

文章编号:1007-8924(2001)04-0021-04

膜截留分子量对污水分置式好氧膜生物反应器处理性能的影响

吴志超 曾 萍 顾国维

(污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 不同截留分子量超滤膜的好氧膜生物反应器研究表明,膜的截留分子量越大,膜表面越易出现浓差极化现象,清洗周期缩短;截留分子量对超滤膜水通量的影响随运行时间增加而逐渐减少;截留分子量对好氧膜生物反应器有机物去除性能影响较小;膜截留分子量不同,生物反应器内的 MLSS 浓度也会明显不同.该现象的确切原因则有待于实验研究来进一步确定.

关键词：污水处理；膜生物反应器；膜截留分子量

中图分类号: TO028.8 文献标识码: A

污水膜生物反应器 (MBR) 处理是国外同行近 10 年来研究的热点之一。E. Tardieu^[1]采用管式陶瓷超滤膜对 MBR 工艺中污泥在膜表面沉积的特点进行研究, 结果发现, 当循环流速低时 (0.5 m/s), 污泥絮体颗粒在膜表面发生沉积, 形成的泥饼层导致水力阻力的快速增加; 而在通常的循环流速下 (4 m/s), 污泥絮体不会发生沉积, $75 \sim 150 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的水通量可以维持数天不变。L. Defrance^[2]采用陶瓷管式膜对由 Field 等提出的临界水通量概念进行了研究, 研究表明, MBR 的膜水通量控制在低于临界水通量下的恒定水通量运行有利于膜污染的控制和 MBR 的运行。Nazim Cicek 等^[3~7]也采用管式膜对膜生物工艺进行了不同方面研究。本文为作者采用国产有机管式膜对 MBR 工艺中超滤膜不同截留

分子量对系统运行性能影响的研究.

1 实验设备和研究方法

实验系统由进水槽、好氧曝气池、充氧器、超滤器等组成。2 台超滤器采用完全相同的内压管式膜组件,膜面积均为 0.05 m^2 ,膜的截留分子量分别为 50 000 和 70 000,膜材质均为聚丙烯腈(分别以 PAN500 和 PAN700 表示),膜面流速为 10 m/s 左右。实验进水为纯淀粉配制的废水,实验设备见图 1 所示。清水通量测定所用清水为经过活性炭吸附和超滤处理的自来水,实验分为两个阶段进行,第一阶段的进水 COD 浓度平均为 $1\,500 \text{ mg/L}$,第二阶段进水 COD 浓度平均为 $6\,000 \text{ mg/L}$ 。

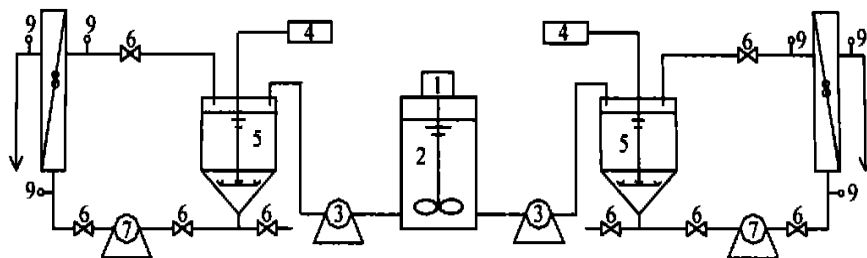


图 1 实验装置示意图

1. 搅拌机; 2. 进水槽; 3. 进水泵; 4. 充氧器; 5. 曝气池; 6. 阀门; 7. 高压泵; 8. 膜组件; 9. 压力表

收稿日期: 2000 - 09 - 08; 修改稿收到日期: 2000 - 12 - 01

作者简介: 吴志超(1966~), 男, 副教授(博士), 从事膜分离技术在水污染控制中应用的研究.

2 实验结果和分析

2.1 第一阶段实验

在第一阶段实验中,首先对新膜的水通量进行了必要的测定.图2是两种新膜清水通量随时间的变化,由图可见,在循环流量为 $1\,350\text{ L/h}$,平均透膜压差为 0.10 MPa ,PAN700膜的清水通量基本稳定在 $350\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,而PAN500膜的清水通量则稳定在 $120\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 左右,由清水通量值看,由于超滤对象为清水,水中没有可以被膜截留的污染物,两者的水通量非常稳定,同时,因截留分子量的不同,PAN500膜水通量远低于PAN700膜.

