

PAC-MBR 组合工艺处理微污染水源水的研究

迪莉拜尔·苏力坦^{1,2}, 莫 罹¹, 黄 霞¹

(1. 清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100084;

2. 新疆大学化学化工学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 采用粉末活性炭-膜生物反应器组合工艺(PAC-MBR)对微污染水源水进行处理, 考察了组合工艺对污染物的去除效果和膜过滤性能的变化。结果表明, 该组合工艺对浊度和氨氮的去除率均在 80% 以上, 对 OC 和 UV₂₅₄ 的去除率分别可达 46%~57% 和 31%~42%, PAC 投加量在 500mg/L 到 3000mg/L 的试验范围内, 对污染物的去除效果影响不大。试验还表明, PAC-MBR 组合工艺几乎能完全去除分子量 < 1000 的有机物。PAC 投加量对膜过滤性能的影响不显著。

关键词: PAC-MBR 组合工艺; 微污染水源水; 污染物去除效果; 膜过滤性能; PAC 投加量

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3770(2003)03-0143-04

膜分离与生物处理相结合的工艺称为膜生物反应器工艺(Membrane bioreactor, 简称MBR)。如果在膜生物反应器中进一步投加粉末活性炭(Powdered activated carbon, 简称PAC)可形成PAC-MBR组合工艺。该工艺集活性炭的物理吸附、生物反应器的生物净化和膜的高效分离作用为一体, 可提高对微污染水源水中的污染物, 特别是难生物降解的农药、腐殖质类等物质的去除效果, 保证出水水质的优质和稳定。

本文采用PAC-MBR组合工艺处理微污染水源水, 着重考察了PAC投加量对污染物去除效果和膜过滤性能的影响, 希望为该组合工艺在给水处理中的实际应用提供科学依据和参考。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

本试验所用PAC-MBR组合工艺流程如图1所示。

采用一体式膜-生物反应器。生物反应器内置有一中空纤维微滤膜, 材质为聚乙烯, 孔径为0.1μm, 膜丝内径为0.27mm, 外径为0.42mm, 膜面积为0.4m²。生物反应器内同时添加有一定量的粉

末活性炭(粒度100目)。

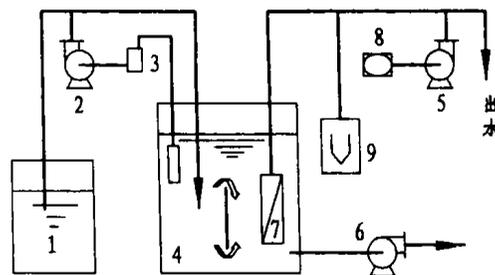


图1 PAC-MBR 组合工艺流程图

- 1 原水箱 2 进水泵 3 液位控制器 4 膜-生物反应器
- 5 出水泵 6 鼓风机 7 膜组件 8 时间控制器 9 压差计

原水由进水泵打入生物反应器中, 其中的污染物被生物反应器中的微生物降解和活性炭吸附, 处理出水在抽吸泵作用下经膜过滤后得到。膜组件采用间歇方式运行, 即抽吸15min, 停抽2.5min, 由时间控制器控制。鼓风机通过设置在膜组件底部的穿孔管连续曝气, 以提供微生物降解有机物所需的氧量, 并在膜表面形成剪切流, 减轻污泥在膜表面的沉积。液位控制器根据反应器内液位, 控制进水泵, 使水位保持恒定。生物反应器的水力停留时间控制在2h。

收稿日期: 2002-07-23

基金项目: 西部地区访问学者基金资助项目

作者简介: 迪莉拜尔·苏力坦(1953-), 女, 新疆大学化学化工学院副教授, 从事环境化学方面的教育与科研工作

1.2 试验原水

试验原水采用自配模拟天然微污染水源水,配

水包括腐殖质、耗氧有机物、无机粘土和无机离子等四个主要组分。自配水质如表 1 所示。

表 1 试验配水水质

水质指标	水温 ()	浊度 (NTU)	OC (mg/L)	UV ₂₅₄	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	pH
平均值	22	6.15	4.83	0.09	6.69	6.9
最小~最大	15~29	1.5~10.8	2.30~7.35	0.02~0.16	0.68~12.69	6.5~7.3

