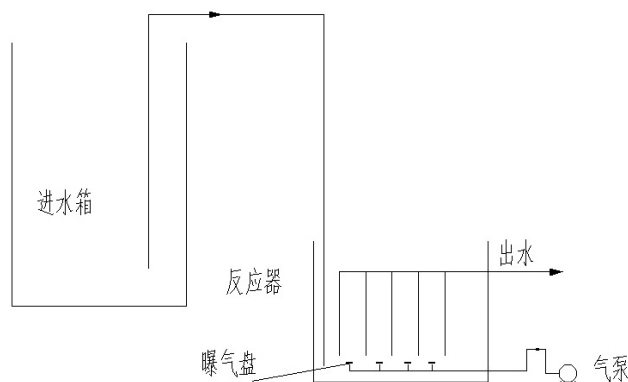


图 1 自生动态膜生物反应器流程示意图

Figure 1 Schematic drawing of self-forming dynamic membrane bioreactor

1.2 实验用水

实验用水采用贵阳清镇市某污水处理厂进水,采样期间由于长时间下雨,浓度较低,COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP 的浓度范围分别为 19.83 ~ 24.36 mg/L、5.48 ~ 7.18 mg/L、6.69 ~ 9.72 mg/L、0.28 ~ 0.61 mg/L,平均浓度分别为 21.43mg/L、6.34mg/L、8.40mg/L、0.47mg/L,水质情况如下表。

表 1 进水水质情况

Table 1 Inlet water quality

	COD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
浓度范围	19.83 ~ 24.36	5.48 ~ 7.18	6.69 ~ 9.72	0.28 ~ 0.61
平均浓度	21.43	6.34	8.40	0.47

1.3 测定方法

水质测定方法：COD 用重铬酸钾法，TP 用钼酸铵分光光度法（GB11893-89），TN 过硫酸钾氧化紫外分光光度法，NH₃-N 用直接纳式比色法（GB7479-87）。

2 结果与讨论

2.1 COD 的去除

采样期间 COD 平均浓度 21.43mg/L 左右，低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中对 1 级 A 标 COD 浓度 50mg/L 以下的要求。从采样分析结果来，装置对 COD 保持相对稳定的去除量，说明该装置对 COD 的去除比较稳定。去除率在 15% 左右，从 6 月 11 日至 7 月 16 日有一定的上升趋势，这可能是随装置的运行，生物量增加，去除率有所增加。

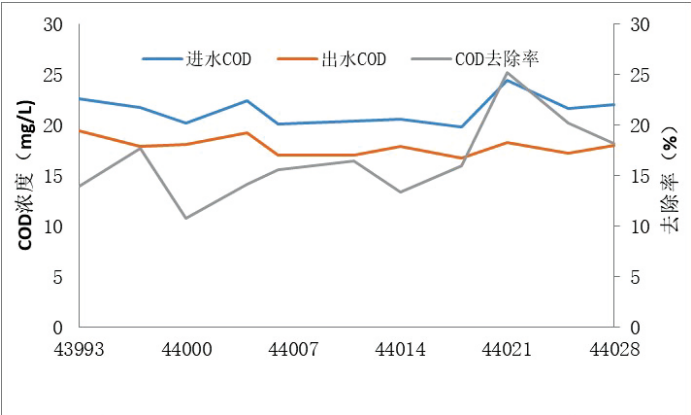


图 2 COD 的去除率

Figure 2 Removal ratio of COD

2.2 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除

采样期间进水出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度分别在 6.34mg/L、4.55mg/L 左右。从采样分析结果来, 装置对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均去除率为 28.17%, 采样期间去除率波动较大, 总体上有一定的上升趋势, 这也可能是随装置的运行, 生物量增加所带来的效果。

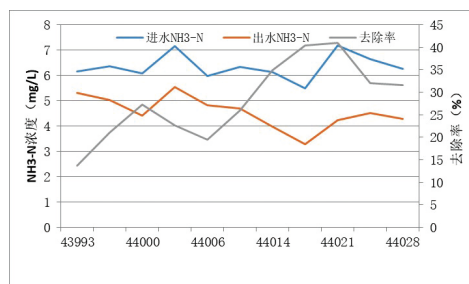


图 3 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率

Figure 3 Removal ratio of $\text{NH}_3\text{-N}$

2.3 TN 的去除

采样期间 TN 浓度在 8mg/L 左右, 最高是 9.72mg/L, 都低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中对 1 级 A 标 TN 浓度 15mg/L 以下的要求。从采样分析结果来, 装置对 TN 保持一定的去除量, 去除率波动比较大。该装置的进水取自站街污水处理厂的进水, 工艺不具备厌氧好氧交替的脱氮全程消化的条件, 可能是膜上存在厌氧好氧的微环境, 也可能有同时消化反硝化菌的存在, 这还需要进步研究。

