

The Comparative Study of Canteen Wastewater Treatment Efficiency with MBR and Biological Contact Oxidation Process

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

Beijing Key Lab for Source Control Technology of Water Pollution, Beijing Forestry University, Beijing
Email: *1264519042@qq.com

Received: September 2014

Abstract

In this paper, the actual canteen wastewater was treated with membrane bioreactor (MBR) and biological contact oxidation (BCO), and the treatment efficiency of canteen wastewater at different hydraulic retention time (6 h, 8 h, 10 h) was studied. The experimental results showed that both kinds of the two combined processes have good purification efficiencies to canteen wastewater. The animal and plant oil concentrations in the effluent of MBR and BCO process were 16.4 mg/L and 68.9 mg/L; the removal rates of animal and plant oil can reach 99.5% and 97.8%. The removal rates of COD were both above 90%, and the effluent COD concentration was at 15.7 mg/L and 21.3 mg/L. There was no big difference in the removal of $\text{NH}_3\text{-N}$ in the two kinds of combined process, and the $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration in the effluent was below 1 mg/L. The removal rate of TP was above 80% and the TP concentration in the effluent was about 0.4 mg/L. The removal rate of TN was not ideal, only about 20%. In different HRT conditions, there was no big difference in $\text{NH}_3\text{-N}$ and TN removal rate in the two kinds of combined process, but the removal rate of TP in high HRT condition was unstable. Therefore, the more suitable HRT of MBR process and BCO process was determined at 6 h.

Keywords

Canteen Wastewater, Membrane Bioreactor, Biological Contact Oxidation, Hydraulic Retention Time

膜生物反应器与生物接触氧化两种工艺处理食堂废水效能对比研究

李晶, 赫婷婷, 封莉, 张立秋*

*通讯作者。

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: 1264519042@qq.com

收稿日期: 2014年9月

摘要

本文以实际的食堂废水为处理对象, 对比考察了在不同的水力停留时间(6 h、8 h、10 h)条件下, 膜生物反应器(MBR)和生物接触氧化(BCO)两种工艺对食堂废水的净化效能。试验结果表明: 两种工艺对食堂废水均有较好的净化效能, 其中MBR工艺出水和BCO工艺出水中动植物油浓度最低为16.4 mg/L和68.9 mg/L, 动植物油的去除率分别可达99.5和97.8%; COD的去除率均在90%以上, 其出水COD浓度最低为15.7 mg/L和21.3 mg/L; 两种工艺对NH₃-N的去除率差异不大, 出水NH₃-N浓度在1 mg/L以下; TP去除率均在80%以上, 出水TP浓度在0.4 mg/L左右。TN的去除率不够理想, 仅为20%左右。在不同的HRT下, 两种组合工艺对NH₃-N和TN的去除率差异不大, 而TP在高HRT条件下的去除率不稳定, 因此确定MBR和BCO两种工艺较为适宜的HRT为6 h。

关键词

食堂废水, 膜生物反应器, 生物接触氧化, 水力停留时间

1. 引言

食堂废水具有 COD 浓度高、动植物油含量大、水质水量存在较大波动的特点[1]。目前, 常采用混凝沉淀与生物处理相结合的方法对食堂废水进行处理[1]-[3]。膜生物反应器(MBR)是将微滤或超滤膜组件作为分离手段与传统生物处理过程相结合, 具有悬浮物和有机物去除效率高、占地面积小、出水水质好等优点[4]。生物接触氧化法(BCO)兼有活性污泥法和生物膜法的优点, 同时还具有维护管理方便、占地面积小、不需要污泥回流、不产生污泥膨胀、处理效果稳定、运转灵活等特点, 因而自 20 世纪 70 年代以来得到了广泛应用[5] [6]。本文拟将采用 MBR 和 BCO 两种工艺来处理食堂废水, 重点考察在不同水力停留时间(HRT)条件下两种工艺的除污染效能。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验装置

