

厌氧/微滤工艺处理垃圾焚烧发电厂渗滤液

陈方方, 古创, 姚春阳, 朱亚茹, 彭磊, 高用贵, 张林,
江景杰

(光大环保技术研究院<南京>有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 考察了自主研发的高效厌氧和微滤(MF)组合工艺对垃圾焚烧发电厂产生的渗滤液中COD的去除效果,以及微滤系统对SS的拦截效果。结果表明,高效厌氧和MF系统可使COD浓度由40 000 mg/L以上降至1 900 mg/L以下,对COD的平均去除率可达96.5%,微滤系统可拦截97.6%的SS。当微滤膜产水量降低时,通过对其进行正确合理的清洗,可最大限度恢复膜通量。另外,针对试验过程中出现的泡沫和排泥问题,提出了相应建议。

关键词: 垃圾焚烧; 渗滤液; 高效厌氧工艺; 微滤; COD

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)03-0117-04

Treatment of Leachate from Waste Incineration Power Plant by Anaerobic and Microfiltration Process

CHEN Fang-fang, GU Chuang, YAO Chun-yang, ZHU Ya-ru, PENG Lei,
GAO Yong-gui, ZHANG Lin, JIANG Jing-jie

(Everbright Environmental Research Institute <Nanjing> Limited, Nanjing 211100, China)

Abstract: The removal efficiency of COD in leachate from a waste incineration power plant by self-developed high efficiency anaerobic and microfiltration (MF) system was investigated, and the rejection effect of MF system on suspended solids (SS) was explored. The results showed that COD concentration could be reduced from more than 40 000 mg/L to lower than 1 900 mg/L by the high efficiency anaerobic and MF systems. The average removal rate of COD was 96.5%, and 97.6% of SS could be intercepted by the MF system. When the membrane flux was reduced, it could be restored to the maximum by proper and reasonable cleaning. Furthermore, relevant suggestions were put forward according to foam and sludge discharge problems occurring in the process of experiment.

Key words: waste incineration; leachate; high efficiency anaerobic process; microfiltration; COD

垃圾渗滤液中含有高浓度有机物,且水质比较复杂,如果未经处理直接排放则会对环境造成破坏^[1]。目前,高效厌氧技术因具有容积负荷高、污泥产生量少等优点,常被用来处理含有高浓度有机物的废水^[2]。同时,由于膜可以有效拦截厌氧出水中的污泥及污染物,因此有利于提高出水水质^[3]。基于此,笔者利用厌氧/微滤(MF)工艺处理垃圾焚

烧发电厂产生的渗滤液,并考察了高效厌氧和微滤系统对渗滤液中COD等污染物的去除效果。

1 材料与方法

1.1 试验用水水质

试验所用的垃圾渗滤液来自于某垃圾焚烧发电厂。渗滤液在厌氧处理前需要经过预处理:首先经过自清洗过滤器和初沉池去除大颗粒的悬浮物和杂

质,随后进入调节池,在调节池中经过均质、均量后由泵抽送入高效厌氧反应器。具体水质指标:pH 值为 5~7,COD 浓度为 40 000~55 000 mg/L,氨氮浓度为 1 000~2 000 mg/L,SS 浓度为 2 000~3 500 mg/L,总氮为 1 000~2 000 mg/L,BOD₅ 为 30 000~40 000 mg/L,碱度为 12 000~17 500 mg/L,硬度为 5 500~7 000 mg/L。

1.2 试验装置

1.2.1 高效厌氧反应器

厌氧系统采用自主设计的高效厌氧反应器,与传统 IC 厌氧反应器设置的底部穿孔管或内置环形布水管的布水装置相比,本装置创造性地采用外置式循环布水主管,并沿罐壁切向布置多个插入式布水管。此外,厌氧罐设有外部循环系统,且在其上部设有外循环集水桶,可使上部的渗滤液经循环泵输送到底部进水处,与进水混合后进入厌氧罐,产生的沼气由两层三相分离器在水面以下收集。厌氧反应器结构如图 1 所示。

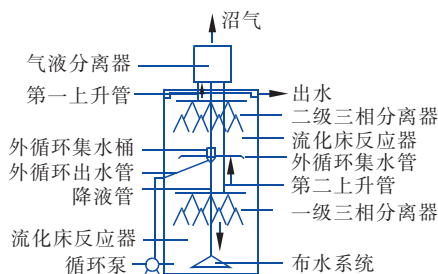


图1 高效厌氧反应器结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of high efficiency anaerobic reactor

