

投加 ABS 颗粒对 MBR 膜过滤特性的影响

尤朝阳 刘汤勋 刘志寅 张丹 肖晓强

(南京工业大学环境学院,江苏省工业节水减排重点实验室,南京 210009)

摘要 向膜生物反应器(MBR)中投加 ABS 颗粒,以干扰膜表面泥饼层的形成和减轻膜污染的发生。结果表明,向 MBR 中投加粒径为 1 mm 的 ABS 颗粒,发现颗粒的最佳投加量为 1.5 kg/m^3 ,投加颗粒的膜运行时间是对照实验运行时间的 3 倍。颗粒对膜表面泥饼沉积层抑制明显,与对照实验泥饼层重量最大相差 290 g,颗粒使膜上泥饼层的分布也不同。颗粒的投加也改变了污泥 EPS 含量,相比对照实验,多糖、蛋白质含量分别提高了 17.2% 和 8%,污泥粘度提高了 17.6%。细格栅与颗粒使 MBR 对 TN、TP 去除效果分别提高了 8.5% 和 9.7%,对 COD 的影响不大。

关键词 ABS 颗粒 膜污染 细胞外聚合物 污泥层重量

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2012)10-3383-05

Effect of feeding ABS particles into membrane bioreactor on membrane filtration performance

You Zhaoyang Liu Tangxun Liu Zhiyin Zhang Dan Xiao Xiaoqiang

(Jiangsu Key Laboratory of Industrial Water-Conservation & Emission Reduction,
College of Environment, Nanjing University of Technology, Nanjing, 210009, China)

Abstract ABS was fed into MBR to disturb the formation of cake layers on membrane surfaces and to reduce membranes fouling effect. The result indicated that the optimized feed rate is 1.5 kg/m^3 , when using 1 mm diameter ABS particles. The MBR operating time achieves three times of the contrast test. Feeding ABS particles could effectively suppress the sludge cake layer formation rate on membrane surfaces, whose largest weight difference between the ABS feeding test and contrast test is 290 g, with a different content distribution between these two results. As ABS particles fed into MBR, the EPS concentration in sludge was also impacted. Comparing to the contrast test, the concentration of polysaccharide and protein increased by 17.2% and 8%, respectively. Sludge viscosity increased by 17.6%. The removal rates of TN and TP increased by 9.7% and 8.5%, respectively as the fine grid and particles were added into MBR. However. The results indicating fairly small influence on COD.

Key words ABS particles; membrane fouling; EPS; weight of sludge cake

膜生物反应器(MBR)具有容积负荷高、污泥产率低、出水水质好等优点,但膜污染问题仍是限制其广泛应用的主要瓶颈。

目前国内外控制膜污染有:反应器中投加絮凝剂、优化运行参数、对膜改性等方法。投加絮凝剂能减缓膜的污染,但絮凝剂价格较贵,对污泥的性质也有影响^[1,2]。优化运行参数方法,对延缓膜污染有一定的作用但效果不明显^[3,4]。对膜进行亲水性改性,能提高膜的抗污染性,但目前对膜改性研究较少,改性时可能对膜材料造成损伤以及是否影响膜的寿命还没有报道^[5]。

投加颗粒来控制膜污染是一项有效、经济、环保的方法^[6,7]。Siembida 等^[8]考察了投加聚丙烯颗粒

对 MBR 的影响,发现在膜通量中等范围下,运行 170d,膜的渗透性能没有变化,而对照空白实验渗透性能降低至初始的 20%。马金霞等人在 MBR 中投加颗粒活性炭(GAC)时,运行 30d 后发现,投加 GAC 的系统膜通量为初始的 91.7%,对照实验的膜污染严重^[9]。

但 Siembida 等^[8]投加的颗粒量为 4 kg/m^3 ,投加颗粒物质量较多,本实验在反应器中设置一个细

基金项目:江苏省基础 Research 计划(自然科学基金)资助项目
(BK2008380)

收稿日期:2011-06-21; 修订日期:2011-08-30

作者简介:尤朝阳(1970~),男,博士,副教授,研究方向:水处理理论与技术。E-mail:youzhaoyang@163.com

格栅,格栅的孔径小于颗粒,同时由于格栅的体积比较小,其作用是使颗粒碰撞膜的频率变大,提高控制膜污染的效率,另一方面能减少颗粒物质的投加量。马金霞投加的 GAC 价格较贵、密度大,运行时容易沉积在池底,需要很大的曝气量才能使 GAC 悬浮起来,运行成本高。实验投加的颗粒为 ABS 材料,密度略大于水,同时设置一个细格栅将膜给包裹起来,主要探索颗粒对膜污染的控制机理,包括颗粒在溶液中的运行对膜表面泥饼层控制效果,颗粒对污泥性质的影响,如 EPS 和粘度等。