MBR 和 BCO 两套反应器系统的工艺流程如图 1 所示, 由贮水槽, 蠕动泵, 空气泵, 活性污泥反应器、MBR 反应器和 BCO 反应器组成。MBR 反应器尺寸为 10 × 25 × 50 cm, 通过蠕动泵向反应器进水, 蠕动泵的起停由反应器内的液位控制器控制, 反应器的有效容积为 7.5 L 左右; 采用聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤维膜, 膜孔径 0.1 μm, 膜表面积约为 0.2 m²; 空气由气泵送入反应器底部。BCO 反应器尺寸为 10 × 25 × 50 cm, 通过蠕动泵向反应器进水, 反应器的有效容积约为 8.2 L 左右; 反应器中安装组合填料, 填料由塑料圆片和涤纶丝组成, 直径 150 mm, 间距 80 mm, 填充比为 5:3; 空气由气泵送入反应器底部。

2.2. 废水来源、性质及预处理

实验所用废水取自北京林业大学第二食堂, 废水中含有大量油脂和悬浮物, 经过滤网过滤后倒入贮水桶静置, 2 h 后去除表面油脂和悬浮物。为了进一步去除废水中的油脂和悬浮物, 避免 MBR 反应器和

BCO 反应器因负荷过大, 将贮水桶中的废水首先泵入至一活性污泥反应器, 进行 4 h 曝气预处理。原水及活性污泥曝气预处理后水质指标如表 1。

2.3. 污泥接种及驯化

本实验所用污泥取自北京市某城市污水处理厂, 分别取 5 L 加入到活性污泥反应器、MBR 反应器和 BCO 反应器, 另取经过稀释 2 倍的食堂废水 10 L 加入到活性污泥反应器, 曝气 6 h 后静置 1 h, 将上层清液倒入贮水桶。贮水桶中上清液通过蠕动泵加入到 MBR 反应器和 BCO 反应器, 控制水力停留时间为 12 h。如此驯化一周后, 出水水质稳定, 反应器中污泥生长状况良好, 即进入正常实验阶段。试验过程中, 分别考察了在 HRT 为 10 h、8 h、6 h 条件下, 两套反应器的除污染效果。

2.4. 水质分析方法

COD: 重铬酸钾法; $\text{NH}_3\text{-N}$: 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: 过硫酸钾消解, 抗坏血酸、钼酸铵分光光度法[7]。油含量: 红外分光光度法。

3. 结果与讨论

3.1. MBR 和 BCO 反应器系统除油效果

在不同 HRT 条件下, MBR 和 BCO 反应器系统除油效果如图 2 所示。

可以看出, MBR 和 BCO 反应器系统对废水中的动植物油均有较好的去除效果, MBR 反应器系统对动植物油的去除率可以达到 99% 以上, 出水中动植物油浓度最低为 16.4 mg/L; BCO 反应器系统对动植物油去除率可以达到 97% 以上, 其出水动植物油浓度最低为 68.9 mg/L; MBR 反应器系统对动植物油的去除效果要好于 BCO 反应器系统。分析原因为: MBR 反应器系统中的膜组件对动植物油有一定的截留