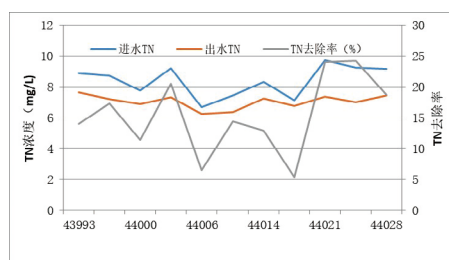


图 4 TN 的去除率

Figure 4 Removal ratio of TN

2.4 TP 的去除

采样期间 TP 浓度在 0.5mg/L 左右，远低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中对 1 级 B 标 TP 浓度 1mg/L 以下的要求。从采样分析结果来看，装置对 TP 保持一定的去除量，去除率波动比较大。该装置不具备厌氧好氧交替的生物除磷的条件，去除量可能是靠生物膜的吸附对 TP 的去除起到作用。

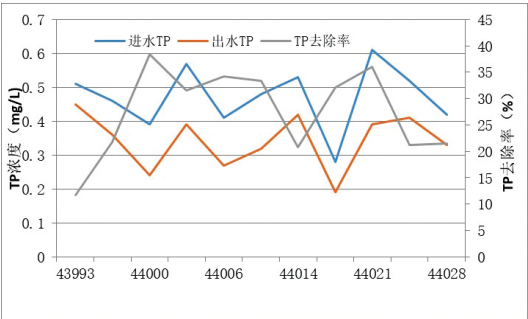


图 5 TP 的去除率

Figure 5 Removal ratio of TP

2.5 污染物去除量

挂膜后 6 月 11 日至 7 月 16 日对装置进行采样分析，采样期间一直下雨，雨水进入管网，使进水 COD、NH₃-N、TN、TP 浓度很低，低于《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的 1 级 A 标，但对 COD、NH₃-N、TN、TP 都保持有一定的去除量，说明该装置对低浓度污水也有去除效果。

表 2 污染物去除量

Table 2 Contaminant removal

	进水	出水	去除量	去除率
COD	21.43	17.87	3.56	16.47
NH ₃ -N	6.34	4.55	1.79	28.17
TN	8.40	7.05	1.35	15.44
TP	0.47	0.34	0.13	27.51

2.6 讨论

该装置是通过购买箱体进行加工改造而成,内部用塑料隔板隔离成4个隔室,每个隔室放置两张膜片,膜基质是将棉布固定在不锈钢网格上,水流在上下和左右方向上呈波形流动。反应器在运行过程中,由于隔板使用的塑胶粘连效果不理想,导致隔室之间出现部分短流,部分水体实际停留时间可能没有达到2.1小时,对于去除效果会产生负面影响。反应器制作过程中如能与生产厂家联系定做可能效果会更好。

装置进水箱与反应器采用软管连接,管径较小,露天放置,实验期间天气暖和,管道内容易滋生微生物,容易发生堵塞,需要定期清理。可以改用较大管径的管路,延长清理周期,也可以改变进水方式来解决管路堵塞问题。

自生动态膜生物反应器膜基材采用棉布,以平行排列方式放置,水流在垂直和水平方向呈波流形式流过反应器,没有出现膜堵塞状况,棉布作为基材挂膜较快,膜量较大,但是试验期间50天左右,棉布就被微生物啃噬解体,形成悬浮物,无法支持微生物形成膜了,棉布不适合作为自生动态膜生物反应器膜基材。傅大放^[3]等在用4种膜基材(聚酯无纺布、聚丙烯无纺布、聚酯筛网、聚酰胺筛网)研究自生动态膜生物反应器污泥层性质的实验中发现,在相同的运行周期下,4种膜基材的耐污染程度依次为聚酯无纺布>聚丙烯无纺布>聚酯筛网>聚酰胺筛网,无纺布材料要好于筛网。Yijing Zhu^[4]选用尼龙作为膜基材和PVDF膜对SFDMBR的膜污染进行研究表明尼龙作为膜基材的膜比PVDF膜的污染低($8.8 \pm 1.0\%$),MBR($20.7 \pm 2.9\%$),后期实验可改用尼龙和无纺布。Xiang Wu^[5]采用间歇曝气动态膜生物反应器对温室养龟废水进出处理,取得了较好的效果。张净钰^[6]等基于动态膜生物反应器(DMBR),采用批式试验研究了尼龙网膜基材孔径(200、300、500目)和颗粒活性炭(GAC)投加量(0.5、1、2、3g/L)对GAC/DMBR复合工艺运行效果的影响,批式试验结果表明,采用不同孔径的膜基材时出水浊度无明显差别,但是200目的膜基材表现出更高的稳定通量 $[65\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})]$;当GAC投加量为2g/L时,GAC/DMBR复合工艺的处理效果和过滤性能最