反应器的特点:微生物以颗粒化污泥形式存在,因此生物量明显增加;污泥呈现悬浮和膨胀状态,污水和微生物接触几率大大增加,容积负荷可达 30 kg/(m³·d) 以上,处理效率高;体积小、用材省、占地省、建设成本低;污泥产量少,且沼气自提搅拌,动力消耗小,运行成本低^[4]。

厌氧系统主要设备:高效厌氧反应器(Φ10 m×21 m),厌氧循环泵($Q=200$ m³/h, $H=9$ m,15 kW),厌氧排泥泵($Q=20$ m³/h, $H=14$ m,5.5 kW),沼气燃烧装置($Q=800$ m³/h)。

1.2.2 微滤系统

微滤系统采用浸没型 SPMW-12B6 膜组件,涉及的主要设备:微滤进水泵($Q=1$ m³/h, $H=10$ m)、带锥底的微滤水箱(1 m×1 m×1.5 m)、微滤膜[单

套膜系统的膜面积为 50 m²,单支膜面积为 6 m²,膜通量为 10 L/(m²·h)]、反洗泵($Q=1$ m³/h, $H=10$ m)、微滤自吸泵($Q=1$ m³/h, $H=10$ m)。微滤装置设置在线清洗系统,包括水力清洗和化学清洗。为了减缓微滤膜的堵塞速率,通过在膜架底部开孔对膜表面进行曝气,以增大其表面的湍流程度,防止污泥附着在膜表面造成堵塞。为了防止曝气产生的大量气泡对系统产生影响,在微滤水箱顶部设置水喷淋装置。

1.2.3 试验过程

预处理后的渗滤液经厌氧循环泵进入高效厌氧反应器。厌氧出水进入中间储罐,随后经微滤进水泵进入浸没式微滤系统。在浸没式微滤膜中进行泥水分离,分离出来的生化污泥进入污泥池,微滤出水进入后续处理系统。厌氧过程产生的沼气经管道收集后直接送入主厂房。

1.3 工艺参数设计

厌氧系统的设计参数:容积负荷为 6.2 kgCOD/(m³·d),上流速度为 2.5 m/h,停留时间为 7.85 d,污泥浓度为 40 g/L,反应温度为 35℃。

微滤膜系统的设计参数:进水流量为 1 m³/h,产水流量为 0.6~0.8 m³/h,产水压力 ≥ -0.01 MPa,鼓风量为 10~12 m³/h。

1.4 分析方法

COD、悬浮物、BOD₅ 采用标准方法测定,电导率采用雷磁 DDS-307A 电导率仪测定,pH 值采用雷磁 PHBJ-260 便携式 pH 计测定。

2 结果与分析

2.1 对 COD 的去除效果

厌氧/MF 系统对 COD 的去除效果如图 2 所示。可以看出,高效厌氧/MF 系统对 COD 有很好的去除效果。当进水 COD 浓度高达 40 000 mg/L 以上时,厌氧出水 COD 浓度可降至 3 000 mg/L 以下,平均为 2 622 mg/L。整个系统对 COD 的平均去除率为 96.5%,经分析厌氧系统对 COD 的平均去除率为 94.3%,MF 系统对 COD 的平均去除率为 2.2%,最终出水中 COD 浓度可降至 1 900 mg/L 以下。可见,厌氧系统对 COD 的去除起决定性作用。分析原因,厌氧进水中,BOD₅/COD 值在 0.5 以上,说明渗滤液有很好的可生化性,容易被微生物分解^[5];其次,本试验所用的高效厌氧反应器采用八角进水的方式,并且设置外循环系统,可使污水与污泥充分接

触,提高了反应器对有机物的去除率;更重要的是,反应器容积负荷高、水力停留时间长、污泥浓度大,可使兼性或厌氧菌充分发挥作用,保证了对污染物的稳定去除。微滤膜对COD的截留有两方面:一是通过膜本身的截留作用,试验所用的微滤膜孔径为 $0.1\ \mu\text{m}$,直径小于膜孔径的有机物直接被截留;二是通过膜表面形成的沉积层的筛滤吸附作用对有机物进行截留,对于大量小于膜孔径的有机物主要通过此种方法被截留^[6]。

