

上海某生活垃圾填埋场矿化床修缮及其对渗沥液处理效果研究

周海燕¹, 赵由才²

(1. 上海老港废弃物处置有限公司, 上海 201302; 2. 同济大学环境科学与工程学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

【摘要】矿化垃圾中含有数量庞大、种类繁多的微生物群, 且孔隙率高、水力渗透性能优良, 应用于渗沥液处理可实现较好的污染物去除效果。对上海某生活垃圾填埋场已有的矿化床设施进行修缮, 以期获得较好的渗沥液处理效果。对修缮后的矿化床进行工程运行, 结果表明: 运行前期 (0~15 d) 能够取得较高的污染物去除率, 其中 COD 去除率 >90%; 随运行时间的增减, 渗沥液处理效果逐渐变差。从进水水质、环境温度、床层及渗沥液复氧能力以及矿化床表面管理几个方面探讨影响矿化床长期运行效果的主要因素, 并提出相应的控制措施。

【关键词】矿化床; 垃圾渗沥液; 影响因素; 控制措施

中图分类号: X705; X703

文献标识码: A

文章编号: 1005-8206(2018)06-0042-04

Study on Improvement of Aged-refuse Bioreactor and its Effect on Leachate Treatment in a MSW Landfill of Shanghai

Zhou Haiyan¹, Zhao Youcai²

(1. Shanghai Laogang Waste Disposal Co. Ltd., Shanghai 201302; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

【Abstract】The aged refuse with high porosity and excellent hydraulic permeability, contains a large number of microbial communities with a wide variety of species, which can be applied to leachate treatment to achieve better pollutant removal effect. The existing aged-refuse bioreactor from a MSW landfill in Shanghai was repaired to obtain better leachate treatment effect. Engineering operation on the repaired mineralized bed was carried out, the results showed that a high pollutant removal rate could be achieved in the early stage (0~15 d), of which the removal rate of COD was over 90%. However, the treatment rate of pollutants was decreased gradually with the treatment time. Finally, the main factors that influenced the long-term operation of aged-refuse bioreactor were discussed from the following aspects in terms of influent quality, environmental temperature, re-aeration capability and bed surface management of aged-refuse bioreactor, and corresponding control measures were proposed.

【Key words】aged-refuse bioreactor; leachate; influence factors; control measures

矿化垃圾是在长期填埋过程中最后形成的, 填埋或堆放的垃圾经过若干年降解后, 有机质基本降解完毕, 达到稳定化状态, 形成矿化垃圾^[1]。矿化垃圾中含有数量庞大、种类繁多的微生物群, 孔隙率高、水力渗透性能优良^[2-3]。应用于渗沥液处理可实现以微生物降解为主、吸附为辅的污染物降解途径。由于渗沥液的长期洗沥、浸泡和驯化作用, 矿化垃圾各组分之间不断发生着各种物理、化学和生物的交替和协同作用, 使其形成了具有特殊新陈代谢性能的无机、有机、生物复合生态系统, 对废水中的污染物具有较好的去除

效果^[3-4]。

矿化垃圾生物反应床工艺抗冲击负荷性能优越, 不需要固液分离装置, 能够适应 COD 浓度和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度大幅度的波动, 只要合理控制水力负荷和进水间隔时间, 就可以保持一个相对稳定的去除率。采用矿化垃圾反应床处理渗沥液, 由于矿化垃圾资源充足, 无需曝气, 投资和运行成本极低, 一般仅占常规处理方法的 10%~30%。笔者针对上海某生活垃圾填埋场原有矿化床进行修缮, 提出相应的改造方案, 并进行渗沥液处理工程运行。

