

文章编号: 1674 - 5566(2014)06 - 0904 - 07

氯化镧和硫酸铈对 MBR 活性污泥过滤性能的影响

冀世锋¹, 巢晨骅¹, 高春梅¹, 邢云青¹, 吴晓菲¹, 李 迎¹, 胡茂刚²

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海迈淳环保工程有限公司, 上海 201199)

摘 要: 膜污染一直以来是制约膜生物反应器广泛应用的主要因素, 近年来人们用投加添加剂调控混合液的方法来减缓膜污染, 并取得了一定的成效。本实验主要研究氯化镧和硫酸铈作为添加剂对膜污染的影响, 通过膜阻力分布和污泥比阻的测定, 分析在最佳投加量下两种稀土化合物对改善污泥混合液过滤性能、减缓膜污染的效果。结果表明: 两种添加剂都可以降低膜的过滤总阻力及沉积层阻力以减缓膜污染; 在最佳投加量下, 沉积层阻力降低了 40.93% (氯化镧) 和 49.16% (硫酸铈), 污染阻力降低了 96.20% (氯化镧) 和 96.94% (硫酸铈); 污泥比阻降低了 79.54% (氯化镧) 和 76.29% (硫酸铈); 两者效果相似, 但氯化镧可以改善污泥的压缩性能, 且硫酸铈的最佳投加量较高, 对反应器中的污泥活性产生抑制作用, 不利于反应器的运行。

研究亮点: 膜生物反应器由于其设备和基建成本小, 出水质量高, 除菌效果好等优点被广泛应用, 与之带来的是膜污染的问题。目前针对使用稀土类添加剂减缓膜污染的研究甚少, 本文主要研究稀土类添加剂对膜污染减缓的效果, 通过实验以期找到一种新的、更有效更廉价的控制膜污染的添加剂。

关键词: 稀土; 氯化镧; 硫酸铈; 膜生物反应器; 膜污染; 活性污泥

中图分类号: X 703.1

文献标志码: A

膜生物反应器 (membrane Bioreactor, MBR) 包含生物反应器以及膜组件, 其中, 膜组件通过超滤或微滤的方式取代传统活性污泥法中沉淀池达到泥水分离的效果。由于其能够有效地截留反应器中的活性污泥, 同时能够完全去除出水中的悬浮颗粒物, 膜生物反应器被视为领先的污水处理技术, 应用于各种对出水要求较高和难降解的废水工程案例中。但是, 膜污染仍然是限制其广泛应用的主要因素, 膜污染导致膜通量的减小或者是跨膜压差 (TMP) 的增大, 进而造成能源损失以及运行成本的增加, 所以如何有效控制膜生物反应器中的膜污染成为一项具有挑战性的任务^[1-4]。

传统控制膜污染的方法主要为优化反应器水力学特性、降低通量、增加曝气量 (空气冲刷)^[5-8]。除此之外, 近年来出现了一种新的控制膜污染的方法, 其主要原理是通过向反应器中

投加添加剂来改善混合液中活性污泥的混凝絮凝效果, 从而增大絮状物尺寸, 减少混合液中溶解性污染物, 以此达到控制膜污染的目的。

目前使用的各种添加剂在一定程度上都能减缓膜污染速率, 但不可避免有各种缺陷: 填料的投加不利于排泥且容易将污泥絮体打碎^[9-10]; 吸附剂如粉末活性炭存在再生难的问题^[11]; 单体铝盐或铁盐的投加量大且效果不明显; 聚合盐对反应器中微生物的活性产生不利影响, 且可能对环境产生二次污染^[12]; 天然高分子絮凝剂长期运行中会被逐渐分解; 此外, 合成高分子添加剂选择性小且成本高昂^[13]。综上, 寻找能持续、有效控制膜污染且成本低廉的添加剂是膜污染领域的重要研究课题。

稀土作为混凝剂应用于水处理中已有学者进行了研究, 延克军等^[14]研究发现由于稀土的电性中和作用和网捕卷扫作用使其可以产生混凝

收稿日期: 2014-04-25 修回日期: 2014-06-04

基金项目: 上海市教委高校第五期海洋环境工程重点学科项目 (J50702); 上海海洋大学博士启动基金项目 (A2-0302-14-3000-9)

