

# 平板膜生物反应器中超滤膜筛选的试验研究

王文标<sup>1</sup>, 吴志超<sup>1</sup>, 顾国维<sup>1</sup>, 刘鸿霞<sup>2</sup>

(1.同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2.重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400030)

[摘要] 膜的筛选应该按照膜所要应用的实际工况即错流过滤的方式来进行。结果表明, 根据 1 h 的过滤试验筛选膜, 可能会带来不正确的结果, 并确定筛选试验的过滤时间为 4 h。试验最终选择 PVDF 膜为后续试验用膜。

[关键词] 膜筛选; 死端过滤; 错流过滤; 平板膜; 超滤

[中图分类号] X703.3 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2007)06-0052-03

## Study on the choosing of UF for flat-sheet membrane bioreactor

Wang Wenbiao<sup>1</sup>, Wu Zhichao<sup>1</sup>, Gu Guowei<sup>1</sup>, Liu Hongxia<sup>2</sup>

(1.Institute of Environment Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2.Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: It is suggested that cross-flow filtration, the real operating mode, be adopted for UF choosing. The result shows that the "1h test" proved to be not appropriate, and the time length of the test is amended to 4 h. At last, the membrane of PVDF, has been selected for the follow-up experiments.

Key words: membrane choosing; dead-end filtration; cross-flow filtration; flat-sheet membrane; ultrafiltration

膜生物反应器 (MBR) 是集高效膜分离和生物反应器的生物降解作用于一体的生物化学反应系统。它使用膜组件替代传统活性污泥法中的沉淀池实现泥水分离, 从而对废水进行处理, 具有固液分离率高、出水水质好、处理效率高、占地空间小、运行管理简单等特点。目前, MBR 已成功用于下水道污水、粪便污水、垃圾渗滤液等生活废水的处理, 在工业废水处理中的研究也日益增多。

MBR 中膜的选取很重要, 因为它与膜的通量、使用寿命和出水的水质密切相关, 而这些参数是 MBR 良好运行的决定性因素。何义亮等<sup>[1,2]</sup>用评价池 (或称杯式超滤器) 静态试验对膜材质进行了选择。他们以污泥混合液作为过滤料液, 用不同材质的膜分别过滤 30~60 min 后比较膜通量和出水水质, 以确定哪一种膜较好。该方法存在一定的弊端: 静态试验属于死端过滤, 与膜的实际运行情况有较大差异; 测试的时间比较短, 难以反映稳定状态的情况。因此, 笔者对膜材质筛选的方法进行了改进。

### 1 试验依据

膜过滤有两种基本操作方式: 死端过滤 (或终端

过滤) 和错流过滤, 如图 1。

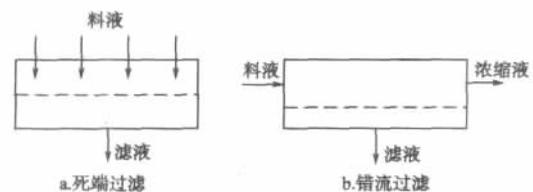


图 1 膜过滤的基本操作方式

本试验所选择的膜将用于一体式膜生物反应器。在一体式膜生物反应器中, 平板膜组件竖直悬挂在混合液中, 其下方的鼓风曝气使混合液流经膜面, 并在反应器中循环。该过滤符合错流过滤的基本特点: 一定时间后通量能达到稳定值; 膜面料液有一定流速; 一定时间后膜面物质浓度能达到稳定。因此在膜选择时应该采用错流过滤。

错流过滤达到稳态所需的时间一般为 1~2 h。若 < 1 h, 很难反映处于稳态时的不同膜之间的真实对比。此前的试验以过滤 1 h 后的通量作为比较依据, 可能因采用的是死端过滤方式, 经 1 h 左右料液已被过滤完毕, 过滤无法继续进行。因此, 在此次膜选择时采用的过滤时间为 4 h。

[基金项目] 国家教委重点项目“膜生物反应器中利用丝状菌高效处理小城镇污水的研究”(04145)

## 2 试验装置与材料

试验装置主要由评价池、蠕动泵、氮气瓶、集水容器组成。评价池是上海应用物理研究所生产的, 内部设有磁力搅拌器, 有效容积为 250 mL, 膜过滤面积为 0.003 9 m<sup>2</sup>, 见图 2。

