

# 投加硅藻土对平板膜通量的影响

杨德立, 吴志超, 顾国维

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 实验研究了在不同污泥浓度情况下, 投加硅藻土对平板膜分离性能的影响。结果表明: 硅藻土的投加可改善平板膜的分离性能, 提高膜的水通量; 硅藻土存在最佳的投加量, 在此投加量下, 水通量最大提高率为: 污泥浓度为 6g/L 时, 提高约 397%; 9g/L 时, 提高约 32%; 12g/L 时, 提高约 23%; 硅藻土对膜通量的改善主要表现在: 与污泥混合形成易沉淀且孔隙率高的污泥, 迅速吸附污水中 COD。

**关键词:** MBR; 平板膜; 硅藻土; 膜通量

中图分类号: TQ028.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-3770(2005)07-0038-04

膜生物反应器(MBR)技术在近几年内得到快速发展, 但膜污染问题成了限制 MBR 水处理技术推广应用的主要障碍。

荷兰研究者<sup>[1]</sup>在试验中发现, 膜表面泥饼层的形成, 原水中的杂质、污泥性质等是导致膜污染的主要因素。

罗虹等<sup>[2]</sup>研究在 MBR 中投加粉末活性炭, 结果发现, 粉末活性炭在膜生物反应器系统具有改善泥水混合液的性质和膜表面泥饼层结构的作用, 从而减小了膜的过滤阻力, 减缓了膜通量的下降。

硅藻土的颗粒很小, 有良好的孔结构和吸附性能。鉴于硅藻土具有一些与活性炭相似的物理性质, 且价格低廉, 本文针对膜污染控制的问题, 考查投加硅藻土在短期内对平板膜通量的影响。

## 1 材料和试验方法

### 1.1 材料

试验用膜材料为聚醚砜(截留分子量 10 万), 有效膜面积为 0.092 m<sup>2</sup>; 试验用污泥为上海曲阳水质净化厂的曝气池回流污泥, 试验所采用硅藻土粉末, 产地为浙江。

### 1.2 试验方法

为考查投加硅藻土是否对膜通量存在影响, 首先做可行性实验。

在确定投加硅藻土对膜通量有改善之后, 做硅

藻土投加实验: 将浓缩后活性污泥进行配制, 使其 MLSS 分别达到约 6g/L、9g/L、12g/L。调节曝气量在 600L/h, 用抽吸泵进行抽吸, 维持膜组件出口处为 10kPa 的抽吸真空度。改变硅藻土投加量, 分别进行 4h 的连续运行实验, 记录平板膜通量的变化; 控制硅藻土的投加量为 0mg/L、100mg/L、500mg/L、1000mg/L、2000mg/L、5000mg/L。实验时水温 12℃。

## 2 结果与讨论

### 2.1 相对通量

在实验过程中, 为比较通量, 需要避免由于膜片初始通量的不同所带来的差异, 用相对通量<sup>[3]</sup>来比较:

$$J_R = J_t / J_0 \quad (1)$$

式中,  $J_R$  为相对通量;  $J_t$  为  $t$  时刻的膜通量 (m/s);  $J_0$  为清洁膜的纯水通量 (m/s)。

张鹏<sup>[4]</sup>等研究认为, 平板膜在泥水分离过程中, 泥饼阻力是主要污染阻力。

根据泥饼阻力模型:

$$J_t = J_0 \left( 1 + \frac{2t\hat{R}_c\phi_b\Delta P}{(\phi_c - \phi_b)\mu R_m^2} \right)^{-0.5} \quad (2)$$

式中,  $t$  为过滤时间 min;  $\hat{R}_c$  为泥饼阻力系数, 抽吸压力的函数;  $\phi_c$ 、 $\phi_b$  分别为液料主体、泥饼层中颗粒所占的体积比;  $\Delta P$  为抽吸压力 Pa;  $\mu$  为过滤液粘度 mPa/s;  $R_m$  为膜的清洁阻力 m<sup>-1</sup>。