作者简介: 冀世锋 (1976—), 男, 讲师, 研究方向为水处理技术。E-mail: sfj@shou.edu.cn

通信作者: 高春梅, E-mail: cmgao@shou.edu.cn

效果,并且具有形成絮体速度快、絮体密实、含水率低、去浊率高、出水浊度低等优点。此外,低浓度稀土元素可提高污泥内微生物最大降解速度,对微生物酶有较强的激活作用,并可促进微生物分泌胞外多聚物,提高胞外多聚物蛋白质/多糖比值,改善污泥表面性质,刺激微生物生命活动^[15]。镧和铈作为含量较多的稀土元素已经被广泛的应用于石油、化工、冶金、纺织、陶瓷、玻璃、永磁材料等领域,其化合物为调控 MBR 混合液的添加剂提供了一个潜在选择。本文主要研究氯化镧和硫酸铈作为添加剂对膜污染控制的效果,通过膜阻力分布和污泥比阻的测定,分析在最佳投加量下两种稀土化合物对改善污泥混合液过滤性能、减缓膜污染的效果。

1 材料与方法

1.1 实验设置

1.1.1 添加剂

本文主要研究氯化镧(LaCl_3)和硫酸铈 $[\text{Ce}(\text{SO}_4)_2]$ 对污泥混合液过滤性能的影响。其形态、浓度、性质、来源等详细信息见表1。

表1 添加剂参数

Tab.1 The types and concentrations of the additives used in the experiments

添加剂	浓度	生产商	纯度
$\text{LaCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2g/L(以 La 计,水溶液)	沪试	AR
$\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2g/L(以 Ce 计,水溶液)	沪试	AR

注:硫酸铈需避光储存。

1.1.2 活性污泥样品

活性污泥样品取自上海海洋大学生活污水中试系统 MBR 反应池($\text{SV}_{30} = 28\% \sim 33\%$, $\text{MLSS} = 5.7 \sim 6.0 \text{ g/L}$)。测定时,取新鲜活性污泥样品(300 mL),分别加入两种添加剂(氯化镧、硫酸铈)×7种浓度(0 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L、120 mg/L,以 La 和 Ce 计)。混合后缓慢搅拌约 1 min。

1.1.3 滤膜

实验所用的膜为美国 Millipore 公司的亲水性 Durapore PVDF 平板膜,膜孔径 $0.22 \mu\text{m}$,有效直径为 6.5 cm,有效膜面积 0.00332 cm^2 (表2)。

表2 实验用平板膜的参数

Tab.2 Specifications of flat sheet membranes used in this study

项目	参数
制造商	Millipore(美国)
膜材料	聚偏氟乙烯(PVDF)
表面性质	亲水性
平均孔径	$0.22 \mu\text{m}$
孔隙率	70%
折射系数	1.42
最高操作温度	$85 \text{ }^\circ\text{C}$
$23 \text{ }^\circ\text{C}$ 起泡点压力	$\geq 3.45 \text{ bar}$ (空气和水)
水流量	$7 \text{ mL/min} \times \text{cm}^2$
空气流量	$2 \text{ L/min} \times \text{cm}^2$

1.1.4 终端过滤装置

终端过滤虽与 MBR 中的膜过滤存在一定的差别,但也可一定程度上反映 MBR 中的膜污染情况,由于操作较为简便,这种方法目前被广泛用在 MBR 膜污染的研究中^[16]。

图1为终端过滤装置的示意图。反应器为 350 mL 容积的有机玻璃杯式滤器,内设磁力搅拌桨,用于对膜的水力清洗;外加压力通过高压氮气提供;混合液从顶部带旋钮的孔中加入;渗透液通过出水口流入电子天平上的烧杯中,通过检测重力的变化折算为体积。

