

膜生物反应器处理高氨氮废水^{*}

刘静文, 顾平, 杨睿

(天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要: 试验采用 MBR 处理高氨氮废水, 重点分析了氨氮、有机物的去除以及膜比通量变化等。结果表明, 工艺运行稳定, 出水氨氮平均浓度低于 3 mg/L, MBR 能够抵抗有机物冲击负荷, 氨氮容负荷可以达到 1.11 kgNH₃-N/(m³·d)。在整个运行期间膜比通量下降比较缓慢, 分析认为是高曝气量、低碳氮比以及自养菌的优势生长起了主要作用。

关键词: 膜生物反应器; 高氨氮废水; 硝化; 膜比通量;

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1264(2003)05-0019-03

Membrane Bio-Reactor for High-Loading Ammonia Wastewater Treatment

LIU Jing-wen, GU Ping, YANG Rui

(School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: MBR was used to treat high-loading ammonia nitrogen wastewater. Emphases were put on the ammonia nitrogen removal, the organics removal and the changes of membrane specific flux. The results showed that the reactor had stable running, and NH₃-N in effluent was lower than 3 mg/L on an average. MBR held an ability to resist organic shock loading. The NH₃-N volumetric load was 1.11 kg/(m³·d). During the operation period, the decline rate of membrane specific flux was much lower and it was considered that high density of aeration, low C/N ratio and dominant growth of autotrophic bacteria were the main contributors to this phenomenon.

Key words: MBR; high-loading ammonia nitrogen wastewater; nitrification; membrane specific flux

膜生物反应器(MBR)处理高氨氮废水具有很大的优越性:首先,MBR内高浓度活性污泥可以加快氨氮和有机物的降解速率,提高处理效率;其次,MBR有利于增殖世代时间长、絮凝性差的硝化菌,减少了硝化细菌的流失,加快硝化速率。但是,目前国内对于MBR的研究大多集中在低浓度的生活污水处理方面,而对高浓度氨氮废水的脱氮研究较少。因此本文将应用MBR处理高氨氮废水,重点研究氨氮的去除以及膜比通量的变化等。

1 试验材料和方法

1.1 试验装置与流程

试验装置如图1所示。

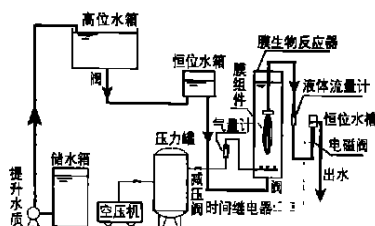


图1 试验装置示意图

反应器有效容积为 22.2 L, 采用聚偏氟乙烯(PVDF)中空纤维微滤膜, 膜孔径为 0.22 μm, 膜有效面积为 0.5 m²。试验中 HRT 控制为 6 h, SRT 为 30 d, 反应器内平均 MLSS 在 6 g/L 左右。利用液位差间歇出水, 平均出水流量为 3.7 L/h, 曝气量为 0.35 m³/h。

1.2 原水水质及运行参数

拟处理的某工业废水含氨氮 2000 mg/L, 而 COD 只有 210 mg/L 左右。氨氮负荷太高不仅可能会对硝化反应产生抑制作用, 而且需要消耗大量碱(Na₂CO₃ 约 15.14 g/L), 导致出水的含盐量过高(Na⁺ 增加 6.570 g/L)。如果用生活污水将废水稀释来降低进水氨氮浓度(如废水与生活污水按 1:3 混合), 氨氮会降到 400~500 mg/L, 这样不仅可使 MBR 稳定运行, 而且能够充分利用生活污水中的碳源, 减少投碱, 降低费用。因此, 试验中采用生活污水添加铵盐的方法来模拟稀释 4 倍的工业废水, 污水来自于天津大学污水泵房, 进水中 pH 为 7.45~7.94, 水温为 12.0℃~28.1℃, COD 为 91.18~545.4 mg/L, 氨氮为 244.3~440.7 mg/L, SS 为 91.0~440.0 mg/L。

* 收稿日期: 2003-04-28

1.3 分析项目及检测方法

试验分析项目均采用国家环保局颁布的标准方法进行测定。

2 结果与讨论

2.1 氨氮的去除

如图2所示:进水平均浓度342.8 mg/L,出水平均浓度2.88 mg/L。即使进水氨氮冲击负荷会对氨氮去除率造成一些影响,但是氨氮出水浓度仍然低于9.5 mg/L。