1.3 分析项目与方法

试验监测指标为进出水的 OC、UV₂₅₄、NH₄⁺-N 和浊度,以及有机物表观分子量分布。

OC: 采用标准酸性高锰酸钾法。

UV₂₅₄: 为紫外光在 254nm 下的吸光度,采用紫外分光光度计(UV-2401PC 日本岛津)测定,比色皿光程长度为 1cm,用以间接表示水中以腐殖酸为主的溶解性有机物含量。

NH₄⁺-N: 采用标准纳氏试剂光度法。

浊度: 采用 *Orbeco Analytical Systems Ins* 的数字浊度仪测定。

有机物表观分子量分布: 采用滤膜法,测定过滤液的 UV₂₅₄。

在 PAC 投加量为 3000mg/L 条件下,考察了 PAC-MBR 组合工艺对浊度、NH₄⁺-N 和有机物的去除效果,见图 2。

由图 2 可以看出,组合工艺对浊度和 NH₄⁺-N 的去除率均较高,尽管进水波动较大,但出水浊度 < 1NTU, NH₄⁺-N < 1mg/L,平均去除率在 90% 以上。由于受进水 OC 浓度变化的影响,系统对 OC 的去除率波动较大,但在反应器运行 10d 后,去除率逐渐趋于稳定,维持在 58% 左右。从图中还可以看出,由于 PAC 对腐殖质类物质的吸附作用,使运行初期系统对 UV₂₅₄ 就具有较高的去除率,在整个运行期间,UV₂₅₄ 去除率基本维持在 30% ~ 42% 之间。

2 结果与讨论

2.1 PAC-MBR 组合工艺对污染物的去除特性

2.1.1 浊度、NH₄⁺-N 及有机物的去除效果

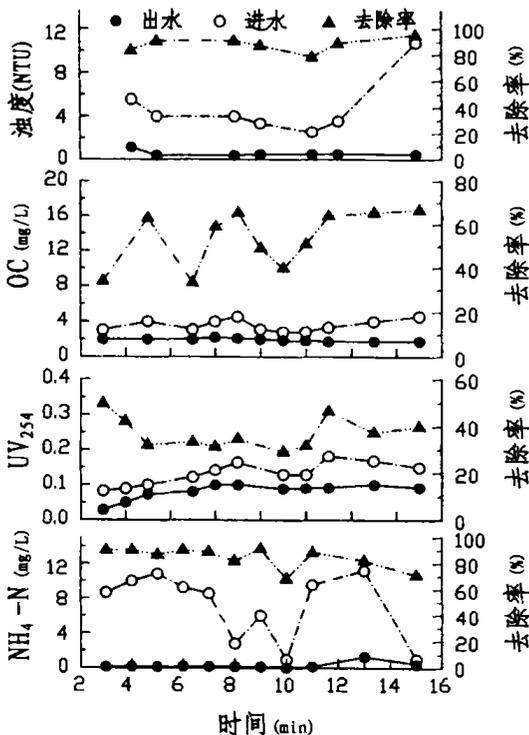


图 2 PAC-MBR 组合工艺对浊度、NH₄⁺-N 及有机物的去除效果

2.1.2 PAC 投加量对去除效果的影响

在相同的水力停留时间(HRT=2h)条件下,改变膜生物反应器中 PAC 的投加量,考察了 PAC 投加量对污染物去除效果的影响。各 PAC 投加量条件下系统运行了 15d,其平均去除率见图 3。

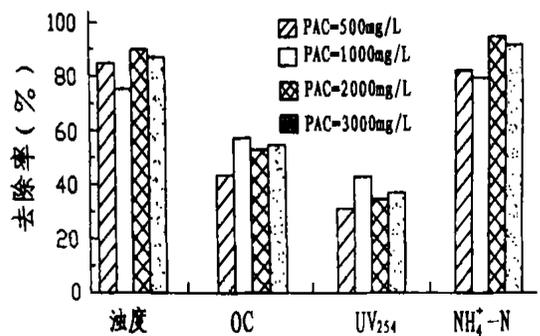


图 3 PAC 投加量对污染物去除效果的影响

试验结果表明, PAC 投加量在 500mg/L 到 3000mg/L 的试验范围内,对污染物的去除效果没有明显的影响。浊度和 NH₄⁺-N 的去除率均较高,在 80% 以上。OC 和 UV₂₅₄ 的去除率分别为 46% ~ 57% 和 31% ~ 42%。UV₂₅₄ 去除率与其它污染物指标相比较低的原因可能是因为 UV₂₅₄ 代表的腐殖质类物质较难生物降解的缘故。

