

Research of Gray Water Treatment with Moving Bed Biofilm Reactor

Tingting He, Jingwei Gao, Jing Li, Li Feng, Liqiu Zhang*

Beijing Key Lab for Source Control Technology of Water Pollution, Beijing Forestry University, Beijing
Email: 965927179@qq.com

Received: September 2014

Abstract

In this paper, the performance of using moving bed biofilm reactor (MBBR) treating gray water was investigated. And the effects of hydraulic retention time (HRT), suspended filler filling ratio, volume loading on the removal rates of pollutants in MBBR were also studied. The results showed that the influent parameters of simulated gray water were as follows: COD was about 100 - 200 mg/L, NH₃-N was about 25 mg/L, TN was about 30 mg/L TP was 4 - 5 mg/L. The appropriate operational parameters were determined as HRT of 2 h, suspended filler filling ratio of 30%~40%, volume loading of 1.25 - 3.84 kg COD/(m³·d). Under above conditions, the removal rates of COD, NH₃-N in stable stage reached high level more than 90%. The removal efficiencies of TN and TP were 40% and 30%~40% respectively. The effluent of MBBR can meet the water quality standard for urban miscellaneous (GB/T18920-2002).

Keywords

Moving Bed Biofilm Reactor, Gray Water, Suspended Filler Filling Ratio, Miscellaneous Water

移动床生物膜反应器处理小区灰水的试验研究

赫婷婷, 高靖伟, 李 晶, 封 莉, 张立秋*

北京林业大学, 北京市水体污染源控制技术重点实验室, 北京
Email: 965927179@qq.com

收稿日期: 2014年9月

摘 要

本文采用移动床生物膜反应器(MBBR)处理住宅小区灰水,探讨了水力停留时间(HRT)、悬浮填料填充比、
*通讯作者。

容积负荷等运行参数对MBBR反应器除污染性能的影响。试验结果表明,在模拟灰水的进水条件下(COD为100~200 mg/L、NH₃-N约25 mg/L、TN约30 mg/L、TP为4~5 mg/L),MBBR工艺较适宜的参数范围为:HRT为2 h,悬浮填料填充比为30%~40%,容积负荷为1.25~3.84 kg COD/(m³·d)。在最佳参数范围条件下,MBBR反应器运行稳定后,COD和氨氮去除率均达到90%以上,TN去除率达到40%左右,TP去除率在30%~40%之间,出水水质能够满足城市杂用水水质标准(GB/T18920-2002)。

关键词

移动床生物膜反应器,灰水,悬浮填料填充比,杂用水

1. 引言

灰水是指住宅、学校或办公室等场所排出的未被粪尿污染的生活污水,主要来源于浴室、洗衣房以及厨房等场所。家庭中所产生的灰水量通常占总水量的50%~80%,一般为75%(体积比)左右[1]。相对于一般的生活污水,灰水污染程度较轻,其中的污染物除表面活性剂(LAS)外都是天然物质,是较易处理的一类废水,其回用的可能性和安全性都是最大的,因而很多国家都优先选择灰水作为污水回用的原水,处理后可回用作为冲厕、绿化、车辆冲洗、景观水等非饮用水[2]。灰水中氮、磷含量较混合生活污水可分别减少85%和80%,降低了污水的处理难度。

移动床生物膜反应器(moving bed biofilm reactor,简称MBBR)是一种新型、高效的污水处理设施,它结合了活性污泥法和生物膜法两种工艺的特点,核心是将密度接近于水的悬浮填料投加到反应器中作为微生物的载体,填料在曝气和反应器中水流的提升作用下呈流化状态,微生物与废水充分接触从而达到处理污水的效果[3]。与传统的好氧处理工艺相比,MBBR工艺具有很多优点,如不易发生堵塞,无需反冲洗、水头损失小,有机负荷高,耐冲击负荷强,便于扩充和升级,脱氮效果好,占地面积小,一般不需要污泥回流等。该工艺广泛用于生活废水和食品、化工、纺织、炼油等工业废水的处理[4]-[8]。

本研究利用实验室规模MBBR处理住宅小区灰水,探讨进水水力停留时间(HRT)、悬浮填料填充比、容积负荷等工艺参数对MBBR除污染效能的影响,以确定MBBR工艺处理住宅小区灰水的最佳运行参数。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验装置

