

文章编号: 1005—8893 (2003) 01—0001—03

# 一体式膜生物反应器硝化性能的研究<sup>\*</sup>

王 晋<sup>1</sup>, 杨 敏<sup>2</sup>

(1. 江苏工业学院 环境与安全工程系, 江苏 常州 213016; 2. 中国科学院生态环境研究中心 环境水化学国家重点实验室, 北京 100085)

**摘要:** 对一体式膜生物反应器的硝化负荷能力进行了探讨, 同时对反应器中膜污染的情况及原因、污泥质量浓度的变化情况及其原因进行了分析。在污泥质量浓度仅为 6 g/L 的情况下, 进水氨氮质量浓度为 1.5 g/L, 容积负荷为 1.6 kg/(m<sup>3</sup>·d) 的废水的去除率在 90% 以上。污泥质量浓度应控制在一定范围, 过高或过低都不利于氨氮的去除, 对于污泥层引起的膜污染可用空曝气的方法解决。

**关键词:** 膜生物反应器; 硝化; 膜污染

**中图分类号:** X 703.1      **文献标识码:** A

在一般的污水处理系统中, 硝化细菌的含量较低, 而硝化细菌是生物硝化中起最主要作用的微生物, 污水中硝化细菌的含量与硝化速度成正比关系<sup>[1]</sup>。因此, 提高反应器中硝化细菌含量就成为系统脱氮能力的首要问题。

膜生物反应器是高效的废水处理和回用系统, 与传统活性污泥法相比, 具有出水水质好、占地面积小、维修简便和操作灵活等优点。由于膜的隔离作用, 它几乎能将所有的微生物截留在生物反应器中, 这使反应器中的生物污泥浓度提高, 理论上污泥龄可以无限长。这样就使得生长速度很慢的硝化细菌得以在反应器中积累, 且随着 MLSS 的逐渐提高硝化细菌数量不断增加, 因此反应器中的硝化能力很强。本实验利用人工合成的高氨氮废水对这种反应器的硝化性能进行研究, 通过反应器中的高生物量得到一种高负荷的硝化反应器。

## 1 实验装置与试验方法

### 1.1 试验用水及接种污泥

试验用水采用人工配水, 由 NH<sub>4</sub>Cl、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、

NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、NaHCO<sub>3</sub> 和微量元素组成, 碱度按大约 7.1 gCaCO<sub>3</sub>/1g (NH<sub>4</sub>-N) 的比例投加。接种污泥取自北京市高碑店污水处理厂, 污泥接种量为 600 mg/L。

### 1.2 试验装置与流程<sup>[2]</sup>

反应器为硬质聚氯乙烯塑料板制造, 300 mm × 240 mm × 400 mm 的长方体, 有效容积为 21.6 L。反应器内设中空纤维膜膜组件, 进出水由计量泵控制。反应器的液位由液位计控制, 可同步保持出水流量与进水流量平衡。本装置采用微孔曝气器进行曝气, 曝气量可用空气流量计进行调节。整个装置放置在恒温室内, 膜生物反应器工艺流程如图 1 所示。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验方法

采用日本三菱公司生产的微滤膜, 在曝气池中用微孔曝气器曝气, 用人工配水进行实验。经过 25 天的稳定运行后, 进入负荷增长期。同样, 每一个负荷稳定运行几天后, 增加进水浓度。每天取

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2003—03—03

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助

作者简介: 王晋 (1974—) 男, 山西长治人, 硕士, 主要从事环境污染控制和环境监测的研究。

样测定氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮,记录温度、溶解氧、进出水的 pH 值、操作压力,计算膜通量。每隔几天测量污泥质量浓度和粘度。

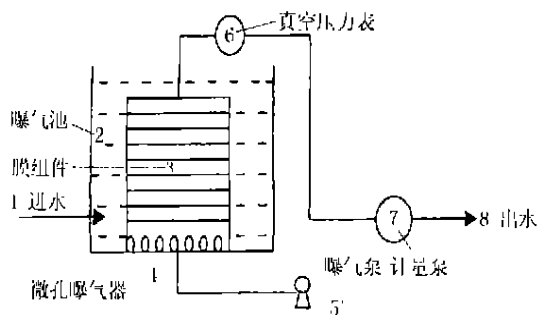


图 1 膜生物反应器装置示意图

### 1.3.2 测试方法<sup>[3]</sup>

氨氮: 纳氏试剂比色法;

亚硝酸盐氮、硝酸盐氮: 离子色谱法;

pH: 便携式 pH 计;

