

文章编号: 1673 - 9620 (2008) 02 - 0017 - 03

# MBR 工艺在垃圾焚烧发电厂渗滤液处理中的应用<sup>\*</sup>

朱卫兵<sup>1</sup>, 李月中<sup>1</sup>, 龚方红<sup>2</sup>

(1. 维尔利环境工程(常州)有限公司 工程部, 江苏 常州 213022; 2. 江苏工业学院)

**摘要:** 采用膜生物反应器 (MBR) 工艺处理垃圾焚烧发电厂渗滤液可有效的实现达标排放。MBR 装置由生化和超滤系统组成。生化区有生化反应池, 有机物和氨氮在其中经过好氧生物降解得到有效去除, 超滤系统的出水至排水系统中。当垃圾渗滤液中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  为  $65\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  为  $1\,200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时, 其超滤清液出水指标 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )  $800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、( $\text{NH}_3\text{-N}$ )  $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  分别可达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889 - 1997) 三级标准和二级标准要求。

**关键词:** 渗滤液; 膜生物反应器; 化学需氧量; 氨氮

**中图分类号:** X 703

**文献标识码:** A

## Application of MBR Process in Treatment of Landfill Leachate from Waste - to - Energy Plant

ZHU Wei - bing<sup>1</sup>, LI Yue - zhong<sup>1</sup>, GONG Fang - hong<sup>2</sup>

(1. Engineering Department, Wehrle Environmental Technology (Changzhou) Co., Ltd, Changzhou 213022, China; 2. Jiangsu Polytechnic University)

**Abstract:** The landfill leachate from Waste - to - Energy Plant can be efficiently treated by Membrane Bio - reactor (MBR) process. The MBR plant consists of the equipment of biology and ultrafiltration (UF) system, The biological zone consists of the bioreactors, where the organic material and  $\text{NH}_3\text{-N}$  are biodegraded in the presence of oxygen. The wastewater permeation leaving the ultrafiltration plant will be pumped to the sewer. The inlet concentration of leachate is  $\text{COD}_{\text{Cr}}\ 65\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}\ 1\,200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; the outlet of UF has reached the Standard for Pollution Control on the Landfill Site for Domestic Waste (GB16889 - 1997) third - class and second - class standard ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )  $800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、( $\text{NH}_3\text{-N}$ )  $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) respectively.

**Key words:** leachate; Membrane Bio - reactor (MBR);  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ;  $\text{NH}_3\text{-N}$

渗滤液是一种危害较大的高浓度有机废水, 其特点是有机物浓度高、水质变化大、氨氮和重金属含量高、微生物营养元素比例失调<sup>[1]</sup>。高浓度氨氮的毒性作用使垃圾渗滤液不能直接采用传统的活性污泥法进行处理<sup>[2]</sup>, 需要脱氮处理。近年来, 渗滤液处理技术取得了迅速的发展, 主要有厌氧生化处

理、反渗透 (RO) 和 MBR 等物化和生物技术<sup>[3]</sup>。

常用的厌氧生化技术在处理垃圾渗滤液时由于水力和水质冲击负荷大, 出水水质不稳定。RO 技术是一个分离过程, 污染物并未降解, 为了截留小分子 (如  $\text{NH}_3$ ) 和防止膜本身的污染, pH 必须降到 6~7 左右<sup>[4]</sup>。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007 - 09 - 10

作者简介: 朱卫兵 (1971 - ), 男, 江苏南通人, 工程师, 二级注册建造师。

MBR 技术<sup>[5]</sup>将传统的活性污泥中的生物处理技术和膜的高效固液分离性能相集合,使系统的出水水质得到大幅度的提高,同时节省了二沉池<sup>[6]</sup>。本文中 MBR 工艺具有以下特点: 分离效率高,出水水质优质稳定,出水无细菌和固体悬浮物<sup>[7]</sup>;

污泥负荷低,剩余污泥产量少<sup>[8]</sup>; 反应器高效集成,占地面积小; 主要污染物 COD、BOD 和氨氮有效降解,无二次污染<sup>[9]</sup>; 操作管理方便,易于实现自动控制。

## 1 渗滤液水量及水质

### 1.1 渗滤液水量

渗滤液水源取自于某垃圾焚烧发电厂渗滤液调节池,处理量为  $400 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。

### 1.2 渗滤液水质

(COD<sub>Cr</sub>) 为  $55\,000 \sim 75\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , (BOD<sub>5</sub>) 为  $35\,000 \sim 38\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , (NH<sub>3</sub> - N) 为  $1\,200 \sim 1\,400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH = 6.5 ~ 7.5。