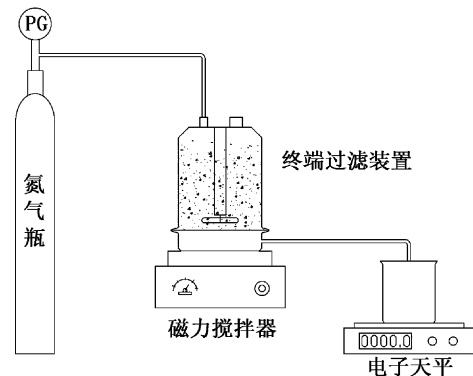


图1 终端过滤实验装置

Fig.1 Schematic diagram of dead-end filtration setup

1.2 测定方法

1.2.1 膜污染阻力分布

目前对膜污染阻力的划分尚无定论,本实验根据膜污染发生的位置对各项污染阻力进行分析测定,其表达式如下:

$$R_t = R_m + R_p + R_f = R_m + R_p + R_{ef} + R_{if} = R_m + R_c + R_{if} \quad (1)$$

式中: R_t 表示过滤总阻力; R_m 表示清洁膜固有阻力; R_p 表示凝胶极化阻力; R_f 表示污染阻力; R_{ef} 表示外部污染阻力; R_{if} 表示内部污染阻力; R_c 表示沉积阻力。

根据式(1)对膜过滤混合液过程中的各项污染阻力进行了测定,其过程如下^[17]:

(1)在一定压力下(20 kPa)先用清洁膜对超纯水进行过滤,从产生滤液开始,每 15 s 记取一次滤液质量,通过达西方程计算出膜固有阻力 R_m ;

(2)在相同压力下用该膜对混合液进行过滤(过滤过程中不搅拌),当通量达到稳定状态时,以此时的通量计算总阻力 R_t ;

(3)将剩余的混合液从过滤器中取出,并加入等量超纯水,在不加压的情况下通过磁力搅拌将膜清洗 5 min;然后弃掉清洗液,再加入等量超纯水,在相同压力下进行过滤实验,所测得的阻力从总阻力中扣除后即被认定是凝胶极化阻力 R_p ;

(4)将料液倒掉后取出膜片,用脱脂棉擦去膜表面的沉积物,再将膜重新装好,加入等量超纯水,在相同压力下测过滤阻力,该阻力扣除膜固有阻力即为内部污染阻力 R_{if} ,而将该值从上次所测得阻力中扣除即得外部污染阻力 R_{ef} 。

以上测试过程可以通过图 2 来表示。

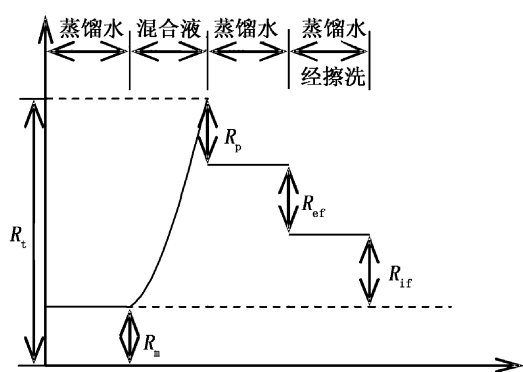


图 2 阻力计算示意图

Fig. 2 Schematic diagram of resistance calculation

1.2.2 污泥比阻及压缩系数

膜污染过程中同时包括膜孔堵塞和膜面沉积层增厚两个过程。通常膜孔堵塞在过滤初期较短的时间内(数十秒到数分钟)就已经完成,之后主要体现为膜面沉积层的增厚。因此,从总的

过滤过程来看,沉积层是过滤的控制因素。污泥比阻是单位质量沉积层所产生的阻力^[18]。污泥比阻可以根据过滤时间(t)和出水通量(J)来算得,其公式如下^[19]:

$$\frac{1}{J^2} = \left(\frac{R_m \mu}{\Delta P} \right)^2 + \frac{2\mu C_b \alpha}{\Delta P} t \quad (2)$$

$$\alpha = \alpha_0 \Delta P^n \quad (3)$$

式中: R_m 表示膜固有阻力 (m^{-1}); μ 表示透过液黏度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$); C_b 表示混合液中颗粒浓度,即污泥浓度 (kg/m^3); α 表示污泥比阻 (m/kg); α_0 表示比阻常数; n 表示沉积层压缩系数。

由于 R_m 、 μ 、 C_b 、 ΔP 为已知实验条件,通量(J)与时间(t)为实验时测定,所以根据式(2),可得在不同过滤压力 P 下的污泥比阻值。同时,由不同过滤压力 P 下的污泥比阻值 α ,在双对数坐标下,以 α 为纵坐标, P 为横坐标,直线斜率即为污泥压缩系数 n 值。