收稿日期: 2004-07-14

基金项目: 国家高科技研究发展计划(863 计划)资助课题(2002AA601220)

作者简介: 杨德立(1980-)男, 硕士研究生, 研究方向为污水处理; E-mail: ydl198131@163.com。

令  $\frac{2\mu R_c \phi_b}{\Delta P(\phi_c - \phi_b)} = k$ , 代入式(2), 由达西公式  $J_0 =$

$\Delta P / \mu R_m$  变形得:

$$J_t / J_0 = (1 + J_0^2 k t)^{-0.5} \quad (3)$$

在试验中  $J_R$  由实际测得数据拟合得到, 因此, 为消除在拟合数据时所产生的误差, 须加入一个修正系数  $A$  (与理论计算  $J_0$  和实际测得  $J_0$  相关)。

故  $J_t / J_0 = A (1 + J_0^2 k t)^{-0.5}$

设  $J_0^2 k = K$ , 则:

$$J_R = J_t / J_0 = A (1 + K t)^{-0.5} \quad (4)$$

为比较膜累积通量的大小, 定义相对累积通量来进行比较。相对累积通量由相对通量进行积分得到:

$$\text{相对累积通量} = A \int_0^t (1 + K t)^{-0.5} dt = \frac{2A}{K} (1 + K t) \quad (5)$$

## 2.2 硅藻土投加试验

### 2.2.1 可行性试验

为了考查硅藻土用于膜污染的控制的可行性, 做如下的模拟试验。

在布氏漏斗上放置中速滤纸, 用水润湿, 贴紧周底, 漏斗容量 100mL。用硅藻土与污泥混合, 硅藻土的投加量为 0、500mg/L; 用真空泵抽吸, 保持计量筒内 10kPa 的真真空度; 并记录累积出水量随时间的变化关系。结果如图 1 所示。从图 1 结果看出, 硅藻土投加后可明显改善污泥的过滤性能, 因此, 可尝试在膜生物反应器中投加硅藻土, 以减轻对膜的污染。

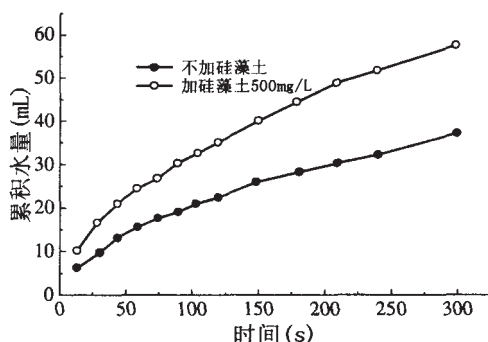


图1 累积水量随时间的变化情况

### 2.2.2 硅藻土对膜通量影响

先选择污泥浓度 6g/L 进行了硅藻土投加量试验, 结果如图 2 所示。

从图 2 结果看出, 硅藻土的投加能有效地增加平板膜的通量。

通量随硅藻土的投加量增大而增加。在污泥浓度为 9g/L 和 12g/L 的情况下进行试验, 通量的增加并不随投加量的增加而增加, 而是存在一个最佳的

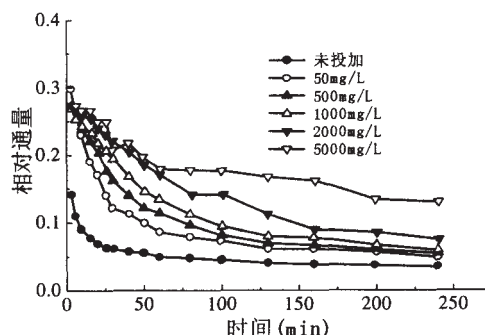


图2 污泥浓度 6g/L 时投加硅藻土对膜通量的影响

投加量。

另外, 随着污泥浓度的增加, 投加硅藻土对改善平板膜通量的效果逐渐变得不明显。这可能是由于随着污泥浓度的增加, 硅藻土在污泥中所占的比例减小, 硅藻土所表现出的助滤性能逐渐降低所致。随着运行时间的延长, 膜水通量的改善程度也随之减弱。这可能是由于硅藻土与活性污泥的混合物具有一定的阻力时效性, 即随着运行时间的延长, 膜表面泥饼层增厚, 并且逐渐压实, 减少膜面泥饼的孔隙率, 造成水通量的改善情况逐渐减弱。