1 上海某填埋场矿化床结构修缮

1.1 矿化工艺在应用中面临的主要问题

1) 处理能力相对较低。要使渗沥液完全达到

收稿日期 2018-06-19

GB 16889—2008 三级排放标准，固液比（矿化垃圾和渗沥液的体积比）目前为 100~120：1，导致系统占地面积较大。

2) 渗沥液的处理效果，除与水力负荷、有机负荷、运行参数等因素相关外，通风状况、气候条件、床层结构等对其也有重要影响。

3) 工艺出水中 TN 去除率较低、NO₃⁻-N 含量较高。其主要原因是渗沥液处理后期尾水中的 BOD₅ 浓度较低而 TN 浓度较高，使得 BOD₅/TN<3~5，后续的反硝化过程缺乏碳源，同时受到营养元素磷源锐减的限制。

4) 工艺出水中因含有胡敏酸、富里酸类有机物以及可吸附有机卤代物等难生化降解的有机物，导致 COD 浓度很难低于 300 mg/L。

5) 布水系统不正常，出水孔口堵塞率高，影响布水的均匀性，导致处理水量下降、处理水质变差。

1.2 修缮后的矿化床结构

矿化垃圾生物反应床从下向上主要由防渗层、

集水系统、填料层组成，在填料层内布设有通风排气系统。

1) 防渗层：防渗层的作用是阻止床内渗沥液流到床外，或床外水渗入床内。防渗层结构与填埋场的防渗层类似，由下往上依次为 20 mm 左右的黏土层、400 g/m² 的土工布、1~2 mm 厚的 HDPE 膜。

2) 集水系统：集水系统厚度约 300 mm，由粒径 20 mm 左右的碎石或卵石平铺而成，中间设有集水盲管，防渗层的坡度应坡向集水管，在集水管安装有底层垂直通风复氧管。

