

气水交替膜生物反应器处理生活污水效能

王宏杰,董文艺,李 继

(哈尔滨工业大学 深圳研究生院,518055 广东 深圳,whj1533@yahoo.com.cn)

摘要:为更好地将气水交替膜生物反应器应用于实际工程,通过中试试验,考察该反应器对实际生活污水的处理效果.结果表明,在实际污水碳氮比为4的条件下,AMBR对COD和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率在90%左右,出水质量浓度分别低于20 mg/L和5 mg/L,但对TN的去除能力有限,出水平均质量浓度为22.4 mg/L,去除率仅为38%.通过在水中原水中投加葡萄糖使原水碳氮比提高至6时,AMBR对TN的去除率上升至66%左右,出水质量浓度在13 mg/L左右,能达到国家一级A标准;同时,出水中COD和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量浓度仍低于20 mg/L和5 mg/L.长期监测过膜阻力发现,AMBR具有很好的抗膜污染性能,长期运行过程中,TMP始终维持在-20 kPa左右.

关键词:气水交替膜生物反应器;生活污水;碳氮比;膜污染

中图分类号: TU992.3

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2011)10-0050-03

Gas - water alternate membrane bioreactor for domestic sewage treatment

WANG Hong-jie, DONG Wen-yi, LI Ji

(Harbin Institute of Technology Shenzhen Graduate School, 518055 Shenzhen, Guangdong, China, whj1533@yahoo.com.cn)

Abstract: The treatment efficiency by the gas - water alternate membrane bioreactor (AMBR) on domestic sewage was investigated through a pilot - scale study in order to get better application effect in the practical engineering. The results showed that: AMBR had good COD and $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ removal effect when the C/N ratio of raw domestic sewage was 4, and the COD and $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ concentration in effluent under 20 mg/L and 5 mg/L. But it's not good at TN removal because of its low C/N ratio, and the TN concentration in effluent was 22.4 mg/L. When the C/N ratio of raw water increased to 6 according to adding glucose in raw domestic sewage, the TN removal efficiency by AMBR was increased to 66%, and the effluent TN was only 13 mg/L, which met the First A - level requirement of China. Meanwhile, the COD and $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ removal effect by AMBR was unaffected by the change of the raw water's C/N ration. The trans - membrane pressure was maintained about -20 kPa indicated that AMBR also had good membrane fouling alleviating effect.

Key words: gas - water alternate membrane bioreactor; domestic sewage; C/N ratio; membrane fouling

膜曝气生物反应器(membrane aeration bioreactor, MABR)是将膜组件代替传统曝气头进行曝气的污水生物处理工艺^[1-3],许多研究表明,该工艺具有很好的同步脱氮除碳效果^[4-8].但常规MABR工艺采用后加沉淀池出水,不仅增加占地

面积,同时泥水分离效果受前面生物段影响较大,出水水质得不到保证.为解决以上问题,将膜曝气和传统的膜分离相组合,构成一种新型的气水交替式膜生物反应器(gas - water alternate membrane bioreactor, AMBR),该反应器将有效地结合传统MBR出水水质好、占地面积小、运行稳定和MABR同步除碳脱氮的优点.

本课题组前期的研究表明,采用人工配水时,该工艺在原水碳氮比大于5^[9]、混合液DO为0.5 mg/L的条件下^[10],具有很好的同步脱氮除碳效果.而实际生活污水由于污染物组成相对复杂,

收稿日期: 2010-05-12.

基金项目: 十一五国家科技支撑计划项目(2006BAB17B04,06);
建设部研究开发项目(2008-k7-8);深圳市科技计划项目(SY200806260035A).

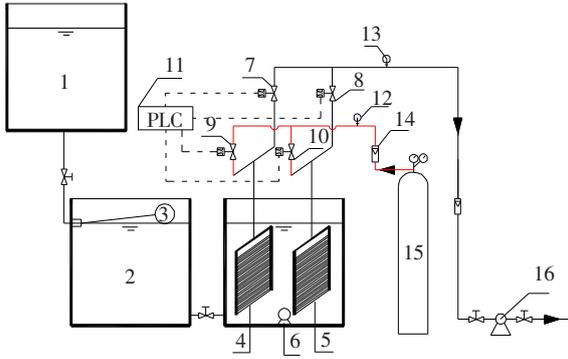
作者简介: 王宏杰(1983—),男,博士后;
董文艺(1967—),男,教授,博士生导师.

该工艺的处理效果与配水可能会有一定的差别. 本文主要考察了该工艺对实际生活污水的处理效果,同时通过在原水中添加葡萄糖,考察碳氮比对污染物去除效果的影响.