## 2 MBR 处理工艺流程

处理工艺流程图见图 1。调节池内的渗滤液首先进入生化反应器的布水系统。渗滤液流入反硝化池后自流到硝化池。在硝化池中设置了独特的射流鼓风曝气,使有机物降解。氨氮和有机氮转化为硝酸盐和亚硝酸盐,通过超滤进水泵将硝化池内污水打入超滤系统进行固液分离,超滤浓缩液回流到反硝化池。超滤出水经过检测达标后排放。

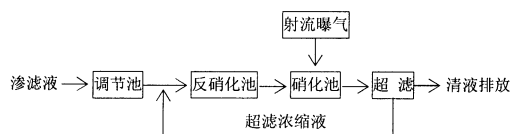


图 1 渗滤液处理工艺流程图

Fig 1 The flow sheet of the leachate treatment process

## 3 主要构筑物及设计参数

生化反应器为钢混结构,分硝化池和反硝化池两部分。反硝化池 2 座,每座池的有效容积为  $140 \text{ m}^3$ ,尺寸为  $4\,500 \text{ mm} \times 4\,000 \text{ mm} \times 9\,000 \text{ mm}$ ;硝化池 2 座,每座池的有效容积为  $2\,500 \text{ m}^3$ ,尺寸为  $25\,000 \text{ mm} \times 13\,000 \text{ mm} \times 9\,000 \text{ mm}$ 。

进水提升泵 2 台,流量  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,变频控

制,一用一备;射流曝气器 2 套;鼓风机 5 台,每台风量  $3\,000 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ;超滤进水泵 1 台,  $170 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ;超滤设备 2 组,每组出水量  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 。

## 4 工艺系统运行分析

### 4.1 生物调试过程

在一周时间内从附近污水处理厂取硝化池容积 5% ~ 10% 的硝化活性污泥,粗滤后通过生化反应器布水系统加入生化反硝化池,进行生物接种。

一周后根据硝化池溶解氧情况和原水水质,适当进渗滤液。pH 控制在 7 ~ 8 左右;溶解氧宜维持在  $3 \sim 4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (可通过调节供气量大小完成);定时检测各段其 COD<sub>Cr</sub>、pH、污泥质量浓度、溶解氧、水温等基础数据。根据测试结果调整进水量、曝气强度。

当进水量逐步增加到设计处理能力,其它运行参数均符合工艺要求,如 COD<sub>Cr</sub> 去除率 60% ~ 70%,出水 (NH<sub>3</sub> - N) <  $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,转入全过程连续运行。

### 4.2 MBR 工艺对 COD 的去除

由于垃圾焚烧发电厂的渗滤液的可生化性好,调试启动后经过 20 天左右的污泥驯化,系统出水的 COD 值比较稳定,保持在  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  以下。MBR 系统对 COD 的去除率在 99% 以上。图 2 所示为 2006 年 9 月份连续 26 天测得的进出水 COD 值,可以看出尽管进水的 COD 值较高,平均在  $70\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  左右,但 MBR 系统对的 COD 去除能力仍较强,效果明显。其主要去除机理是通过射流曝气使高活性的好氧微生物对有机物进一步的充分分解;超滤将微生物菌体、大于  $0.02 \mu\text{m}$  的颗粒物和与 COD 相关的悬浮物安全地截留作为浓液回到生化池,污泥浓度通过错流式超滤的连续回流来

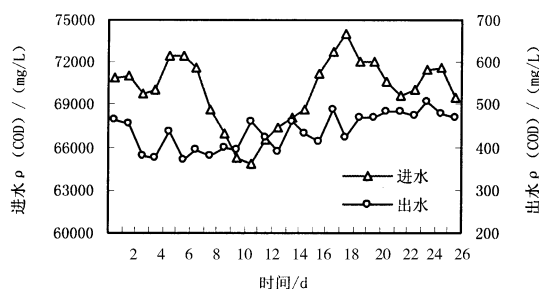


图 2 进出水 COD 对比图

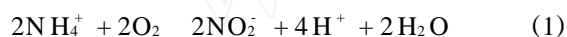
Fig 2 Comparison sheet of inlet and outlet COD

维持,保证了生化系统菌种的稳定;超滤出水只是小分子(如水)和可溶解性的物质,有机成分比较少,出水 COD 的值易于控制。

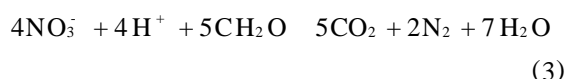
### 4.3 MBR 工艺对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的去除

