



全国中文核心期刊
中国科技核心期刊

环境工程学报

Chinese Journal of Environmental Engineering



第9卷 第8期

Vol.9 No.8

中国科学院
生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

8
2015

目次

水污染防治

滞洪型平原水库库底沉积物对氮素的吸附规律	潘俊 孟利 董健 郑崇思(3585)
Fe ₃ O ₄ /ZrO ₂ -H ₂ O ₂ 非均相类 Fenton 体系对 3,4-二氯三氟甲苯的降解	孙正男 杨琦 纪冬丽 李博 王士东 郑琳(3590)
壳聚糖 Pb ²⁺ 螯合吸附剂的性能表征	程爱华 冯利凡 畅飞 赵丹 刘哲(3597)
补充碳源对交替式厌氧/好氧生物滤池生物蓄磷/回收磷的影响	张成 秦华星 王康伟 黄娜 田晴(3602)
离子交换树脂对氰化溶液中 Fe(Ⅱ)和 Fe(Ⅲ)的吸附行为	田宇红 宋永辉 周军 兰新哲 李秀玲(3609)
TiO ₂ @碳纳米管吸附去除盐酸四环素	郑佩 秦昉 白波 关卫省(3615)
投加硝酸钙对城市黑臭河道底泥氮迁移转化的影响	余光伟 余绵梓 种云霄 黄昌吉 李敏 刘海燕 黄晓彬(3625)
吩嗪在铜绿假单胞菌去除六价铬中的作用	曹昌丽 吴冉冉 陈立香 赵峰(3633)
排水管道内湍动能分布特性及影响因素	王银亮 艾海男 黄维 何强(3637)
有机膨润土负载纳米零价铁还原-类芬顿氧化降解 2,4-二氯苯酚	黄超 余兵 李任超 曾慎亮 陈祖亮 金晓英(3643)
同步进出水 SBR 设备最佳进水方式流态模拟	庞纪元 吴俊奇 宋永会 向连城 李剑屏 刘佳 王思宇(3650)
基于给水泥泥吸附水溶液中磷的影响因素	马啸宙 魏东洋 马宏林 洪雷 贺涛 李杰 许振成 孙三祥(3659)
铵盐的形态对 ANAMMOX 菌活性的影响及其抑制规律	朱亮 李祥 黄勇 崔剑虹 张大林 刘福鑫(3667)
粉状褐煤对水中草甘膦的动态吸附	许端平 郭春华 陈梅 李翰良(3673)
高级氧化工艺处理煤化工浓盐水	杨静 王建兵 王亚华 张峰源 何绪文(3680)
Ti(Ⅳ)催化臭氧氧化预处理酸性难降解制药废水	陈尧 彭若帆 丁忠展 周慧华 童少平(3687)
面源污染管理中不同类型工程设施的性能比较	于江华 徐礼强 高永霞 于志勇 金永喆(3692)
复合生物活性填料对活性污泥生物特性的影响	张居奎 尹军 桑磊(3701)
铜绿微囊藻对香蒲叶片氮代谢相关酶活性的影响	陈国元 李青松 谢萧尧 陈燕虹(3707)
混合型乳化液膜萃取分离处理工业化纤废水	解恒参 赵晓倩(3714)
低温下聚氨酯水凝胶包埋硝化菌去除氨氮	董亚梅 张振家 李军 王婷 冯雅男 何丹农(3721)
臭氧化降解结晶紫溶液的机理	曹红霞 刘汴玲(3728)
温度对高负荷生态滤床处理东营市河道水的影响	刘秀丽 王磊(3733)
AAOA-MBR 工艺污水脱氮特性及脱氮机制	周元 金腊华 张一凡 黄志伟(3739)
壳聚糖改性红壤去除铜绿微囊藻	杨磊 张高科 汤丹丹 郑莹 吕巧玲 余琼阳 蔡嘉希 马新月 李重阳(3745)
低温异养硝化菌群去除氨氮的动力学	张多英 李伟光 刘苗 秦雯 黄晓飞 王鹏(3751)
B、N 和 Ce 共掺杂 TiO ₂ 光催化剂的制备及表征	张鹏会 李艳春 王九思(3757)
不同季节大型生态净化工程对原水氮素净化效果	王超 陈煜权 蔡丽婧 左倬 成必新 朱雪诞 仓基俊(3763)
微网材质对动态膜形成的影响	张澍 周明远 于鸿光 吴志超 朱学峰 郎茂倩(3768)
响应面分析法优化絮凝酵母 SPSC01 去除 Cr(Ⅵ)	陈丽杰 汤晓燕 袁文杰 王晓珊(3773)
海上船舶溢油事故模糊评估与决策分析	岳汉秋 甘鑫平 牟乃夏 钱宏胜(3780)
拉西环/陶粒双层填料 BAF 运行效果及反冲洗研究	董晓清 张真江 吕小梅(3785)
硫酸活化市政污泥对亚甲基蓝的吸附	张伟 汪爱河 蒋海燕(3790)
海藻酸钠微胶囊负载纳米铁吸附水中的 As(Ⅴ)	韩东 鲁婷婷 叶长城 罗斯(3795)
聚磺钻井废水物化-生物协同处理技术	张淑侠 王振华 吕宁超 何焕杰 王梓民 杨志刚(3803)
NaOH 改性杉木屑处理缙丝汰头废水	鲁春梅 凌敏 刘桃李 韩晓哲(3809)
聚醚酰亚胺功能化磁性纳米微球吸附富集及测定水中痕量镉	盛姣 曾桂华 何爱翠 闫淑梅(3815)
磁性 Fe ₃ O ₄ /Ag ₃ PO ₄ 复合光催化剂催化降解染料废水中的孔雀石绿	夏阁遥 陈男 胡伟武 冯传平 郭旭 张振亚(3821)
旋流诱导界面(SII)反应器流动优化与泥/水分离性能研究	朱明 蒋欣玉(3828)