由图3所示新膜对活性污泥混合液超滤时水通量可以发现,PAN700膜运行的起始 20 min 内,其水通量出现明显下降,随后稳定在 $100\sim 110\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间,而PAN500膜没有出现这一情况,其水通量一直稳定在 $90\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 左右.图4则是

第一阶段实验中膜水通量随时间的变化情况.图4表明,PAN700膜无论在起始阶段还是第一阶段实验中,其水通量的变化幅度明显高于PAN500膜.在运行 80 天 后,PAN700膜的水通量开始低于PAN500膜,直至 $10\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 左右.在第一阶段实验中,PAN500膜清洗了 1 次 ,而PAN700膜先后清洗达 3 次 ,清洗后水通量的恢复PAN700膜明显好于PAN500膜,在该阶段实验后期,两种膜的水通量逐渐接近.从上述水通量的特性变化可以发现,在膜生物工艺选择超滤膜时,高截留分子量的超滤膜尽管清水通量较高,但在超滤污泥混合液时,起始较高的水通量会在膜表面截留更多的污染物,增加透膜阻力,在相同的操作条件下,净透膜压差减少,导致随后水通量的下降,如图4所示,水通量持续下滑.与此相反,低截留分子量的超滤膜尽管清水通量较小,但膜表面污染物阻力相对较低,在一定膜面流速下,阻力增加容易控制,水通量下降幅度较小.

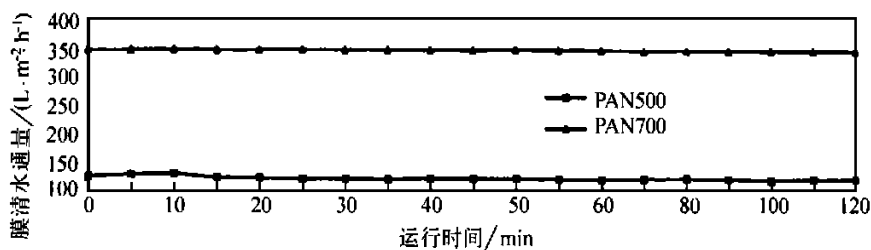


图2 膜清水通量随时间的变化($q_v = 1\,350\text{ L/h}$, $p = 0.1\text{ MPa}$)

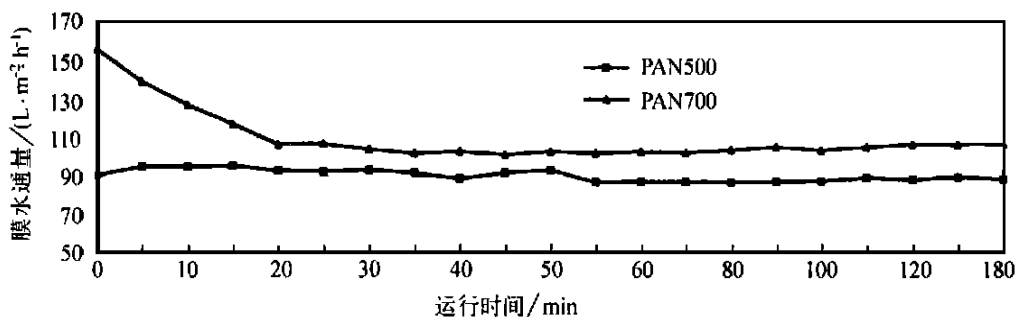


图3 新膜对污泥混合液超滤时水通量随时间的变化($q_v = 1\,350\text{ L/h}$, $p = 0.1\text{ MPa}$)

表1是第一阶段实验中膜生物工艺的典型运行情况.第一阶段实验中平均容积负荷为 $1.5\text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,平均水力停留时间为 1 天 .由表可知,截留分子量的不同对系统有机物去除性能的影响较小,尽管进水COD浓度在系统测试当天的瞬时值达到 $3\,530\text{ mg/L}$,膜出水浊度均为零,COD去除率达到

98% ,同时膜出水的污染指数值很低,完全可以满足更高级膜分离的进水水质要求.膜截留分子量不同对系统特性的影响主要表现在,(1)总溶解固体TDS的去除不同,截留分子量越低,出水TDS浓度越小;(2)PAN700膜生物工艺中生物反应器的MLSS浓度明显低于PAN500膜,粘度也小,导致该