优。连续运行工艺试验结果表明,与空白组(DMBR)相比,GAC/DMBR复合工艺的出水通量显著提升,出水浊度稳定在1NTU左右,且对污染物的去除效果较好,溶解性胞外聚合物(SEPS)含量降低,污泥性能得到了改善。Samunya Sanguanpak^[7]用膜生物反应器对垃圾渗滤液进行处理研究,MBR处理垃圾渗滤液的性能为主要受经营条件制约,如采用HRT、SRT和混液法测定膜污染影响饲料的特点,膜适当关系和操作条件。主要去除微污染物在MBR中的机理包括吸附、生物降解和挥发。

实验期间长时间下雨,进水浓度低,装置对COD、NH₃-N、TN、TP的平均去除分别为16.47%、28.17%、15.44%、27.51%,平均去除量分别为3.56mg/L、1.79mg/L、1.35mg/L、0.13mg/L。装置对低浓度污水的污染物去除率不高,但都表现出一定的去除量,说明该装置对低浓度生活污水具有去除效果,但对正常水质的生活污水处理效果还需要实验证明。

3 结论

(1) 棉布作为自生动态膜生物反应器膜基材,挂膜较快,膜量较大,但是使用时间断,不适合作为自生动态膜生物反应器膜基材;

(2) 平行排列自生动态膜生物反应器不容易发生堵塞,但实验装置中采用的软管会滋生微生物而堵塞进水口,需要定期清理,可改用较大管径的管路,延长清理周期,也可用渠道进水;

(3) 本装置对COD、NH₃-N、TN、TP的平均去除分别为16.47%、28.17%、15.44%、27.51%。实验期间长时间下雨,进水浓度低,装置对污染物的去除率不高,对正常水质的污水处理效果还需要试验证明。

参考文献

- [1] 郭冀峰,张承铭,黄宇华,等. 固定化微生物自生动态膜生物反应器处理生活污水研究[J]. 水处理技术,2016,42(4): 112-115.
- [2] 李旋,尤朝阳,黄刚华,等. 自生动态膜生物反应器的研究进展[J]. 工业水处理,2014,34(2): 11-14.

- [3] 傅大放, 林玉娇. 几种不同基材动态膜生物反应器污泥层性质分析 [J] . 化工学报, 2008, 59 (10) : 2596–2600.
- [4] Yijing Zhu, Lijuan Cao, Lingfeng Ni, et al. Insights into fouling behavior in a novel anammox self-forming dynamic membrane bioreactor by the fluorescence EEM-PARAFAC analysis [J] . Environmental Science and Pollution Research, 2020 (27) : 40041–40053.
- [5] Xiang Wu, Hao Wu, Lin Mao, et al. Influence of Florfenicol on the Treatment Effect of Intermittent Aeration Dynamic Membrane Bioreactors, and its Enhanced Removal Process Investigation [J] . Water Air Soil Pollut, 2016 (227) : 418.
- [6] 张净钰, 杨媛, 胡以松, 等. GAC/DMBR 复合工艺的优化及污水处理效能 [J] . 中国给水排水, 2020, 36 (11) : 9–14.
- [7] Samunya Sanguanpak, Wilai Chiemchaisri, Chart Chiemchaisri. Membrane fouling and micro-pollutant removal of membrane bioreactor treating landfill leachate [J] . Rev Environ Sci Biotechnol, 2019 (18) : 715–740.

Study on the Efficiency of Self-forming Dynamic Membrane Bioreactor on Treatment of Low Concentration Domestic Sewage

Ran Quan Kang Beibei Liu Zhenxian Fu Lu Tian Hui

Guizhou Industry Polytechnic College, Guiyang

Abstract: Self-forming dynamic membrane bioreactor is a potential wastewater

treatment technology. In order to test the treatment effect of self-forming dynamic membrane bioreactor, a set of parallel arrangement self-forming dynamic membrane bioreactor was designed and constructed. Cotton cloth was used as the dynamic membrane substrate to study the treatment effect of low-concentration sewage. The results show that the parallel arrangement of self-forming dynamic membrane bioreactors is not easy to clog. As a dynamic film substrate, cotton cloth is easy to disintegrate and is not suitable as a film substrate. The average removal rates of COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, TN and TP were 16.47%, 28.17%, 15.44% and 27.51% respectively. The removal efficiency of low concentration sewage is low, and the results of domestic sewage treatment for conventional water quality still need to be proved by experiments.

Key words: Self-forming dynamic membrane bioreactor; Low-concentration sewage; Removal efficiency