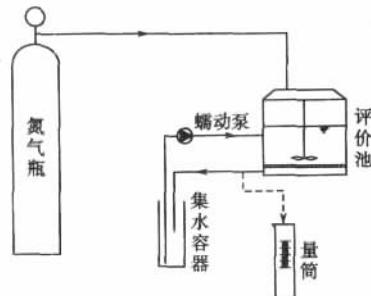


图 2 试验装置

前期试验证实, 截留相对分子质量为 7 万的超滤膜效果较好。因此本试验对以下几种截留相对分子质量为 7 万的膜进行了比较筛选: 中国科学院上海应用物理研究所生产的聚醚砜 (PES) 超滤膜、聚偏氟乙烯 (PVDF) 超滤膜, 国家海洋局杭州水处理技术开发中心生产的醋酸纤维素 (CA) 超滤膜, 编号分别为 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>。

## 3 试验方法

设定的压力为  $3.0 \times 10^4$  Pa, 搅拌转速 60 r/min, 使膜面形成稳定的错流, 并使评价池中混合液主体均匀混合。活性污泥质量浓度为 6 134 mg/L。

在过滤过程中, 滤液通过蠕动泵不断回流到评价池中, 以保持其中的混合液体积不变。测膜通量时将连接管从集水容器中取出 (见图 2 中的虚线), 用量筒测定一定时间内的滤液体积, 计算得出膜通

量。测完滤液体积后即将滤液倒回集水容器。

## 4 试验结果

### 4.1 过滤时间对通量变化的影响

采用错流过滤的方式, 可以长时间进行过滤, 但要保证压力的稳定, 在对加压方式进行改进后, 在连续 10 h 的预备过滤试验中, 压力一直非常稳定。

为了研究各片膜在 1 h 的通量的相对大小是否会在以后的运行中保持不变, 考察了过滤时间与膜通量的关系, 见图 3。

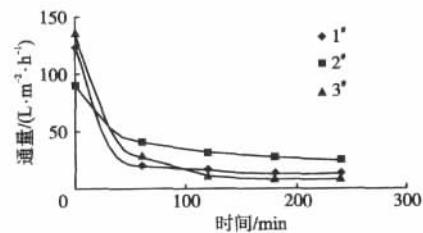


图 3 膜通量随时间的变化情况

由图 3 可见, 过滤 1 h 后 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 膜通量分别为 20.1、40.4、28.7 L/(m<sup>2</sup>·h), 膜通量大小次序为 2<sup>#</sup> > 3<sup>#</sup> > 1<sup>#</sup>; 过滤 4 h 后膜通量分别为 12.9、25.8、9.1 L/(m<sup>2</sup>·h), 膜通量大小次序变为 2<sup>#</sup> > 1<sup>#</sup> > 3<sup>#</sup>。因此用 1 h 的过滤试验来进行膜筛选, 可能会带来不正确的结果, 而 4 h 时所有膜的通量已十分稳定, 比 1 h 的变化速度小得多, 此时的通量可称为“稳态通量”。

### 4.2 过滤 4 h 筛选的结果

以稳态通量、物理清洗后通量恢复率、化学清洗后通量恢复率及出水 COD 作为比较膜性能的标准, 并以滤饼阻力、膜污染阻力作为参考, 通过 4 h 过滤试验筛选膜。结果见表 1 所示。

由表 1 可见, 各膜出水 COD 均优于《城镇污水

表 1 过滤 4 h 后膜的性能参数比较

膜编号	稳态通量 / (L·m <sup>2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	总阻力 / (10 <sup>12</sup> m <sup>-1</sup> )	滤饼阻力 / (10 <sup>12</sup> m <sup>-1</sup> )	膜污染阻力 / (10 <sup>12</sup> m <sup>-1</sup> )	物理清洗后 恢复率 /%	化学清洗后 恢复率 /%	出水 COD / (mg·L <sup>-1</sup> )
1 <sup>#</sup>	12.9	8.37	3.09	0.22	80.36	88	18.10
2 <sup>#</sup>	25.8	4.18	2.00	0.12	88.14	121	18.00
3 <sup>#</sup>	9.1	11.8	3.37	0.28	80.96	245	17.55

注: (1) 有效过滤面积 < 0.003 85 m<sup>2</sup>, 因此实际稳态通量更大; (2) 总阻力等于膜阻力、膜污染阻力、滤饼阻力、浓差极化阻力之和。