局部包埋 ANAMMOX 活性填料启动生物滤池	陶慕翔	王 猛	胡希佳	尚海源	杨 宏(3835)	
微通道湍流促进器强化平板 MBR 的 CFD 数值模拟			解 芳	王建敏	刘进荣(3841)	
羟基氧化铝吸附去除六价铬	聂兰玉	陈 海	白智勇	刘 伟	杨 琦(3847)	
SBR 工艺用于焦化纳滤浓盐水生物脱氮	李恩超	王治立	金学文	吕树光	侯红娟	尹婷婷(3854)
SBR 新型运行方式下的反硝化脱氮除磷效能			刘建业	曹薇薇	张雁秋	刘婷婷(3859)
A ² /O 生物接触氧化工艺处理屠宰加工废水			高 湘	王智峰	董宏宇	甄卓文(3865)
混凝-酵母菌生物膜联合工艺处理三元驱采油废水	高 芳	刘东方	张 丽	刘 岩	黄 建	陈 娟(3871)
MBR 中培养好氧颗粒污泥处理船舶生活污水			张志柳	米海蓉	贾京京	成 功(3878)
常温还原铁氧体法处理含铬废水	石 林	段 睿	杨翠英	邱 阳	马有君	张聪聪(3883)
圆球型电石渣反应料处理煤矿酸性废水	邵保钧	瞿丽雅	康 妮	马博强	许 璟	(3889)

大 气 污 染 防 治

综采工作面旋转风幕隔尘实验研究	王鹏飞	刘荣华	汤 梦	张 文	桂 哲(3895)	
柴油机用 DPF 技术及其再生系统的匹配与优化	胡乃涛	张学敏	林超群	余 鹏(3902)		
电解铝用滤袋缝合工艺对 PM _{2.5} 过滤效率的影响	杨 勇	沈恒根	李纪伟	周刘轲	薛婷婷(3909)	
基于 MOVES 的轻型车颗粒物排放来源和特征分析	郝艳召	邓顺熙	邱兆文	陈瑞华(3915)		
溶胶-凝胶法制备颗粒状催化剂低温 SCR 脱硝性能	闫东杰	玉 亚	黄学敏	徐 颖(3923)		
华北地区温度和风速对冬季灰霾形成的潜在影响	苏 盛	宋明月	吴长江	许 武	刘光远	陈兴宇(3928)
湍流场中颗粒破碎的数值模拟			刘含笑	姚宇平	邴建国(3937)	
兰州市冬季细颗粒中微量金属元素及无机可溶性离子来源分析			王丹璐	张有贤	牛武江(3944)	
普通醋纤香烟滤嘴中烟碱分布模拟	李珊红	唐 奇	李彩亭	曾光明	王堃曼	丁倩倩(3955)
小波分析在郑州市供暖期 PM _{2.5} 浓度相关性分析中的应用	马跃先	孙明明	张 杰	殷巍杰	武汉清(3960)	
沿面放电活化空气用于亚硫酸铵氧化	韩长民	张 轶	商克峰	吴 森	李 杰	吴 彦(3965)

