

文章编号:1006-7329(2004)01-0085-04

膜生物反应器技术探讨*

朱凌云, 张勤

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:膜生物反应器(MBR)是通过膜强化生化反应的污水处理新技术,具有污染物去除效果好,污泥产率低的优点。分析了影响MBR处理效果的相关因素,提出新型复合生物动态膜(HDMBR)生物反应器。同时论述了其所具有的特点,说明了HDMBR运用于回用水处理是一种高效、低耗、资源化的工艺技术。

关键词:膜生物反应器(MBR); 动态膜生物反应器; 复合式生物反应器; 膜材料

中图分类号:TU992.24

文献标识码:A

Membrane Bioreactor for Treatment of Wastewater

ZHU Lin-yun, ZHANG Qin

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, CU, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Membrane Bioreactor (MBR) is a new technology in wastewater treatment, using membrane to enhance biological-chemical reaction. It has many advantages such as high efficiency and low sludge production rate. By analyzing the factor influencing MBR, a new submerged hybrid dynamic membrane bioreactor(HDMBR) is suggested and the characteristics of the new HDMBR from different viewpoints are expounded. It shows that this technology is a process of high efficiency and low consumption.

Keywords: membrane bioreactor; dynamic membrane bioreactor; hybrid bioreactor; membrane material

膜生物反应器(MBR)是一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术。20世纪80年代以来,该技术愈来愈受到重视,成为研究的热点之一。MBR在我国的研究始于1993年,研究者对各种膜生物反应器与传统生物处理工艺在城市污水处理方面进行的比较研究表明:各种MBR的出水水质均优于传统生物处理工艺。出水水质已达到或优于建设部《生活杂用水水质标准》,可直接作为楼房中水回用及城市园林绿化、扫除、消防等用水。并且膜的截留作用防止硝化细菌的流失,给生物反应器的高浓度硝化细菌的保持创造了有利条件,从而大大提高了硝化效率^[1]。

虽然MBR具有污染物去除效率高,处理出水水质好(可去除细菌及病毒),可直接回用,污泥产率低,易于实现自动控制,操作管理方便等优点,而且在城市污水和工业废水处理与回用等方面得到了应用。但还存在许多问题需要进一步研究。

1 MBR膜材料在我国的应用现状

膜材料是影响MBR处理效果的核心之一。长期以来适用于污水处理的高通量、耐污染、长寿命和低价格的膜材料是膜生物反应器得以广泛应用的瓶颈所在。总体说来,膜材料可分为有机膜和无机膜

* 收稿日期:2003-06-08

作者简介:朱凌云(1978-),女,江西泰和人,硕士生,主要从事建筑水环境研究。

两大类。由于较高的成本限制了无机膜生物反应器在我国的广泛应用,国内 MBR 系统普遍采用有机膜。常用的膜材料为聚乙烯,聚丙烯等。表 1 及表 2 分别为 MBR 处理生活污水和工业废水的一些试验参数^[2]。

表 1 MBR 处理生活污水

膜材料	膜孔径 (μm)	膜面积 (m^2)	膜通量 ($\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	透膜压力 (kPa)	流程	COD(mg/l) 进水/出水	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l) 进水/出水	SS(mg/l) 进水/出水	浊度(NTU) 进水/出水
陶瓷膜	300 000*	0.04	75~150		好氧	400~850/10	10~40/<2	300~600/0	50~80/<1.5
PAN	20 000*	0.88	20~45	150	好氧+填料	95~652/<5	14~27/1.2		
PS	30 000*	1.0	25~35	100	好氧+填料	72~235/11~60	45.8/16	37/1.3	
PVC	0.01	1	2.3	50~120	A/O+填料	152~433/<30	12~37/0.66	33~149/0	18~160/<1
PE	0.03	2.0	10.4	0~35	好氧	121~3078/15~30	21.6~50.8/<2	180~240	
PP	0.065	3.5	6	60	好氧	300~700/<60		400~800/0	100~500/3
PVDF	0.22	12	16.7	0.8~1.3	好氧	366.4/13.1	16/<1	/<1	

*表示截留分子量。

表 2 MBR 处理工业废水

项 目	废 水						
	啤酒	石化	食品	毛印印染	港口	制药	印染
膜材料	陶瓷膜	PAN	PES	PAN	PE	PP	PE
膜面积(m^2)	0.022	0.035	0.64	12			44
流程	好氧	好氧	厌氧	A/O	接触氧化	好氧	A/O
膜孔径(μm)		50 000*	20 000*	50 000*	0.1	0.2	0.1
膜通量($\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)		60~70	12.5~25	35~45			9.1~12
膜面流速(m/s)	6.2	3.5		1.3~3.6			

