

A/O-MBR 处理生活污水回用的试验研究

孙星凡¹, 文一波², 张言¹

(1 兰州交通大学 环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070 2 北京桑德集团,
北京 101102)

摘要: 采用缺氧-好氧一体式膜生物反应器(A/O-MBR)对生活污水处理回用进行了试验研究。试验结果表明,该系统具有较强的抗冲击负荷能力,膜分离截留对COD的去除起到了决定性作用,生物膜对NH₃-N的去除占主要作用。系统出水无色无味,COD、NH₃-N的浓度分别为14.82和0.45 mg/L,出水水质优于城市杂用水水质标准(GB/T 18920-2002)和河道景观环境用水水质标准(GB/T 18921-2002)。

关键词: A/O; 膜生物反应器; 生活污水; 中水回用

中图分类号: X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9353(2008)04-0024-03

Experiment of domestic wastewater treatment and reuse with an A/O membrane bioreactor

Sun Xingfan¹, Wen Yibo², Zhang Yan¹

(1 School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University,
Lanzhou 730070 China; 2 Beijing Sound Group, Beijing 101102 China)

Abstract The experiment with an anaerobic-aerobic submerged membrane bioreactor (A/O-MBR) for the treatment and reuse of the domestic wastewater was carried out. It was operated stably for 90 d and it showed a good ability to the bad impact. Membrane separation played a decisive role on the removal of COD, biological reaction played an important role on the removal of NH₃-N. The concentration of COD and NH₃-N were 14.82 and 0.45 mg/L in the effluent respectively. The quality of the effluent was better than the requirements of State Water Quality Standard for Urban Miscellaneous Water Consumption (GB/T 18920-2002) and State Water Quality Standard for Scenic Environment Using (GB/T 18921-2002).

Key words A/O; membrane bioreactor; domestic wastewater; water reuse

膜生物反应器(MBR)在水污染控制和水资源利用方面受到广泛的重视,一体式膜生物反应器装置(A/O-MBR)占地省、能耗少,近年来相关的应用研究在国内外受到关注^[1-4]。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置和流程

试验系统主要由进水池、A/O反应器、膜组件、曝气装置以及自控系统组成,其工艺流程见图1。

污水由进水池进入缺氧反应器内,A段的水力

停留时间为3h,反应器中混合液溢流至好氧反应器,O段的水力停留时间为6h,曝气时气水比采用(25:1)~(30:1)。经过反应,O段的混合液部分经回流泵回流至缺氧池中进行反硝化(回流比为200%),部分在抽吸泵的作用下经膜过滤后得到出水。膜组件装置浸于好氧槽内,下设曝气头,采用气泵经过砂芯滤头为混合液供氧的方式对膜表面进行冲刷以减缓膜污染速度,好氧槽内DO控制在3.0 mg/L以上。膜组件采用聚偏氟乙烯(PVDF)中

空纤维膜,膜面积为 1 m²,纯水膜通量为 40 L/(m²·h),膜孔径为 0.2 μm。膜组件出水管与出水计量泵相连,通过计量泵抽吸形成负压出水。膜出水为间歇式,时间控制器控制出水 8 min,停 2 min,出水泵和空气泵与自动控制箱连接,可通过调节运行时间来控制周期。

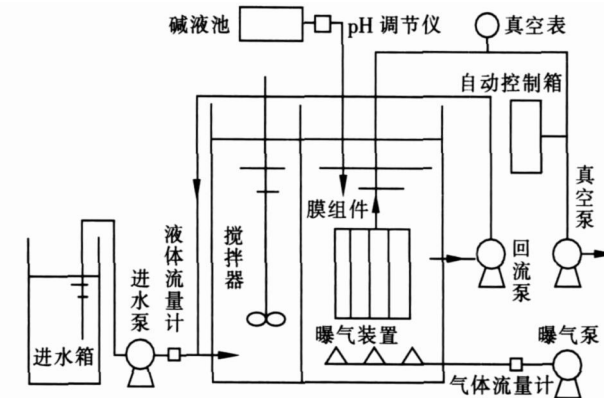


图 1 A/O-MBR 试验装置

Fig 1 Schematic diagram of A/O-MBR setup

1.2 试验用水

试验用水为某小区排水井内生活污水,水质如表 1 所示。

表 1 试验用水水质

Tab 1 Water quality of test water

项目	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	COD / (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N / (mg·L ⁻¹)	SS / (mg·L ⁻¹)	pH
范围	38.1~172.1	158.1~437.3	21.1~47.2	80~176	6.05~7.80
均值	101.7	314.3	41.8	142	7.40