固 体 废 物 处 置

添加垃圾焚烧飞灰对烧结矿冶金性能的影响	郑慧敏	刘清才	孟 飞	朱博洪	兰苑培	丁 健(3970)	
过氧乙酸和亚铁联用调质强化活性污泥过滤脱水性能			王彩霞	张伟军	王东升	王庆飞(3975)	
堆肥污泥施入黄土对植物生长及 Cd 吸收的影响							
.....	曾正中	高冬香	苟剑锋	张 敏	李国梁	王厚成	南忠仁(3985)
超声辅助对污泥电脱水的特性改进			马德刚	翟 君	柯 忱	苑梦影	林伟强(3991)
城市污水厂石灰干化污泥对水泥易烧性的影响	龚成晨	徐 伟	刘 伟	徐竟成	李光明	李好新(3997)	
pH 及磷浓度对活性污泥铁还原协同除磷的影响			王亚娥	翟思媛	耿牧歌	李 杰(4002)	
制药污泥处理技术研究现状与实验对比	裴 晋	于晓华	姚 宏	马岚茜	王 辉(4009)		
不同预处理方法对污泥脱水性能的影响			苑宏英	王 亭	祁 丽	牛四芳(4015)	
不同工况条件混合赤泥水力学特性变化规律	冯燕博	刘东燕	赵倩蕾	龙丽洁	夏毓超(4021)		
温度对牛粪两相厌氧发酵特性的影响	李晶宇	罗立娜	李文哲	公维佳	郭 勇(4027)		
自动分选-除渣-厌氧消化处理有机垃圾				班福忱	姜亚玲	韩 雪(4032)	
稻壳灰在陶粒烧制中的应用	王 川	胡兴茹	邢明飞	温 璐	张付申(4037)		

土 壤 污 染 防 治

泥浆系统中 Fe ²⁺ 活化过碳酸钠降解三氯乙烯	臧学轲	吕树光	顾小钢	缪周伟	邱兆富	隋 倩(4042)			
碳酸钙和海泡石组配对水稻中 Pb 和 Cd 迁移转运的影响	吴玉俊	周 航	朱 维	邹紫今	杨文波	辜娇峰	曾 敏	彭佩钦	廖柏寒(4047)
土壤中多环芳烃菲的自然降解特性	田 华	刘 哲	赵 璐	李焕妮(4055)					
污染场地绿色可持续修复理念、工程实践及对我国的启示	谷庆宝	侯德义	伍 斌	蒋晓云	李发生(4061)				
骨炭和硫化钠联用修复镉-锌污染土壤	陈才丽	张 进	成应向	许友泽	付广义	戴友芝(4069)			
不同化学氧化剂对氯苯类污染土壤修复效果比较	虞敏达	李定龙	王继鹏	朱伟晓	蔡小波	王晓敏(4075)			
基于 GIS 的表层土壤重金属污染及空间特征研究——以玄武湖景区为例	徐 娅	陈红华(4083)							

环 境 生 物 技 术

书虱伴生菌中纤维素酶产生菌的筛选、鉴定及最佳产酶发酵条件的优化	郑豪盈	樊永欣	张 林	张 果	曹 锋	杨建伟	刘禅娟	李振芳	牛秋红(4090)
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----------

微网材质对动态膜形成的影响

张 澍¹ 周明远¹ 于鸿光² 吴志超² 朱学峰^{1,2*} 郎茂倩¹

(1. 上海第二工业大学城市建设与环境工程学院, 上海 201209;

2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要 分别采用2种相同孔径不同材质的膜材料(39 μm 尼龙, 39 μm 涤纶)进行死端过滤与错流过滤实验,以考察微网材质对动态膜(DM)形成的影响。死端过滤实验结果表明,尼龙和涤纶微网均可获得超过99.7%的悬浮物(SS)截留率,而涤纶微网比尼龙微网更容易形成致密的动态膜;错流过滤实验结果表明,尼龙和涤纶微网最终出水浊度均小于20 NTU,同时发现,涤纶网在动态膜形成过程中,压力上升较慢,但动态膜更致密,因此,出水效果更好。

关键词 膜材料 动态膜 活性污泥

中图分类号 X703.1 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9108(2015)08-3768-05