实验装置与膜阻力分布测定的装置相同,在不同压力(20、40、60、80、100 kPa)下对污泥混合液进行终端过滤实验,从产生滤液开始,每 30 s 记取一次滤液质量,根据式(2)求出不同压力下各沉积层的比阻,进而根据式(3)求出沉积层压缩系数。

2 结果与讨论

2.1 最佳投加量的确定

图 3 显示了污泥混合液过滤总阻力(相对于空白组百分比)随各种添加剂投加量变化的趋势图。由图可见,投加硫酸铈组,投加量在 100 mg/L 以下,其总阻力下降至空白的 51.13%,当继续增加硫酸铈的投加量时,总阻力基本保持稳定。氯化镧组的混合液总阻力随投加量的增大降低,且其效果优于硫酸铈组,当投加量达到 60 mg/L 时,其总阻力下降至空白的 59.29%,之后稳定在此数值上下。

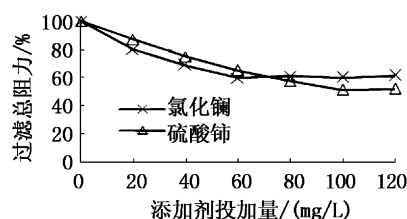


图 3 投加量对过滤总阻力的影响

Fig. 3 Effect of dosage on the total resistance

在实验测试浓度范围内,氯化镧和硫酸铈都可改善污泥混合液的过滤性能。氯化镧的最佳投加量为 60 mg/L,硫酸铈的最佳投加量为 100 mg/L,且在最佳投加量下,硫酸铈的效果略优于氯化镧。胡勤海和楼雪松^[20]的研究发现,较高浓度的稀土元素会对污泥的活性产生抑制作用。

2.2 膜过滤通量及总阻力变化

最佳投加量下,空白组、氯化镧组和硫酸铈组的污泥混合液膜通量及总阻力变化如图 4 所示。从图中可以看出,膜通量在最初的几分钟内急剧衰减,相应地,过滤总阻力不断上升,符合式(1)中膜通量和膜阻力的关系。

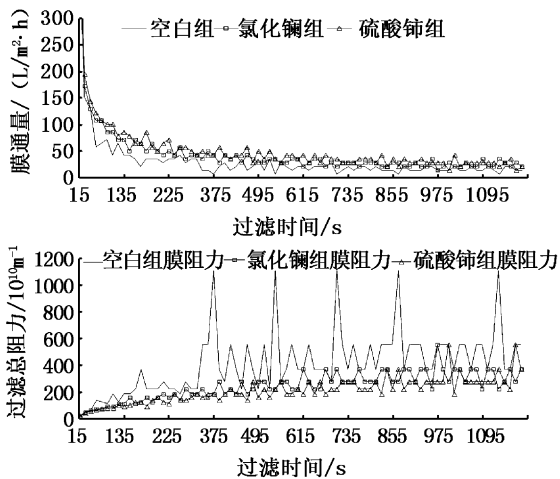


图 4 膜通量和总阻力变化

Fig.4 Changes in membrane flux and total resistance

此外,从图中可以发现,在过滤初期投加添加剂组的过滤通量小于空白组,趋于稳定后,过滤通量高于空白组,且投加添加剂组趋于稳定的时间要早于空白组。分析可知,投加添加剂后混合液中较大的污泥絮体迅速地下沉在膜表面形成沉积层,所以在过滤初期其通量小于空白组,且更快趋于稳定;由于大颗粒的絮体在膜表面的沉积阻碍了小颗粒絮体在膜表面沉积,其形成的过滤孔道大于空白组,使得在趋于稳定后空白组的过滤通量小于投加添加剂组。

对比三组的膜通量及总阻力的趋势线可以看出,当通量趋于稳定后,硫酸铈和氯化镧组的混合液膜通量高于空白组,与之对应的膜阻力也更低,说明氯化镧和硫酸铈可以有效地改善污泥混合液的过滤性能,从而增加膜过滤通量,减缓膜污染,延长膜的使用寿命。