1.3 分析方法

NH₃-N: 纳氏试剂分光光度法; COD: 重铬酸钾氧化法; DO: 溶解氧仪; pH: 电极法; MLSS 滤纸法; 悬浮固体 (SS) 等项目均采用标准方法进行测定^[5]。

2 试验结果与讨论

试验接种污泥取自北京某污水处理厂,经驯化后装入反应器,经两周接种驯化系统基本稳定后开始监测。系统共连续稳定运行 90 d 试验平均水温在 12℃~28℃。

2.1 对 COD 的去除效果

膜生物反应器对 COD 的去除效果见图 2。从图 2 中可以看出,系统对 COD 的去除率一直很高,平均为 94.2%,出水 COD 较稳定,小于 20 mg/L,这表明 A/O-MBR 具有较强的抗冲击负荷的能力。

通过对膜生物反应器出水水质与曝气池上清液水质的同步监测,可反映膜对溶解性物质的过滤作用对 COD 去除的贡献。0 段上清液 COD 高于出水 COD 的部分主要是由于膜分离作用所造成,试验中上清液的 COD 浓度变化较大,但出水 COD 都保持在一个比较稳定的状态。由于采用间歇出水,所测上清液中 COD 可相当于相同试验条件下传统二沉池的出水 COD。可见在相同的反应条件下,膜的过滤作用要远远优于传统二沉池的沉淀作用,并且出水水质稳定。在系统启动阶段生物去除率比较低,但是总去除率依然很高,表明在使用 MBR 工艺处理生活污水中,膜截留进一步提高了系统对 COD 的去除率,膜对系统的稳定出水起到了决定性作用。

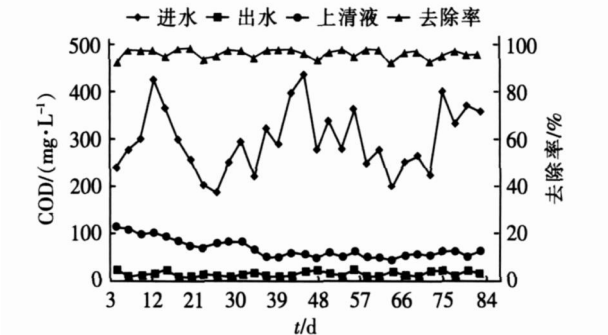


图 2 对 COD 的去除效果

Fig 2 Removal efficiency of COD

2.2 对氨氮的去除效果

系统进、出水氨氮浓度以及 A/O-MBR 对氨氮的去除效果见图 3。从图中可以看出,运行基本稳定后,系统对氨氮的去除率在 98.3% 以上,平均为 99.08%,出水氨氮在 0.5 mg/L 以下。

试验采用前置缺氧反硝化处理工艺,氨氮的去除几乎完全靠生物反应器中微生物的作用,膜对氨氮的截留作用很小,膜生物反应器系统内可以保持较高的污泥浓度和较长的污泥停留时间,水力停留时间和污泥停留时间完全分离,有利于微生物对氨氮的去除。在试验过程中,MLSS 由开始的约 3 500 mg/L 上升到约 8 900 mg/L,硝化菌可以在曝气池内大量富集,同时系统中的溶解氧比较高,从而保证了系统良好的硝化效果和较强的抗氨氮冲击负荷能力。但膜的拦截作用本身对 NH₃-N 去除并无贡献,因为 NH₃-N 在水中是以水和氨离子的形式存在,可自由穿过膜的微孔。

