

文章编号: 1006-6780(1999)06-0093-04

新型膜生物反应器的试验研究

张宝杰¹, 王宝贞¹, 石玉明¹, 王刚²

(1. 哈尔滨建筑大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨市住宅新区物业管理总公司, 黑龙江 哈尔滨 150009)

摘要: 近年来, 膜生物反应器 (Membrane Bioreactor) 工艺日益受到人们的重视。与普通活性污泥法相比, 膜生物反应器 (Membrane Bioreactor) 为一高效废水处理工艺。本文针对膜生物反应器工艺的特点及现状, 通过实验研究, 得出该工艺 COD 去除率高达 99.2%, 氨氮去除率达 98.7%, 为研究完善这种污水处理新工艺奠定了基础。

关键词: 膜生物反应器; 活性污泥; 污水回用

中图分类号: X703.3 **文献标识码:** A

Experiment research of the new membrane bioreactor

ZHANG Bao-jie¹, WANG Bao-zhen¹, SHI Yu-ming¹, WANG Gang²(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin University of Civil Engineering & Architecture, Harbin 150090, China;
2. Harbin Residence New Quarter Real Estate Manage Head Company, Harbin 150009, China)

Abstract: In recent years, the membrane bioreactor is becoming more and more popular. Comparing with traditional biological treatment, it is a high efficiency treatment technology. In accordance with the characteristis and current situation of membrane bioreactor, the experiment results show that the COD removal efficiency reaches 99.2%, the ammonia removal efficiency reaches 98.7%, and lay a foundation for researching and perfecting this new wastewater treatment technology.

Key words: membrane bioreactor; activate sludge; wastewater reuse

1 膜组合生物工艺沿革

1.1 传统处理工艺的不足

以活性污泥为代表的传统好氧生物处理工艺, 长期以来在生活污水以及工业废水处理中得到广泛应用。它具有卫生条件好、处理能力高、出水水质较好的优点。但也存在一些不足^[1]:

1. 流程复杂, 占地面积较大, 基建投资可观。
2. 剩余污泥量大、污泥处置费用较高。
3. 常出现污泥膨胀现象, 使出水水质恶化。
4. 氧转移效率低, 能耗大。
5. 管理操作复杂。

近年来, 随着社会经济的发展和人民生活水平的提高, 人们对水环境质量的要求越来越高, 采用传统的生物处理工艺使得出水难以满足污水排放标准, 同时水资源的短缺也迫切要求人们开发出新的污水资源化技术, 因此, 各种新型、高效的污水处理技术应运而生, 其中用膜分离技术代替传统的重力式沉淀池的膜生物反应器工艺日益引起人们的重视。

1.2 国外膜生物反应器的兴起与发展^[2]

膜生物反应器最先用于微生物发酵工业。在废水处理领域中的应用始于 60 年代美国。但当时由于

收稿日期: 1999-06-01

作者简介: 张宝杰(1967-), 男, 哈尔滨建筑大学讲师。

受膜生产技术所限,膜的使用寿命短,水通透量小,使其在投入实际应用中遇到障碍。70 年代后期,日本研究者对膜分离技术在废水处理中的应用进行了大力开发和研究,使膜生物反应器开始走向实际应用。进入 80 年代后,国际上对膜生物反应器的研究达到方兴未艾程度。日本建设省制订了“Aqua Renaissance 90”大型研究计划,其内容主要包括新型膜材料的开发、膜分离装置的研究等。法国、美国、澳大利亚等国对膜生物反应器的研究也投入了很大的力量。使膜生物反应器研究内容更加全面而深入,为 90 年代的进一步推广应用奠定技术基础。

现在膜生物反应器已成功地应用于中水道污水处理,粪便污水处理,垃圾渗滤液等废水处理中。

1.3 我国膜生物反应器技术的研究现状^[1]

我国对膜生物反应器的研究才刚刚起步。华东化工学院的一个研究小组于 1993 年研究了用膜生物反应器处理人工合成污水和制药废水的可行性。清华大学采用进口板式、中空纤维式有机膜生物反应器(OMBR)工艺进行了处理生活污水小试试验,并进行了采用陶瓷膜生物反应器(CMBR)处理生活污水试验研究。中国科学院采用自行设计研制的聚砜、聚丙烯腈膜生物反应器工艺进行处理石化废水小试。但有关实际应用尚未见报道。

