

# 生物炭对准好氧矿化垃圾床渗滤液处理的影响

叶志成<sup>1</sup>, 宋曼娇<sup>2</sup>, 尹威<sup>2</sup>, 胡 槭<sup>2</sup>, 赵贺芳<sup>1</sup>

(1. 马鞍山学院 建筑工程学院, 安徽 马鞍山 243100;  
2. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 通过构建准好氧矿化垃圾床反应器, 探究了生物炭的投加量对准好氧矿化垃圾床渗滤液中的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{UV}_{254}$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$  和  $\text{TN}$  去除及  $\text{N}_2\text{O}$  排放的影响。结果表明: 生物炭可以有效提高  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{UV}_{254}$ 、 $\text{NH}_4^+-\text{N}$  和  $\text{TN}$  的去除率, 同时减少  $\text{N}_2\text{O}$  的排放, 随着生物炭投加量的增加减排量增大, 最大减排达到了 34.08%。

**关键词:** 生物炭; 渗滤液;  $\text{N}_2\text{O}$ ; 准好氧矿化垃圾床反应器

**DOI:** 10.13358/j.issn.2096-9309.2022.0326.01

**中图分类号:** X703      **文献标识码:** A      **文章编号:** 2096-9309(2022)04-0080-06

**引用格式:** 叶志成, 宋曼娇, 尹威, 等. 生物炭对准好氧矿化垃圾床渗滤液处理的影响[J]. 河北环境工程学院学报, 2022, 32(4): 80-84+94.

生活垃圾填埋若干年后即可稳定而形成矿化垃圾, 矿化垃圾具有较强的吸附能力和较大的比表面积, 用作污染物处理基质时, 能提供极好的吸附交换条件和优良的微生物生存环境<sup>[1]</sup>。准好氧矿化垃圾床渗滤液处理是一项“以废治废”的技术, 因其对渗滤液处理效果较好、价格低廉而受到了广泛关注, 但在处理过程中常伴随  $\text{N}_2\text{O}$  产生。 $\text{N}_2\text{O}$  被称为第三温室气体, 对温室效应的贡献约占全球人为温室气体排放总量的 7.9%<sup>[2-5]</sup>。据估计, 污水处理中  $\text{N}_2\text{O}$  的年排放量占全球排放量的 2.5%~25%<sup>[6]</sup>。

高度多孔且具有强吸附性的生物炭近年来获得广泛关注<sup>[7-9]</sup>。首先, 生物炭能够为床内微生物繁殖提供有利的环境, 使其成为微生物聚集生长的场所, 并且对水中的有机物进行吸附<sup>[10-11]</sup>; 其次, 生物炭还是一种性能优良的电子穿梭体, 微生物胞外介导的电子传递作用能一定程度加速对污

染物的生物降解<sup>[12-13]</sup>; 此外, 生物炭中含有大量微生物, 可以有效地利用渗滤液中的氮源, 使渗滤液的碳氮比得到一定调节, 减少  $\text{N}_2\text{O}$  的生成<sup>[14]</sup>。

但目前生物炭多用于土壤中  $\text{N}_2\text{O}$  减排的研究<sup>[14-17]</sup>, 将生物炭与准好氧矿化垃圾床处理渗滤液相结合的研究很少见。鉴于此, 本实验构建了准好氧矿化垃圾床模型, 分析不同生物炭的添加量对准好氧矿化垃圾床处理垃圾渗滤液中  $\text{N}_2\text{O}$  排放和出水水质的影响, 以期对矿化垃圾处理渗滤液技术的完善拓宽思路, 并为生物炭应用于  $\text{N}_2\text{O}$  的减排提供科学支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 渗滤液

渗滤液取自四川省成都市某垃圾填埋场, 具体理化性质如表 1 所示:

收稿日期: 2022-03-26

基金项目: 安徽省新农科研究与改革实践项目(皖教秘高[2020]60号48)