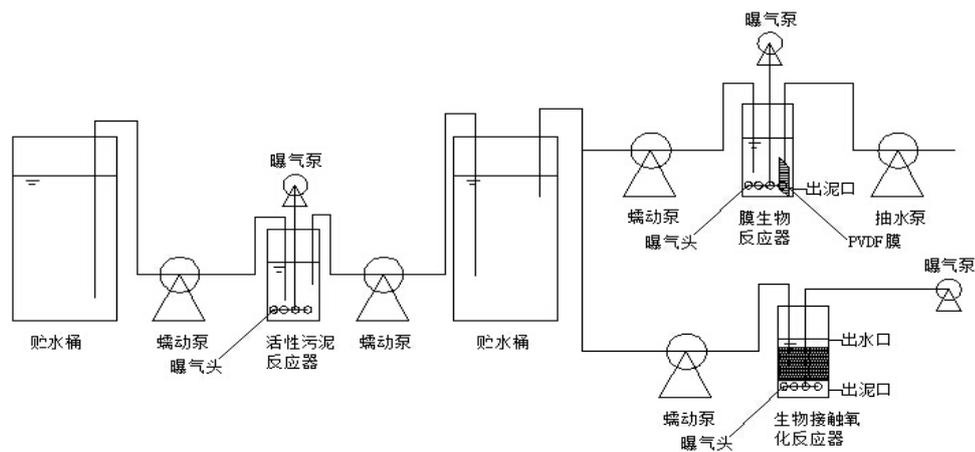


Figure 1. The flow chart of the experimental device
图 1. 实验装置流程图

Table 1. The water quality index of raw water and activated sludge reactor effluent
表 1. 原水及活性污泥曝气预处理后水质指标

测定项目	COD	总磷	总氮	氨氮	含油量
原水	800~1000 mg/L	3 mg/L 左右	10~20 mg/L	5~10 mg/L	3000 mg/L 左右
活性污泥曝气预处理后废水	600 mg/L 以下	3 mg/L 左右	13 mg/L 左右	2 mg/L 以下	200 mg/L 以下

作用。在不同的 HRT 条件下，两套反应器系统对动植物油的去除率差异不大，说明 HRT 的变化并不会对动植物油的去除产生明显影响。

3.2. MBR 和 BCO 反应器系统对 COD 的去除效果

在不同 HRT 条件下，MBR 和 BCO 反应器系统对 COD 去除情况如图 3 所示。

可以看出，原水 COD 浓度在 800~1000 mg/L 之间变化，经过 MBR 和 BCO 反应器系统处理后，出水 COD 浓度均在 100 mg/L 以下，MBR 和 BCO 反应器系统对 COD 的去除率均在 90% 以上，其中 MBR 反应器系统对 COD 的去除效果略好于 BCO 反应器系统，其出水 COD 浓度最低为 15.7 mg/L，去除率最高可达到 99.5%。在不同的 HRT 条件下，两套反应器系统对 COD 的去除率也是差异不大，说明 HRT 为 6 h 时，已能将可生物降解的有机物去除完全，继续延长 HRT 也不对 COD 的去除率有更大作用。