经过 20 天左右的污泥驯化调试,系统出水  $\text{NH}_3 - \text{N}$  值比较稳定,一直在  $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  以下。MBR 系统对  $\text{NH}_3 - \text{N}$  的去除率在 99 % 以上,去除效果稳定。其主要作用是通过硝化池中,高活性的好氧微生物作用,降解大部分有机物,氨氮和有机氮在硝酸菌和亚硝酸菌的作用下氧化为硝酸盐和亚硝酸盐,通过超滤膜的浓液回流到反硝化体中,使反硝化菌有足够的硝酸盐作为电子受体,提高反硝化速率,硝酸盐在缺氧环境中厌氧菌的作用下将其还原成氮气排出。

硝化机理可由下列反应方程式 (1) 和 (2) 表示:



反硝化机理可由下列反应方程式 (3) 表示:



反硝化过程中需要的碳源由渗滤液进水提供。

图 3 所示为 2006 年 9 月份 26 天进出水氨氮值的对比,系统对  $\text{NH}_3 - \text{N}$  的去除率在 99 % 以上。

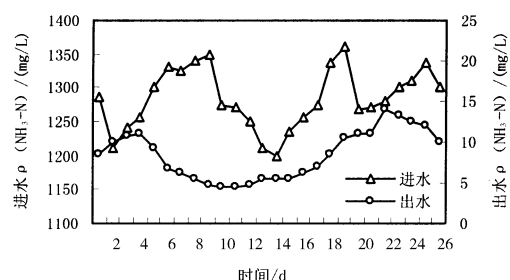


图 3 进出水氨氮对比

Fig 3 Comparison sheet of inlet and outlet  $\text{NH}_3 - \text{N}$

## 5 经济分析

该渗滤液处理项目总投资人民币 2 500 万元,其中 MBR 系统由于大部分采用进口设备造价为 1 500 万元,设备吨投资为 3.75 万元。

渗滤液处理站运行已有 1 年,运行费用主要为 3 部分(不包括折旧): 人工费: 渗滤液处理站专职运行人员 5 名,月工资 3 000 元,人工费 1.25 元/t; 电耗: 每月平均用电 450 000 kWh,耗电 18.75 元/t; 药耗: 药剂包括消泡剂、膜清洗剂

和日常化验药剂 3 种,药剂费为 1.25 元/t。

以上 3 部分总计为  $21.25 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ 。高浓度的渗滤液处理以吨水运行费用来估计工艺的经济性不具备可比性,因此采用每处理 1 kgCOD 的运行费用较为科学,根据图 2 的数据和 1 年来的测试分析,渗滤液中 COD 平均质量浓度为  $65\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,每处理 1 kgCOD 的运行费用仅为 0.33 元。一般城市生活污水处理厂每处理 1 kgCOD 的运行费用(不包括折旧)为 0.65 ~ 0.85 元,由此可见,该工艺具有较好的经济性。

## 6 结 论

(1) 该技术在国内外某生活垃圾焚烧发电厂渗滤液处理中的应用表明;出水水质 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )  $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ )  $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,皆低于《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB16889 - 1997) 三级标准,且氨氮值低于二级标准  $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 运用 MBR 工艺处理高浓度的垃圾渗滤液在技术上是可行的。该工艺技术先进,性能稳定,为其它城市处理高浓度垃圾渗滤液提供了示范作用。

### 参考文献:

- [1] 杨秀环,牛冬杰,陶红. 垃圾渗滤液处理技术进展 [J]. 环境卫生工程, 2006, 14 (1): 46 - 47.
- [2] 刘莱娥. 膜分离技术应用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] 杨莉,郭培先. 管式膜 MBR 技术在垃圾渗滤液处理中的应用 [J]. 环保世界, 2006, 5: 53 - 54.
- [4] 徐文龙. 城市生活垃圾管理与处理技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [5] Stephenson T, Judd S, Jefferson B, et al. Membrane bioreactors for wastewater treatment [M]. London: IWA Publishing, 2000. 59 - 111.
- [6] 姚红,刘广沛,陶若虹,等. 分置式膜生物反应器应用于城市污水回用中试研究 [J]. 北京交通大学学报, 2005, 29 (1): 64 - 65.
- [7] 王利平,陈兆林. 膜生物反应器在废水处理中的研究与应用 [J]. 亚洲环保, 2006, 10: 14 - 15.
- [8] Cleek N. Effect of solids retention time on the performance and biological characteristics of membrane bioreactor [J]. Wat Sci Tech, 2001, 43 (11): 43 - 50.
- [9] Ahn Won - Young. Advanced landfill leachate treatment using an integrated membrane process [J]. Desalination, 2002, 149: 109 - 114.