2 膜生物反应器工艺的组成及特点

2.1 膜生物反应器工艺的组成

膜生物反应器工艺由生物反应器与膜分离组件组成。根据膜组件设置的位置分为分置式和一体式。

分置式膜生物反应器如图 1 所示^[3]。膜组件采用加压的方式,其工作过程是生物反应器的混合液经泵增压后进入膜组件,在压力作用下混合液中的液体透过膜,而固形物和大分子物质被膜截留住,随浓缩液回流到生物反应器内。

一体式膜生物反应器如图 2 所示,它是将膜组件置于反应器内,通过真空泵或其它类型泵抽吸,得到过滤液^[4]。为减少膜面污染,延长运行周期,通常使泵的抽吸间断运行。

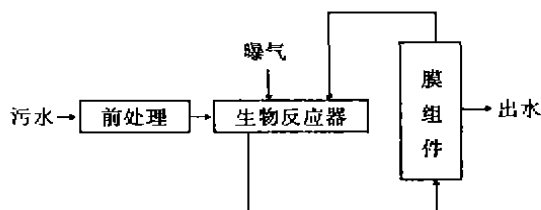


图 1 分置式膜生物反应器流程简图

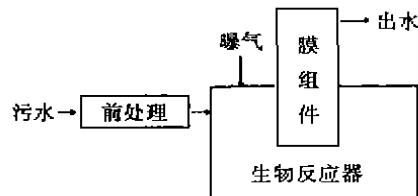


图 2 一体式膜生物反应器流程简图

分置式膜生物反应器运行稳定可靠,易于清洗、更换及增设,但需循环泵提供较大膜面流速,动力消耗大,一体式膜生物反应器则将膜组件与生物反应器合并放置,通过抽真空产生负压获得出水,动力费用低^[4]。

2.2 膜生物反应器工艺特点

膜生物反应器作为一种新型高效的废水生物处理技术,具有如下特点:1. 对污染物去除效率高,抵抗污泥膨胀能力强,出水水质稳定,出水中没有悬浮物,无需消毒。2. 膜的机械截留避免了微生物的流失,生物反应器内可保持高的污泥浓度,从而提高体积负荷,降低污泥负荷,减少占地面积。3. 剩余污泥量少,大大降低了污泥处理费用。4. 实现了水力停留时间和污泥停留时间的彻底分离,设计、操作大大简化。5. 膜生物反应器工艺结构紧凑,易于实现一体化自动控制,运行管理方便。但由于工艺本身的原因,也存在一些缺点:膜堵塞问题,尚没有有效的清洗技术;膜制造成本偏高。

3 试验装置与实验用水

3.1 试验装置

考虑到动力消耗问题,本实验采用动力消耗低的一体式膜生物反应器。依靠静压水头 H 出水,工艺流程如图 3 所示。

生物反应器容积为 20L, 内置中空纤维膜组件 1 个。膜面积 1m^2 , 膜材料为聚砜, 膜孔径为 $0.34\mu\text{m}$ 。进水经液位平衡箱进入反应器, 依靠液位平衡箱内的浮球阀控制进水量和出水量平衡, 并维持液面恒定, 水中的污染物质在反应器中经活性污泥中微生物分解, 在静水压头 H 的作用下经膜过滤得到出水, 处理水量为 $2.5 \sim 4\text{L/h}$ 。