3) 填料层：填料层厚度一般为 2.5~3.0 m，最大不超过 3.5 m，所安装物体为筛分后的矿化垃圾细料。在填料层中间，安装有通风复氧系统的水平和垂直花管。

4) 布水系统：采用直径为 16 mm 的漫渗管在矿化床上部进行漫渗布水，在渗透管上加盖保护膜，布水均匀且不易被堵。

渗沥液处理工程修缮后的矿化垃圾反应床的效果如图 1 所示。

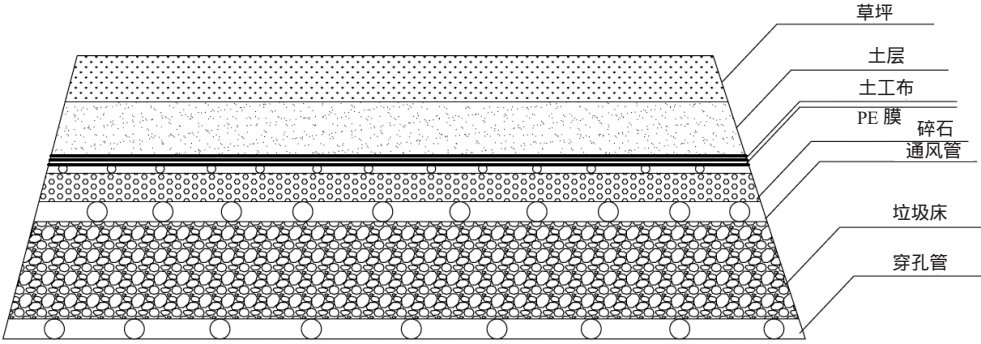


图 1 渗沥液处理工程修缮后的矿化垃圾反应床示意

2 渗沥液处理工程运行效果

2.1 处理工艺流程

本处理工程自 2016 年 11 月 30 日正式运行，

矿化床进水为此填埋场原有膜生物反应池（MBR）出水。处理工艺流程如图 2 所示。

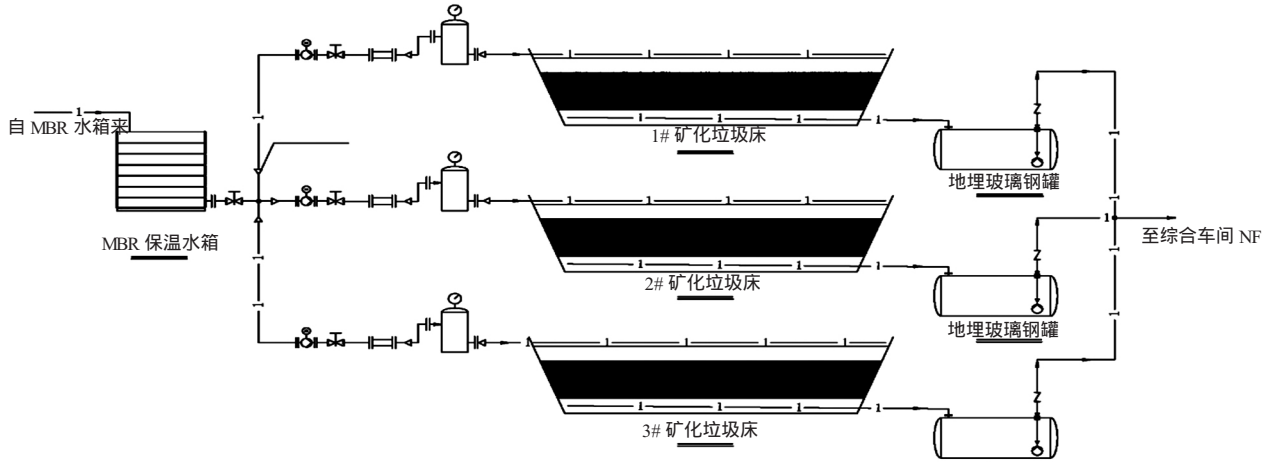


图 2 矿化床处理渗沥液工艺流程

2.2 运行效果

根据正式运行时的检测数据分析矿化床对渗沥液的处理效果。以渗沥液矿化床处理工程 2017 年 2 月的数据为样本进行分析。

从图 3a 可以看出, 运行期间矿化床对于 COD、氨氮、总氮的去除效果呈下降趋势, 各污染物浓度有明显上升趋势, 推测由于矿化床靠微生物和吸附作用, 受外界影响变化大, 且易堵塞孔隙, 极大影响矿化床的处理效果, 这也是目前矿化床在实际工程运用中较难解决的问题。出水的 COD、氨氮和总氮并没有维持在达标水平, 需增加深度处理工段保证出水达标排放。

从图 3b 中进一步可以看出, 矿化床的处理效果与日进水量有较大关系。由于矿化床的水力负荷较小, 当日进水量过多时, 矿化床对于 COD、氨氮和总氮的去除效果明显下降。因此, 应保证每日进水量不超过其负荷值才能保证矿化床的处理效果。