2.1.3 不同表观分子量有机物的去除效果

以 PAC 投加量为 3000mg/L 的试验为例,采用滤膜法测定了组合工艺进、出水中有机物的表观分

子量分布(以UV₂₅₄表示)。根据测定结果计算了各分子量分布有机物的去除率,如图4所示。

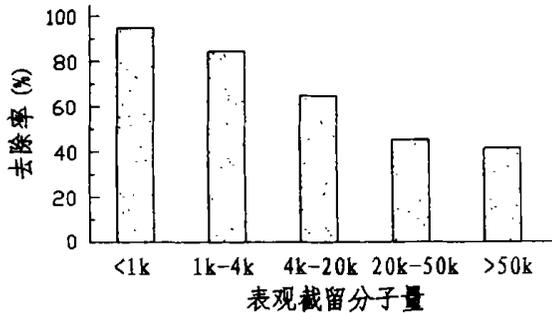


图4 组合工艺对不同表观分子量有机物的去除效果

从图4可知,PAC-MBR组合工艺几乎能完全去除分子量<1000的有机物,去除率可达93%;能有效去除1000~4000分子量的有机物;而大分子量有机物去除效果较低,这与其它报道结果基本吻合^[1]。

2.2 PAC-MBR 组合工艺中膜的过滤性能

无论采用何种膜组件,都存在着膜过滤阻力随运行时间的延长而增大的问题,由过滤理论可知:

$$J = \frac{P}{\mu(R_m + R_f)} \times 3.6 \times 10^9 \quad (1)$$

J 为膜通量(L/m²·h); P 为膜过滤压力(kPa); μ 为溶液粘度(Pa·s); R_m 和 R_f 分别为膜固有阻力和膜污染引起的过滤阻力(1/m)。

由式(1)可得下式:

$$\frac{J}{P} = \frac{1}{\mu(R_m + R_f)} \times 3.6 \times 10^9 \quad (2)$$

J/P 值称为膜比通量,表示单位过滤压力下的膜通量,可用来表征膜过滤过程中的膜污染状况及膜过滤性能的变化。该值越大,表明膜过滤阻力越小,膜的过滤性能越好。

由于水温对膜过滤分离有一定影响,温度每升高1℃,可使膜通量提高2%^[2]。为消除温度变化带来的影响,在本试验中,将膜通量均按式(3)转换成20℃的通量值^[3]。

$$J(20) = J(T) e^{-0.024(T-20)} \quad (3)$$

其中, $J(20)$ 表示水温20℃时的膜通量, $J(T)$ 为实际水温 T 下的膜通量。

2.2.1 连续运行条件下膜过滤性能的时间变化

在PAC投加量为3000mg/L,连续运行条件下考察了PAC-MBR工艺中膜过滤性能的时间变化,如图5所示。

由图5可知,在PAC-MBR开始运行后,膜过滤性能快速下降,经过大约2d后开始缓慢降低;同时膜过滤压力迅速升高,随运行时间的增加,其上升趋势逐渐变缓。这一变化反映了在运行过程中膜污染是不可避免的,并且在过滤初期即会发生,而为保持稳定的膜通量,膜的过滤压力会有一迅速增加的阶段。这主要是由于抽吸作用,污染物在膜面迅速积累,膜孔被小分子物质堵塞而导致膜过滤性能快速降低。而另一方面,随着膜表面污染物质浓度的升高,由膜面向主流方向的扩散作用增强,两种作用力达到平衡,形成较为稳定的膜污染层,即进入膜过滤阻力缓慢增长长期。膜组件在一个相对稳定的运行中,可以持续10d以上。这与其它膜处理工艺的结果相同^[4]。