Effects of mesh material on dynamic membrane formation

Zhang Shu¹ Zhou Mingyuan¹ Yu Hongguang² Wu Zhichao² Zhu Xuefeng^{1,2} Lang Maoqian¹

(1. School of Urban Development and Environmental Engineering, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China;

2. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract In order to investigate the effects of mesh material on dynamic membrane formation, the performance of two kinds of meshes (39 μm -nylon and 39 μm -dacron) was studied in dead-end filtration and cross-flow filtration test. According to dead-end filtration test, it was found that more than 99.7% of the suspended solids (SS) were retained by two kinds of dynamic membrane (DM). Compared with nylon mesh, dacron mesh could be conducive to form more thick and compact DM layer. However, cross-flow filtration test shows that the final effluent turbidity of both dacron mesh and nylon mesh DM was less than 20 NTU. Meanwhile, it was found that during the formation of DM layer, the transmembrane pressure increase rate of DM of dacron mesh is less than that of nylon mesh, while the formation of more compact DM layer by dacron mesh results in higher effluent quality.

Key words mesh material; dynamic membrane; activated sludge

膜分离技术是当今水处理领域研究的热点。但传统的膜生物反应器兼具膜材料价格昂贵和膜污染问题,限制了生物反应器(MBR)更为广泛的应用^[1]。而动态膜反应器(DMBR)是一种能有效解决或减缓这两大缺陷的新方法^[2,3]。动态膜分离技术采用大孔径材料制作膜组件降低了膜组件的造价;同时国内外有研究表明动态膜有更好的渗透性和更高的抗污染能力^[4,6]。因此,动态膜作为一项新型的特殊膜分离技术,正受到国内外水处理技术研究人员越来越多的关注^[7-11]。有研究表明,自生动态膜除了具有物理截留作用外,还具有一定生物降解污染物的作用^[12]。Fuchs等^[9]以尼龙纤维滤网代替MBR中的微滤或超滤膜,组成自生生物动态膜反应器处理生活污水,发现运行最高通量可达150 L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$),且最长运行周期为3周,出水水质较好,

悬浮固体浓度(MLSS)、COD和BOD₅分别为小于12、24和低于5 mg/L。范彬等^[13,14]以0.1 mm孔径的筛绢为动态膜基材,研究了一体式动态膜生物反应器处理实际城市污水的效果,表明生物动态膜所具有的较强截留能力主要是由附着的凝胶层产生。然而,关于微网材质对DM形成影响的研究,尤其是对高浓度固液分离效果的研究还非常有限。目前DMBR常用的膜基材有工业滤布、尼龙网、涤纶滤布、筛绢等^[15]。而尼龙、涤纶由于价格低产量大具有一定优势。本研究选用相同孔径的尼龙微网与涤

基金项目 上海第二工业大学校基金(EGD13XQD16);上海第二工业大学学科培育基金(XXKPY1303)

收稿日期: 2014-08-06; **修订日期**: 2014-10-10

作者简介: 张澍(1991—),女,硕士研究生,主要从事污泥处理及资源化利用技术研究工作。E-mail: zs_0731@163.com

* 通讯联系人, E-mail: xfzhu@sspu.edu.cn

纶微网分别进行固液分离死端过滤实验和错流过滤实验,意在考察 2 种不同膜材料对 DM 形成的影响,以期获得性能最优的微网,为 DMBR 的实际运用奠定基础。

1 实验材料与方法

本研究分别以 400 目尼龙微网与 380 目涤纶微网作为动态膜基材,在扫描电子显微镜下成像,这两种微网的孔径均为 $39\ \mu\text{m}$ 。取曲阳污水处理厂的厌氧活性污泥,分别进行死端过滤实验与错流过滤实验。在这两种过滤模式下,观察哪种材质的微网更利于动态膜的形成;检测出水水质、粒径等参数。

1.1 实验材料

实验所用污泥取自曲阳生活污水处理厂厌氧活性污泥,浓缩至总悬浮固体(TSS)约为 $20\ \text{g/L}$ 。经后续测定,挥发性悬浮固体(VSS)约为 $12\ \text{g/L}$ 。动态膜基材采用上述两种相同孔径微网。死端过滤实验在超滤杯中进行,如图 1 所示。