DO: 便携式 DO。

### 1.3.3 膜组件的各项参数

本实验所采用膜组件的各项参数如表 1 所示。

表 1 实验中采用的中空纤维膜组件

膜材质	膜孔径/ $\mu\text{m}$	组件长度/m	膜的表面积/ $\text{m}^2$	制造商
聚乙烯 (FF)	0.4	0.04	0.2	三菱

## 2 结果与讨论

### 2.1 反应器的运行情况<sup>[4]</sup>

在启动阶段,经过 25 天的连续实验,系统基本稳定运行,容积负荷在  $0.035 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  时,氨氮去除率保持在 95% 以上。从 6 月 23 日重新启动装置到 8 月 16 日这 2 个月中,进水氨氮浓度不断提高,而氨氮的去除率始终保持在 98% 以上。我们把这段时间称为负荷增长期。从 8 月 16 日到 10 月 8 日这段时间,氨氮的去除率开始下降。这是因为系统去除氨氮的能力已接近饱和,只有所有条件都适合的时候,才有可能进一步提高负荷。可以把这段时间称为稳定运行期。

从图 2 可以看出,进水氨氮在  $40 \text{ mg/L}$  左右时,运行 9 天,容积负荷在  $0.2 \sim 0.3 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  (启动初期调节流速导致负荷变动),氨氮去除率保持 95% 以上。然后,将进水氨氮升至  $80 \text{ mg/L}$  运行 5 天,容积负荷  $0.035 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,氨氮去除率仍在 98% 左右。然而,进水氨氮达到  $150 \text{ mg/L}$  以上时,出水氨氮开始上升。随把氨氮质量浓度再次降低至  $100 \text{ mg/L}$ ,容积负荷  $0.045 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

d),氨氮去除率保持在 98%。装置运行稳定后,将进水氨氮质量浓度逐渐升高至  $1.3 \text{ g/L}$ ,容积负荷达到  $0.9 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。除 7 月 13 日和 8 月 3 日因配水碱度过低,导致氨氮去除率较低,出水氨氮一般在  $1 \text{ mg/L}$  以下。当 8 月 16 日将进水流速提高一倍,从而使系统容积负荷升至  $1.6 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,氨氮去除率降至 77%。以后的实验中,在保持容积负荷不变的情况下,将进水氨氮浓度升到  $1.5 \text{ g/L}$ ,氨氮去除率均在 90% 以上。

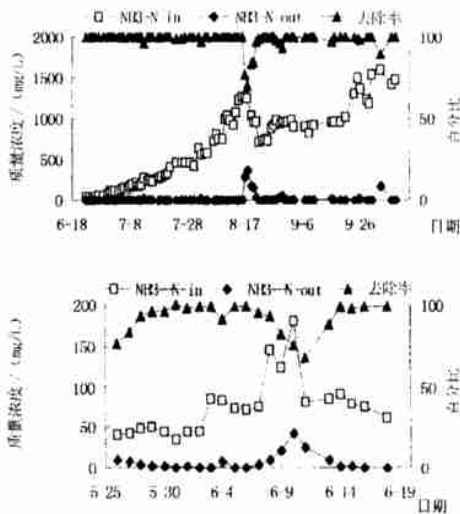


图 2 氨氮去除情况

### 2.2 膜组件的污染情况<sup>[5]</sup>

启动阶段,由于是新的膜组件,所以膜通量只是在开始的 9 天内有所下降,随后便稳定在  $2.8 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。操作压力也是在开始的 9 天上升,稳定在  $2.1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。系统运行后,膜通量在几天内猛然下降,随后便稳定在  $5.7 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  附近。这是由于装置启动后,膜组件内部负压的存在使曝气池内的活性污泥被吸附在膜表面,导致膜通量在短时间内迅速下降。随着时间的推移,膜组件表面的泥饼逐渐增大。这样,泥饼外层就有污泥因重力而脱落。当脱落的污泥与吸附的污泥达到平衡时,膜通量就会保持不变。同样,操作压力也是在系统启动后几天突升,稳定在  $5.7 \text{ MPa}$ 。这也是由于膜表面的泥饼增大了过膜阻力,使得操作压力也随之增大。