现象的原因可能与 PAN700 膜的清洗频度高,膜管和压力管路系统内残留的污泥更多地被清除出系统有关,也有可能和膜清洗时间长带来的运行不稳定,承受的有机负荷总量相对较小相关。(3)污泥混合液的滤纸过滤液 COD 浓度有较大差别,膜截留分子量

小,滤纸过滤液 COD 浓度就低,引起该现象的原因可能与生物反应器中 MLSS 浓度有关,因为低截留分子量超滤膜的生物反应器内 MLSS 浓度高,对进水中有机物的分解更加有利,所以滤纸过滤液 COD 浓度更低。

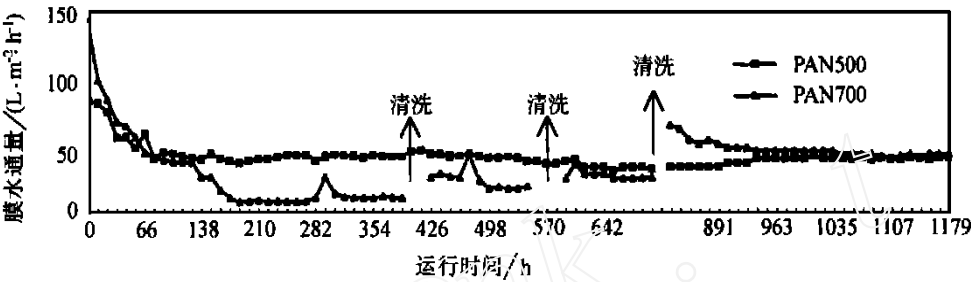


图 4 第一阶段膜水通量随时间的变化 ($q_v = 1\,600\text{ L/h}$, $p = 0.105\text{ MPa}$)

表 1 第一阶段实验中膜生物工艺的典型运行效果

	进水	PAN500 膜透过液	PAN700 膜透过液
进出水浊度	316	0	0
进出水的总溶解固体 TDS/(mg L^{-1})	952	561	861
进出水中总氮含量/(mg L^{-1})	0	0	0
生物反应器内污泥浓度		5 543	3 273
污染指数 SDI		1.3	0.1
粘度/($\text{mPa} \cdot \text{s}$)		3.1	2.7
混合液的滤纸过滤液 COD 浓度/(mg L^{-1})		214	389
进出水 COD 浓度/(mg L^{-1})	3 530	39	53
系统 COD 去除率/%		98.9	98.5

2.2 第二阶段实验

在第二阶段实验中,进水 COD 浓度大幅度提

高,达 $6\,000\text{ mg/L}$ 左右,平均容积负荷达到 $6\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,平均水力停留时间也为 1 天。图 5 是第二阶段截留分子量不同的超滤膜的水通量变化情况,图中 PAN700 膜系统的循环泵在运行 177 h 后发生故障停运,更换新泵后于 624 h 起运行。与第一阶段相比,PAN700 膜的水通量值与 PAN500 更加趋近。由于进水 COD 浓度的提高,而其它条件不变,使得有机负荷增加很多,MLSS 急剧增加,透膜阻力明显上升,导致水通量在第二阶段前期出现持续稳步下降的态势,而在第二阶段实验后期,随着生物反应器微生物的稳定,膜水通量逐渐平稳,水通量变化情况表明,在好氧膜分置式生物工艺中,膜截留分子量对膜生物工艺最终稳定水通量影响不大,但过高的膜截留分子量可能带来更易堵塞、清洗频繁、运行效果出现波动等问题。

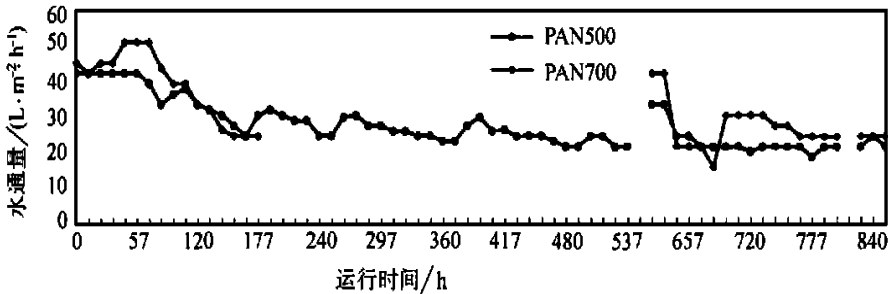


图 5 第二阶段膜水通量随时间的变化

表 2 是第二阶段实验中膜生物工艺对 COD 去除性能的影响,由表可知,尽管容积负荷从 $1.5\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 提高到 $6.0\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,系统对 COD 的平均