生物反应器采用处理啤酒废水的 SBR 生物反应器内的污泥接种后, 开始进水运行, 在 48d 运行期间, 没有人为排泥。

3.2 试验用水

试验用水采用淀粉、蔗糖配制, 并投加适量氮、磷, 具体配制水的水质见表 1。

3.3 分析项目及方法

日常分析测定项目包括进、出水和污泥上清液的 COD、污泥 SS、氨氮浓度等。测定方法采用标准方法。

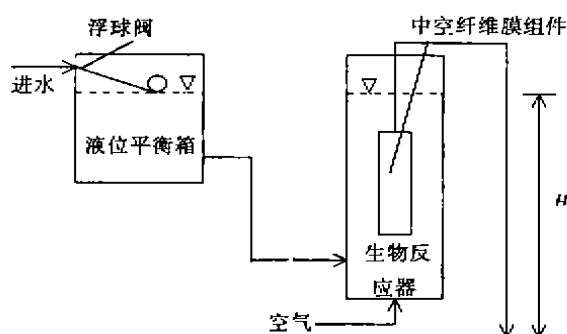


图3 一体式膜生物反应器工艺流程图

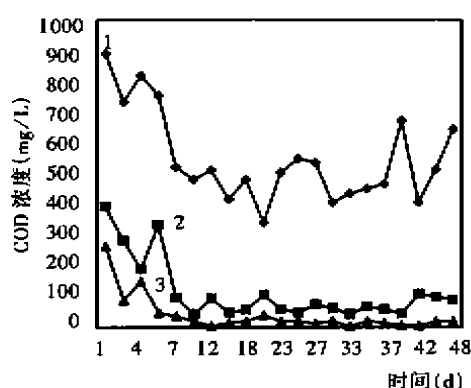
表1 人工合成污水水质

温度($^{\circ}\text{C}$)	COD(mg/L)	氨氮(mg/L)	pH
20 ~ 25	345 ~ 888	14 ~ 46	7

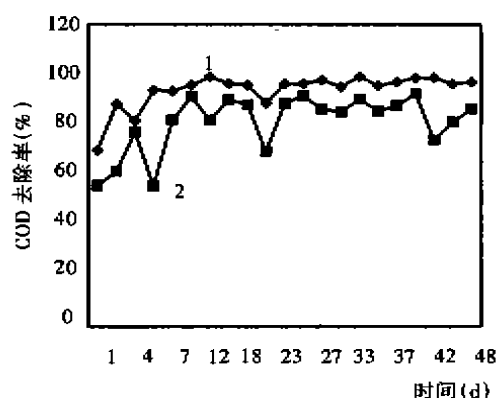
4 试验结果与分析

4.1 COD 去除效果

图4表示了系统进、出水、生物反应器上清液的 COD 浓度, 以及系统和生物反应器对 COD 的去除效率随时间的变化。



(a) COD 处理效果



(b) COD 去除效率

图4 膜生物反应器实验系统 COD 浓度及去除效果变化情况

1. 进水 COD; 2. 上清液 COD; 3. 出水 COD

1. 总去除率; 2. 反应器去除率

从图4可以看出在历时 48d 的实验中, 1) 系统总 COD 去除率除开始进行的 10d, 由于微生物尚未充分生长, 生物反应器的 COD 去除效率较低, 在 80% 以下。之后, 随着微生物的增殖, 生物反应器的 COD 去除效率逐步增加, 最高达 96%。相应地膜分离对 COD 的去除效率随生物反应器性能的好坏而变化, 在 3.3% ~ 27% 之间变化。膜分离对部分有机物的截留作用弥补了生物反应器处理性能的不稳定。使系统的 COD 去除效率稳定地保持在较高水平。2) 活性污泥对 COD 的去除起到了重要作用。在进水 COD 变化较大的情况下, 生物反应器内活性污泥的效能发挥得很好, 除个别情况外, 生物反应器上清液的 COD 浓度可维持在 100mg/L 左右。3) 膜生物反应器出水 $\text{COD} \leq 20\text{mg/L}$ 水质优于普通活性污泥。