从图 3 可以看出,随着实验的进行,膜组件的污染已越来越严重。于是,8 月 16 日对其进行第 1 次冲洗 (高速水流)。冲洗后的第 2 天,膜通量迅速升至  $7.1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,操作压力也降到  $0.023 \text{ MPa}$ ,但 5 天后膜通量便降至  $3.5 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

h), 操作压力也升到了 0.038 MPa。不得已, 只得进行第 2 次冲洗, 这次维持的时间较长。但这种方法在实际废水处理中不易实现, 于是, 又于 9 月 16 日和 10 月 7 日 2 次用空曝气的方法对膜组件进行清洗。结果表明, 效果还是明显的。这说明强化水流循环作用对减小因膜表面附着较厚的污泥层而引起的过滤阻力增大有显著作用。

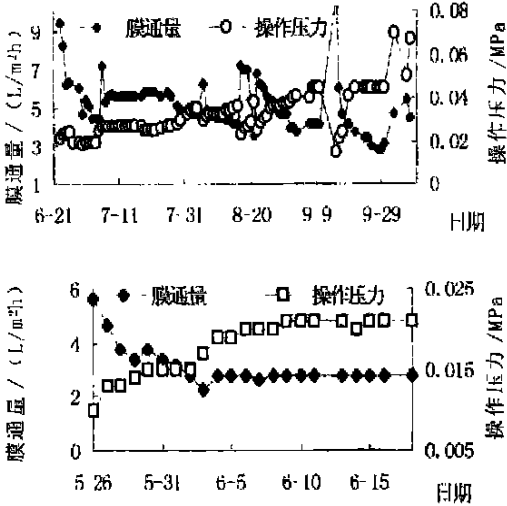


图 3 膜组件的污染情况

由于膜污染主要是由污泥层引起的, 而污泥层增加的速度与反应器中污泥浓度有很大关系, 所以在实验中控制反应器中污泥质量浓度在 6 g/L 左右, 以减缓污泥层的增加。

2.3 粘度和污泥浓度的变化

启动期由于运行时间不长, 粘度基本无变化, 保持在 3.3 mPas。污泥质量浓度只有少许下降, 可能是活性污泥中的异养菌被淘汰, 而硝化菌的生长较为缓慢。稳定期曝气池中的污泥质量浓度在开

始时有一个显著的下降。据作者分析, 这是由于系统的条件不适合异养菌的生存, 而硝化细菌的生长速率又太慢, 不足以弥补异养细菌的死亡, 导致污泥质量浓度的下降。随后, 污泥浓度从最低的 4.4 g/L 开始缓慢上升。这说明系统中已基本无异养细菌, 硝化细菌开始占据优势地位, 在活性污泥中所占比例逐渐增大。从整个实验过程来看, 系统中污泥浓度与粘度的变化趋势一致。

3 结 论

①一体式膜生物反应器适合硝化菌的富集生长, 本实验在污泥质量浓度不是很高 (6 g/L) 的情况下, 进水氨氮质量浓度为 1.5 g/L, 容积负荷为 1.6 kg/(m³·d) 的条件下, 废水中氨氮的去除率在 90% 以上。②膜组件的污染主要是由膜表面的泥饼引起的, 可通过空曝气方式解决。③膜生物反应器可增大硝化细菌在活性污泥中所占比例, 有较强的硝化能力。④膜生物反应器工艺简单, 易于自动化控制。

参考文献:

[1] 章非娟. 生物脱氮技术 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992  
[2] 朱卫兵, 龚方红. 中空纤维超滤膜在青霉素酰化酶浓缩中的应用 [J]. 江苏石油化工学院学报, 2000, 12 (3), 24-26.  
[3] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 第三版. 北京: 中国环境出版社出版, 1998.  
[4] Tatsuki Ueda, Kenji Jata, Yasuto Kikuoka, et al. Effects of Aeration on Suction Pressure in a Submerged Membrane Bioreactor [J]. Wat Res. 1997, 31 (3): 489-494.  
[5] 殷峻, 陈英旭. 膜生物反应器中的膜污染问题 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2001, 2 (3): 62-67.

Study on Nitrification of Submerged Membrane Bioreactor

WANG Jin<sup>1</sup>, YANG Min<sup>2</sup>

(1. Department of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** A membrane nitrification bioreactor was constructed with hollow fibre membrane in a plastic column. The nitrification ability of this reactor was evaluated in this paper. The work situation of the reactor, the reasons of membrane fouling and the changes of sludge concentration on time were studied. When the reactor worked in synthetic wastewater, ammonia removal over 90% was obtained at a load of 1.6 kg/(m³·d) and the concentration of NH<sub>4</sub>-N of 1.5 g/L. Membrane fouling in the reactor was discussed.

**Key words:** membrane bioreactor; nitrification; membrane fouling