### 2.3 相对累积通量比较

以污泥浓度 9g/L, 硅藻土投加量 500mg/L 为例。

由于在开始 1h 内, 投加硅藻土对膜通量影响较大, 所以, 取 1h 内的累积水通量进行比较。

对式(4)整理得到:  $\frac{1}{J_R^2} = \frac{1}{A^2} (1 + K t)$ , 以  $\frac{1}{J_R^2} - t$

作图, 得出关系式:

$$J_R = 0.565(1 + 0.071t)^{-0.5}, R^2 = 0.99$$

则:  $K = 0.071$ ,  $A = 0.565$ ;

由式(5)可得相对累积通量值为 36.48mL。

以此法计算了三种污泥浓度下的累积通量结果见表 1。

表1 60min 内相对累积通量

投加量(mg/L)	相对累积通量( mL )		
	6(g/L)	9(g/L)	12(g/L)
0	7.01	31.82	22.38
50	11.09	42.03	24.27
500	15.38	36.48	27.59
1000	20.04	39.65	25.60
2000	32.23	35.39	18.10
5000	34.84	40.29	17.20

从表 1 可以看出, 在本次试验中, 投加硅藻土可使平板膜的水通量增加的最大值为: 当污泥浓度为 6g/L 时, 投加 5000mg/L 的硅藻土, 可使水通量提高约 397%; 9g/L 时, 投加 50g/L, 提高约 32%; 12g/L

时,投加 500mg/L,提高约 23%。

2.4 改善膜分离性能机理探讨

2.4.1 助滤特性

在可行性试验中已经发现,硅藻土投加可提高污泥的过滤性能,而改善料液过滤性能的主要原因是,硅藻土可使滤饼不断保持 35%~ 40%孔隙率<sup>[5]</sup>。

为研究投加硅藻土对膜表面泥饼的影响,在每次投加硅藻土,膜连续运行 2h 后,即对膜表面的泥饼进行收集,并采集容器中的污泥,同时测定二者的 SS/VSS 值,并将膜面的 SS/VSS 值与容器中的 SS/VSS 值相比,测定结果列于表 2。

表 2 不同 MLSS 情况下膜面 SS/VSS 与容器中 SS/VSS 比值

污泥浓度 (mg/L)	100 (mg/L)	500 (mg/L)	1000 (mg/L)	2000 (mg/L)	5000 (mg/L)
6	1.10	1.40	1.05	1.05	1.02
9	1.13	1.10	1.10	1.03	1.06
12	1.09	1.10	1.00	1.04	1.03

由表 2 可见,膜面的 SS/VSS 较溶液中的 SS/VSS 高。由于硅藻土为矿物质,可以认为,两种 SS/VSS 的差值是由硅藻土在膜面的累积所产生的。因此,可以推测,硅藻土易于黏附在聚醚砜膜表面,形成孔隙率高的泥饼,并作为泥饼骨架,增强污水的过滤性能。

2.4.2 黏附作用

通过对投加硅藻土的污泥进行镜检,观察发现,硅藻土粉末被污泥絮体所包裹。测其不同投加量情况下的污泥 SV 值(污泥浓度 6g/L),结果表明,随着硅藻土投加量的增加,污泥的沉降性能也随之提高。在试验结束后,发现未投加硅藻土进行抽吸的膜表面泥饼较多。因此,可以推测,硅藻土与污泥絮体结合,形成易于沉淀的污泥,使得污泥在气水冲刷下不易在膜表面形成泥饼,从而减少泥饼对膜面的污染,提高膜通量。

2.4.3 吸附作用

硅藻土孔径大,比表面积大,吸附性强,并且它的 $\zeta$ 电位为负,绝对值大,吸附正电荷能力强,对污水有极好的净化效果<sup>[6]</sup>。因此可以认为在试验中,存在硅藻土对污染物的吸附作用。

