

可反洗平板膜生物反应器处理园区生活污水研究^{*}

学 贤^{1,2}, 苏义鹏³, 丁马太^{2,4}, 何旭敏¹, 蓝伟光^{2,3}

(1. 厦门大学 化学化工学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 材料学院, 福建 厦门 361005;

3. 三达膜科技(厦门)有限公司, 福建 厦门 361022; 4. 龙岩学院 化学与材料工程学院, 福建 龙岩 364000)

摘要: 就可反洗平板浸没式膜生物反应器和传统平板浸没式膜生物反应器处理园区生活污水的效果进行比较研究, 发现在水力停留时间同为 9.6h 的条件下, 两者几无区别, COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率同样分别为 90% 和 95%, 浊度均降至 0.7 NTU 以下, 也均无 SS 检出, 出水水质都达到国家生活杂用水水质标准 (GB/T 18920-2002); 但前者因膜具可反洗性, 可以延缓膜污染, 延长系统稳定运行周期, 减少化学清洗频率, 既降低运行成本, 延长膜使用寿命, 又减少化学清洗剂对环境的污染。

关键词: 膜生物反应器; 生活污水; 可反洗膜生物反应器

中图分类号: TQ085; X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-9731(2009)11-1922-03

1 引言

膜生物反应器 (MBR) 是由膜分离和传统活性污泥处理两种技术相结合而成的一种新型高效污水处理工艺^[1~4], 已越来越多地得以实际应用。它与传统的活性污泥工艺一样拥有生物降解性; 但可完全去除固体物和细菌, 出水水质更好; 且系统污泥浓度可控, 可在更高的污泥浓度下运行, 工艺更稳定可靠, 占地面积也较小。

但是, MBR 也存在着膜污染和运行成本两方面的问题^[5~9]。前者主要是由于生物大分子、胶体、阻垢剂或高分子化合物在膜表面沉积造成的^[10], 与微生物特性、胞外聚物质 (EPS)、膜孔径、膜表面特性、膜组件材质等因素有关^[11], 它导致膜通量下降, 而频繁的膜清洗, 既提高运行成本, 缩短膜使用寿命, 又会对环境造成污染。后者是由于昂贵的膜组件以及运行的高能耗所致。

为了减少膜污染, 一般采用对膜组件曝气, 由所引起的错流去除膜表面的污泥。中空纤维膜虽可通过透析液反洗, 但却易被水质中的纤维、头发所缠结; 传统平板膜虽无缠结问题, 但通常却不能反洗, 只能通过浸泡去除污染, 清洗效果有限。

本试验的目的是研究由可反洗平板膜组件与传统平板膜组件分别所构成的两种 MBR 对于工业园区生活污水的处理效果, 寻找延缓膜污染的可行途径。

2 实验

2.1 实验装置

一体浸没式膜生物反应器, 如图 1 所示 (1. 进料泵, 2. 污泥回流泵, 3. 鼓风机, 4. 反洗池, 5. 产水池, 6. 可反洗平板膜组件 Module #1, 7. 传统平板膜组件 Module #2, 8. 抽吸泵, I. 兼氧池, II. 好氧池)。图 1 中粗黑线所示部分为其反应池, 高、长、宽为 2.4m × 2.38m × 0.7m, 分隔成兼氧池 (图 1 之 I) 和好氧池 (图 1 之 II)。前者进水水位 1.8m, 池容 0.98m³; 后者进水水位 1.6m, 池容 1.79m³。

