

PAC投加量对 MBR 混合液性质及膜污染的影响

赵 英¹, 于丹丹¹, 秦东平², 顾 平¹

(1.天津大学环境科学与工程学院,天津 300072; 2.天津市市政工程设计研究院,天津 300051)

摘 要: 比较了 1g/L 及 2g/L 的 PAC 投加量对膜生物反应器中混合液性质及膜污染速率的差异。发现两系统上清液 COD 差距不明显,说明 1g/L 的 PAC 投加量已足以吸附小分子的有机物。当 PAC 从 1g/L 增至 2g/L 时,从微生物絮体中提取的多糖平均值分别为: 14.92mg /g MLSS、15.38mg /g MLSS; 蛋白质平均值分别为 18.82mg/g MLSS、17.58 mg/g MLSS; 且膜丝内部累积的多糖和蛋白质含量基本相同。当 PAC 投加量为 2g/L 时,部分破碎的 PAC 颗粒会进入膜孔内部,引起不可逆污染。

关键词: 膜生物反应器; 膜污染; 粉末活性炭

中图分类号: TQ314.253

文献标识码: A

文章编号: 1000-3770(2005)11-0052-04

膜的污染程度取决于膜本身的性质、料液的特性和过滤操作条件,对于 MBR,通过改变过滤料液的性能来防止膜污染将是一条重要且可行的途径。近年来,不少国内外研究者提出了向一体式膜生物反应器投加粉末活性炭 (Powdered Activated Carbon, PAC) 解决膜污染的新途径^[1-5]。目前国内普遍采用 2 g/L 的 PAC 投加量^[6,7],但此投加量是否为最佳值,尚未有定论。本研究通过平行对比试验的方法,从出水水质、混合液特性、膜污染速率等方面探讨了 PAC 投加量对 MBR 运行效果的影响,以期达到指导工程应用的目的。

1 试验装置和方法

1.1 试验装置

本试验的工艺流程如图 1 所示:提升泵将原水箱中的污水提升注入到高位水箱中,在浮球阀的控制下,污水由高位水箱流入恒位水箱,再进入膜生物反应器中。在膜内外的压差作用下(该压差分别由膜生物反应器水位与各自出水恒位槽的水位差决定),反应器内混合液经膜过滤后,由出水管路经出水恒位槽导出。系统采用全曝气间歇出水模式运行,通

过可编程序逻辑编辑器 (Programmable Logic Controller, PLC) 对电磁阀进行控制,实现 8 min 出水和 2 min 停水空曝的切换。采用中空纤维 U 型膜组件,材质为聚偏氟乙烯(PVDF),膜孔径为 0.2 μm ,面积为 0.5 m²。维持反应器流量为 6 L/h,气水比为 30:1, HRT 及 SRT 分别为 4 h 和 30 d。排泥后补充相应质量的 PAC,以保持两套系统投加的 PAC 体积浓度分别为: 1 g/L、2 g/L(分别记为 A、B)。投加的 PAC 等级为分析纯,粒度为 100~120 目。

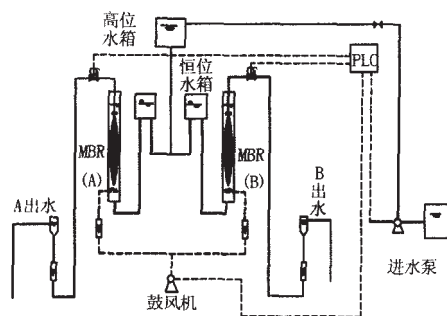


图 1 试验装置流程图

本试验接种污泥取自纪庄子污水处理厂曝气池混合液,试验用水采用天津大学生活小区生活污水。运行期间,进水 COD、NH₃-N 平均浓度分别为 406.3

收稿日期 2005-05-25

基金项目:国家“十五”高技术研究发展计划“863”计划资助项目 膜生物反应器的工程化与应用 2002AA601240)

