

一体式膜生物反应器处理城市生活污水水质及回用分析^{*}

张再利, 雷恒毅, 李顺义
(中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 城市缺水问题日益突出, 城市生活污水作为第二水源回用极为迫切。分析了膜生物反应器处理城市污水出水水质及其回用情况。实验中试表明, 膜生物反应器处理城市生活污水, 系统运行稳定, 出水水质优于中国建设部部标生活杂用水水质标准 (CJ25.1-89), 可直接用于城市绿化、冲厕、扫除及洗车。具有良好的环境、经济和社会效益。

关键词: 膜生物反应器; 城市生活污水; 化学需氧量; 出水回用

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 05-0115-03

随着经济发展和城市化进程的加快, 城市缺水问题尤为突出。我国许多大中城市尤其是北方城市的缺水问题日益严重。另一方面, 城市污水的排放量极大, 不仅污染环境, 且造成严重的资源浪费, 城市污水完全可以通过处理作为城市的第二水资源再利用。因此, 研究开发技术经济可行的污水回用工艺势在必行。本文则通过实验研究分析了膜生物反应器处理城市污水出水水质及其回用情况。膜生物反应器是膜分离技术与传统活性污泥法相结合, 其中膜组件代替原工艺中的二沉池, 截留活性污泥的新技术。与传统活性污泥法相比, 固液分离效率高, 出水中没有悬浮物; 出水水质好且稳定; 对某些难降解有机物的降解十分有利; 污泥产量少; 不需二沉池; 设备简单; 易实现自动化控制; 耐冲击负荷好。在污水回用方面具有很大的潜力。

1 实验装置与方法

1.1 实验装置工艺流程

原水由进水泵提升进入调节池, 调节池出水通过溢流进入曝气池, 曝气池由生物反应器和浸没在反应器中的膜组件两部分组成。其中生物反应器的有效容积为 0.4 m³, 膜组件采用的是杭州西斗门膜有限公司提供的中空纤维超滤聚砜膜。截留相对分子质量在 20 000 ~ 30 000 之间, 膜组件长 0.5 m, 直径 0.1 m, 膜面积为 2 m², 纯水的膜通量为 0.05 m³ / (m² · h)。在隔膜泵的抽吸作用下使中空纤维膜内形成负压, 压差作用使曝气池中的水进入中空纤维膜内, 在膜管一端汇集之后抽吸出水 (图 1)。

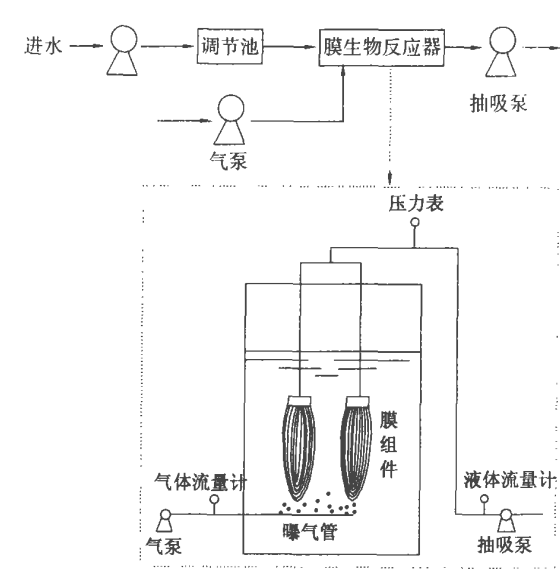


图 1 实验装置工艺流程图
Fig. 1 Scheme of the pilot-scale MBR system

1.2 实验用水

实验用水取自合肥某污水处理厂沉沙池出水, 其水质的 COD_{Cr} 为 200 mg / L, NH₃ N 为 18 ~ 23 mg / L, TN 为 31 ~ 32 mg / L, SS 为 200 mg / L。

1.3 主要分析项目及监测方法

SS、MLSS 用总固体质量法; COD 用重铬酸钾法测定^[1]; NH₃ N 用纳氏比色法; DO 用溶解氧速测仪测定; 大肠菌群由安徽省卫生防疫站测定。

^{*} 收稿日期: 2003-10-31
作者简介: 张再利 (1976 年生), 女, 硕士; E-mail: ceeszl@zsu.edu.cn
(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.4 实验方法