注:聚砜(PS);聚醚砜(PES);聚丙烯腈(PAN);聚偏氟乙烯(PVDF)。

2 微网生物动态膜

最近,有学者研究采用普通微网材料加工的过滤组件与生物反应器一起组成动态膜-生物反应器(DMBR),该研究成果为膜价格的降低提供了很大的空间^[3]。

2.1 动态膜原理

在 MBR 的运行中,膜表面会产生污染层,大大降低了膜的通量。但从另外一个角度看,膜表面的污染层增加了膜的截留能力,使微滤膜可以截留病毒甚至小分子有机物,就好像在原有的膜上又增加了一层膜。这种现象启发我们,有可能主动利用这种动态膜的过滤能力对生物反应器的混合液进行固液分离。

2.2 DMBR 简介

图 1 是一体式 DMBR 的示意图。图中动态膜组件的结构类似于平板膜,由 0.1 mm 的筛绢包裹形成过滤面,滤液透过过滤面进入膜组件内的空腔,并通过出水收集管流出反应器。DMBR 在液面与出水口之间的高差 ΔH 的驱动下自流出水。在反应器内设导流板,将反应器分成左右两部分,左侧底部膜组件的下方设穿孔曝气装置,称为侧向曝气;右侧底部膜组件的下方也设有穿孔曝气装置,称为下方曝气。在反应器的日常运行中,通过侧向曝气一方面向混合液供氧,另一方面推动混合液在反应器内形成循环流动,维持反应器内的完全混合状态,在反应器的右侧形成自上而下的膜面错流。下方曝气的作用可提供较强的气水多相流,通过短

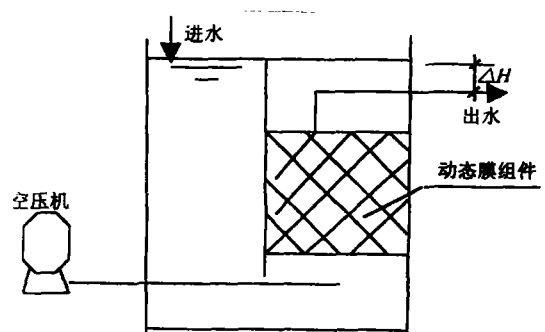


图 1 一体式动态膜-生物反应器示意图

时间内强烈的下方曝气强化对膜表面污染的控制。侧向曝气与下方曝气交替一次称为一个曝气周期。

尽管动态膜有许多突出优点,如基材廉价易得,过滤阻力小,膜污染控制容易,但其未必能象固定的微滤膜和超滤膜一样可以使出水中的细菌数为 0,下方曝气也较为频繁。

3 复合式生物反应器技术

在传统的生物处理工艺基础上,通过投加各种能提供微生物附着生长表面的填料,利用载体容易截留和附着生物量大的特点,使曝气池中同时存在附着相和悬浮相生物,并由此发展成复合式生物反应器(HBR)。HBR 可提高反应器内生物量,增强废水处理能力,克服污泥膨胀,提高运行稳定性。如 Linpor 工艺在活性污泥中加入方型(10~15 mm)多孔悬浮塑料载体;Captor 工艺在传统活性污泥曝气池中加入轻质泡沫状塑料多聚物载体。1984 年 W. Hegemann 研究了活性污泥与固定生物膜结合工艺以提高污水处理能力,发现可提高曝气池中污泥浓度 2~3 倍,同时 SVT 得到改善^[4]。Weber - Ingenieure 在 1982~1988 年期间,将活性污泥与固定生物膜组合成 Bio-2-Sludge 工艺,该技术应用的主要目标是降低污水厂运行成本^[5]。

但是,HBR 悬浮相活性污泥仍需回流,仍受二沉池沉淀效率不高的限制,出水水质不够理想;另一方面,由于排放水用液氯,次氯酸类的杀菌消毒而生成三氯甲烷等污染物质的问题也未得到解决。

4 新型的复合动态膜生物反应器

如上所述,通过投加生物载体,虽然提高了生物反应器内总体污泥浓度,增强了废水处理能力,克服了污泥膨胀,提高了运行稳定性,但悬浮相活性污泥仍需回流,仍受二沉池的限制;用动态膜分离技术代替传统生物处理工艺中的二沉池,具有污染物去除效率高,处理出水水质好,生物反应器内的生物浓度高的优点,但能耗较高,膜面易受污染的缺点仍没有得到根本解决,且出水细菌数不一定为 0。从以上方面综合考虑,笔者提出一种复合动态膜生物反应器(HDMBR)。HDMBR 通过投加生物载体,使反应器内同时存在附着相的生物膜和悬浮相的活性污泥,从而提高了生物反应器内的总体微生物浓度,达到回用水处理的目的。以下从流体力学、微生物学、水处理工艺学及脱氮除磷作用等方面论述其特点。