2.3 膜过滤阻力分布

为研究投加和未投加添加剂污泥混合液的膜污染规律,在压力 20 kPa 条件下测得各组混合液的过滤阻力分布,其结果如表 3 和图 5 所示。

表 3 混合液过滤阻力分布

Tab.3 Mixture filtration resistance distribution

过滤对象	阻力分布	过滤阻力 / (10^{10} m^{-1})	过滤阻力 / %
空白组	膜固有阻力 R_m	3.98	0.96
	沉积层阻力 R_c	410.59	98.66
	污染阻力 R_f	18.97	4.65
	总阻力 R_t	416.17	100.00
氯化镧组	膜固有阻力 R_m	3.96	1.60
	沉积层阻力 R_c	242.52	98.29
	污染阻力 R_f	0.72	0.29
	总阻力 R_t	246.74	100.00
硫酸铈组	膜固有阻力 R_m	3.73	1.75
	沉积层阻力 R_c	208.74	98.11
	污染阻力 R_f	0.58	0.27
	总阻力 R_t	212.77	100.00

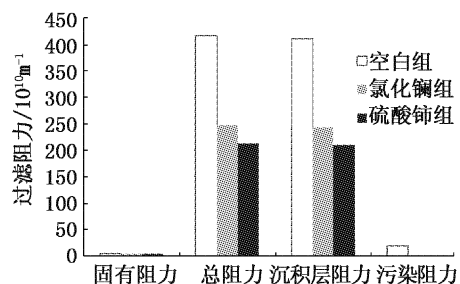


图 5 混合液过滤阻力分布对比

Fig.5 Comparison of mixture filtration resistance distribution

由表 3 可以看出,各组混合液过滤过程中,最大阻力来自沉积层阻力(即凝胶极化阻力 + 外部污染阻力),其依次占各自总阻力的 98.66% (空白组)、98.29% (氯化镧组)和 98.11% (硫酸铈组),而污染阻力所占比例最小。由此可见,过滤过程中,沉积层的形成是膜污染的主要来源。投加添加剂组的沉积层阻力下降至空白组的 59.07% (氯化镧组)和 50.84% (硫酸铈组),说明投加添加剂对减缓膜污染和控制沉积层的形成是非常有效的,两种添加剂对控制沉积层形成的效果为硫酸铈 > 氯化镧,其主要因为镧和铈的相对分子质量相近,而硫酸铈中的铈为正四价离子,相同投加浓度下可以中和更多的离子,故其效果优于氯化镧。

同时,两种添加剂对膜污染阻力(即内部污染阻力+外部污染阻力)控制效果(占空白组)为:硫酸铈(3.06%)>氯化镧(3.80%),说明氯化镧和硫酸铈都可以显著降低膜污染,有利于膜的长期运行。此外,实验过程中还发现,投加添加剂组的混合液中的活性污泥絮体明显增大,说明其可以通过改善污泥絮体的尺寸来改善污泥混合液的过滤效果。

2.4 污泥沉积层过滤性能分析

2.4.1 污泥比阻比较

污泥比阻是表征沉积层的一个重要参数。通过改变过滤压力(20~100 kPa)利用式(2)、(3)可求出污泥比阻。一般认为,比阻在 1.0×10^{13} m/kg 以上为难过滤污泥;比阻在 $(0.4 \sim 1.0) \times 10^{13}$ m/kg 为中等难过滤污泥;比阻小于 0.4×10^{13} m/kg 为易过滤污泥^[21]。如图6所示,空白组泥比阻在 $10^{17} \sim 10^{18}$ m/kg 之间,氯化镧组和硫酸铈组污泥比阻在 $10^{16} \sim 10^{17}$ m/kg 之间,说明三组活性污泥的过滤性能都很差。

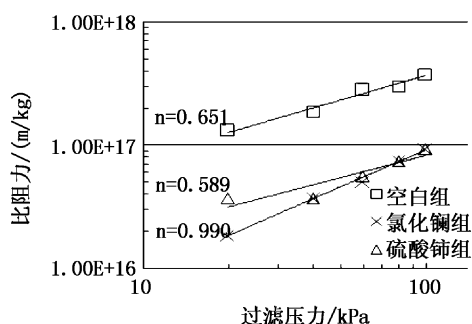


图6 混合液污泥比阻及压缩系数比较
Fig. 6 Comparison of mixture specific cake resistance and compressibility