1 实验部分

1.1 实验装置

容器尺寸为:高 55 cm × 长 40 cm × 宽 30 cm,内置一片中空纤维膜,膜组件的尺寸为:长 40 cm × 宽 30 cm,浸水的新膜重量为 570 g。投加的颗粒为 ABS 颗粒塑料,粒径为 1.5 mm,形状为椭圆形,密度为 1.05 g/cm³,每个颗粒约为 0.02 g。细格栅的孔径为 1 mm,尺寸为:50 cm × 30 cm × 10 cm。装置见图 1。

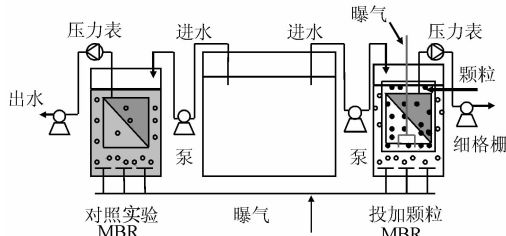


图 1 实验装置图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental set-up

1.2 分析项目及方法

泥饼层重量测定方法为,污染的膜取出并晾干 10 min 后,电子秤称出质量,减去新膜质量为泥饼层质量。膜压差通过真空表测定。COD、TN、TP 采用国标法测定。EPS 采用热提取法,方法为取污泥混合液离心后,取 1 g 污泥,稀释至 10 mL,在 80℃ 的水温中加热 20 min 后,再离心获得上清液,测定多糖和蛋白质浓度。多糖采用蒽酮比色法测定,蛋白质采用马考斯兰 G-250 法测定。溶解氧采用哈希溶氧仪测定。

1.3 实验方法和运行条件

实验用水采用人工配水,以葡萄糖、淀粉为碳源,(NH₄)₂SO₄ 为氮源,KH₂PO₄ 为磷源,使 COD:N:P 维持在 100:5:1,进水 COD 为(400 ± 5) mg/L。水力停

留时间为 4 h 时,膜通量为 15 L/(m² · h),抽停时间为 10 ~ 5 min,气水比为 20:1。MLSS 控制(7 000 ± 200) mg/L。曝气方式是,在细格栅内膜两侧各自设置一个曝气头,从上往下冲起颗粒,格栅外再设置两个曝气头给微生物曝气。

2 结果与讨论

2.1 不同颗粒投加量对膜污染影响

实验考察了不同颗粒投加量下膜压差运行影响变化的情况。设置膜起始压力为 5 kPa,当膜压差达到 20 kPa 时结束实验,设置对照实验,没有投加颗粒,结果如图 2 所示。

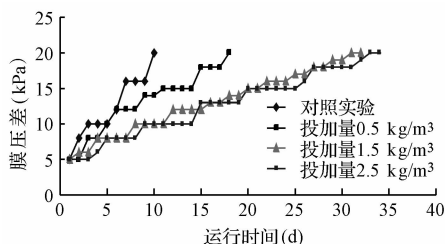


图 2 跨膜压差随运行时间的变化

Fig. 2 Pressure difference through membrane with running time

从图 2 可以看出,对照实验膜运行 10 d,膜压差就上升到 20 kPa,膜压差上升速度快。膜在运行到第 3 天到 5 天,第 7 天到第 9 天,膜压差分别出现了一个暂时的稳定点,分别为 10 kPa、16 kPa,然后又出现了膜压差一个迅速的上升。这是因为在气流的冲刷下,膜表面得泥饼层的沉积和脱落处于一个动态的平衡状态,膜压差也维持在一个平衡状态,当平衡被打破时,大量的泥饼层就会附着在膜表面上,膜压差迅速上升。

颗粒投加量大小对膜运行的影响也不同。当颗粒的投加量较少为 0.5 kg/m³,膜运行 18 d,膜压差达到 20 kPa,相比对照实验,运行时间提高了 8 d。增大颗粒投加量到 1.5 kg/m³,膜压差增加速度明显减缓,运行 30 d,膜压差才到达 20 kPa,而继续增大颗粒投加量为 2.5 kg/m³,发现对膜压差的影响不明显。分析原因认为,在曝气的作用下,颗粒物会在反应器内不停的冲刷着膜表面,使膜表面的泥饼层难以沉积下来,膜压差也缓慢、稳定的上升,没有出现压差突然上升的情况,运行时间明显增长。另外,投加量从 1.5 kg/m³ 增大到 2.5 kg/m³ 时,虽然有效的增加了颗粒碰撞膜的频率,但发现增加碰撞