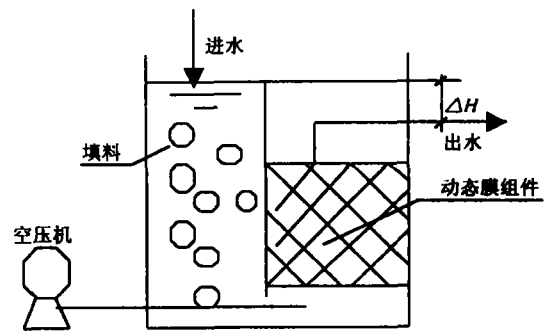


图 2 复合动态膜-生物反应器示意图

1) 由于反应器底部曝气器的作用,生物载体处于流化状态,活性污泥成悬浮状态。曝气作用形成的填料的回旋及自旋产生的摩擦与剪切作用以及曝气作用利于减少膜表面的污泥浓度,故有利于改善膜的通透量,降低膜阻力,降低能耗。

2) 根据水微生物学理论,HDMBR 形成了一个复杂的复合式生态系统。在纵向,微生物构成了一个由细菌、真菌、藻类、原生动物、后生动物等多个营养级组成的复合生态系统;在横向,沿着液体到填料的方向,构成了一个悬浮好氧型、附着好氧型、附着兼氧型和附着厌氧型的多种不同活动能力,呼吸类型、营养类型的微生物系统。从系统论的观点来看,系统的结构越复杂,其稳定性越强,适应环境变化的能力也越强,因而具有更加节能,更强的抗冲击负荷能力。

3) 根据水处理工艺学理论将其设计成淹没式,靠静水压力出水,减少了动力消耗。动态膜的过滤阻力很小,可以在低至几毫米的水位差的驱动下自流出水。由于不需要加压回流泵,避免了回流泵的高速旋转产生的剪切力使菌体失活。由于提高了总体微生物的浓度,增强了废水处理能力,因而可缩小反应器容积,降低造价;微生物完全截留自反应器内,固体停留时间长,使活性污泥在反应器内充分好氧消

化,剩余污泥排放量可达到最低限度。出水可直接回用实现污水资源化,省掉了传统处理排放水的杀菌消毒,不生成三氯甲烷等新污染物。水力停留时间和固体停留时间可完全分离,运行控制更加灵活。

4) 由于填料内部存在厌氧环境,聚磷菌的释磷和吸磷作用同时存在,控制好反应器的条件就能同时脱氮除磷,又由于填料内部厌氧环境的存在,反应器内同时存在硝化反硝化作用,有利于脱氮。

综上,HDMBR结合了水处理工艺学、流体力学、水微生物学的特点,既减少了处理构筑物,降低了造价,又减少了膜表面的污泥浓度,降低了能耗。同时还有更强的抗冲击负荷能力和去除污染物的高效性及更好的适合性和实用性。

5 结论

新型的复合动态生物膜反应器技术有许多复合式生物反应器和膜生物反应器不及的优点,在污水处理及回用水处理中有广阔的应用前景。今后应深入、系统研究其处理效果和影响处理效果的各种影响因素;探讨悬浮生物相和附着生物相的两相微生物特性;确定适合的复合动态生物膜的设计参数和运行参数;在试验研究的基础上,建立工程示范基础,推动其工程应用化进程。

参考文献:

- [1] 李军,王淑莹.污水处理生物反应器技术探讨[J].哈尔滨建筑大学学报,2002,35(2):68-72.
- [2] 郑祥,魏源送,樊耀波,等.膜生物反应器在我国的研究进展[J].给水排水,2002,28(2):105-110.
- [3] 范彬,黄霞,文湘华,等.动态膜生物反应器对城市污水的处理[J].环境科学,2002,23(6):51-56.
- [4] HEGEMANN W. A combination of the activated sludge process with fixed film biomass to increase the capacity of wastewater treatment plants[J]. Wat. Sci. &Tech, 1984,16:119-130.
- [5] MULDER N. Implementing bio film carriers into activated sludge process - 15 years of experiences[J]. Wat. Sci. &Tech, 1998(9): 167-174.