1 试验

1.1 试验装置

AMBR 试验装置如图 1 所示.



1—高位水箱;2—平衡水箱;3—浮球阀;4、5—膜组件;6—循环水泵;7~10—电磁阀;11—PLC 控制器;12—气压表;13—负压表;14—气体流量计;15—氧气瓶;16—蠕动泵.

图 1 试验装置图

AMBR 中两膜片进行交替运行,通过 PLC 和电磁阀进行控制. 当电磁阀 9 开启时,电磁阀 8 也处于开启状态,膜片 4 用于曝气,膜片 5 用于出水;此时电磁阀 7 和 10 处于闭合状态. 运行 3 h 后,电磁阀 8 和 9 自动关闭,而 7 和 10 处于开启状态,此时膜片 4 用于出水,而膜片 5 用于曝气. 再次运行 3 h 后进行交替. 气源为由氧气瓶 15 提供的 99.9% 的纯氧,通过流量计 14 控制曝气量以改变反应器中的 DO 值. 由于膜曝气过程中无肉眼可见的气泡产生,无法起到混合作用,因此,在反应器底部设置一水力循环泵 6,有利于原水和反应器内混合液的均匀混合. 试验所用膜材料为亲水性聚丙烯中空纤维膜 (PP),膜孔径为 $0.2 \mu\text{m}$,膜面积 $3 \text{ m}^2/\text{片}$. 反应器的有效体积为 240 L,水力停留时间控制为 8 h. 试验过程中控制混合液 DO 在 0.5 mg/L 左右,反应器中水温为 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右.

1.2 试验过程

按 3000 mg/L 的活性污泥量向反应器内投加驯化成熟的污泥,进行气水交替连续运行. 试验过程分为 3 个阶段,具体如表 1 所示.

表 1 不同运行阶段的原水水质

运行阶段	时间/d	COD $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	TN $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	COD 与 TN 比	原水
一	0~25	91~191 (148)			4	实际生活污水
二	26~45	150~215 (186)	24.5~37.6 (31.8)	29.5~42.6 (36.8)	5	实际生活污水 + 葡萄糖
三	45~65	209~255 (233)			6	实际生活污水 + 葡萄糖

1.3 检测方法

试验中的水质分析方法均参照文献 [11] 进行:COD 采用重铬酸钾密闭消解法; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 采用纳氏试剂光度法;TN 采用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法. 过膜压差 (trans-membrane pressure, TMP) 采用压力表测定.

2 结果与讨论

2.1 污染物去除效果

2.1.1 COD

不同运行阶段,AMBR 对 COD 的去除效果如图 2 所示.

由图 2 可知,在第一阶段,原水为完全实际污水时,AMBR 对 COD 具有很好的去除效果. 虽然实际生活污水的 COD 在 $91 \sim 191 \text{ mg/L}$ 波动,但

反应器出水 COD 较稳定,平均值仅为 18 mg/L ,去除率达 87.5% . 而在第二和第三阶段,由于葡萄糖的投加,进水 COD 平均质量浓度增加至 186 mg/L 和 233 mg/L ,但 AMBR 仍能有效去除 COD,出水中 COD 质量浓度仍低于 20 mg/L ,可见该工艺对 COD 具有很好的去除效果.

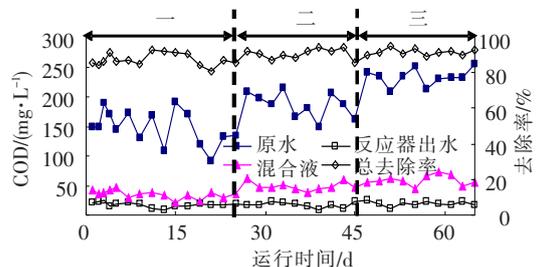


图 2 AMBR 对 COD 的去除效果

2.1.2 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$

不同运行阶段, AMBR 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果如图 3 所示.

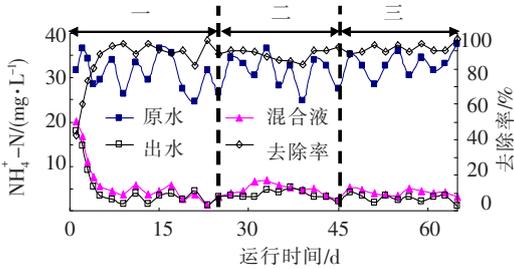


图 3 AMBR 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果

由图 3 可知, 在各阶段, AMBR 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 均具有很好的去除效果. 在进水平均 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量浓度为 32 mg/L 的条件下, 平均出水质量浓度均为 3 mg/L 左右. 可见, 投加碳源、增加原水的碳氮比对 AMBR 去除 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 基本没有影响, 这与采用人工配水所获得的试验结果一致.