频率对膜丝表面较大泥饼团冲刷效果影响不大,膜污染控制效果没明显增加,所以实验中颗粒最佳投加量为 1.5 kg/m^3 。

2.2 颗粒对泥饼层、凝胶层影响

目前研究认为,在膜阻力分析中,污泥层、凝胶层阻力是膜阻力的主要组成部分,设法减轻污泥在膜表面的沉积是减轻膜污染的重要手段^[10-12]。实验中膜压差与污泥沉积层重量关系,如图 3 所示。

如图 3 所示,随着膜压差的上升,污泥层重量也在不断的提高。对照实验的污泥层重量则高于投加颗粒膜的污泥层重量,当膜压差为 6 kPa 时,两膜的污泥层重量分别为 51 g 、 130 g ,对照实验膜多了 81 g 污泥。当膜压差为 20 kPa ,两膜泥饼层重量分布为 420 g 、 710 g ,泥饼层重量差最大,达 290 g ,对照实验膜上多余的泥饼层,导致了膜压差的迅速上升和膜通量的下降。

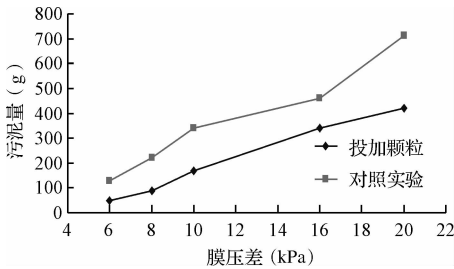


图 3 膜压差与污泥量的变化关系

Fig. 3 Relationship between difference TMP and weight of sludge

在颗粒的冲刷下,泥饼层分布形态也不相同。由于抽吸口在膜组件上部,投加的颗粒的膜泥饼层,主要分布在膜组件上部位置,而膜组件的其他部位在颗粒的冲刷下泥饼层则较少。相比对照实验,不仅膜上部出水口的泥饼层,明显多于投加颗粒的膜,并且膜组件的中下部也发现大量的污泥层粘附在膜表面,造成了对照实验膜的泥饼层重量高于投加颗粒的膜。

2.3 颗粒对污泥性质影响

细胞外聚合物(EPS),一般认为是堵塞膜孔的主要物质,因此分析了投加 ABS 颗粒对污泥 EPS 含量的影响^[13-15]。测定了 EPS 中多糖、蛋白质的浓度,结果如图 4 所示。

如图 4 所示,投加颗粒与对照实验的每克污泥里多糖浓度分别为 $286 \mu\text{g}$ 和 $244 \mu\text{g}$,蛋白质浓度分别为 $650 \mu\text{g}$ 和 $602 \mu\text{g}$ 。投加颗粒的多糖、蛋白质含量分别高出了 17.2% 和 8% ,其中多糖浓度增加的

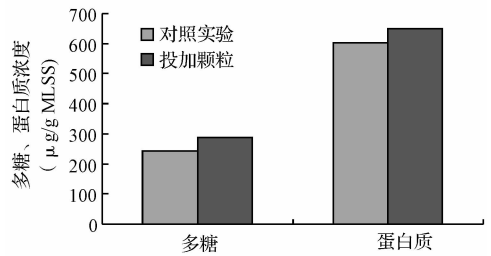


图 4 加 ABS 对污泥中多糖、蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effect of feeding ABS particles on concentration of polysaccharide and protein