4.2 对氨氮的去除效果

图5表示了本系统的进、出水, 生物反应器上清液氨氮浓度的变化情况以及系统和生物反应器对氨氮的去除效果。

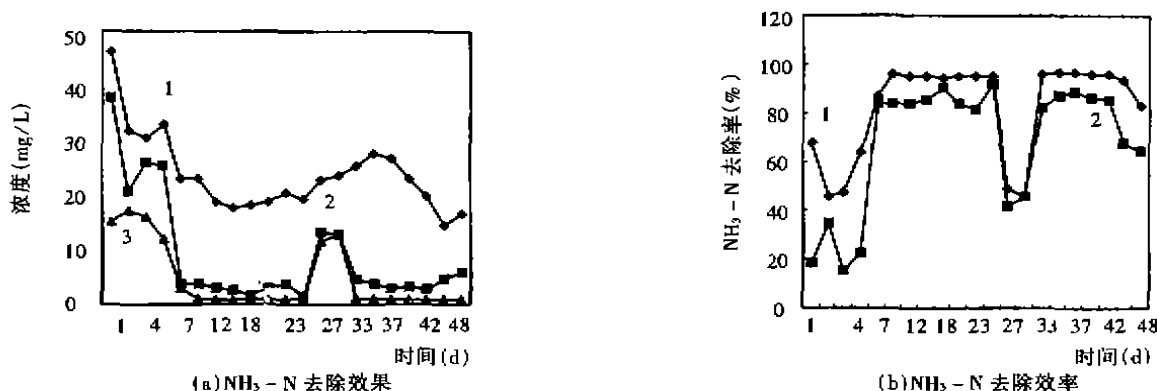


图5 膜生物反应器实验系统中氨氮浓度及去除效果的变化情况

1. 进水 NH_3 ; 2. 上清液 NH_3 ; 3. 出水 NH_3

1. 总去除率; 2. 反应器去除率

从图5看出: 1) 运行基本稳定后系统对氨氮的去除率可达80%以上; 2) 氨氮的去除主要靠生物反应器中微生物的作用, 膜对氨氮的截留作用很小; 这说明膜的分离作用可使世代时间较长的细菌逐渐在系统中积累。使得废水中的氨氮得以发生充分的硝化反应。3) 第27d氨氮出水浓度升高, 相应地去除效率降低很多, 是由于水量提高, 氨氮负荷增加所致, 直到5d后, 氨氮出水浓度及去除效率才恢复原来水平。

此外小试其它测定指标表明, 出水无SS和大肠杆菌检出, 出水无嗅, 色度 ≤ 15 度。

4.3 污泥增殖情况

图6表示一体式膜生物反应器中的污泥增殖情况。由于膜的截留作用, 随着运行时间的增加, 污泥浓度是增加的, 表明处理有机物的同时, 反应器内生物量是增加的。

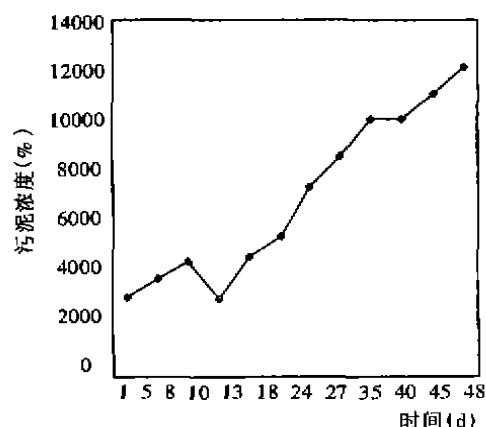


图6 膜生物反应器内污泥浓度变化情况

5 结论

1. 一体式中空纤维膜生物反应器是一种新型高效的污水处理技术。48d的连续运行实验表明系统对COD、氨氮有较高的处理效率, 而且出水无色无味, 无SS, 并未检出大肠杆菌。

2. 有机物的去除大部分是在生物反应器内去除。出水水质指标远好于普通活性污泥法。系统最大COD去除率达99.2%, 平均COD去除率达93.8%; 而生物反应器的平均去除率达81.2%。膜分离截留部分COD占总平均去除率的12.5%, 膜的分离截留对于稳定系统出水起到了决定作用。

3. 系统对氨氮的去除也是主要靠生物反应器去除。系统最大氨氮去除率达98.7%, 平均氨氮去除率达78.9%, 膜截留部分氨氮去除率占系统总平均去除率的10.9%。

4. 膜生物反应器独特的特点表明了其在水处理领域具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 邢传宏. 陶瓷膜生物反应器处理生活污水及膜污染清洗方法的研究[D]. 北京: 清华大学, 1998.
- [2] 黄霞. 膜生物反应器废水处理工艺的研究进展[J]. 环境科学研究, 1998, (1): 40-44.
- [3] Manem J.. Membrane bioreactors for wastewater treatment and drinking water production proceedings of the 3rd world congress, of the world federation of engineering organizations[C]. Beijing, China, 1993. 907-914.
- [4] Yamamoto K. Hiasa M, et al.. Direct solid-liquid separation using hollow fiber membrane in an activated sludge aeration tank[J]. Wat. Sci. Tech., 1989, (21): 45-54.