试验装置如图1所示。MBBR反应器由有机玻璃制成,外形为圆柱形,有效体积约为2 L。污水由蠕动泵泵入反应器中。试验所用悬浮填料的密度接近于水,挂膜之前漂浮在水中,挂膜之后悬浮在水中,通过气泵给反应器内的微生物供氧,并使得附着生物膜的填料在反应器中呈有规律的循环流动状态。本实验采用的悬浮填料材料为聚乙烯,为圆柱型,内有十字支架,外表面有棱。具有较大的孔隙率和良好的过水和通气性能,不易堵塞,动力消耗低。

2.2. 灰水水质

实验所用灰水为人工配制,以蔗糖、淀粉为碳源,氯化铵、硝酸钾、磷酸二氢钾为氮源和磷盐,尿素提供部分碳源和有机氮源。此外,还投加少量微量元素,以便与实际的灰水水质更为接近。模拟灰水水质指标见表1。

2.3. 水质分析方法

COD:重铬酸钾法;NH₃-N:纳氏试剂分光光度法;TN:碱性过硫酸钾酸化-紫外分光光度法;TP:

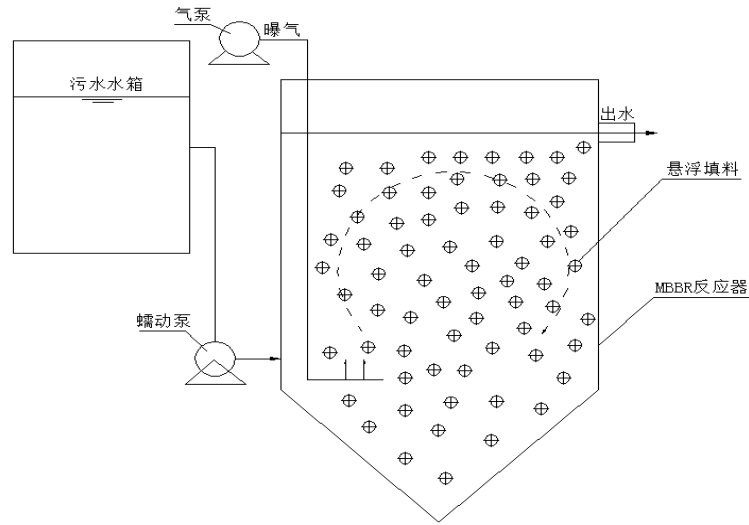


Figure 1. MBBR system diagram
图 1. MBBR 实验装置简图

Table 1. The quality of simulated gray water
表 1. 模拟灰水水质(单位: mg/L)

指标	COD	NH ₃ -N	TN	TP
浓度	100~200	20~25	30	5

过硫酸钾消解，抗坏血酸、钼酸铵分光光度法[9]。

2.4. 反应器启动与挂膜

MBBR 反应器的启动主要是悬浮填料的挂膜，为加快启动过程，在反应器内接种污泥，污泥取自于北京市清河污水处理厂，开始时采用密闭循环法，投入接种污泥先闷曝 48 h，使污泥和填料充分接触，再连续进入配置的模拟灰水(COD \approx 200 mg/L)，开始以小计量进水，水力停留时间控制为 24 h，运行一周，待运行效果稳定，有部分生物膜出现时，再加大进水量。

2.5. 实验方案

MBBR 反应器在连续进水运行阶段，考察了不同水力停留时间、悬浮填料填充比及容积负荷条件下废水 COD、NH₃-N 的去除效果，以确定工艺的最适宜运行参数，并在最适宜条件下，MBBR 对 COD、NH₃-N、TN、TP 的去除效果。

3. 结果与讨论

3.1. 水力停留时间(HRT)对污染物去除的影响

控制进水水力停留时间分别为 5 h、3 h 和 2 h，MBBR 反应器对 COD 和氨氮的去除效果如图 2 和图 3 所示。可以看出，由于 HRT 由 24 h 改变至 5 h，对反应器的冲击较大，去除率有明显的下降，稳定运行后，HRT 由 5 h 改变至 3 h，COD 去除率随 HRT 的减小略有升高，后期有波动，HRT 由 3 h 改变至 2 h，去除率出现小幅下降，但依然保持在 89% 左右；硝化细菌的生长周期较长[10]，因此一开始对氨氮的去除率处于较低的水平，随后才逐渐升高，NH₃-N 去除率在 HRT 为 3 h 和 2 h 时都能维持在较高的水平(90% 左右)。综上，从经济方面考虑，认为 HRT 为 2 h 时是比较合适的。