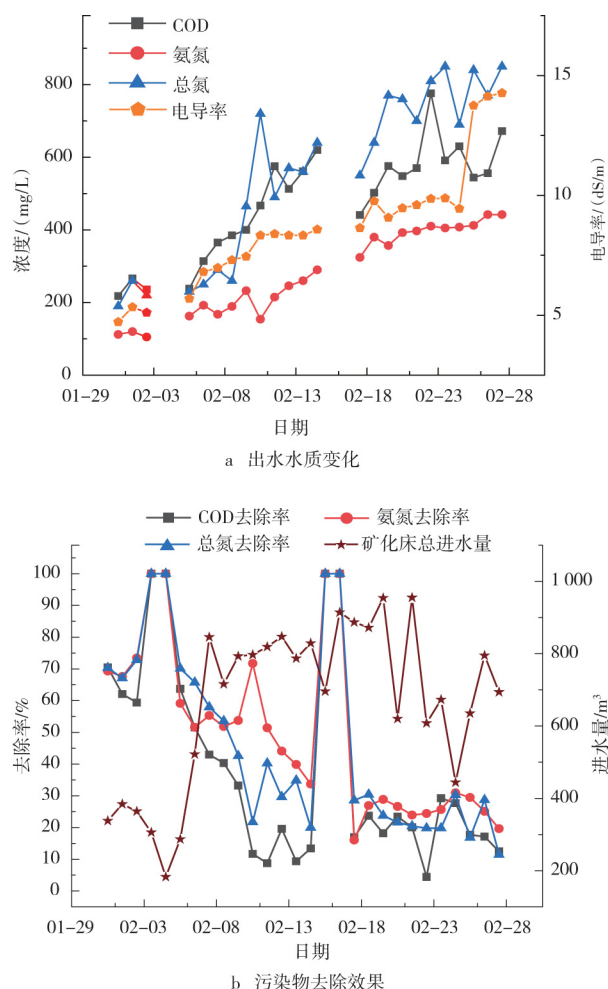


图 3 矿化床出水水质变化和污染物去除效果

3 影响矿化床长期运行效果的主要因素及控制措施

3.1 进水水质

矿化垃圾反应床以其良好的渗透性能, 数量庞大、种类繁多、性能稳定的微生物群落, 协调的水、气、固三相多孔隙填料结构, 以及干湿交替操作所形成的氧化还原环境, 而对渗沥液中的各类污染物具有优良的降解和去除性能。已有的研究表明, 相对于重金属离子、氨氮、总磷等的其它各类污染物, 控制进水中悬浮物和 COD 的浓度是防止反应床结构和性能恶化的前提。

渗沥液中悬浮物含量过多, 可造成床体孔隙堵塞, 堵塞程度因悬浮物自身组成和颗粒粗细的不同而异: 有机物含量较多, 且颗粒粗大者, 容易引起反应床表面结皮, 而细小的矿物颗粒则容易穿过表层, 使床体内堵塞。堵塞一旦发生, 即对床体渗透性能、复氧过程造成严重影响, 进而使稳态运行系统失控。因此, 渗沥液进入矿化垃圾反应床之前, 进行简单的预处理工序十分必要。工程上设置了过滤器来防止矿化床被堵。

3.2 环境温度

环境温度对矿化垃圾反应床稳态运行性能具有较大影响, 主要表现在影响污染物去除性能及床体水力渗透性能 2 个方面。

矿化垃圾反应床中含有种类繁多的微生物, 如分解纤维素、蛋白质、脂肪等的粘细菌、纤维弧菌、枯草芽孢杆菌、巨大芽孢杆菌等; 分解芳香烃及其衍生物的假单胞菌、分枝杆菌、不动杆菌和节杆菌等; 降解烷烃、酯类等的诺卡氏菌、链霉菌、棒状杆菌、芽孢杆菌和某些真菌; 以及微生物脱氮除磷所必需的亚硝酸菌、硝酸菌、反硝化细菌及聚磷菌等; 这些微生物虽然生理生化功能不一, 但环境温度都是其新陈代谢的关键影响因素, 在床体表层温度 15~25 °C 的范围内, 微生物活性较高, 生化过程方可正常进行, 温度偏高或偏低都不利于微生物的生命活动, 从而难以维持系统对污染物的降解能力。

环境温度对床层渗透性能的影响表现在: 水温升高, 进水的粘滞系数减小, 渗滤速率稍有增加; 另一方面, 床层温度稍高, 微生物的活性较强, 床层中所积累的有机质分解速度加快, 通气孔隙增大, 因而, 渗滤速率也相应增高。

在本工程中, 设置有保温措施, 保证冬天进水也能进行有效去除。

3.3 床层及渗沥液的复氧能力

床体结构是否有利于通风复氧,特别是大气向浅层和垫层部分扩散和对流的效率如何,是好氧、兼氧微生物降解污染物,维持床层性能的关键;而渗沥液中溶解氧(DO)含量大于 2 mg/L 时,将会大大促进好氧菌的生命活动。