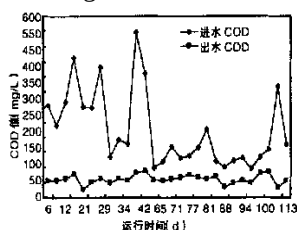


图2 氨氮去除曲线

在活性污泥中,自养菌和异养菌的比例与污水的C/N有关,氨氮除了为细菌的生物合成提供氮源外,还是硝化菌生长的能源。试验中,COD/NH₃-N最大值达到1.88,平均值为0.68。有文献报导^[1]:一般生活污水中COD/TKN=10~15,参考设计手册取NH₃-N/TKN=0.6,则COD/NH₃-N=6~9,约为本试验平均值的10倍。异养菌在低C/N条件下,对底物和溶解氧的竞争能力不如自养硝化菌,导致硝化菌优势生长,提高了氨氮去除率。此外,由于曝气量较大,污泥呈细粉形态,氧传递速率提高,整个生物絮体保持好氧状态,这也是MBR去除氨氮效率高的重要原因。

2.2 氨氮容积负荷率

硝化菌的比生长速率低,MBR较长的SRT可以有效地维持硝化菌数量,而活菌总数与污泥浓度成正比,污泥浓度越高,活菌数量也越高。表1为MBR与其它工艺氨氮容积负荷率的比较。本试验氨氮容积负荷可以达到1.11 kg/(m³·d),说明处理同样高氨氮废水,MBR可以大大节约占地和投资。

表1 不同工艺的NH₃-N容积负荷率的比较

工艺名称	本研究中膜分离活性污泥工艺 ^[2]	传统活性污泥工艺 ^[2]	无气泡曝气 MBR ^[3]	生物膜反应器 ^[4]	
NH ₃ -N 负荷率 kg/(m ³ ·d)	1.11	0.035~0.61	0.09~0.14	0.08~0.20	0.5~0.6

2.3 COD的去除

如图3所示,进水COD平均为214.0 mg/L,出水COD平均为56.7 mg/L,与处理一般生活污

水的MBR相比^[5],本研究出水COD较高。分析其原因可能是:低C/N抑制异养菌的生长,异养菌过多地内源呼吸、衰减以及死亡,导致溶液中的溶解性有机物和大分子物质增多,造成出水COD相对较高。

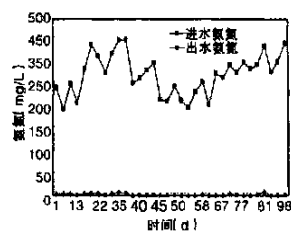


图3 COD去除曲线

从图3可知:出水COD比较稳定,MBR能抗有机物冲击负荷。但是对比图4中膜比通量的变化可以推论:MBR抗COD冲击负荷可能是以膜比通量的降低为代价的。如图4中在第80天出现的冲击负荷导致膜比通量下降6.18 L/(m²·h·m),说明上述结论是合理的。

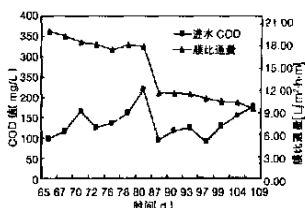


图4 膜比通量随进水COD的变化

2.4 混合液COD的变化

试验后期,对混合液COD分析,如图5所示。排除冲击负荷的影响,混合液内COD总体上呈缓慢降低趋势。COD平均为259.6 mg/L,最大为471.4 mg/L,混合液与进水COD的差值最大可以达到374.1 mg/L。由于膜截留,微生物内源呼吸产生一些难降解的大分子物质,在反应器内积累,使混合液COD明显高于进水COD。

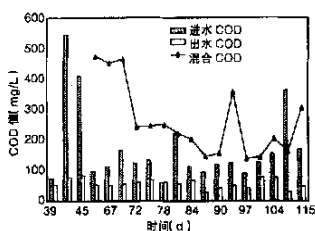


图5 混合液COD变化曲线

从图5可以看出:进水出现冲击负荷后,混合液COD滞后5~10 d出现升高。可能是处于低负荷状态的微生物在遇到冲击负荷后,进入生命活动旺盛阶段,微生物迅速增殖,产生代谢产物使混合液COD增加,但是微生物增殖需要一个时间过程,所以混合液COD的增加稍稍落后于进水冲击负荷。

3 膜通量的变化特点

处理一般生活污水时,MBR 内的气水比明显高于传统处理工艺^[6],曝气除了为微生物供氧以外,还在于使上升的气泡、水流与膜滤饼层间产生较大的剪切力,减少活性污泥在膜表面的沉积。一般用膜比通量 (Specific Flux, SF) 来描述膜阻力及膜污染的情况,膜比通量的定义如下:

$$SF = \frac{Q}{A \times \Delta H} \quad (1)$$

式中: SF 为膜比通量, $L/(m^2 \cdot h \cdot m)$; Q 为出水流量, L/h ; A 为膜面积, m^2 ; ΔH 为水位差, m 。