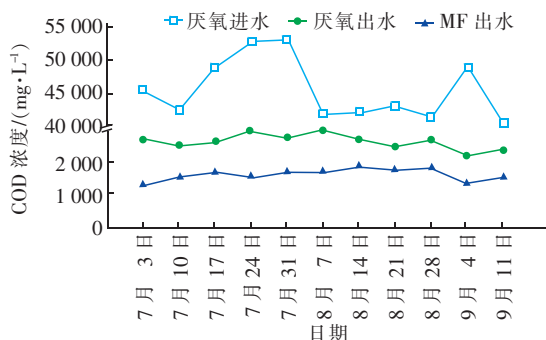


图2 厌氧/MF系统对COD的去除效果

Fig. 2 Removal efficiency of COD by anaerobic/MF system

2.2 微滤膜对悬浮物的拦截效果

微滤膜系统对SS的去除效果如图3所示。可知,微滤膜对SS有很好的拦截效果,平均去除率为97.6%,SS浓度由原来的 $1\ 750\ \text{mg/L}$ 降至 $40\ \text{mg/L}$ 。分析原因,一是由于膜孔径的限制,大于膜孔径的颗粒物被直接拦截;二是随着时间的延长,膜表面会形成滤饼层,滤饼层对SS的拦截起主要作用。当膜表面的污泥沉积到一定程度时,出水压力的绝对值会升高(由于微滤系统采用负压抽吸,出水压力为负值),上升到一定值时需要定期对膜进行清洗。

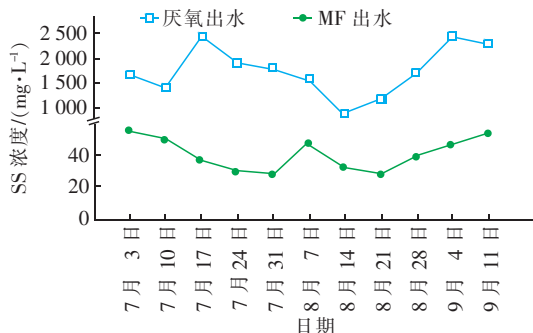


图3 MF系统对SS的去除效果

Fig. 3 Removal efficiency of SS by MF system

2.3 微滤膜的清洗

本试验属于间歇操作,当系统再次启动时,由于

污泥的沉积会使开机时的产水压力升高,此时可将曝气量增加至 $20\sim 30\ \text{m}^3/\text{h}$,使膜表面的湍流程度增大,从而降低产水压力,压力降到设定值后减少曝气量至 $10\ \text{m}^3/\text{h}$ 左右,并维持稳定。当产水压力达到 $-0.05\ \text{MPa}$ 时需要对其进行水力清洗,设定清水以 $30\sim 40\ \text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 的流速冲洗 $3\sim 5\ \text{min}$,水力清洗可去除膜表面的沉积物,并使膜通量恢复 $96\%\sim 98\%$ ^[7]。当水力清洗效果不明显时,需要进行化学清洗。首先进行酸洗,配制盐酸溶液,控制pH值为 $2\sim 3$,循环清洗 $30\sim 40\ \text{min}$,酸洗可以解决无机盐和氧化物对膜的污染^[8],使膜通量恢复到新膜通量的 $70\%\sim 80\%$,酸洗后需使用清水反洗;然后进行碱洗,配制浓度为 2% 的NaOH溶液,循环清洗 $30\sim 40\ \text{min}$,碱洗可以去除膜表面的大部分有机物,使膜通量恢复到新膜通量的 $70\%\sim 75\%$,碱洗后需要用清水反洗;最后配制浓度为 0.3% 的次氯酸钠溶液对膜进行杀菌消毒,然后用清水冲洗干净。

本试验过程中,微滤膜系统运行比较稳定,水力清洗周期在 $30\ \text{d}$ 左右,试验结束后对其进行了化学清洗。

2.4 厌氧反应器的结垢分析

由于高效厌氧反应器采用外置式循环布水主管,并沿罐壁切向布置多个插入式布水支管,使渗滤液进入罐体后形成旋流效果,保证了布水的均匀性且在罐底部可进行有序的流动,进而使进水对底部污泥起到较好的水力搅拌效果,污泥不易积累,此种布水方式可以有效解决布水管结垢引起的管道堵塞问题。此外,厌氧反应器设有外循环系统,不仅可使泥水混合更均匀,而且相比于重力流循环泵,其增大了管道内循环液的湍流程度,解决了循环管道的结垢问题。在本试验过程中,厌氧反应器没有发生结垢堵塞现象。

2.5 出现的问题及改进建议

2.5.1 泡沫问题

当采用微滤膜架底部的曝气孔进行曝气时,微滤水箱内会产生泡沫,尤其是刚开机时需加大曝气量,因此产生的泡沫更多,此时需要增大水的喷淋量以去除泡沫,这就会导致系统的运行负荷增加。针对此问题,建议在后续运行过程中应连续操作,避免不必要的开机停机,以减少空气曝气量。