作者简介 赵 英(1977-),女,博士研究生,研究方向为水污染控制理论与技术,联系电话 022-27405059,E-mail yingzhao77@163.com。

mg/L、25.2 mg/L, pH 在 7.08~7.91 之间波动, 温度为 9.5~15.1。试验过程中, 保持两套系统的污泥浓度基本相同, 均在 5000~7400 mg/L (不包括 PAC) 变动。

1.2 分析方法

常规实验监测方法参照国家环保局颁发的标准方法^[9], 具体见表 1。

表 1 监测项目及分析方法

测定项目	分析方法	仪器
COD	重铬酸钾法	
NH ₃ -N	纳氏试剂分光光度法	TU-1800 分光光度计
DO	膜电极法	JPSJ-605 溶解氧分析仪
浊度	直读法	HACH 2100p 浊度计
pH	玻璃电极法	Sartorius PP15pH 计
MLSS	105 干燥减重法	电热鼓风干燥箱
污泥颗粒分布	激光颗粒测定仪	Mastersizer 测定仪

多糖和蛋白质的测定采用蒽酮比色法和考马斯亮兰法^[9], 对应的预处理步骤为: 取一定体积混合液在 8000 r/min 转速下离心 10 min, 弃去上清液, 加入相同体积纯水, 搅拌后在相同条件下再次离心, 弃去上清液, 加入同体积 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液, 混合均匀后放入冰箱约 24 h, 取出后在转速 13000 r/min 下离心 15 min, 取清液测定; 取一定长度膜丝, 剪碎后用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液浸泡 0.5 h, 然后放入冰箱约 24 h, 取出后在转速 13000 r/min 下离心 15 min, 取清液测定。

2 结果和讨论

2.1 出水水质的比较

反应器共运行了 48d, 运行结果表明, 两套系统出水水质基本相同, 且均满足建设部《生活杂用水水质标准》(CJ 25.1-89)。这表明当 PAC 投加量从 1 g/L 增至 2 g/L 时, 对水质的改善作用得不到加强。

2.2 混合液性质的比较

活性污泥混合液是一个复杂且不断变化的体系, 它包括微生物、进水中的组分以及微生物的代谢产物, 其中许多组分都会导致膜污染。因此从混合液的有机物、颗粒分布以及胞外聚合物等方面分析了不同的 PAC 投加量对混合液性质的影响。

2.2.1 混合液有机物的比较

混合液中的溶解性物质不仅会造成膜外部的污染, 还会引起膜内部的污染。图 2 显示了两套系统运行过程中上清液 COD 的变化。很明显, 两套系统中均未发现溶解性物质的累积, 且上清液 COD 的

差异较小, 平均浓度分别为 67.4 mg/L 及 69.0 mg/L。已有研究表明, PAC 主要是吸附分子量小于 3000 的有机物, 且由于 PAC 的存在及由其引起的活性污泥组成、絮体结构等性质的变化, 使得污泥絮体对 COD 的吸附和降解作用增强。二者上清液 COD 差距不明显, 说明 1 g/L 的 PAC 投加量已足以吸附反应器中的小分子有机物, 继续投加 PAC, 对有机物的去除作用得不到增强。