图 1 超滤杯

Fig. 1 Ultrafiltration cup

错流过滤实验在一个可控温的有效容积为 $2\ \text{L}$ 的 AnDMBR 中进行,动态膜组件为以上 2 种微网制成的平板膜,以恒流泵提供压力,形成循环。

1.2 实验方法

1.2.1 死端过滤实验方法

(1)温度和压力。实验采用氮气作为供压气,保证厌氧恒压稳定。操作压力为 $10\ \text{kPa}$ 。实验在恒温箱中操作,温度保持在 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。每次实验分别取 50 、 100 、 150 和 $200\ \text{mL}$ 污泥,过滤时间为 $90\ \text{min}$ 。实验设平行组,数据取平均数。

(2)质量和体积。尼龙微网出水采用电子天平计量,前 $5\ \text{min}$ 每 $10\ \text{s}$ 记录一次出水质量; $5\ \text{min}$ 后,出水缓慢稳定,改为每 $1\ \text{min}$ 记录一次出水质量。在过滤终点时刻记录出水的质量和体积,得到质量和体积的换算系数(因实验中发现出水质量和体积并不遵循 $1:1$ 的关系),以获得不同时间的出水体积。

(3)出水水质、比阻和膜污染物质量衡算。出水 SS 通过测量出水浊度,并根据出水 SS 和浊度的换算公式进行计算,对膜污染物进行质量衡算。假设死端过滤 SS 无损失,换算被截留的 SS 量。测定泥饼层的厚度与泥饼表面直径,泥饼层的体积和厚度反映 DM 层压实的情况和孔隙率等。泥饼层比阻和孔隙率根据相关公式计算。

比阻抗公式:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{PA^2}{\mu(rCV + R_m A)} \quad (1)$$

由该式发现 $t/V \sim V$ 呈直线关系,设直线斜率为 b ,则有:

$$r = \frac{2bPA^2}{\mu C} \quad (2)$$

该公式即为测定污泥比阻的基本公式。

(4)亲疏水性。测定初始尼龙微网与泥饼层的接触角,以探究动态膜形成前后的亲疏水性质。

(5)粒径。分别测出水粒径与泥饼粒径,重点分析中位粒径(D_{50})。

1.2.2 错流过滤实验方法

(1)实验模式。将制成的平板膜安装在一个 AnDMBR(有效容积 $2\ \text{L}$)中,连接恒流泵与压力计,在 35°C 恒温下操作。污泥循环时的错流速度(CFV)为 $0.36\ \text{m/h}$ 。该膜组件连续抽吸时的流量约为 $15\ \text{L}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。在错流过滤模式下,污泥透过平板膜,再循环到反应器中,以保持液面水平恒定。通过初试, $24\ \text{h}$ 后的出水浊度基本稳定、跨膜压差也变化不大,错流实验持续运行 $24\ \text{h}$ 。

(2)在 $0 \sim 24\ \text{h}$ 不同时间点接取少量滤液,用浊度仪测滤液的浊度(NTU);同时读取压力计上的压差(cm),转化为 TMP(kPa);设初始浊度为 100% ,最终可得出 DM 形成过程中 NTU、TMP、浊度($\%$)随时间($24\ \text{h}$)的变化。重点分析 D_{50} 。

(3)实验结束后,进行物理清洗。重复上述操作,比较两者前后处理效果。

2 结果与讨论

2.1 死端过滤实验

在死端过滤模式的实验终点(90 min),分别取滤液和泥饼测粒径,得到相同孔径的尼龙微网与涤纶微网在 50~200 mL 污泥体积的实验条件下 D_{50} 的大小,如表 1 所示。

表 1 90 min 时滤液和泥饼的 D_{50}

Table 1 D_{50} of filtrate and cake layer at 90 min

D_{50}	400 目尼龙		380 目涤纶	
	Mean	SD	Mean	SD
污 泥	89.9	0.564	91.9	0.91
滤 液	50 mL	26.7	0.302	20.6
	100 mL	27.1	0.422	25.1
	150 mL	25.6	0.326	18.7
	200 mL	31.7	0.638	23.9
泥 饼	50 mL	81	0.17	83.8
	100 mL	88.2	0.627	86.9
	150 mL	90.3	0.791	85.4
	200 mL	87.1	0.484	90.1