2.5.2 排泥问题

试验过程中发现微滤产水压力升高过快,产水

量下降。分析原因,可能是由于对微滤系统排泥不及时,导致微滤水箱中污泥浓度过高,造成膜堵塞过快。针对此问题,建议应及时排泥。如果已经发生堵塞现象,可适量增加曝气量,从而恢复产水压力。

3 结论

① 采用高效厌氧/MF 工艺处理垃圾焚烧发电厂产生的垃圾渗滤液,能有效降低渗滤液中有机的浓度。在厌氧进水 COD 浓度高达 40 000 mg/L 以上的情况下,可使微滤膜出水中的 COD 浓度降低至 1 900 mg/L 以下,对 COD 的平均去除率可达到 96.5%。

② 采用的浸没型 SPMW-12B6 膜组件对 SS 有很好的拦截效果,平均去除率高达 97.6%,大大降低了后续工艺的处理负荷,减小了设备结垢的风险。当微滤膜产水压力过高,且产水通量降低时,通过对其进行正确合理的清洗,可最大限度恢复膜通量,保证了系统的稳定运行。

③ 针对试验过程中出现的泡沫和排泥问题,提出应尽量使微滤系统连续运行,并采取及时排泥的措施。

参考文献:

- [1] 王罕,蒋文化,马三剑. UASB + MBR + NF 处理焚烧垃圾渗滤液的设计及运行[J]. 工业水处理,2014,34(11):87-89.
Wang Han, Jiang Wenhua, Ma Sanjian. Design and operation of the treatment of refuse leachate by UASB + MBR + NF [J]. Industrial Water Treatment, 2014, 34(11):87-89 (in Chinese).
- [2] 胡刚,王里奥,林衍,等. 上流式厌氧污泥床处理垃圾渗滤液的效果研究[J]. 中国给水排水,2007,23(13):56-59.
Hu Gang, Wang Li'ao, Lin Yan, et al. Study on treatment of landfill leachate by UASB process [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(13):56-59 (in Chinese).
- [3] 周小玲,陈建荣,余根英,等. 膜生物反应器中膜污染机理和控制研究新进展[J]. 环境科学与技术,2012,35(10):86-91.
Zhou Xiaoling, Chen Jianrong, Yu Genying, et al. Review on mechanism and control of membrane fouling in membrane bioreactor [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35(10):86-91 (in Chinese).
- [4] 李志华. 预处理/厌氧/MBR/NF/RO 工艺处理垃圾焚烧渗滤液[J]. 中国给水排水,2016,32(8):92-94.
Li Zhihua. Treatment of leachate from MSW incineration power plant with pretreatment/anaerobic reactor/MBR/NF/RO process [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(8):92-94 (in Chinese).
- [5] 张西华,黄涛,曹江英,等. 厌氧填埋垃圾降解阶段指标体系的建立[J]. 环境监测管理与技术,2007,19(1):35-37,59.
Zhang Xihua, Huang Tao, Cao Jiangying, et al. The establishment of the index system for decomposition phase of anaerobic landfill [J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2007, 19(1):35-37,59 (in Chinese).
- [6] 冯斐,周文斌,吴婷,等. 厌氧 MBR 处理垃圾渗滤液的实验研究[J]. 工业水处理,2012,32(9):38-40.
Feng Fei, Zhou Wenbin, Wu Ting, et al. Research on the treatment of landfill leachate by using anaerobic membrane bio-reactor [J]. Industrial Water Treatment, 2012, 32(9):38-40 (in Chinese).
- [7] 王姚武. 外压浸没式中空纤维膜清洗过程数值模拟分析[D]. 天津:天津工业大学,2017.
Wang Yaowu. The Analysis of Numerical Simulation for Cleaning Process of Submerged Outside-in Hollow Fiber Membrane [D]. Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2017 (in Chinese).
- [8] 杨光兴,黄龙辉,陈炳森,等. MBR-RO 组合工艺中 RO 膜清洗剂的筛选及优化[J]. 广东化工,2017,44(15):78-80.
Yang Guangxing, Huang Longhui, Chen Bingsen, et al. Selection and modification of RO membranes cleaning agents in MBR-RO process [J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(15):78-80 (in Chinese).



作者简介:陈方方(1990-),女,山东聊城人,硕士,工程师,主要研究方向为污水处理技术。

E-mail: chenff@ebchinaintl.com.cn

收稿日期:2018-07-22