较多,蛋白质浓度也有所增加。原因可能是颗粒的冲刷作用使污泥的絮体被破坏,污泥的粒径变小,致使污泥释放出更多的 EPS。

同时考察了投加颗粒对污泥粘度的影响,结果如图 5 所示。

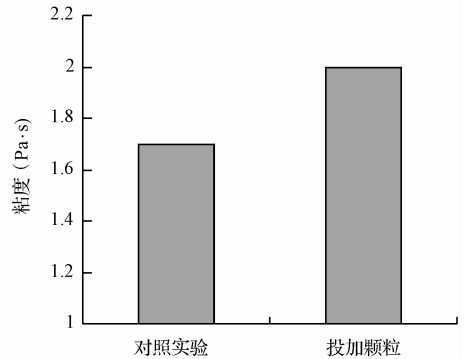


图 5 投加 ABS 颗粒对污泥粘度的影响

Fig. 5 Effect of feeding ABS particles on sludge viscosity

从图 5 可以看出,投加颗粒、对照实验的污泥粘度分别为 $1.7 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、 $2.0 \text{ Pa}\cdot\text{s}$,污泥粘度增加了 17.6% ,原因可能是一方面在颗粒的碰撞下,EPS 中多糖浓度有所增加,另一方面,实验所用的碳源有淀粉,淀粉是高分子物质,在被微生物降解时,是先吸附在表面,但污泥在颗粒的冲刷下,污泥絮体变小,淀粉利用率降低,也导致污泥粘度变大。

2.4 对去除效果的影响

实验又考察了 COD、TN 和 TP 的去除率效果,实验结果如图 6 所示。

如图 6 所示,投加颗粒与对照实验 COD 去平均去除率都一直稳定在 95% ,去除效果好。但发现投加颗粒 MBR 对 TP、TN 的平均去除效果要好于对照实验,分别高出了 8.5% 和 9.7% 。

对 TN 去除效果增加,可能是因为格栅对反应器内的溶解氧(DO)有影响,格栅的设置降低了格

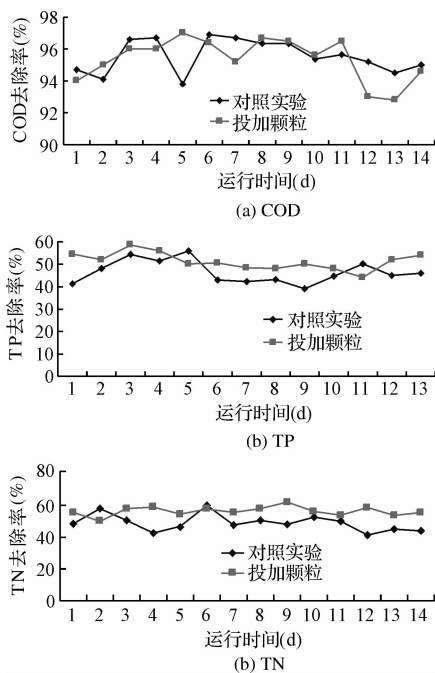


图6 COD、TP和TN去除率

Fig. 6 Removal rates of COD, TP and TN

栅外的DO的含量。相比对照实验,因为没有设置格栅,溶液曝气均匀,溶氧仪测定其DO值为1.55~2 mg/L,而设置格栅后,由于格栅内外都各设置曝气头,内外的曝气量比6:4,一方面,格栅外的曝气量较对照试验变小,另一方面,由于格栅的孔径小,格栅内的曝气时气泡会随着格栅的上升,并没有很多气泡跑到格栅外,所以用溶氧仪测定其DO值,发现浓度减小到0.98 mg/L,并发现到局部的污泥出现厌氧的情况,DO值低有利于反硝化细菌的生长,增加了脱氮的效果。