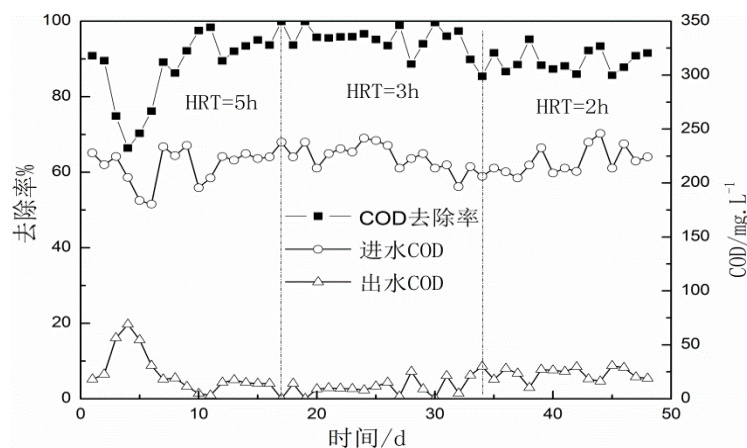


Figure 2. Effects of HRT on COD removal efficiency

图 2. HRT 对 COD 去除效率的影响

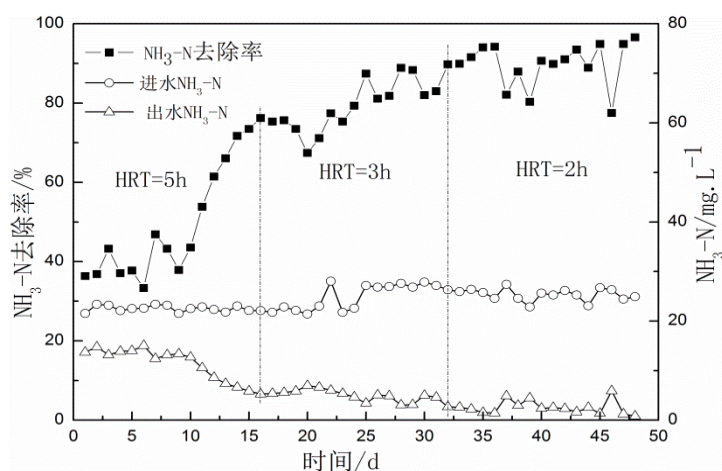


Figure 3. Effects of HRT on $\text{NH}_3\text{-N}$ removal efficiency

图 3. HRT 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效率的影响

3.2. 悬浮填料填充比对污染物去除效率的影响

悬浮填料填充比是 MBBR 反应器的重要运行参数之一。改变悬浮填料填充比为 20%、30%、40% 和 50%，试验结果如图 4 和图 5 所示，悬浮填料填充比为 20% 时，反应器内部填料较少，单个填料附着生物量过多，几乎填满了填料的所有空隙，不能进行正常的基质交换，影响去除效果。悬浮填料填充比为 30%~40% 时，反应器的运行效果最佳，填料上附着有足够的生物量，且还留有足够的空隙便于固、液、气三相的充分接触混合和碰撞，增大了传质面积，提高传质速率[11]，能使 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 维持在较高的去除效率；填充率为 50% 时，部分填料会堆积在反应器上部，不能均匀的在反应内部循环流动，传质效果较差，单个填料附着生物量也有所下降，COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率也比 30%~40% 时降低。

3.3. 容积负荷对污染物去除效果的影响

保持 HRT 为 2 h，悬浮填料填充比 30%~40% 条件不变，调节进水 COD 从 100 mg/L 到 300 mg/L，经计算，对于有效容积为 2 L 的 MBBR，容积负荷变化范围为 1.25~3.84 kg COD/(m³·d)[12]，图 6 为进水容积负荷对 MBBR 反应器去除 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 效率的影响。结果表明，COD 去除率随在容积负荷 1.25~3.84