去除率仍然达到 98%。值得注意的是与第一阶段相比,不仅膜透过液 COD 浓度提高,滤纸过滤液 COD 浓度也明显上升,同时,PAN500 和 PAN700 膜生物

工艺中的 MLSS 浓度达到 28 900 mg/L 和 18 260 mg/L,污泥混合液出现了淀粉配制废水传统生物处理中常出现的泛白现象,结果表明,膜生物工艺处理淀粉配制废水时,当负荷过高时也会出现淀粉颗粒累积现象,但与常规生物处理不同的是,膜生物工艺受该现象的负作用相对较小,MLSS 浓度没有出现持续上升现象,滤纸过滤液 COD 浓度达到一定浓度后不再上升,膜生物系统仍然能维持较高 COD 去除能力。

表2 第二阶段实验膜生物工艺对
COD 去除性能的影响

测定先后次序	进水 COD 浓度 (mg L ⁻¹)	滤纸过滤液 COD 浓度/(mg L ⁻¹)		超滤膜出水 COD 浓度/(mg L ⁻¹)	
		PAN500	PAN700	PAN500	PAN700
1	4 220	208	280	36	72
2	6 880	397	960	42	< 100
3	—	330	802	—	—
4	6 000	288	769	218	92

3 小结

不同膜截留分子量条件下好氧分置式膜生物工艺的研究结果表明,(1)当其它条件相同时,超滤膜截留分子量,虽然清水通量和短期运行时膜水通量也大,但在长期运行条件下,膜表面更易出现浓差极化现象,清洗周期缩短,截留分子量对超滤膜水通量的影响逐渐减少。(2)截留分子量高低对系统有机物去除性能影响较小。(3)膜截留分子量不同,生物

反应器内的 MLSS 浓度也会明显不同,该现象的确切原因则有待于实验研究进一步确定。

参 考 文 献

- [1] Tardieu E. Hydrodynamic control of bioparticle deposition in a MBR applied to wastewater treatment [J]. J Membr Sci, 1998, 147: 1~12.
- [2] Defrance L, Jaffrin M Y. Comparison between filtrations at fixed transmembrane pressure and fixed permeate flux: application to a membrane bioreactor used for wastewater treatment [J]. J Membr Sci, 1999, 152: 203~210.
- [3] Nazim Cicek. Effectiveness of the membrane bioreactor in the biodegradation of high molecular weight compounds [J]. Wat Res, 1988, 32(5): 1553~1563.
- [4] Trouve E, Urbain V, Manem J. Treatment of municipal wastewater by a membrane bioreactor: Results of a semi-industrial pilot-scale study [J]. Wat Sci Tech, 1994, 30(4): 151~157.
- [5] Zaloum R, Lessard S, Mourato D, et al. Membrane bioreactor treatment of oily wastes from a metal transformation mill [J]. Wat Sci Tech, 1994, 30(9): 21~27.
- [6] Fan Xiaojun, Urbain V, Qian Yi, et al. Nitrification and mass balance with a membrane bioreactor for municipal wastewater treatment [J]. Wat Sci Tech, 1996, 34(1-2): 129~136.
- [7] Krauth Kh. Sustainable sewage treatment plants - application of nanofiltration and ultrafiltration to a pressurized bioreactor [J]. Wat Sci Tech, 1996, 34(3-4): 389~394.

The influence of membrane molecular weight cut off on the performance of membrane biological reactor for wastewater treatment

WU Zhichao, ZENG Ping, GU Guowei

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Shanghai 200092, China)

Abstract: The author made a study for the influence of membrane molecular weight cut off (MWCO) on the performance of membrane biological reactor (MBR). The results are as follows. The higher membrane MWCO is, the more serious concentration polarization on the membrane surface is, and the shorter the cleaning period is. The influence of membrane MWCO on the flux reduces gradually with the operation time. The membrane MWCO has little influence on the organic removal efficiency of MBR process. The difference of membrane cut-off molecular can cause the obvious difference of MLSS concentration in the biological reactor, but the definitive reason must be study in the future study.

Key words: wastewater treatment; membrane biological reactor; membrane molecular weight cut off