2.3 对 SS、浊度和色度的去除效果

一体式 A/O-MBR 对 SS 的去除效果非常好,

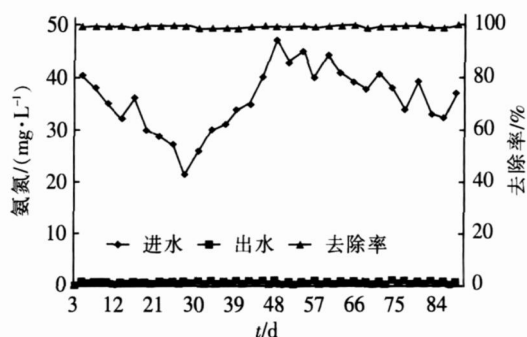


图3 对氨氮的去除效果

Fig 3 Removal efficiency of NH₃-N

出水中未检出 SS, 说明膜生物反应器对 SS 有着极佳的去除效果, 优于传统活性污泥工艺单纯靠重力沉淀的二沉池的处理效果, 主要是因为膜对 SS 的截留作用得到了充分发挥, 活性污泥中的微生物也能有效地去除 SS。MBR 对浊度的去除也始终维持在很高的水平, 主要由于膜分离工艺的物理拦截和筛选作用^[6], 对浊度的去除主要靠膜孔及膜面形成的生物膜沉积层协同截留作用的结果。A/O 系统对色度的去除率可达 90% 以上, 出水色度随 MLSS 的增加而有所升高, 这可能与胞外多聚物 (ECP) 的增加有关^[7]。

2.4 污泥特性

在污泥接种完成以后, 污泥浓度随着泥龄的延长而逐渐增大。当污泥浓度达到一定程度后, 由于营养的贫乏而导致污泥产率降低, 污泥浓度逐渐达到稳定状态, 保持在 8 000 mg/L 左右。试验表明, MLSS 在 4 500~9 000 mg/L 浓度内变化对出水水质影响不很明显。因此, 在膜生物反应器系统中, 不必过于追求高的污泥浓度, 因污泥浓度的增加会导致膜污染的加剧和膜透水率的降低, 另外过高的污泥浓度和较长的污泥停留时间, 会降低氧的传递效率和污泥活性^[8]。在试验后期 MLSS 浓度趋于下降, 这主要是由于膜污染及堵塞, 流量降低, 因而 COD 负荷低, 微生物可利用的能量少, 低于细胞维持能, 细胞内源呼吸自身消耗, 导致污泥浓度下降。

试验过程中污泥的沉降性能一直较差, 驯化完成后 SV 值随着 MLSS 的升高而增大, 由 90% 增到 100%, 平均为 99.3%; SVI 平均为 145.5 mL/g。由于是通过膜来实现泥水分离而使系统运行不受污泥性状的影响, 由此说明该系统的稳定性高。

3 结论

① 采用 A/O-MBR 处理生活污水, 试验结果表明, 该系统具有较强的抗冲击负荷能力, 出水 COD 平均为 17 mg/L, NH₃-N 平均为 0.45 mg/L, pH 值为 7.5, DO 为 2.8 mg/L。出水水质指标达到了城市杂用水水质 (GB/T 18920—2002) 和城市污水再生利用景观环境用水水质 (GB/T 18921—2002) 要求。

② 系统稳定运行时 COD 去除率平均达 94.2%, 其中膜分离截留对维持稳定的系统出水水质起到了决定性作用。

③ 系统对 NH₃-N 的去除率保持在较高的水平, 可高达 99.08%, 膜本身对 NH₃-N 的去除作用不大, 但是较长的 SRT 和较高的 MLSS 保证了系统良好的硝化效果。

参考文献:

- [1] 李志东, 李娜, 张洪林. 膜生物反应器 (MBR) 处理废水的研究进展 [J]. 净水技术, 2007, 26(1): 18-22
- [2] 岑运华. 膜生物反应器在污水处理中的应用 [J]. 水处理技术, 1991, 17(4): 23-26
- [3] Yanamoto K, Hiasa M, Mahmood T, et al. Direct solid-liquid separation using hollow fiber membrane in an activated sludge aeration tank [J]. Wat Sci Tech, 1989, 21: 43-54
- [4] Zhang B, Yamamoto K. Seasonal change of microbial population and activities in a building wastewater reuse system using a membrane separation activated sludge process [J]. Wat Sci Tech, 1996, 34(6): 295-302
- [5] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 (第4版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [6] Chang J S, Tsai L J, Vigneswaran S. Experimental investigation of the effect of particle distribution of suspended particles on micro-filtration [J]. Wat Sci Tech, 1996, 34(9): 133-140
- [7] 刘锐. 一体式膜生物反应器的微生物代谢特性及膜污染控制 [D]. 北京: 清华大学, 2000
- [8] 孙孝龙, 普红平. 新型废水处理技术—膜分离生物反应器 (MBR) [J]. 环境科学与技术, 2003, 26(5): 49-52

E-mail sunxingfan@163.com

收稿日期: 2008-06-10