由表 1 可知,与原始污泥 ($D_{50} = 90.9 \pm 1.0 \mu\text{m}$) 对比,滤液中含有较小粒径的颗粒,而泥饼的 D_{50} 很接近原始污泥,表明固液分离可以高效率实现。在相同孔径(39 μm)下,过涤纶微网的滤液的 D_{50} 低于尼龙微网,说明涤纶微网出水水质更好。同时发现,150 mL 条件下滤液的 D_{50} 为 4 种体积中最小,则 150 mL 的污泥体积为最佳实验条件。

过滤实验 90 min 后,取出微网和泥饼层,如图 2 为 150 mL 污泥在 10 kPa 压力下过 400 目尼龙微网得到的泥饼层。

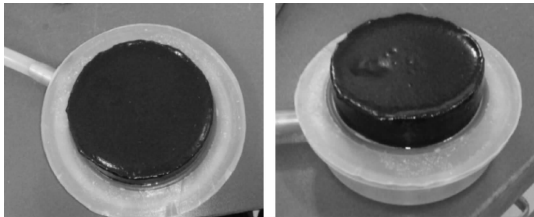


图 2 90 min 后的微网和泥饼层

Fig.2 Micro grid and Cake layer after 90 min

表 2 为 150 mL 污泥体积条件下的相关数据,对悬浮固体(SS)进行膜污染物质量衡算。超过 99.7% 的 SS 被截留。涤纶微网形成的泥饼体积、泥饼厚度大于尼龙微网,说明涤纶微网可能比尼龙微网更容易形成死端过滤。

表 2 150 mL 的膜污染物质量衡算

Table 2 Membrane pollution quality balance of 150 mL

	微 网	400 目尼龙	380 目涤纶
污泥 SS(g)		2.874	3.392
平均膜通量(LMH)		23.62	19.54
浊度(NTU)		77.5	75.3
膜出水 SS(g)		6.58E-03	5.82E-03
泥饼层厚度(mm)		12.517	14.353
泥饼层体积(m^3)		6.29E-05	7.21E-05
泥饼层 SS(g)		2.867	3.387
泥饼层浓度(g/L)		45.6	47.0
膜出水 SS(%)		0.23	0.17
泥饼层(%)		99.77	99.83

上述结果的原因可以由不同网孔的疏水性来解释。经实验测定,39 μm 的尼龙微网接触角为 $(114.9 \pm 1.1)^\circ$;39 μm 的涤纶微网接触角为 $(115.1 \pm 1.4)^\circ$ 。所有的接触角都大于 90° ,这表明所有的微网是疏水性的。此外,微网接触角和 SS/泥饼体积指数表现出显著正相关($R = 0.92$),说明动态膜的形成可能与微网的疏水性相关。

2.2 错流过滤实验

在错流过滤模式下,0~24 h,NTU、TMP、浊度(%)随时间(24 h)的变化,如表 4、表 5(部分数据)所示。

表 3 24 h 内尼龙微网 NTU 与 TMP 的变化

Table 3 NTU and TMP changes of nylon mesh in 24 h

时间(h)	浊度(NTU)	TMP(kPa)	浊度(%)
0	194	0.532	100.00
0.5	87	0.532	44.85
1	75.9	0.665	39.12
1.5	68.8	0.798	35.46
2	63	0.798	32.47
2.5	56.3	0.931	29.02
3	56.3	0.931	29.02
3.5	51.9	0.931	26.75
4	49.1	0.931	25.31
4.5	39.6	0.931	20.41
5	37.1	0.798	19.12
18	18.3	1.995	9.43
19	16.8	2.128	8.66
20	15.9	2.128	8.20
21	14.8	2.261	7.63
22	16.1	2.527	8.30
23	16.2	2.527	8.35
24	14	2.66	7.22

表 4 24 h 内涤纶微网 NTU 与 TMP 的变化

Table 4 NTU and TMP changes of dacron mesh in 24 h

时间 (h)	浊度 (NTU)	TMP (kPa)	浊度 (%)
0	180	0.399	100.00
0.5	87.7	0.399	48.72
1	80.4	0.399	44.67
1.5	73.4	0.399	40.78
2	68.3	0.399	37.94
2.5	63.4	0.532	35.22
3	63.4	0.532	35.22
3.5	60.1	0.532	33.39
4	54.2	0.532	30.11
5	48.5	0.798	26.94
7	45.9	0.798	25.50
8	40.5	0.798	22.50
21.5	13.6	1.064	7.56
22	12.5	0.931	6.94
22.5	12	1.197	6.67
23	11.8	1.197	6.56
23.5	11.6	1.33	6.44
24	11.2	1.596	6.22