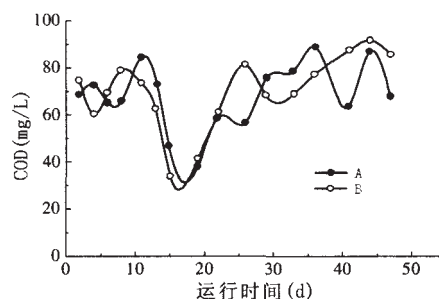


图 2 上清液 COD 的比较

2.2.2 颗粒分布的比较

滤饼层阻力是膜过滤阻力的重要组成部分。根据 Carmen-Kozeny 方程, 滤饼层比阻力是颗粒粒径、滤饼层孔隙率和颗粒密度的函数^[10]。

$$= \frac{180(1-\epsilon)^2}{\rho_p \cdot d_p^3}$$

式中, α 为滤饼层比阻力 m/kg; ϵ 为滤饼层孔隙率; ρ_p 为颗粒密度 kg/m³; d_p 为颗粒粒径 m。

上式表明, 滤饼层阻力与颗粒尺寸关系密切, 颗粒尺寸越小, 滤饼层阻力越大。图 3 为两套系统混合液颗粒分布对比图。测定结果均表明, A、B 颗粒体平均粒径分别为 145.2 μ m、127.8 μ m。同时测定所用 PAC 的颗粒尺寸, 其体均粒径为 103.5 μ m, 这说明投加 PAC 后, 成熟活性污泥絮体的体积比 PAC 颗粒本身的体积大得多。镜检发现, 每个较为独立的菌胶团中含有一颗或多颗 PAC 颗粒, 镶嵌在污泥里起骨架作用。根据 PAC 及菌胶团的性质, 在向 MBR

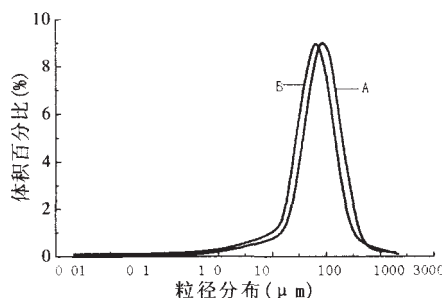


图 3 污泥颗粒分布

中投加 PAC 后, 炭粒与菌胶团之间即存在相互作用。PAC 的吸附性和微生物的附着性使得混合液中大量的游离细菌、生物絮体迅速地包围 PAC 颗粒, 从而形成较大的絮体。Y. Shimizu 等研究了活性污泥颗粒尺寸分布对一体式 MBR 通量的影响, 发现尺寸范围在 8~15 μm 的颗粒控制着通量^[11]。图 3 显示, 两套反应器内颗粒尺寸在 8~15 μm 的部分几乎重合, 这说明由于颗粒尺寸引起的膜污染几乎相同。

2.2.3 胞外聚合物的比较

EPS 是来自微生物细胞的高分子物质, 主要包括多糖、蛋白质、脂肪类及核酸。近年来, 大量研究表明, 细菌胞外聚合物 (Extracellular Polymeric Substances, EPS) 是优势污染物, 微生物通过这些物质相互粘连形成菌胶团, 并在过滤过程中显示出较强的压密性, 使过滤阻力不断升高, 膜污染加剧^[12,13]。J. Kim 等比较了超滤膜对活性污泥及生物活性碳污泥的过滤特性, 认为投加粉末活性炭不仅使污染絮体的可压缩性减少, 而且使微生物絮体中的 EPS 减少, 膜通量得到提高^[14]。图 4 及图 5 说明了不同 PAC 投加量对混合液中多糖和蛋白质产生量的影响。

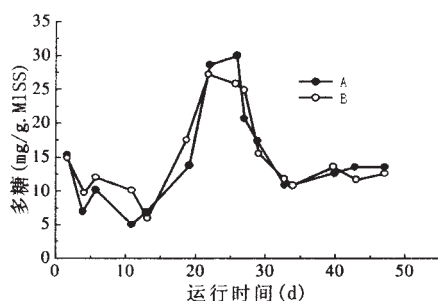


图 4 多糖对比

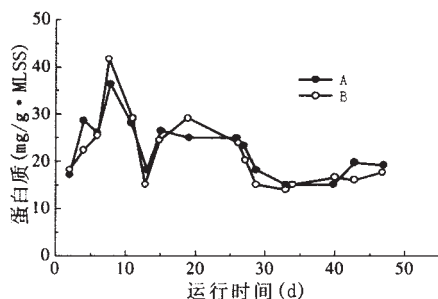


图 5 蛋白质对比

图 4 表明, 当 PAC 投加量从 1g/L 升至 2g/L 时, 从微生物絮体中提取的多糖含量几乎相同。A、B 两套系统提取的平均多糖含量分别为 14.92、15.38 mg/g MLSS。这说明, PAC 投加量对多糖的产量影响微弱, 由此引起的膜污染亦相当。对于蛋白质, 亦