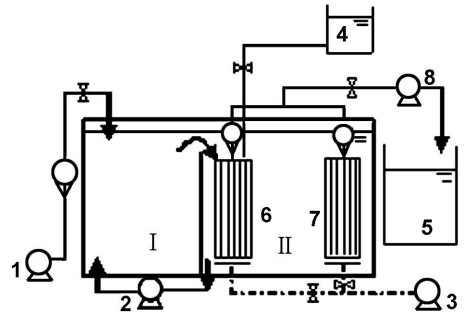


图 1 MBR 工艺流程图

Fig 1 Schematic diagram of the membrane bioreactor

为了方便比较, 于好氧池中并联安装 BIO-CEL[®] 可反洗平板膜组件 [Module #1, 德国迈纳德公司 (Microdyn-Nadir GmbH), 聚醚砜 (PES) 材质, 膜面积 10m², 膜孔径 0.04 μm] 和传统平板 MBR 组件 [Module #2, 三达膜科技(厦门)有限公司, PES 材质, 膜面积 8m², 膜孔径 0.04 μm]。

Module #1 有别于 Module #2, 它是通过层压成型工艺, 令膜复合到由高聚物制成的引水层上而得到的一个稳定复合层 (图 2(a)), 它不但不影响膜的透水性 (其工作流程如图 2(b)), 而且具有可反洗性 (反洗流程如图 2(c)), 还允许高的错流流量 (图 2(b) 和 (c) 中 1 为膜片, 2 为引水层, 3 为透析液收集管, 4 为护框, 5 为气泡, 6 为污染物, 7 为曝气装置)。

污水经泵 1 先进入兼氧池, 通过反硝化作用去除大部分的氨氮后溢流至好氧池, 利用膜的截留作用, 实现泥水分离。膜所截留的微生物, 使好氧池中活性污泥的浓度大大增加, 有利于这里生化降解反应的进行。加之通过鼓风机 (图 1 之 3) 鼓风曝气, 加速大量硝化

菌群、磷细菌等的降解或吸附,污水中所含碳、氮、磷有机污染物得以较为彻底的去除。膜的高截留精度则

是得到高质量出水的保证。

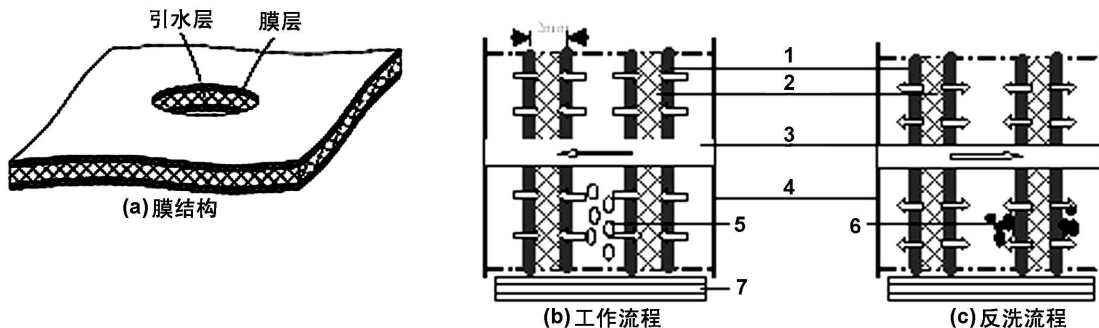


图 2 BIO-CEL 可反洗平板膜组件

Fig 2 BIO-CEL backwashable flat sheet MBR module

2.2 污水来源

实验所用污水取自工业园区的污水排放口,主要为食堂和宿舍生活污水,浑浊,色深,有腐臭味,含有大量的细菌和微生物,基本水质特点如表 1。

表 1 原水基本水质表

Table 1 Water quality of feed soltion

pH	CODCr (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)
7.2	200~500	120~200	100~200	40~54

2.3 测定项目和和方法

COD: 密闭消解-重铬酸钾法; NH₃-N: 纳氏试剂光度法; MLSS: 重量法; BOD₅: 稀释接种法; SS: 重量法; 浊度: 分光光度法; 膜通量: 由流量计计得。

3 结果与讨论

3.1 污泥的培养和驯化

活性污泥注入 MBR 之反应池后,注入自来水,开启鼓风机曝气 24h 后,静置 1h,排除上清液,注入污水进行微生物驯化,取样测定 COD 含量,持续 15d 左右,直至上清液 COD 基本稳定,混合液污泥浓度(MLSS)基本保持在 3000mg/L,即可投入污水处理运行。根据污水特点,设定 MBR 基本运行参数如下表 2。