3.3. MBR 和 BCO 反应器系统对 NH₃-N 的去除效果

在不同 HRT 条件下，MBR 和 BCO 反应器系统对 NH₃-N 的去除效果如图 4 所示。

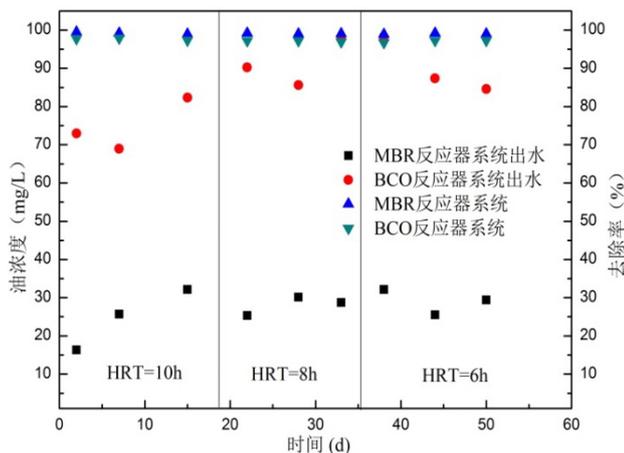


Figure 2. Removal effect on animal and plant oil of two sets of reactor system

图 2. 两套反应器系统对动植物油的去除效果

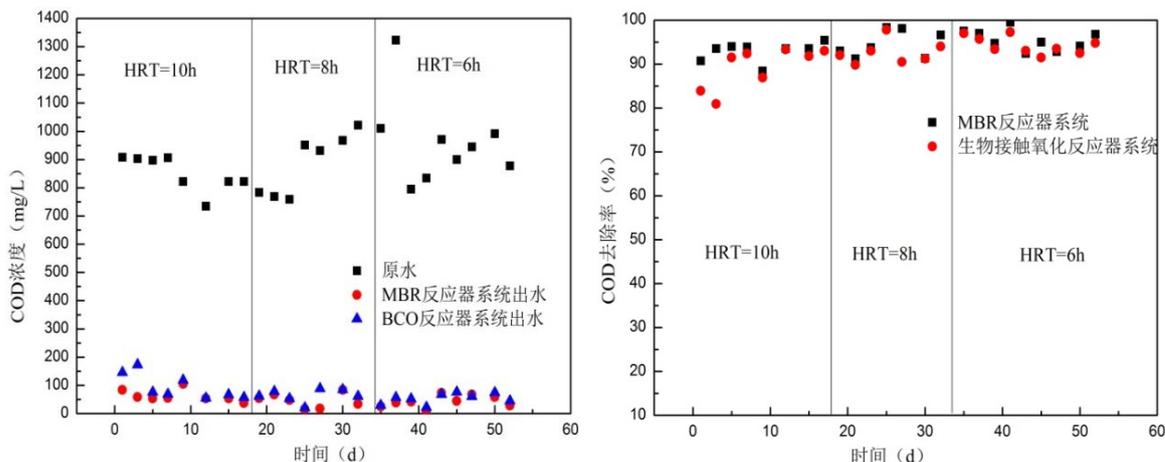


Figure 3. Removal effect on COD of two sets of reactor system

图 3. 两套反应器系统对 COD 去除效果

在实验开始阶段,由于硝化细菌世代时间长且原水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度波动较大,因此 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率存在较大波动,说明在实验开始阶段硝化细菌并没有占到优势。随着反应器系统运行时间的延长,硝化细菌数量逐渐增加, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率逐渐提高。当反应器系统运行稳定后,两种反应器系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率均在 80%~90%,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均在 1 mg/L 以下,两者之间差别不大。当 HRT 由 8 h 下降到 6 h 时,两反应器系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率略有下降,说明 HRT 对两反应器系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率存在一定影响。

3.4. MBR 和 BCO 反应器系统对 TN 的去除效果

在不同 HRT 条件下,MBR 和 BCO 反应器系统对 TN 的去除效果如图 5 所示。

污水中有机氮和氨态氮转化为硝酸盐氮,然后在厌氧的条件下,在反硝化细菌的作用下,硝酸盐氮转化为氮气,从而实现了氮的去除[8],但本实验所有反应阶段均为好氧反应阶段,缺少厌氧反应阶段,因此在反应器系统运行稳定以后,MBR 和 BCO 反应器系统 TN 的去除率仅在 20%左右,两者之间差别不大。在实验开始阶段,由于活性污泥的吸附作用,两反应器系统对 TN 的去除率还可以达到 60%,但随着运行时间的延长,活性污泥的吸附作用越来越弱,两反应器系统对 TN 的去除率逐渐降低。HRT 对 TN 的去除率无明显影响。