床层复氧可采取数种方式加以强化:①干湿交替的间歇运行方式;②床内设置通气管进行自然或强制复氧;③利用植物的根系对系统内部进行复氧,这项研究国内外已有相关进展。

渗沥液的复氧方式包括自然复氧、利用曝气头进行微曝气、喷淋曝气和跌水曝气等。工艺中在矿化床床内设置通气管进行自然或强制复氧,表面种植绿色植物有益于根系对内部复氧。

3.4 矿化垃圾反应床的表面管理

反应床表面是矿化垃圾与渗沥液最先接触的界面,也是大气和床体基质之间进行气体交换的屏障,直接影响床体的通气、透水性能,同时也是微生物生命活动最活跃的区域。渗沥液处理一段时间后,界表面会滤积有机-矿物悬浮物并形成生物膜,致使表面结壳发硬,滋生藻类,使反应床的渗滤速率降低,水力负荷下降,并可能进一步影响反应床处理效果。

在反应床日常运行中,当床体表面颜色变黑,结壳发硬、湿度增大,甚至积累了黑色稠状有机物以及生长藻类物质时,应及时进行表面处理。在小试中采用的表面处理方法非常简单,即在落干期用铲状物将表面致密层(厚 1~2 cm)破坏、翻挖,使其呈松散土状即可。一般冬季约 3 个月、

夏季 1~2 个月需翻动 1 次。

4 结论

1) 对上海某填埋场原有矿化床设施进行修缮,主要修缮结构包括防渗层、集水系统、填料层和补水系统。

2) 修缮后的矿化床在前期(0~15 d)对进水 COD、NH₃-N 和 TN 均有较好的去除效果,COD 最为明显,去除率>90%;随着运行时间的延长,去除效果呈下降趋势,推测由于矿化床靠微生物和吸附作用,受外界影响变化大,且易堵塞孔隙,极大影响矿化床的处理效果。

3) 影响矿化床长期运行的主要影响因素有进水水质、环境温度、床层及渗沥液的复氧能力、矿化垃圾反应床的表面管理等,并根据实际运行情况提出相应的解决措施。

参考文献:

- [1] 边炳鑫,赵由才,周正,等.矿化垃圾生物反应床处理渗滤液技术[J].环境工程,2007,25(1):52-55.
- [2] 赵由才,边炳鑫,王罗春,等.中等规模模拟填埋场垃圾降解规律的研究[J].黑龙江科技大学学报,2003,13(3):1-5.
- [3] 赵由才,黄仁华,赵爱华,等.大型填埋场垃圾降解规律研究[J].环境科学学报,2000,20(6):736-740.
- [4] 边炳鑫.生活垃圾填埋场中矿化垃圾的综合利用技术[D].上海:同济大学,2004.

作者简介:周海燕(1969—),教授级高工,现任老港处置公司总工程师。主要开展填埋场填埋工艺、堆体稳定、渗沥液处理工艺等技术研究。

E-mail: lqzhouhy@163.com。

(上接第 41 页)

- landfills[J]. Water Res, 2004, 38(10): 2605-2613.
- [3] Bu L, Wang K, Zhao Q L, et al. Characterization of dissolved organic matter during landfill leachate treatment by sequencing batch reactor aeration corrosive cell-Fenton and granular activated carbon in series[J]. J Hazard Mater, 2010, 179(1/3): 1096-1105.
- [4] 彭永臻,张树军,郑淑文,等.城市生活垃圾填埋场渗滤液生化处理过程中重金属离子问题[J].环境污染治理技术与设备,2006,7(1):1-5.
- [5] Oman C B, Junestedt C. Chemical characterization of landfill leachates-400 parameters and compounds[J]. Waste Manage, 2007, 28(10): 36-38.
- [6] 李鹏辉,邹晓燕,楼婕,等.不同季节垃圾填埋场周围重金属污染特征及评价[J].环境化学,2018,37(1):41-50.
- [7] 汪群慧.固体废弃物处理及资源化[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [8] 赵宗升.城市生活垃圾渗滤液水质和处理研究[D].北京:清华大学,2001.
- [9] 刘田,孙卫玲,倪晋仁,等. GC-MS 法测定垃圾填埋场渗滤液中的有机污染物[J].四川环境,2007,26(2):16-21.

作者简介:李海青(1984—),硕士研究生,主要从事水以及固废污染物研究。