表 2 MBR 基本运行参数

Table 2 Operation parameters

运行项	参数
水温	≤40℃
膜冲刷曝气量/气水比	25~40 : 1
好氧池 DO	≥1.5mg/L
兼氧池 DO	≤0.5mg/L
污泥回流比	100%
混合液污泥浓度(MLSS)	3000~9000mg/L
出水蠕动泵	抽停时间比 8 : 2
水力停留时间 HRT(h)	9.6
污泥龄(d)	10~15
膜通量(L/m ² /h)	20

3.2 COD 与 BOD₅ 的去除效果

从图 3 可以看出,对于 COD 200~500mg/L 的生活污水, Module #1 和 Module #2 两种膜组件的

COD 去除效果都非常明显,出水的 COD 基本都保持在 40mg/L 以下,即 COD 的去除率都保持在 90% 以上,都符合《城市污水再生利用城市杂用水水质》标准(GB/T 18920-2002)。同时,这两种膜组件也都能使这类生活污水的 BOD₅ 由原来的 120~200mg/L 降至 2mg/L 以下,即 BOD₅ 去除率都达到 97% 以上。总之,该两种膜组件的 COD、BOD₅ 去除率几无差别。

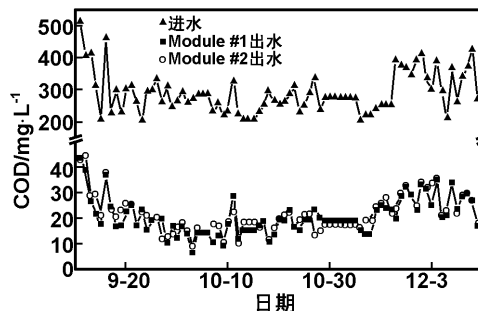


图 3 COD 去除效果

Fig 3 Effect of COD removal

3.3 氨氮的去除

两种膜组件去除 NH₃-N 的效果如图 4 所示。进水 NH₃-N 为 40~54mg/L,出水 NH₃-N 都在 0.3~1.9mg/L,去除率都在 95% 以上。即 NH₃-N 去除效果也相近。

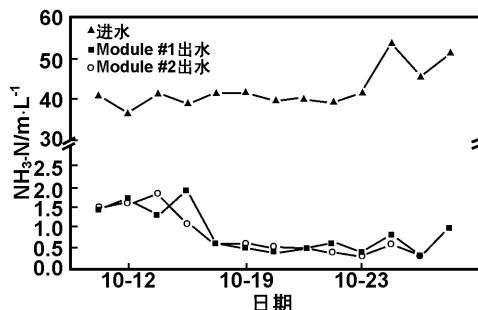


图 4 NH₃-N 去除效果

Fig 4 Effect of NH₃-N removal

MBR 工艺对氨氮的去除明显优于传统的污泥处理工艺。这是因为:(1) MBR 中膜的截留起着富集硝化细菌的作用,硝化细菌于好氧池拥有更长的停留时间得以快速繁殖且不被排出;(2) 相对于传统污泥法,MBR 污泥产率小^[12],硝化细菌面临来自其他异样微

生物竞争的几率较小。

3.4 SS 和浊度的去除

由这两种膜组件对于 SS 同为 $100\sim 200\text{mg/L}$ 左右的这类生活污水处理之后,出水均未检测出 SS 的存在;浊度也由 $50\sim 150\text{NTU}$ 降低到 0.7NTU 以下。即出水的 SS 和浊度都完全满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》标准(GB/T 18920-2002)。