实验用活性污泥取自该污水处理厂氧化沟, 经 3 d 时间的闷曝后连续进水。实验初期污泥浓度为 3 200 mg/L, 运行 10 d, 达到 5 000 mg/L, 其后一直缓慢增长, 实验结束时达到 6 000 mg/L, 整个实验过程中未刻意排放污泥, 只在监测分析时损失一部分。DO 浓度为 3.7 mg/L, pH 为 6.5。反应器连续曝气, 间歇抽吸排水。出水循环时间为抽 15 min, 停 3 min。

2 实验结果分析

2.1 COD_{Cr} 的去除效果

实验稳定运行近 2 个月, 这期间出水 COD_G 都保持在 20 mg/L 以下, 更多时间维持在 10 mg/L 以内, 去除率超过 90%。结果见图 2 和图 3。

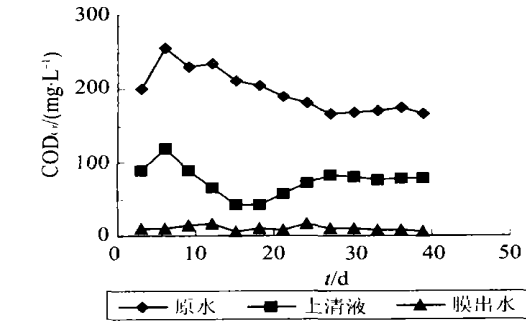


图 2 COD_{Cr} 随时间变化曲线

Fig. 2 Variations of COD_{Cr} with time

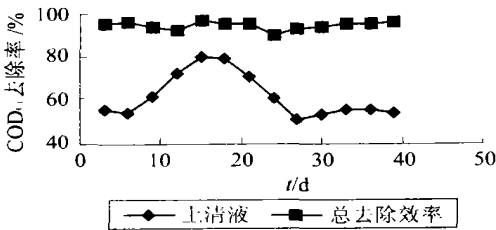


图 3 COD_{Cr} 去除度随时间变化曲线

Fig. 3 Variations of percentage of removal COD_{Cr} with time

结果分析如下:

(1) 与氧化沟工艺相比, COD_{Cr} 总去除率大致相同的情况下, 膜生物反应器的水力停留时间 (HRT) 短得多。本实验的水力停留时间为 4 h, 而原污水厂氧化沟工艺的水力停留时间为 48 h。处理效率大大提高。

(2) 随着时间的延长, 反应器中污泥浓度 (MLSS) 不断增大, 但实验出水 COD_{Cr} 总去除率基本保持稳定, 未出现较大幅度的变化。表明 MLSS

的改变对 COD_{Cr} 去除率影响不大。原因可能是运行过程中反应器中污泥浓度维持在较高的水平, 污泥负荷较低, 污泥浓度的增大, 对污泥负荷的影响很小, 所以表现为对出水有机物的去除影响较小。

(3) COD_{Cr} 总去除率在整个运行过程中一直保持相对稳定, 而反应器上清液 COD_G (混合液经滤纸过滤后测得) 的去除波动较大。随着污泥龄的增加, 上清液 COD_G 去除率有所下降。这可能受两方面因素影响。一是与进水的变化有关, 从第 15 d 开始, 进水 COD_{Cr} 比较低, 污泥负荷 F/M 相应减小, 从而微生物间争夺营养的矛盾变得激烈, 部分微生物可能被杀死或饿死, 导致上清液 COD_{Cr} 升高。二是随着污泥龄的增长, 内源呼吸加剧, 产生微生物的代谢产物, 加上部分微生物死亡, 导致上清液 COD_{Cr} 升高。

(4) 上清液 COD_{Cr} 在运行一段时间后虽有所下降, 但始终保持在较高的去除范围 50%~80% 内。COD_{Cr} 总去除率在 90% 以上。整个反应器中有机物的去除以生物新陈代谢降解为主 (假定在生物降解和膜的拦截相对独立的前提下^[13]), 同时超滤膜起重要作用。膜出水 COD_{Cr} 小于 20 mg/L。

2.2 NH₃-N 的去除效果

实验过程中连续监测原水、反应器上清液及膜出水的 NH₃-N 值。结果见图 4 及图 5。

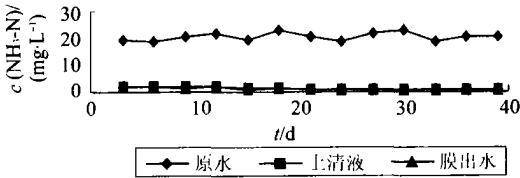


图 4 NH₃-N 随时间变化曲线

Fig. 4 Variations of NH₃-N with time

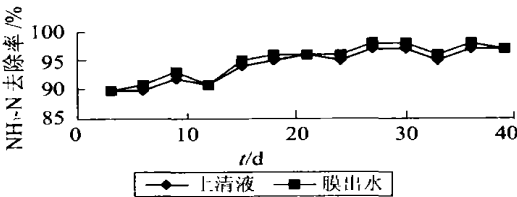


图 5 NH₃-N 去除度随时间变化曲线

Fig. 5 Variations of percentage of removal NH₃-N with time

结果分析如下:

(1) NH₃-N 总去除率很高。运行的第 3 天去除率已达到 90%。随着污泥龄的增长, 去除率越来越高, 最高达到 98%。长的污泥龄有利于反应器

中世代时间长的硝化菌和亚硝化菌的大量繁殖，且反应器中溶解氧 DO 始终维持在 3.7 mg/L 的水平，有利于硝化菌对 NH₃-N 的降解。

(2) 膜出水与上清液中 NH₃-N 的含量相差微小。这与 COD_G 的去除情况不同。说明 NH₃-N 的去除主要由生物降解完成，膜起不到拦截作用。因为实验采用的超滤膜截留的相对分子质量在 20 000 ~ 30 000 之间，NH₃-N 的相对分子质量远远小于这一范围，能顺利透过膜进入出水，而不同于 COD_G 中部分高分子有机物被膜截留。膜出水 NH₃-N 小于 2 mg/L。

表 1 实验出水水质与建设部生活杂用水回用标准主要指标的比较

Tab 1 Comparison of parameters of MBR-treated domestic wastewater and national standards for reuse of domestic water

项 目		SS (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N (mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} (mg·L ⁻¹)	pH	臭	大肠菌群 (个·L ⁻¹)
实验出水		未检出	≤2	≤20	6.5	无异常	未检出
标准	冲厕、绿化	≤10	≤20	≤50	6.5~9.0	无不快感	≤3
	扫除、洗车	≤5	≤10	≤50	6.5~9.0	无不快感	≤3

由表 1 可见，实验出水符合生活杂用水水质标准要求，有些指标大大优于生活杂用水水质指标的最高允许值。联合国经济与委员会规划水资源再用的原则是：除非水量丰富，不应将较高水质的水用于允许较低级别水质的用水目的。因此回用范围仅仅限定在生活杂用，显然是浪费。生活污水约占全国废水排放总量的 1/3^[3]，采用膜生物反应器处理，可直接使出水变为城镇优质稳定的第二水源，缓解目前日益紧张的用水危机。

实验中试过程中，膜生物反应器处理城市生活污水系统运行稳定，出水水质优于中国建设部颁布的生活杂用水水质标准。因此出水可直接回用于城

2.3 SS 与大肠菌群的去 除效果

整个实验过程出水一直未检出悬浮物 SS 和大肠菌群，二者均被百分百的去除。膜能完全将它们截留下来。

3 出水回用分析

本实验工艺运转近 2 个月，期间一直保持稳定运行。出水水质良好。与建设部颁布的生活杂用水回用标准（CJ25.1-1989）的主要水质指标相比较，结果见表 1。

市绿化、冲厕、扫除及洗车等。此外出水可作为城镇优质稳定的第二水源，在工农业生产、人民生活等领域有着广泛的应用前景，具有十分明显的环境、社会和经济效益。

参考文献:

[1] 奚旦立, 孙裕生. 环境监测[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996.
[2] 何忆亮, 顾国维, 刘洁. 膜生物反应器生物降解与膜分离共作用特性研究[J]. 环境污染与防治, 1998, 20(6): 18-20.
[3] 徐农, 范益群, 徐南平. 陶瓷膜生物反应器出水水质及回用范围[J]. 水处理技术, 2002, 28(4): 213-216.

Research on Reuse and Quality of Domestic Wastewater Treated
by the Submerged Membrane Bioreactor

ZHANG Zai li, LEI Heng yi, LI Shun yi

(School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The problem about usable water in many cities becomes more and more imperious. The reuse of domestic wastewater is a good way to solve the problem. This paper deals with the reuse and quality of domestic wastewater treated by the submerged membrane bioreactor. The pilot scale test indicates that the system can run steadily and outflow quality is better than that of water for domestic reuse stated by the Ministry of Construction. The treated water can be used in irrigating lawn and washing closets and cars, which is beneficial to the development of environment, economy and society.

Key words: membrane bioreactor; domestic wastewater; chemical oxygen demand; effluent reuse