以时间(h)为横坐标,浊度(%)为纵坐标作曲线图,得图 3、图 4。

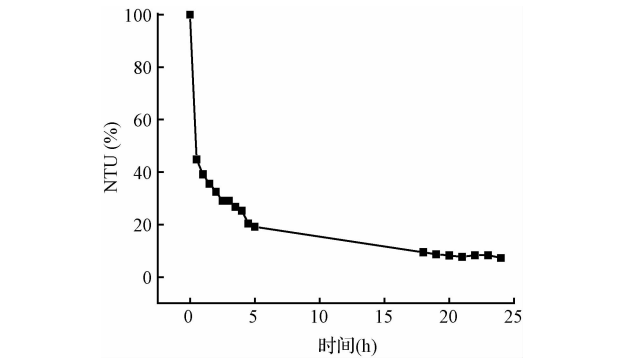


图 3 尼龙微网 24 h 内 NTU (%) 随时间的变化

Fig. 3 NTU (%) changes of nylon mesh in 24 h

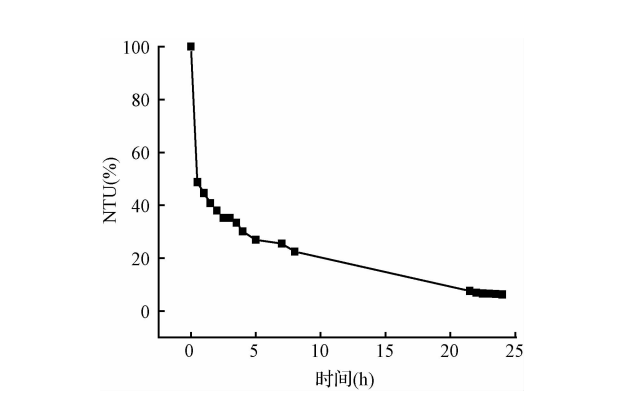


图 4 涤纶微网 24 h 内 NTU (%) 随时间的变化

Fig. 4 NTU (%) changes of dacron mesh in 24 h

由表 3、表 4 可见,在错流过滤模式下,过 39 μm 尼龙和 39 μm 涤纶微网滤液初始 NTU 分别为 194 和 180,且在前 10 小时内,浊度快速下降,而在随后的 19 h 内浊度下降速度减慢;同时发现,TMP 在前 5 小时内缓慢上升,而在随后的 19 h 内 TMP 上升速度加快。对比尼龙和涤纶发现,在相同孔径 (39 μm) 条件下,涤纶微网出水浊度更低,且压力上升速率更慢。

图 3、图 4 分别是尼龙微网和涤纶微网 24 h NTU (%) 随时间的变化图。由图可知,在前期 (0 ~ 5 h) 内尼龙微网能截留更多的污染物,而随后 (5 ~ 24 h) 涤纶网截留效率更佳。由此说明尼龙微网可更快形成动态膜,而涤纶网在后期能形成更致密的动态膜。其结果与死端过滤实验一致。DM 的形成还可以用 D50 随时间的变化来反映,如表 5。

表 5 24 h 内 D_{50} 随时间变换

Table 5 Change of D_{50} in 24 h

时间 (h)	400 目尼龙	380 目涤纶
污泥	92.2	91.9
0	28.1	17.05
1	2.53	2.505
4	2.25	1.66
24	1.28	1.57

结果显示,1 h 内过两种微网 D_{50} 均下降很快。表明 DM 的形成可以大大提高颗粒分离性能。相比涤纶微网,尼龙微网 D_{50} 下降的速度较为缓慢,表明涤纶微网对比尼龙微网在形成 DM 的性能上更有优势。此结论与表 3、4 结论一致。

综上所述,结合死端过滤实验和错流过滤实验结果发现,在 39 μm 相同孔径条件下,涤纶微网较尼龙微网更利于形成致密的 DM。

3 结 论

死端过滤实验发现,涤纶微网较尼龙微网更易形成致密的动态膜;错流过滤实验发现,尼龙微网能更快形成动态膜层;但涤纶微网出水浊度比尼龙微网低,且压力上升速率更慢。且发现,两种材质最终出水浊度均小于 20 NTU,可达到《城市杂用水水质标准》(GB/T 18920-2002)中建筑施工类水质标准。通过考察不同膜材料对 DM 形成的影响,为今后的 DMBR 技术实际应用奠定基础。