3.5 过滤性能

膜的过滤性能定义为单位压差下的膜通量变化。膜组件的纯水过滤性能一般为 $350\sim 600\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ 。在运行期间,过滤性能会随着跨膜压差(TMP)的升高而下降,原因是更大的抽吸压力下,膜表面更易结垢沉积,形成更厚滤饼层,导致膜渗透性变差^[13]。在膜通量基本保持恒定 $20\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 的情况下,膜滤阻力主要与污泥浓度、曝气和温度等有关^[14~16]。一般通过过滤性能参数表征膜污染的程度,过滤性能越低说明膜污染越加严重,一般要求渗透性能保持在 $100\sim 300\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ 。因此,如何保持 MBR 膜组件的过滤性能长期稳定在这种较高的水平,一直是研究的重点。

本实验之 MBR 反应池中的初始污泥浓度为 3849mg/L ;运行之后,MLSS 缓慢上升到 $8\sim 10\text{g/L}$ 。

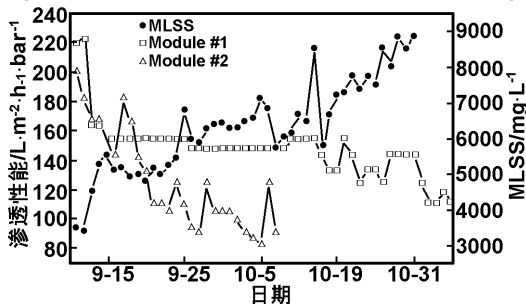


图5 MBR 中污泥浓度及两种膜组件各自渗透性能随时间的变化

Fig 5 Variation of MLSS and permeability of Module #1 & Module #2 in MBR tank vs. Operation time

实验采用连续运行方式,Module #1 每天用出水反冲洗两次,每次 2min ;Module #2 未进行反冲洗,但在 Module #1 反冲洗时停机浸泡 2min 。两种膜组件运行条件和运行时间一致,运行期间均未进行化学清洗。从图 5 可以看出,两种膜的污染程度有明显的差异。随着 MLSS 浓度的升高,Module #1 渗透性能基本保持在 $150\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ 左右,直到 MLSS 升到将近 9000mg/L 时,才开始出现下降趋势;而 Module #2 的渗透性能则是迅速下降至 $100\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ 以下。这一实验结果说明,反冲洗对保持膜的渗透性能有明显的积极作用。

4 结论

中国知网 <https://www.cnki.net>

实验采用可反洗的 MBR 和传统的 MBR 处理生

活污水,并就其效果进行比较,发现其出水几无差别: $\text{COD } 6.4\sim 43.7\text{mg/L}$, $\text{BOD}_5 < 2\text{mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N } 0.3\sim 1.9\text{mg/L}$, pH 值 $6.5\sim 7.5$, 未检出悬浮固体物和浊度。即出水水质都达到生活杂用水水质标准(GB/T 18920-2002)。

但是,可反洗膜组件可明显地减缓膜的污染,展现持续稳定的渗透性能,因而可减少化学清洗的频率,既可降低运行成本延长膜使用寿命,又可减少膜清洗剂对环境的污染。这一发现,对于提升 MBR 的实际推广应用价值有现实意义。

致谢:感谢夏盛明工程师参与本次实验设备的安装和维护!

参考文献:

- [1] 方焱育,梅凯,文井,等.[J].中国给水排水,2008,24(11):105-108.
- [2] 冯淑颖.[J].广东化工,2008,35(3):64-65,89.
- [3] 陈新军,李浩.[J].广东化工,2008,35(1):67-69,77.
- [4] Cicek N, Winnen H, Suidan M T, et al. [J]. Water Res. 1998, 32(5):1553-1563.
- [5] 刘德涛,许德平,崔利峰,等.[J].给水排水,2008,34(S1):42-45.
- [6] 王军.[J].科技创新导报,2008,25:11-12.
- [7] 李志东,李娜,张洪林.[J].净水技术,2007,26(1):18-22.
- [8] 张全忠,韩春梅.[J].环境科学与管理,2005,30(4):42-43,46.
- [9] Thomas H, Judd S, Murrer J. [J]. Membr Technol, 2000, 122:10-13.
- [10] Judd S, Judd C. The MBR Book [M]. UK: ELSEVIER, 2006.78-84.
- [11] Chang L S, Le Clech P, Jefferson B, et al. [J]. J Environ Eng, 2002, 128(11):1018-1029.
- [12] Chaize S, Huyard A. [J]. Water Sci Technol, 1991, 23:1591-1600.
- [13] Hong S P, Bae T H, Tak T M, et al. [J]. Desalination, 2002, 143(3):219-228.
- [14] 张景丽,曹占平,张宏伟.[J].环境科学,2008,29(10):2788-2793.
- [15] 陈宏宇,孙宝盛,张海丰.[J].水处理技术,2008,34(7):16-18,68.
- [16] 由昆,傅金祥,琚冉,等.[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2006,22(5):825-828.