2.1.3 TN

不同运行阶段, AMBR 对 TN 的去除效果如图 4 所示.

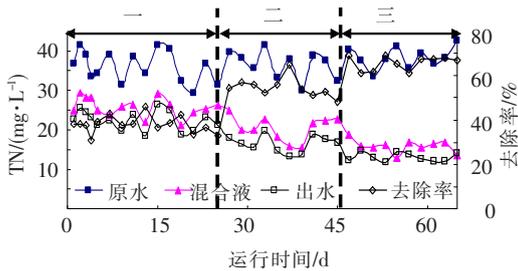


图 4 AMBR 对 TN 的去除效果

由图 4 中可知, 在第一阶段, 原水碳氮比为 4 左右的条件下, 出水 TN 的平均质量浓度高达 22.4 mg/L, 去除率仅为 38%. 而课题组前期采用人工配水进行试验时, 在同样的碳氮比条件下, TN 的去除率可接近 50%, 原因是实际生活污水中有机的生化性较配水低. 由试验测定可知, 实际生活污水中的 $\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 为 0.35 ~ 0.49, 而人工配水的比值在 0.55 ~ 0.60. 较低的 $\rho(\text{BOD}_5)/\rho(\text{COD})$ 表明实际污水中的有机物生化性较差, 能用于反硝化的碳源较少, 从而使 TN 的去除率比人工配水低.

通过添加葡萄糖, 当实际污水的碳氮比升至 5 时, 反应器对 TN 的去除效果有所上升, 去除率达 55% 左右, 出水 TN 平均质量浓度为 16.5 mg/L, 但仍高于文献[12]中一级 A 规定的 15 mg/L. 当原水的碳氮比增至 6 时, 反应器对 TN

的去除率上升至 66% 左右, 出水平均质量浓度为 13 mg/L 左右, 低于 15 mg/L 的国家一级 A 标准的要求. 因此, 对于低碳氮比的实际生活污水, 为使 TN 达到国家一级 A 标准的规定值, 需通过投加一定的外加碳源, 使原水碳氮比增至 6 左右.

2.2 膜污染的变化

实验过程中, 采用过膜阻力 (trans-membrane pressure, P_{TM}) 来反映膜组件的污染情况. AMBR 两膜组件 P_{TM} 值随运行时间的变化如图 5 所示.

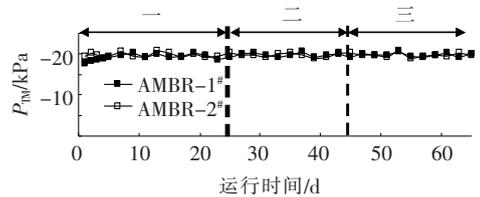


图 5 P_{TM} 随运行时间的变化

由图 5 可知, 在不同的运行阶段, AMBR 两膜组件的 P_{TM} 均维持在 -20 kPa 左右. 可见, AMBR 在实际生活污水处理过程中具有很好的抗膜污染性能, 同时, 碳源的投加不影响 AMBR 中膜组件的抗膜污染性.

3 结论

1) AMBR 对实际生活污水的 COD 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 均具有很好的去除效果, 出水 COD 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 平均质量浓度在 20 mg/L 和 3 mg/L 左右, 在原水中添加葡萄糖提高碳氮比不影响 AMBR 对 COD 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除效果.

2) 在原水碳氮比为 4 左右的条件下, AMBR 对实际生活污水 TN 的去除率较低, 出水 TN 高于 20 mg/L, 未能达到国家一级 A 的要求. 通过添加葡萄糖, 当原水碳氮比增至 6 时, 反应器出水 TN 质量浓度能低于标准一级 A 的 15 mg/L 的要求.

3) AMBR 处理实际生活污水时, 膜组件具有很好的抗膜污染性能.

参考文献:

- [1] PANKHANIA M, STEPHENSON T. Hollow fibre bio-reactor for wastewater treatment using bubbleless membrane aeration [J]. Water Research, 1994, 28(10): 2233 - 2236.
- [2] COTE P L, BERSILLON J L, HUYARD A. Bubble-free aeration using membranes: process analysis [J]. Journal Water Pollution Control Federation, 1988, 60(11): 1986 - 1992.