可得到相同的结论。在运行的 48 d 中, 从 A、B 两套系统提取的蛋白质平均含量分别为 18.82 mg/g MLSS、17.58 mg/g MLSS。可见, 当 PAC 投加量从 1 g/L 增至 2 g/L 时, 其对 EPS 的作用几乎相同。

2.3 投加量对膜污染的影响

第 48 d 时取出膜组件, 用清水把膜表面的泥饼层清洗干净后, 取一定长度的膜丝测定其多糖和蛋白质含量。A、B 系统单位膜面积上的多糖含量分别为 30.0 mg/m²、21.7 mg/m²; 蛋白质含量分别为 132.9 mg/m²、113.5 mg/m²。考虑到同一膜组件不同膜丝受到的污染不可能完全一致, 且二者的多糖和蛋白质含量差距不是特别大, 可以认为 A、B 两膜内部累积的多糖和蛋白质含量基本相当, 即由此引起的不可逆污染程度基本相同, 这与从微生物絮体中提取的 EPS 含量几乎相同的结论相吻合。

接着测定两膜的清水通量。A、B 分别为 2.52 L/m²·h·kPa、1.90 L/m²·h·kPa, 是初始值的 49.7% 及 43.9%。可见投加量为 2g/L 时, 引起的不可逆污染略大于 1g/L 的投加量。因由于多糖和蛋白质引起的不可逆污染相当, 故可以判断 B 膜不可逆污染相对严重, 主要是由于 PAC 颗粒堵塞膜孔造成的。研究表明, PAC 颗粒在曝气作用下, 互相碰撞、摩擦, 粒径会变得更小^[15]。在本试验条件下, 当 PAC 投加量过高时, 可能会超出与污泥结合所需要的量, 未被污泥包裹的 PAC 颗粒, 在曝气的作用下, 逐渐破碎, 一旦小于膜孔径, 即有可能进入膜孔, 从而引起不可逆膜污染。

3 结 论

在膜生物反应器中投加 1g/L 及 2g/L 的 PAC, 对有机物及氨氮的去除效果相当, 且二者上清液 COD 差距不明显, 说明 1g/L 的 PAC 投加量已足以吸附小分子的有机物, 继续投加 PAC 对有机物的去除作用得不到加强。

在本研究条件下, PAC 投加量对多糖和蛋白质的产生量影响不大, 由此引起的不可逆污染相当。

投加量为 2g/L 的系统不可逆污染重于 1g/L 的系统, 推测主要是由于 PAC 颗粒堵塞膜孔造成的。从经济角度而言, 1g/L 的投加量, 更有利于降低运行成本。

参考文献:

- [1] S G Yiantsios, A J Karabelas. An experimental study of humid acid and powdered activated carbon deposition on UF membranes and their removal by backwashing [J]. Desalination, 2001, 140 (2): 195-209.