(下转第 1928 页)

参考文献:

- [1] He Jihui, Shumei, Zhao Jianqing. [J]. Polymers and Polymer Composites, 2006, 14(6): 611-622.
- [2] Huang Y Q, Jiang S L, Wu L B, et al. [J]. Polymer Testing, 2004, 23: 9-15.
- [3] Hua Y Q, Zhang Y Q, Wu L B, et al. [J]. Journal of

Macromolecular Science Physics, 2005, 44(2): 149-159.

- [4] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助神经网络分析与设计[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [5] 刘 克.实用马尔科夫决策过程[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [6] Funahashi K I. [J]. Neural Networks, 1989, 2(3): 183-192.

Preparation and prediction based on BP-Markov model of LLDPE/EVA/nano-ZnO composite material

LIU Jia¹, LI Shun-xiang², JIA Shu-sheng³

(1. Faculty of Materials and Energy, Gangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Faculty of Automation, Gangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

3. The Key Lab. of Automobile Materials of Jilin University, Ministry of Education, Changchun 130022, China)

Abstract: LLDPE/EVA/ZnO nanocomposite material were prepared, and the mechanical properties were tested. A BP-Markov model was constituted in the base of BP neural network and Markov chain. And the multi-target properties of EVA/LLDPE/ZnO nanocomposite material were predicted by this BP-Markov model. It was showed that the method was effective and feasible in the use of the multi-target properties prediction of polymer/inorganic nanocomposites material. When the multi-target properties of polymer/inorganic nanocomposites material were predicted, the randomness and fluctuation of the prediction errors were solved by the Markov chain. The advantages of BP neural network and Markov chain were exerted sufficiently. That offered a kind of new ideas for analysis of experiment data, under the condition of limited data and stochastic factors.

Key words: polymer/inorganic nano-composite material; orthogonal experiment; BP-Markov model; properties prediction

(上接第 1924 页)

Domestic sewage treatment by the backwashable flat sheet MBR

XUE Xian^{1,2}, SU Yi-peng³, DING Ma-tai^{2,4}, HE Xu-min¹, LAN Wei-guang^{2,3}

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. College of Materials, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. Suntar Membrane Technology (Xiamen) Co., LTD, Xiamen 361022, China;

4. College of Chemistry and Material Engineering, Longyan University, Longyan 364000, China)

Abstract: A pilot plant with a backwashable flat sheet MBR module and a conventional flat sheet MBR module was set up for treatment of domestic sewage. The performance of simultaneous removal of organics and nitrogen was examined. The degradation of wastewater at a hydraulic retention (HRT) time of 9.6 h was studied. The results showed that both modules mostly had the same treatment performance. The removal of COD and NH₃-N was 90% and 95%, respectively. Effluent from either treatment was free of SS, and the turbidity was under 0.7 NTU. The quality of effluent was found to meet the National Miscellaneous Domestic Water Quality Standard (GB/T 18920-2002). However, the backwashable MBR module can retard membrane fouling, which prolongs the stable running period of MBR system and reduces the frequency of chemical cleaning due to its backwashable characteristic. The backwashable MBR not only needs less operating cost than the conventional MBR modules, but also protects the environment from the pollution of chemical cleaning agent.

Key words: membrane bioreactor (MBR); domestic sewage; backwashable