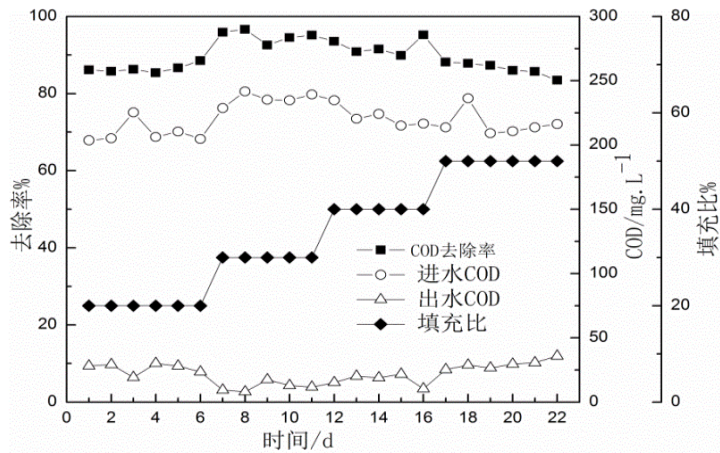


Figure 4. Effects of percent of suspended fillers on COD removal efficiency
图 4. 悬浮填料填充比对 COD 去除效率的影响

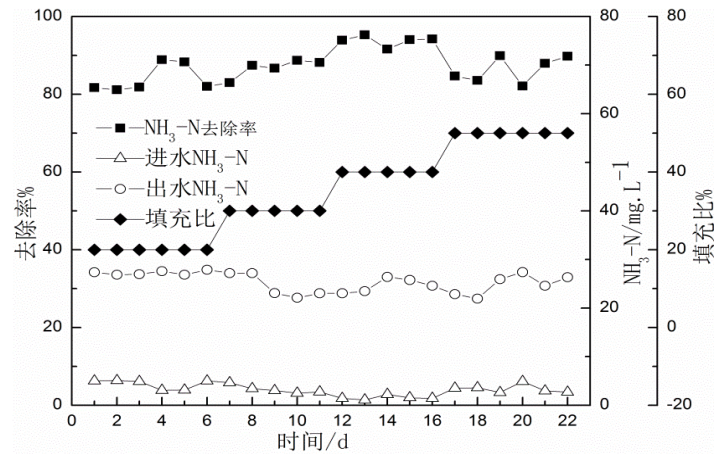


Figure 5. Effects of percent of suspended fillers on NH₃-N removal efficiency
图 5. 悬浮填料填充比对 NH₃-N 去除效率的影响

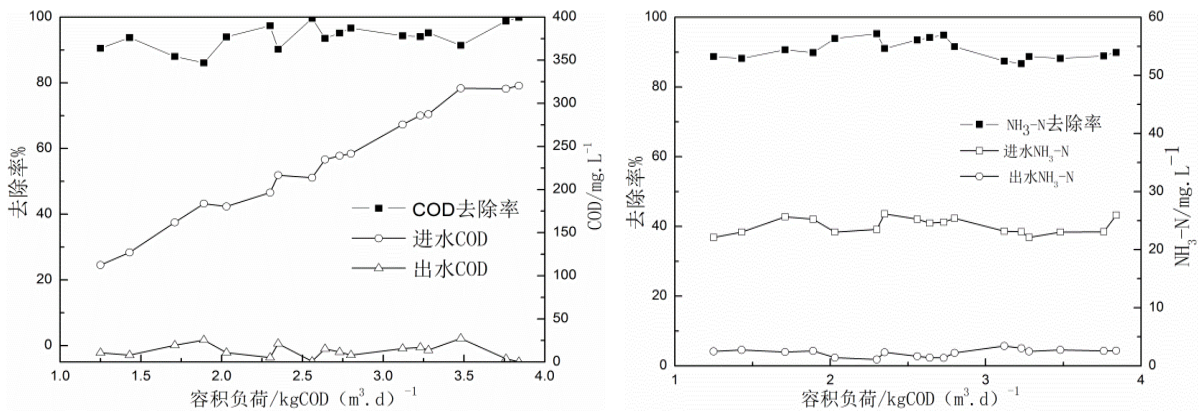


Figure 6. Effects of volume loading on COD and NH₃-N removal efficiency
图 6. 容积负荷对 COD 和 NH₃-N 去除效率的影响

kg COD/(m³·d)的范围内变化不大, 稳定在 90%左右; NH₃-N 去除率在容积负荷 1.25~3.84 kg COD/(m³·d) 范围内, 去除率达到较高水平(90%以上)。