国外学者研究发现<sup>[7]</sup>,细胞外聚合物、溶解性有机物及细微胶体对形成凝胶层,导致通量下降有重要影响。当溶质是水溶性的大分子时,膜表面的溶质浓度显著增高形成凝胶层;当溶质是难溶性物质时,膜表面的溶质浓度迅速增高并超过其溶解度而形成结垢层<sup>[8]</sup>。Bouhabila 等人<sup>[9]</sup>研究认为悬浮固体

(SS)、胶体、溶解性物质对于膜过滤阻力的贡献分别为 24%、50%、26%。Sato 等研究也发现,COD 在过滤阻力中起主要作用<sup>[10]</sup>,膜阻力增加,导致膜水通量的下降。因此,在本次试验中,主要考查硅藻土是否吸附污水中 COD。

为考查硅藻土对污水中 COD 的去除情况,取上海曲阳水质净化厂沉砂池出水。水样分成两部分,一部分直接为沉砂池出水,另一部分为滤纸过滤液(可以认为滤液中只含有溶解性 COD),然后,投加不同量的硅藻土,进行水质分析,取样时间为硅藻土与污水混合后 15min,分析结果见表 3。

表 3 投加硅藻土对 COD 的去除情况

投加量(mg/L)	上清液 COD(%)	溶解性 COD(%)
100	10	8
500	10	19
1000	10	26
2000	20	35
5000	30	36

从表 3 看出,投加的硅藻土在短时间内对污水中 COD 有一定的吸附。因此,可认为,投加的硅藻土可吸附一部分的 COD,从而减轻膜污染。

3 结 论

投加硅藻土在短期内能有效地减轻膜受污染的状况,提高膜的水通量。

对于本试验,存在最佳的投加量,当污泥浓度为 6g/L 时,通量随硅藻土的投加量增大而增大,但在污泥浓度为 9g/L 和 12g/L 的情况下,通量的增加并不随投加量的增加而增加,而是存在一个最佳的投加量。

随着污泥浓度的增加,投加硅藻土对改善平板膜通量的效果逐渐变得不明显。

硅藻土改善膜通量的原因在于硅藻土具有一定的助滤特性,增加泥饼过滤性能,被污泥絮体捕集,不易形成泥饼层,硅藻土可吸附污水中的一部分 COD。

参考文献:

[1] 顾小红,等.MBR 在污水处理中存在问题的研究[J].西南给排水,2003,25(1).  
[2] 罗虹,等.投加粉末活性炭对膜阻力的影响研究[J].中国给水排水,2001,17(2).  
[3] 顾国维,等.膜生物反应器[M].北京:化学工业出版社,297-298.  
[4] 张鹏.膜运用于污泥浓缩中的研究[D].同济大学硕士论文.  
[5] 刘明德.一种新型的助滤剂[C].全国首届固液分离技术会议文集,1987,115-119.  
[6] 包亚芳,等.硅藻土在污水处理中的应用[J].云南环境科学,

- 2003, 1.
- [7] 何义亮, 顾国维, 刘杰. 膜生物反应器生物降解与膜分离共作用特性研究[J]. 环境污染与防治, 1998, 20(6): 18-20.
- [8] 王晓琳. 膜的污染和劣化及其防治对策[J]. 工业水处理, 2001, 21(9): 1-5.
- [9] Bouhabila E H, Aim R Ben and Buisson. Fouling characterisation in membrane bioreactors [J]. Sep Purif Technol., 2001, 22-23, 123-132.
- [10] Sato T and Ishii Y. Effects of activated sludge properties on water flux of ultrafiltration membrane used for human excrement treatment[J]. Water Sci Technol., 1991, 23, 1601-1608.