参 考 文 献

[1] 李春杰, 杨海真, 顾国维. 开发膜生物反应器的经济技

- 术因素探讨. 上海环境科学, **1999**, 18(12): 571-573
- Li Chunjie, Yang Haizhen, Gu Guowei. Approach on the factors of economic technique of developing membrane bioreactor. Shanghai Environmental Sciences, **1999**, 18(12): 571-573 (in Chinese)
- [2] Zhou Xiaohong, Shi Hanchang, Cai Qiang, et al. Function of self-forming dynamic membrane and biokinetic parameters' determination by microelectrode. Water Research, **2008**, 42(10-11): 2369-2376
- [3] Ye Maosheng, Zhang Hanmin, Wei Qifeng, et al. Study on the suitable thickness of a PAC-precoated dynamic membrane coupled with a bioreactor for municipal wastewater treatment. Desalination, **2006**, 194(1-3): 108-120
- [4] Li Na, Liu Zhongzhou, Xu Shuguang. Dynamically formed poly(vinyl alcohol) ultrafiltration membranes with good anti-fouling characteristics. Journal of Membrane Science, **2000**, 169(1): 17-28
- [5] Knyazkova T. V., Kavitskaya A. A. Improved performance of reverse osmosis with dynamic layers onto membranes in separation of concentrated salt solutions. Desalination, **2000**, 131(1-3): 129-136
- [6] Kiso Y., Jung Y. J., Ichinari T., et al. Wastewater treatment performance of a filtration bioreactor equipped with mesh as a filter material. Water Research, **2000**, 34(17): 4143-4150
- [7] Noor M. J. M. M., Ahmadun F. R., Mohamed T. A., et al. Performance of flexible membrane using kaolin dynamic membrane in treating domestic wastewater. Desalination, **2002**, 147(1-3): 263-268
- [8] Li Xiaozhong, Hess H., Höflinger W. Influence of operating parameters on precoat layers built up under crossflow condition. Separation and Purification Technology, **2003**, 31(3): 269-280
- [9] Fuchs W., Resch C., Kernstock M., et al. Influence of operational conditions on the performance of a mesh filter activated sludge process. Water Research, **2005**, 39(5): 803-810
- [10] 熊丽, 濮文虹, 杨昌柱, 等. 动态膜生物反应器处理生活污水的特性. 化学与生物工程, **2005**, 22(1): 31-33
- Xiong Li, Pu Wenhong, Yang Changzhu, et al. Domestic wastewater treatment property using dynamic membrane bioreactor. Chemistry and Bioengineering, **2005**, 22(1): 31-33 (in Chinese)
- [11] 高松, 周增炎, 高廷耀. 自组生物动态膜在污泥截留中的应用研究. 净水技术, **2005**, 24(1): 14-17
- Gao Song, Zhou Zengyan, Gao Tingyao. Application of self-forming biodynamic membrane in sludge retaining. Water Purification Technology, **2005**, 24(1): 14-17 (in Chinese)
- [12] 张建, 邱宪锋, 高宝玉, 等. 动态膜生物反应器中动态膜的作用和结构研究. 环境科学, **2007**, 28(1): 147-151
- Zhang Jian, Qiu Xianfeng, Gao Baoyu, et al. Structure and function of dynamic membrane in the dynamic membrane bio-reactor. Environmental Science, **2007**, 28(1): 147-151 (in Chinese)
- [13] 范彬, 黄霞, 文湘华, 等. 动态膜-生物反应器对城市污水的处理. 环境科学, **2002**, 23(6): 51-56
- Fan Bin, Huang Xia, Wen Xianghua, et al. A submerged dynamic membrane bioreactor for domestic wastewater treatment. Environmental Science, **2002**, 23(6): 51-56 (in Chinese)
- [14] Fan Bin, Huang Xia. Characteristics of a self-forming dynamic membrane coupled with a bioreactor for municipal wastewater treatment. Environmental Science & Technology, **2002**, 36(23): 5245-5251
- [15] 洪俊明, 尹娟, 卢芳芳. 膜基材对动态膜生物反应器性能的影响研究. 环境工程学报, **2011**, 5(2): 311-314
- Hong Junming, Yin Juan, Lu Fangfang. Study on performance of dynamic membrane bioreactor with different membrane materials. Chinese Journal of Environmental Engineering, **2011**, 5(2): 311-314 (in Chinese)