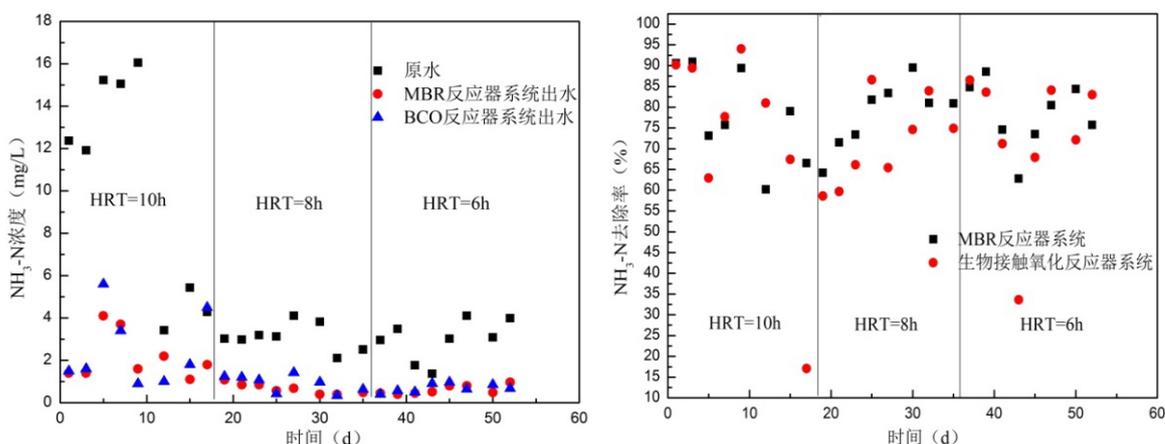


Figure 4. Removal effect on $\text{NH}_3\text{-N}$ of two sets of reactor system

图 4. 两套反应器系统对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效果

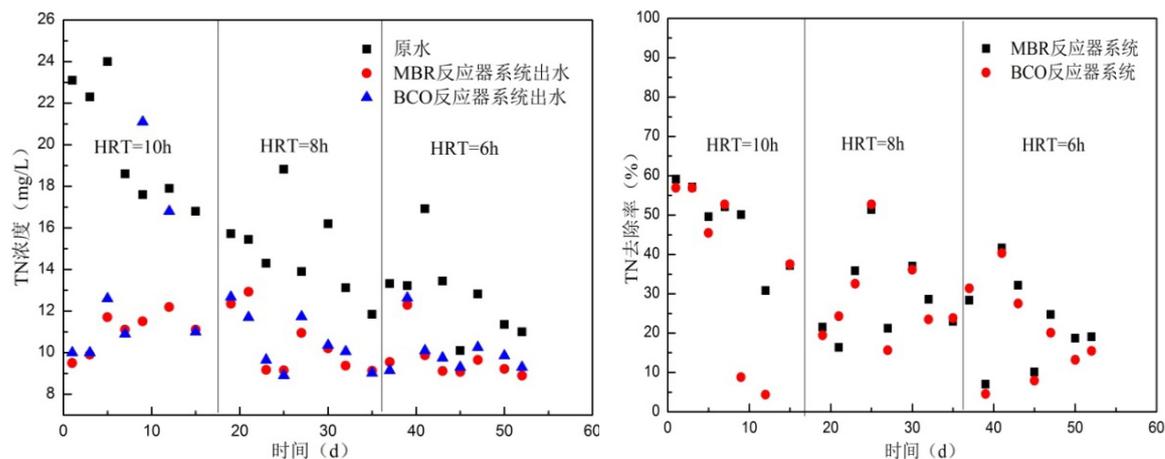


Figure 5. Removal effect on TN of two sets of reactor system

图 5. 两套反应器系统对 TN 的去除效果

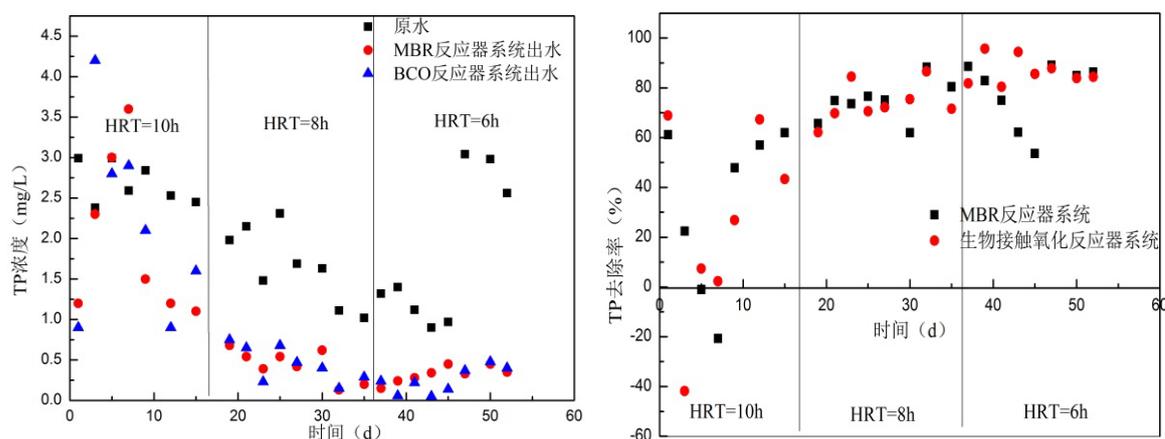


Figure 6. Removal effect on TP of two sets of reactor system
图 6. 两套反应器系统对 TP 的去除效果

3.5. MBR 和 BCO 反应器系统对 TP 的去除效果

在不同 HRT 条件下, MBR 和 BCO 反应器系统对 TP 的去除效果如图 6 所示。

在好氧的条件下, 聚磷菌分解细胞内的 PHB 而产生能量, 供其过剩摄磷, 从而使磷以细胞的形式被去除[8]。在实验开始阶段, 原水 TP 浓度较大, 为 2.5~3 mg/L, MBR 和 BCO 反应器系统出水 TP 浓度较高, 波动较大, 但总体呈现逐渐下降趋势; 随着反应器系统运行时间的延长, 聚磷菌逐渐占优, 两反应器系统出水 TP 浓度逐渐稳定在 0.5 mg/L 以下, 去除率可以达到 80% 以上, 两反应器系统之间无明显差别。当反应器系统运行较长时间后, MBR 反应器系统污泥浓度过高, 导致部分被聚磷菌吸收的磷又重新释放, 因此在 HRT 为 6 h 时, MBR 反应器系统对 TP 去除率明显降低, 再排出部分污泥后, MBR 反应器系统对 TP 去除率归于正常。随着 HRT 逐渐降低, 两反应器系统对 TP 去除率略有增加, 说明较短的 HRT 有利于 TP 的去除。

4. 结论

经过对 6 h、8 h 和 10 h 三个 HRT 的实验研究, 最终确定最适的 HRT 为 6 h, 在该 HRT 条件下 MBR 反应器系统和 BCO 反应器系统出水动植物油浓度在 90 mg/L 以下, COD 浓度在 50 mg/L 左右, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度在 