三组混合液污泥比阻由大到小依次为空白组>硫酸铈组>氯化镧组,即单位质量的活性污泥所产生的比阻力空白组>硫酸铈组>氯化镧组,两种添加剂都可以降低污泥比阻,改善污泥混合液的过滤性能,两种添加剂的效果相似:氯化镧组污泥比阻为空白组的20.46%,硫酸铈组污泥比阻为空白组的23.71%。

2.4.2 沉积层压缩系数比较

当压缩系数 $n=0$ 时,表示过滤比阻与过滤压力无关,这种污泥是非压缩性的。 n 的大小因污泥种类而异,一般为0.6~0.9,但也有例外。 n

值越大污泥越容易压缩。LEE等^[22]认为沉积层组成的颗粒粒径越大,形成的阻力就越小,压缩系数也就越大。

从图6可以看出,各组污泥的压缩系数依次为:0.651(空白组)、0.589(硫酸铈组)、0.990(氯化镧组),可以看出硫酸铈组和空白组的污泥压缩系数相似,而氯化镧组的污泥压缩系数大于空白组(约为空白组的1.5倍),说明其污泥压缩性优于空白组污泥,也意味着较大的颗粒组成的沉积层可以提供比较大的通道以方便滤液渗出,说明氯化镧组的污泥可压缩性最大,最容易压缩。此外,污泥混合液中的SMP和EPS是相对不可压缩的,由于氯化镧的吸附絮凝作用,使得污泥混合液中的SMP和EPS相对减少,所以氯化镧组压缩系数较大。

3 结论

本实验主要研究氯化镧和硫酸铈对改善污泥混合液过滤性能、减缓膜污染的效果,其结果如下:

沉积层阻力为主要膜污染来源,本实验中两种添加剂的最佳投加量分别为60 mg/L(氯化镧)和100 mg/L(硫酸铈),在最佳投加量下,两种添加剂对减少过滤总阻力的效果为:硫酸铈(占空白组51.13%)>氯化镧(占空白组59.29%);对减少沉积层阻力的效果为:硫酸铈(占空白组50.84%)>氯化镧(占空白组59.07%);对减少污染阻力的效果为:硫酸铈(占空白组3.06%)>氯化镧(占空白组3.80%)。

两种添加剂都可以改善沉积层的过滤性能,其对污泥比阻的改善效果相似:氯化镧组污泥比阻为空白组的20.46%,硫酸铈组污泥比阻为空白组的23.71%;对污泥压缩性改善情况:氯化镧(压缩系数0.990)>硫酸铈(压缩系数0.589)。

可以看出在最佳投加量下,两种添加剂均可降低膜的沉积层阻力和污染阻力;硫酸铈对降低沉积层阻力效果优于氯化镧,但两者的差别不大,且氯化镧可以改善污泥的压缩性能。此外,硫酸铈的最佳投加量较高,会对反应器中的污泥活性产生抑制作用,而较低浓度的氯化镧可以刺激反应器内微生物生命活动,有利于反应器的长期运行。

参考文献:

- [1] CHANG I S, LE CLECH P, JEFFERSON B, et al. Membrane fouling in membrane bioreactors for wastewater treatment[J]. *Journal of Environmental Engineering*, 2002, 128 (11): 1018-1029.
- [2] JUDD S J. A review of fouling of membrane bioreactors in sewage treatment[J]. *Water Science and Technology*, 2004, 49(2): 229.
- [3] WU J, CHEN F, HUANG X, et al. Using inorganic coagulants to control membrane fouling in a submerged membrane bioreactor[J]. *Desalination*, 2006, 197(1): 124-136.
- [4] WANG X M, LI X Y, HUANG X. Membrane fouling in a submerged membrane bioreactor (SMBR): characterisation of the sludge cake and its high filtration resistance [J]. *Separation and Purification Technology*, 2007, 52(3): 439-445.
- [5] PILLAY V L, BUCKLEY C A. Cake formation in cross-flow microfiltration systems[J]. *Water Science and Technology*, 1992, 25(10):149-162.
- [6] 黄霞, 桂萍, 范晓军, 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.
- [7] MULLER E B. Aerobic domestic wastewater treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration[J]. *Water Research*, 1995, 29(4): 1179-1189.
- [8] ZHANG B, YAMAMOTO K. Seasonal change of microbial population and activities in a building wastewater reuse system using a membrane separation activated sludge process [J]. *Water Science and Technology*, 1996, 34(5/6): 295-302.
- [9] 李绍峰, 王宏杰, 王雪芹. 填料对一体式膜生物反应器运行效能的影响[J]. *化学工程*, 2007, 35(6): 53-56.
- [10] 仇春华, 胡冰, 安晓雯. 多孔悬浮物填料对 SMBR 性能的影响[J]. *大连民族学院学报*, 2010, 1(2): 6-8.
- [11] 张凤君, 王顺义, 刘田, 等. 投加粉末活性炭对 MBR 运行性能的影响[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2007, 37(2): 350-354.
- [12] 纪婧. 絮凝剂对减缓膜—生物反应器膜污染速率的效果和机理研究[D]. 上海:上海交通大学, 2010.
- [13] HUYSKENS C, DE WEVER H, FOVET Y, et al. Screening of novel MBR fouling reducers: Benchmarking with known fouling reducers and evaluation of their mechanism of action [J]. *Separation and Purification Technology*, 2012, 95: 49-57.
- [14] 延克军, 王世凤, 刘峰, 等. 稀土混凝剂与 PAC 絮体形态的对比分析[J]. *稀土*, 2011, 32(2): 23-27.
- [15] 乔鹏. 稀土元素对好氧颗粒污泥性能的影响研究[D]. 济南:山东大学, 2007.
- [16] CHANG I S, LEE C H. Membrane filtration characteristics in membrane-coupled activated sludge system—the effect of physiological states of activated sludge on membrane fouling [J]. *Desalination*, 1998, 120(3): 221-233.
- [17] 李春杰, 耿琰. SMSBR 处理焦化废水的膜污染机理研究 [J]. *中国给水排水*, 2002, 18(4): 5-9.
- [18] HOWELL J A, SANCHEZ V, FIELD R W. *Membranes in Bioprocessing—Theory and Applications* [M]. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1993.
- [19] CHUDACEK M W, FANE A G. The dynamics of polarisation in unstirred and stirred ultrafiltration [J]. *Journal of Membrane Science*, 1984, 21(2): 145-160.
- [20] 胡勤海, 楼雪松. 稀土元素对活性污泥影响的初步研究 [J]. *稀土*, 1996, 17(3): 44-46.
- [21] 樊青娟, 刘广立. *水污染控制工程实验教程* [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [22] LEE S A, FANE A G, AMAL R, et al. The effect of floc size and structure on specific cake resistance and compressibility in dead-end microfiltration [J]. *Separation Science and Technology*, 2003, 38(4): 869-887.

Effect of lanthanum chloride (LaCl_3) and cerium sulfate ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$) on filterability of MBR sludge

JI Shi-feng¹, CHAO Chen-hua¹, GAO Chun-mei¹, XING Yun-qing¹, WU Xiao-fei¹, LI Ying¹, HU Mao-gang²

(1. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai MATRI Environmental Protection CO., LTD, Shanghai 201199, China)

Abstract: Membrane fouling is the major limitation to the wide-spread application of membrane bioreactor (MBR). Recently, some additives were used to alter the characteristics of the mixture, and it was found that they could slow down the membrane fouling. This study was to investigate the influence of LaCl_3 and $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ on membrane fouling in MBR. Resistance distribution and specific cake resistance were measured to compare the filterability of LaCl_3 and $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ with blank. The results showed that the two additives could ameliorate the mixture filterability and retard the membrane fouling. At their optimum dosages, the specific cake resistances decreased by 40.93% (LaCl_3) and 49.16% ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$), fouling resistances 96.20% (LaCl_3) and 96.94% ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$) and cake resistances decreased by 79.54% (LaCl_3) and 76.29% ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$) as well. Although the effects of the two additives were similar, LaCl_3 could improve the compression performance of sludge. Besides, the higher optimum dosage of $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ would inhibit the sludge activity in MBR which was not good for the operation of the reactor.

Key words: rare earth; lanthanum chloride; cerium sulfate; membrane bioreactor (MBR); membrane fouling; activated sludge