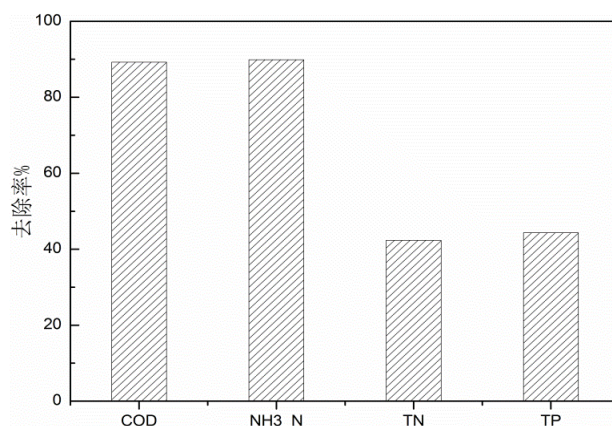


Figure 7. Removal efficiency of MBBR reactor
图 7. MBBR 反应器除污染效能

3.4. MBBR 反应器除污染效能

控制 HRT = 2 h, 悬浮填料填充比为 30%~40% 的情况下, 稳定运行 MBBR 一段时间, 监测出水 COD、NH₃-N、TN、TP, 结果如图 7 所示, 出水水质稳定, 能够满足城市杂用水水质标准(GB/T18920-2002)。

4. 结论

1) MBBR 处理小区灰水有良好的效果。当进水 COD 为 100~200 mg/L, NH₃-N 约 25 mg/L、TN 约 30 mg/L、TP 为 5 mg/L, MBBR 工艺较适宜的参数范围为 HRT 为 2 h, 悬浮填料填充比为 30%~40%, 容积负荷。

2) 在最佳参数范围条件下, MBBR 反应器运行稳定, COD 和氨氮去除率均达到 90% 以上, TN 去除率达到 40% 左右, TP 去除率在 30%~40% 之间, 出水水质能够满足城市杂用水水质标准(GB/T18920-2002)。

基金项目

国家水体污染控制与治理科技重大专项资助项目(2014ZX07305003)。

参考文献 (References)

- [1] 王少勇, 陈洪斌 (2007) 灰水处理与回用进展. *中国沼气*, **25**, 5-9.
- [2] 于凤 (2007) 半集中式处理系统灰水处理技术研究. 硕士论文, 同济大学, 上海.
- [3] 刘黎慧, 杨应桥, 周朝昕 (2009) 移动床生物膜反应器处理生活污水的研究. *市政技术*, **2**, 161-164.
- [4] 张兴文, 杨凤林, 马建勇 (2002) MBBR 处理低浓度污水的工程应用. *环境工程*, **5**, 12-15.
- [5] 张寅丞, 梅翔, 郭慧 (2013) 移动床生物膜反应器处理奶牛场废水的性能研究. *水处理技术*, **10**, 80-84.
- [6] 季民, 薛广宁, 董广瑞 (2003) 移动床生物膜反应器处理生活污水. *中国给水排水*, **2**, 56-57.
- [7] Ghunmi, L.A. and Zeeman, G. (2011) Grey water biodegradability. *Biodegradation*, **22**, 163-174.
- [8] 张安龙, 曹萌 (2011) 移动床生物膜反应器处理生活污水的研究. *环境工程*, **1**, 15-18.
- [9] 国家环境环保局 (2002) 水和废水监测分析方法. 中国环境科学出版社, 北京.
- [10] 郭海燕, 周集体, 郭帧 (2011) 不同操作模式对移动生物膜反应器脱氮除磷效果的影响. *化工学报*, **4**, 1110-1116.
- [11] 郭天赐, 王怡, 张引中 (2009) 不同填充率对移动床生物膜反应器的产泥性能影响研究. *环境工程学报*, **2**, 249-252.
- [12] 高艳玲, 丁曰堂 (2007) 容积负荷对悬浮载体生物流化床处理效果的影响. *中国给水排水*, **13**, 79-82.