处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准 (回用水标准), 其中 3<sup>#</sup> 膜通量最小, 仅 9.1 L/(m<sup>2</sup>·h), 且化学清洗后通量恢复率过大 (达 245%), 出水也略浑, 推测是膜层易被 NaClO 溶液侵蚀所致, 不宜作为后续试验用膜。1<sup>#</sup> 膜稳态通量物理清洗和化学清洗恢复率均低于 2<sup>#</sup> 膜, 滤饼阻力和膜污染阻力又均明显高于 2<sup>#</sup> 膜, 虽然 2<sup>#</sup> 膜化学清洗恢复

率超过 100% (达 121%), 但考虑是新膜, 使用前可能有颗粒黏附, 通量小幅反弹应属正常现象, 并且 2<sup>#</sup> 膜滤液也很清澈, 因此决定选用 2<sup>#</sup> 膜 (即 PVDF 膜) 作为后续实验用膜。

## 5 结论

(1) 膜的筛选应该根据膜所要应用的实际工况即错流过滤的方式进行。

# 厌氧流化床处理红霉素废水的研究

周健, 张会展, 方春玉

(四川理工学院生物工程系, 四川 自贡 643000)

[摘要] 研究了中温(33~35℃)条件下, 厌氧流化床(AFB)反应器处理红霉素废水的运行特性。结果发现: 进水 COD 为 6 900 mg/L、HRT 为 4.4 h 时, COD、BOD 的去除率分别达到了 76.6%、65.9%。最后利用 Garrett-Sawyer 关系式求出了难生物降解的有机物浓度, 并利用 Monod 模型对实验结果进行了动力学分析, 得出了红霉素废水中温条件下厌氧消化过程的基质降解规律。

[关键词] 红霉素废水; 废水处理; 厌氧流化床

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2007)06-0054-04

## Research of treating erythromycin wastewater in an anaerobic fluidized bed reactor

Zhou Jian, Zhang Huizhan, Fang Chunyu

(Department of Biological Engineering, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: Erythromycin wastewater is treated in an anaerobic fluidized bed reactor (AFB) with granular activated carbon as carrier, operating at 33-35℃. The operating characteristic is studied. The test result demonstrates that the removal efficiency of COD and BOD are 76.6% and 65.9% respectively as influent COD is 6 900 mg/L and HRT is 4.4 h. The non-biodegradation organism concentration is obtained by Garrett-Sawyer formula. And the degradation equation for the anaerobic digestion of erythromycin wastewater is concluded by employing the Monod model.

Key words: erythromycin wastewater; wastewater treatment; anaerobic fluidized bed

红霉素废水是一类高色度、含难生物降解及生物毒性物质较多的高浓度有机废水。红霉素废水主要由发酵废水(即提取工艺的结晶母废液)、发酵过程中的酸碱废水和有机溶剂废水、各种设备和地板

等的洗涤冲洗废水、以及制药过程中的各种冷却水和其他废水组成。具有水量大、有机污染物质含量高、pH 变化大、悬浮物含量高、碱度和色度大、水质变化大等特点<sup>[1]</sup>。笔者研究了中温(33~35℃)条件

(2) 试验考察了过滤 1 h 后和过滤 4 h 后各片膜的通量, 发现通量大小次序出现了变化。表明用 1 h 的过滤试验来进行膜筛选, 可能会带来不正确的结果。而 4 h 后的通量能达到稳定, 由此确定筛选试验的过滤时间为 4 h。

(3) 2# 膜的稳态通量最大, 物理清洗后和化学清洗后恢复率均较高, 因此选择 2# 膜(即 PVDF 膜)为后续试验用膜。

### [参考文献]

[1] 何义亮. 膜生物反应器技术处理污水的特性研究[D]. 同济大学, 1999: 27-28.

[2] 张树国. 一体式平板膜 MBR 处理城市污水及膜污染防治研究[D]. 同济大学, 2004: 29-32.

[3] 顾国维, 何义亮. 膜生物反应器[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 9-10.

[4] Pillay V L, Buckley C A. Cake formation in cross-flow microfiltration systems[J]. Water Science and Technology, 1992, 25(10): 149-162.

[5] Arnot T C, Field R W, Koltuniewicz A B. Cross-flow and dead-end microfiltration of oily-water emulsions: Part I. Mechanisms and modelling of flux decline [J]. Journal of Membrane Science, 2000, 169(1): 1-15.

[作者简介] 王文标(1971—), 2006 年毕业于同济大学, 博士。电话: 13618288873, E-mail: winpuma@schu.com.

[收稿日期] 2007-03-20(修改稿)