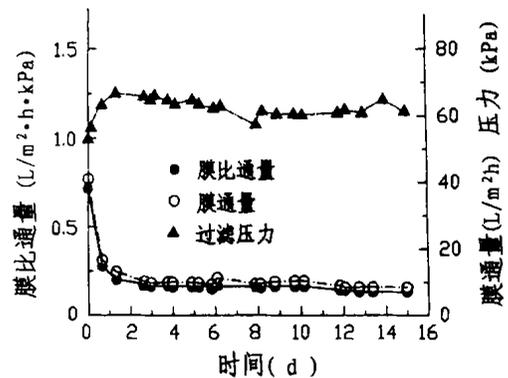


图5 连续运行条件下膜过滤性能的时间变化

2.2.2 PAC 投加量对膜过滤性能的影响

在膜生物反应器中投加不同量的PAC,考察了PAC投加量对膜过滤性能的影响。结果表明,在不同的PAC投加量条件下,膜过滤性能的变化呈现相同的趋势,即在开始运行的2d之内有一迅速下降段,然后缓慢降低。投加500mg/L、1000mg/L和3000mg/L的PAC时,膜过滤性能没有差别,而PAC投加量为2000mg/L时膜过滤性能稍优于前三者,但不显著,说明PAC投加量的改变对膜过滤性能没有显著影响。

3 结论

PAC-MBR组合工艺对浊度、NH₄⁺-N的去除率较高,达到80%以上,对OC和UV₂₅₄的去除率分别为46%~57%和31%~42%。PAC投加量在500mg/L到3000mg/L的试验范围内,对污染物的去除效果影响不大。

PAC-MBR组合工艺能有效去除分子量<1000

的有机物,去除率达 90% 以上,对大分子量有机物的去除较低。

PAC-MBR 组合工艺的膜过滤性能在运行初期 2d 内迅速下降,之后随时间的延长缓慢降低基本达到稳定。PAC 投加量对膜过滤性能的影响不显著。

参考文献

[1] 王占生,刘文君.微污染源饮用水处理[M].北京:中

国建筑工业出版社,1999

[2] 黄霞,桂萍,等.膜生物反应器废水处理工艺的研究进展[J].环境科学研究,1998,11(1):40~44

[3] Braghetta A, Jacangelo J G, et al. DAF pretreatment: its effect on MF performance [J]. Journal AWWA, 1997, 89(10): 90~101

[4] 莫耀,黄霞,等.混凝-微滤膜组合净水工艺中膜过滤特性及其影响因素[J].环境科学,2002,23(2):45~49

STUDY OF TREATMENT OF MICRO- POLLUTED RAW WATER BY PAC- MBR PROCESS

D L BA IER · Sulitan^{1,2}, MO L i¹, HUANG X ia¹

(1. ES PC S tate Key L aboratory, D ept of E nviromm ental S cience and E ng, T singhua U niversity, B eijing, 100084;

2. I nstitute of C hem istry and C hem ical E ngineering, X injiang U niversity, U lum uqi 830046)

Abstract Treatment of micro- polluted raw water using powdered activated carbon (PAC) combined with membrane bioreactor (MBR) was tested. The removal characteristics of pollutants and change of membrane permeability in the combined process were investigated. The removal rates of turbidity and $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ were over 80%, and OC and UV_{254} removals were about 46~57% and 31~42%, respectively. PAC dosage had little influence on pollutant removals in the range of 500mg/L to 3000mg/L. Organic matters with molecular weight less than 1000 could be almost fully removed in PAC- MBR process. PAC dosage had no significant influence on the membrane permeability.

Key words: PAC- MBR combination process; micro- polluted raw water; pollutant removal; membrane permeability; PAC dosage

(上接第 139 页)

THE STUDY ON UV- INDUCED SCREENING MIXED DOMINANT BACTERIA FOR VARIOUS CHLORIDE DEGRADATION

Q IAO Q ing-xia^{1,2}, CHEN Zhong-hao¹, X IAO J in¹, L U Hong²

(1 South China University of Science and Technology, Guangzhou 510641, China;

2 GuangDong University of Technology, Guangzhou 510080, China)

Abstract In the paper, the technique of UV- induced mutation was applied to screen the mixed dominant bacteria for various of chloride from nature screened mixed bacteria. The optimal exposure time of UV- induced mutation was obtained. It was discussed that the mixed bacteria screened by nature screening and UV- induced mutation could degrade various chloride in bleaching water. The experiment showed that the mixed dominant bacteria by UV- induced screening were obviously different in group character, individual shape and growth characteristics with the mixed bacteria by nature screening. The bacteria B04 by UV- induced screening was the best because its COD_{Cr} removal rate was 19.71% higher than the nature bacteria and total chloride removal rate was as high as 99.86%.

Key words: UV- induced mutation, degradation; various of chloride; dominant mixed bacteria; bacteria screening