1 mg/L 以下, TN 浓度为 10 mg/L 左右, TP 浓度在 0.5 mg/L 以下; 对动植物油的去除率在 97% 以上, 对 COD 的去除率可以达到 95%, 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率也有 70%~80%, 对 TN 的去除率仅能达到 20%, 而对 TP 的去除率也可以达到 80%。MBR 反应器系统对 COD 和动植物油的去除效果好于 BCO 反应器系统, 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 的去除效果与 BCO 反应器系统差异不大。

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] 张秀娟, 苏永渤, 张郁明 (1999) 餐饮废水处理方法研究. *工业用水与废水*, **4**, 23-25.
- [2] 于金莲, 高运川 (1998) 餐饮废水的混凝处理研究. *上海师范大学学报(自然科学版)*, **3**, 76-80.
- [3] 范立梅 (2000) 餐饮废水生物处理试验. *环境污染与防治*, **2**, 18-20.
- [4] 黄霞, 汪诚文, 钱易 (1998) 膜——活性污泥法组合污水处理工艺的试验研究. *给水排水*, **7**, 23-27.

- [5] Kargi, F. and Uygur, A. (2005) Improved nutrient removal from saline waste water in an SBR by *Halobacter* supplemented activated sludge. *Environ Eng Sci*, **22**, 170-176.
- [6] Panswad, T. and Anan, C. (1999) Impact of high chloride wastewater on an anaerobic/anoxic/aerobic process with and without inoculation of chloride acclimated seeds. *Water Res*, **33**, 1165-1172.
- [7] 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.
- [8] 崔志新 (2004) SBR 工艺同步脱氮除磷的试验研究. 吉林大学, 3-5.