而在不同试验条件下,很难用膜比通量值来衡量膜污染的程度,所以本研究中拟用膜比通量下降速率(处理单位水量后膜比通量的下降值)作为比较尺度,采用这样的单位对于评价膜的性能及反应条件对运行费用的影响也是合理的。膜比通量下降速率的定义如下:

$$R = \frac{\Delta SF}{Q \times T} \quad (2)$$

式中: R 为膜比通量下降速率, $(L/m^2 \cdot h \cdot m)/L$; ΔSF 为膜比通量下降值, $L/(m^2 \cdot h \cdot m)$; T 为运行时间, h 。

由于试验期间发生意外事故,所以进行了换膜处理。图 6 表示换膜前膜比通量的变化。分析表明:处理高氨氮废水时膜比通量下降缓慢, R 仅为 $0.0012 (L/m^2 \cdot h \cdot m)/L$,而在类似条件下处理普通生活污水 R 为 $0.0101 (L/m^2 \cdot h \cdot m)/L$,前者约为后者的 $1/8$ 。另外,从图 4 也可看出在换膜后 R 为 $0.0029 (L/m^2 \cdot h \cdot m)/L$,虽比换膜前有所增大,却只有处理普通生活污水时的 $1/4$ 。

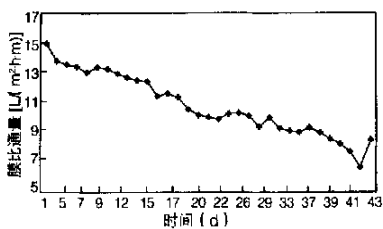


图 6 膜比通量变化曲线

处理普通生活污水, C/N 较高,异养菌占优。异养菌上的荚膜粘附成菌胶团,使处理后的污水具有良好的沉降性能,堵塞膜孔降低膜比通量;而硝化菌属于游离于废水中、不易形成絮凝体的菌类^[7],在本试验中由于 C/N 较低,硝化菌优势生长,异养菌受抑制,减缓膜比通量的下降。此外,高曝气量所产生的强烈紊流、污泥的细粉状形态以及

气泡的冲刷也是促使膜比通量下降缓慢的原因。

常规处理工艺,为了减缓膜污染,供气量远远大于去除有机物所需要的量,造成反应器内溶解氧过高,这种做法虽然不经济却是必要的。在处理高氨氮废水时,由于氧化氨氮的需氧量较高,使得大部分氧被用于硝化作用,剩余空气起搅拌作用,因此能量被充分利用。

4 结论

4.1 在低 C/N 条件下,硝化菌生长占优,去除氨氮效率提高。高曝气量使单位容积内硝化能力提高,氨氮容积负荷高达 $1.11 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,说明 MBR 处理高氨氮废水可以减少占地、节省投资。

4.2 MBR 能抵抗有机物冲击负荷,但可能是以膜比通量下降为代价。与传统活性污泥工艺相比,MBR 出水的 COD 值相对较高。

4.3 微生物内源呼吸产生的大分子物质在 MBR 中积累,使混合液中的 COD 明显高于进水 COD。在进水冲击负荷下,混合液 COD 的升高有一个滞后的过程。

4.4 MBR 处理高氨氮废水膜比通量下降非常缓慢,自养菌的优势生长以及高曝气量是减缓膜比通量下降的主要原因。

4.5 MBR 处理高氨氮废水,曝气除了用于硝化外还起到了搅拌作用,空气利用充分,显示了此方法既高效又节能的特点。

参考文献

- [1] 郑兴灿,李亚新. 污水除磷脱氮技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.37-48.
- [2] 顾国维,何义亮. 膜生物反应器[M]. 北京:化学工业出版社,2002.229-235.
- [3] Brindle K. and Stephenson T. Nitrification in a bubbleless oxygen mass transfer membrane bioreactor [J]. Water Sci. Tech.,1996,34(9):261-267.
- [4] Lazarova V, Nogueira R, Manem J and Melo L. Control of Nitrification Efficiency in a new Biofilm Reactor [J]. Water Sci. Tech., 1997,36(1):31-41.
- [5] 刘锦霞. 生产规模生物反应器处理写字楼污水及回用的研究[D]. 天津大学硕士论文,2001.
- [6] 顾平,姜立群,杨造燕. 中空膜生物床处理生活污水的中试研究[J]. 中国给水排水,2000,16(3):5-8.
- [7] 贺延龄,陈爱侠. 环境微生物学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001.206-207.

作者简介:刘静文(1978-),女,河北唐山人,天津大学 2001 级硕士研究生,研究方向为水污染控制与资源化。