TP效果的提高可能是由于颗粒的加入提高了生物的载体量,微生物浓度增高所致。

3 结论

(1) 投加颗粒物质能很好地控制膜污染的发生,颗粒的最佳投加量为 1.5 kg/m^3 ,投加颗粒MBR是对照实验运行时间的3倍。

(2) 颗粒物质能有效地降低膜表面泥饼层的重量,在膜压差为20 kPa时,两膜泥饼层重量相差达290 g。

(3) 投加颗粒物质使污泥EPS浓度也有所增加,多糖、蛋白质浓度分别增加了17.2%和8%。

(4) 细格栅和投加颗粒物质增加了TN和TP的去除效果,分别为8.5%和9.7%,对COD的去除效

果都为95%,影响不大。

参考文献

- [1] 张海丰,孙宝盛,赵新华,等. 三氯化铁混凝作用提高膜生物反应器混合液可滤性. 天津大学学报, **2008**, 41(2):131-136
Zhang Haifen, Su Baosheng, Zhao Xinhua, et al. Improvement of filterability of mixed liquor in membrane bioreactor by coagulation of ferric chloride. Journal of Tianjin University, **2008**, 41(2):131-136(in Chinese)
- [2] Wu Jingling, Chen Futai. Using inorganic coagulants to control membrane fouling in a submerged membrane bioreactor. Desalination, **2006**, 197(1-3):124-136
- [3] 肖恩荣,梁威. 膜生物反应器稳定运行的操作条件优化研究. 中国给水排水, **2007**, 23(5):26-28
Xiao Enrong, Liang Wei. Study on optimization of operational condition of membrane bioreactor. China Water & Wastewater, **2007**, 23(5):26-28(in Chinese)
- [4] 张传义,王勇,黄霞,等. 一体式膜-生物反应器经济曝气量的试验研究. 膜科学与技术, **2004**, 24(5):11-15
Zhang Chuanyi, Wang Yong, Huang Xia, et al. Experimental study on economical aeration intensity in a submerged membrane bioreactor. Membrane Science and Technology, **2004**, 24(5):11-15(in Chinese)
- [5] 李照静,张玉先,范建伟,等. 纳米 TiO_2 改性膜生物反应器处理污水的研究. 中国给水排水, **2008**, 24(3):75-78
Li Zhaojin, Zhang Yuxian, Fan Jianwei, et al. Study on MBR modified by nanometer TiO_2 for wastewater treatment. China Water & Wastewater, **2008**, 24(3):75-78(in Chinese)
- [6] Stefan Krause, 学贤,董正军,等. 颗粒物质控制膜污染的增强型膜生物反应器工艺的研究. 膜科学与技术, **2010**, 30(2):74-78
Stefan Krause, Xue Xian, Dong Xuejun, et al. Enhanced MBR-process using added granulates for fouling control. Membrane Science and Technology, **2010**, 30(2):74-78(in Chinese)
- [7] 晏再生,王世和. 橡胶粒投量对MBBF-MBR膜过滤特性的影响. 中国给水排水, **2009**, 25(19):58-61
Yan Zaishen, Wang Shihe. Effect of rubber granules dosage on membrane filtration characteristics in moving bed biofilm/membrane bioreactor. China Water & Wastewater, **2009**, 25(19):58-61(in Chinese)
- [8] Siembida B., Cornel P., Krause S., et al. Effect of mechanical cleaning with granular material on the permeability of submerged membranes in the MBR process. Water Re-

- search, **2010**, 44(14):4037-4046
- [9] 马金霞,王世和,沈倩宇. 投加颗粒活性炭对膜生物反应器过滤特性的影响. 中国给水排水, **2010**, 26(3): 87-89
Ma Jinxia, Wang Shihe, Shen Qianyu. Effects of granular activated carbon addition on MBR filtration performance. China Water & Wastewater, **2010**, 26(3): 87-89 (in Chinese)
- [10] 封莉, 张立秋. 膜堵塞机理研究与膜阻力测定. 环境工程, **2002**, 20(3):75-77
Fen Li, Zhang Liqiu. Study on membrane fouling mechanisms and measuring of membrane resistance. Environmental Engineering, **2002**, 20(3):75-77 (in Chinese)
- [11] 刘玉君, 丁忠伟, 刘丽英, 等. 浸没式中空纤维膜污染控制措施比较. 北京化工大学学报(自然科学版), **2010**, 37(1):19-22
Liu Yujun, Ding Zhongwei, Liu Liyin, et al. A comparison of several hydrodynamic methods for alleviating fouling in submerged hollow fiber membrane filtration. Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition), **2010**, 37(1):19-22 (in Chinese)
- [12] 李绍峰, 崔崇威, 刘玉强, 等. MBR 膜污染阻力及清洗效果研究. 安全与环境学报, **2006**, 6(2):9-12
Li Shaofen, Cui Chongwei, Liu Yuqiang, et al. Resistance and cleaning effect of MBR membrane fouling. Journal of Safety and Environment, **2006**, 6(2):9-12 (in Chinese)
- [13] Wu Jinling, Huang Xia. Effect of mixed liquor properties on fouling propensity in membrane bioreactors. Journal of Membrane Science, **2009**, 342(1-2): 88-96
- [14] 焦娜, 张永刚. 胞外聚合物及其对膜污染影响的研究进展. 天津工业大学学报, **2010**, 29(3):24-28
Jiao Na, Zhang Yong gang. Study progress of extracellular polymeric substances and effects of EPS on membrane fouling. Journal of Tianjin Polytechnic University, **2010**, 29(3):24-28 (in Chinese)
- [15] 秦亚敏, 李亚峰. 胞外聚合物对膜污染的影响及对策. 工业用水与废水, **2010**, 41(1):1-5
Qing Yaming, Li Yafeng. Influence of EPS on membrane fouling and countermeasures thereof. Industrial Water & Wasterwater, **2010**, 41(1):1-5 (in Chinese)