- [2] Tomaszewska Maria, Mozia Sylwia, Morawski Antoni W. Removal of organic matter by coagulation enhanced with adsorption on PAC [J]. Desalination, 2004, 161 (1): 79-87.
- [3] Tomaszewska Maria, Mozia Sylwia. Removal of organic matter from water by PAC/UF system [J]. Water Research, 2002, 36 (16): 4137-4143.
- [4] 傅金祥, 苏锦明, 徐巍, 等. PAC 对 IMBR 的净水效果和膜污染的影响研究 [J]. 沈阳建筑工程学院学报(自然科学版), 2004, 20 (2): 143-146.
- [5] 吕红, 徐又一, 朱宝库, 等. 分体式膜-生物反应器在废水处理中的工艺条件 [J]. 环境科学: 2003, 24 (3): 61-64.
- [6] 李春杰, 耿琰, 周琅. SMSBR 去除焦化废水中有机物及氮的特性 [J]. 上海环境科学, 2001, 20 (1): 24-27.
- [7] 罗虹, 顾平, 杨造燕. 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): 1-4.
- [8] 国家环保总局《水和废水监测方法》编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [9] 陈钧辉, 陶力, 李俊, 等. 生物化学实验 (第三版) [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [10] R J Baker, A G Fane, C J D Fell, et al. Factors affecting flux in crossflow filtration [J]. Desalination, 1985, 53 (1-3): 81-93.
- [11] Shimizu Y. Effect of particle size distribution and activated sludge on crossflow microfiltration for submerged membrane [J]. Ferment Bioengineering, 1997, 83 (6): 583-589.
- [12] Nagaoka H, Veda S, Miya. A. Influence of bacterial extracellular polymers on the membrane separation activated sludge process [J]. Water Science and Technology, 1996, 34 (9): 165-172.
- [13] Mukai T. Ultrafiltration behavior of extracellular and metabolic products in activated sludge system with UF separation process [J]. Water Research, 2000, 34 (3): 902-908.
- [14] Jae-Kim. Comparison of ultrafiltration characteristics between activated sludge and BAC sludge [J]. Water Research, 1998, 32 (11): 3443-3451.
- [15] Zhao Peng, Satoshi Takizawa, Hiroyuki Katayama, et al. Factors causing PAC cake fouling in PAC-MF (Powdered activated carbon-microfiltration) water treatment system [A]. IWA specialty Conference on Water Environment-Membrane Technology, Seoul Korea: 2004, 919-926.

EFFECT OF POWDERED ACTIVATED CARBON DOSAGE ON MIXED LIQUOR CHARACTERISTICS AND MEMBRANE FOULING IN MBR

Zhao Ying¹, Yu Dan-dan¹, Qin Dong-ping², Gu Ping¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2. Tianjin Institute of Research and Design for Municipal Engineering, Tianjin 300051, China)

Abstract: A comparison between effect of different powdered activated carbon (PAC) dosage (1g/L and 2g/L) on MBR mixed liquor characteristics and membrane fouling was carried out for treating domestic wastewater under the same conditions. The difference of COD in the mixed liquid was indistinctive, indicating that a PAC dosage of 1 g/L was enough in terms of organic removal and adsorption. When PAC dosage increased from 1g/L to 2g/L, the polysaccharide extracted from sludge averaged at 14.92mg/g MLSS and 15.38mg/g MLSS respectively; and the average protein contents were 18.82mg/g MLSS and 17.58mg/g MLSS. Further, the concentration of polysaccharide and protein deposited on the membrane surface was almost equal. The irreversible membrane fouling was more severe at a higher dosage of PAC of 2g/L because of more chance to pore blockage caused by broken PAC particles. Taking into account the cost and membrane fouling, the optimum dosage in this case was around 1g/L.

Keywords: membrane bioreactor; membrane fouling; powdered activated carbon

(上接第 48 页)

COMPARISON OF FLOCCULATION EFFECT OF QUATERNARY AMMONIUM CATIONIC SESBANIA GUM AND POLYACRYLAMIDE FOR TREATING DOMESTIC WASTEWATER

Wang Xin-hai¹, Cui Yuan-chen¹, Hu Hua², Yuan Cong¹, Yy Jing-ling¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Henan University Kaifeng 475001, China;

2. Environmental Protection Agency of Kaifeng City, Kaifeng 475000, China)

Abstract: A new type of flocculant named quaternary ammonium cationic sesbania gum (QACSG) was optimized from susbania gum series, and flocculation effects of QACSG and polyacrylamide (PAM) for treating domestic wastewater were compared. The results showed that under the same flocculation conditions (polymerized ferric sulfate as primary flocculant), the dosage of QACSG was only 2/3 of that of PAM, the turbidity removal rate was increased by 20~30% and the reduction percentage of COD was increased by 5~10%, the wastewater treated reached the first class discharging standard of our country.

Keywords: quaternary ammonium cationic sesbania gum; flocculation; domestic wastewater