## EFFECT OF DOSING DIATO MACEOUS EARTH ON THE FLUX OF FLAT SHEET MEMBRANE

Yang De-li, Wu Zhi-chao, Gu Guo-wei

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** In the experiment, the effect of dosing diato maceous earth on the flux of flat sheet membrane was studied under the conditions of different sludge concentration. It was found that dosing diato maceous earth can improve the separation performance of flat sheet membrane and increase water flux; there was an optimal dosing quantity of diato maceous earth, at which, the greatest increasing rates of water flux were 397%, 32% and 23% when sludge concentration were 6g/L, 9g/L and 12g/L respectively; diato maceous earth could easily be adsorbed on the surface of membrane.

**Key words:** MBR; flat sheet membrane; diato maceous earth; membrane flux

(上接第 34 页)

## PREPARATION AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF NICKEL OXIDE CATALYSTS

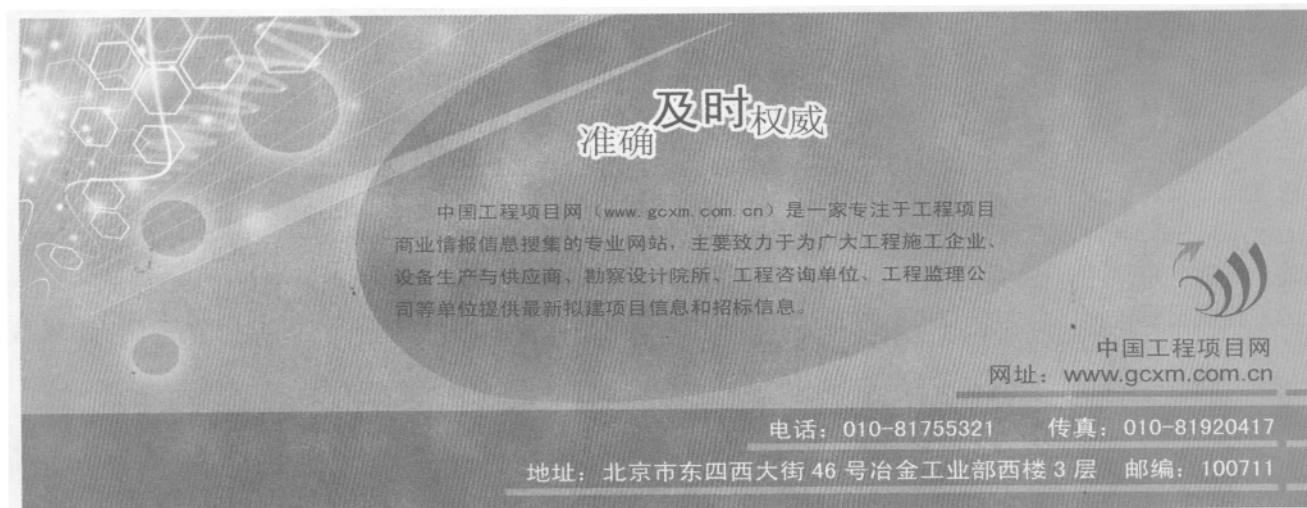
Lou Xiang-dong, Wang Tian-xi, Cheng Qing-tang

(College of Chemistry and Environmental Sciences, Henan Normal University,

Henan Key Laboratory for Environmental Pollution Control of Henan Province, Xinxiang 453007, China)

**Abstract** NiO was prepared by chemical coprecipitation. The crystal structure, particle-size, and morphology of NiO were analyzed by TG-DTA, XRD. The efficiency of decolorization of dye waste water by NiO was studied. The relations of their structure and the photocatalytic activity were discussed. The results showed that NiO had good photocatalytic activity.

**Key words:** NiO; chemical coprecipitation; photocatalytic degradation



准确 及时 权威

中国工程项目网 (www.gcxm.com.cn) 是一家专注于工程项目商业情报信息搜集的专业网站, 主要致力于为广大工程施工企业、设备生产与供应商、勘察设计院所、工程咨询单位、工程监理公司等单位提供最新拟建项目信息和招标信息。

中国工程项目网  
网址: www.gcxm.com.cn

电话: 010-81755321 传真: 010-81920417  
地址: 北京市东四西大街 46 号冶金工业部西楼 3 层 邮编: 100711