作者简介: 叶志成(1992-), 男, 安徽池州人, 毕业于西南交通大学环境科学与工程专业, 硕士, 讲师, 主要从事固体废物处置及资源化方面的研究工作。

表1 渗滤液理化特性

项目	pH值	Eh/mV	色度	COD/(mg·L <sup>-1</sup> )
渗滤液	7.68	-33	1 481	4 633~6 615
项目	UV <sub>254</sub> /(AU·cm <sup>-1</sup> )	TN/(mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )	
渗滤液	20.2	1 608~2 759	1 809	

### 1.1.2 矿化垃圾

矿化垃圾取自四川省宜宾市某垃圾填埋场, 填埋龄为8 a, 人工分选出其中的塑料、石头、玻璃等大颗粒物后过10 mm筛, 筛下物即为实验所用矿化垃圾。矿化垃圾的基本理化性质见表2:

表2 矿化垃圾基本特性

项目	pH值	总氮/%	有机质/%	含水率/%	装填密度/(kg·m <sup>-3</sup> )
矿化垃圾	7.68	0.42	16.67	12.99	850

### 1.1.3 生物炭

生物炭为购置的竹制生物炭, 充分研磨后备用。

## 1.2 实验装置及材料装填

本实验采用内径300 mm, 高1 100 mm的PVC管模拟准好氧矿化垃圾床。底部设置内径均为25 mm的导液管和放空管, 床内中心设置内径为15 mm的穿孔导气管以形成准好氧环境。床内装填材料由下至上依次为200 mm厚的碎石层、滤布、900 mm高的矿化垃圾体(装填密度850 kg·m<sup>-3</sup>)。实验装置的具体结构与尺寸如图1所示。

本实验设置了四组准好氧矿化垃圾床模型, 编号为1#、2#、3#、4#, 床内生物炭含量分别为0%、0.25%、1.00%、3.00%, 其余条件均相同。

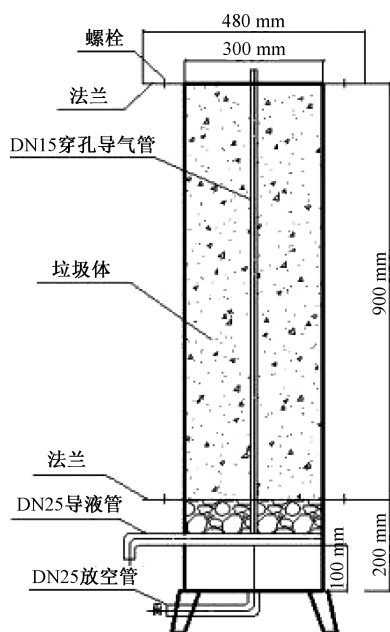


图1 实验装置

### 1.3 运行操作方式

在实验进入稳态运行阶段之前, 采取混合培养法对矿化垃圾进行驯化: 将生活污水与渗滤液混合作为反应器进水对微生物进行培养, 并分阶段提高渗滤液的体积分数<sup>[18]</sup>, 稳态运行阶段进水为纯渗滤液。

实验操作流程如图2所示。利用蠕动泵对准好氧矿化垃圾床进水进行回灌, 实验前期回灌周期为12 h, 回灌量为1 000 mL·次<sup>-1</sup>, 回灌时间为30 min。实验后期采取降低进水负荷的方式来保持渗滤液处理效果, 回灌周期改为1 d, 其余条件不变。每天回灌前排空出水并取500 mL样品测定液相指标, 回灌6 h后, 从顶部采集气体测定N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>浓度。

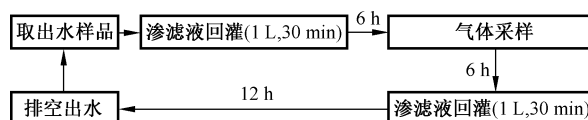


图2 实验操作流程

### 1.4 指标测定及分析方法

#### 1.4.1 测定方法

出水样品和气体测定周期为1 d, N<sub>2</sub>O和N<sub>2</sub>的测定采用GC 7900气相色谱仪分析, 具体操作参数如表3所示:

表3 气相指标测定参数

气体	检测器	载气	色谱柱
N <sub>2</sub> O	ECD	N <sub>2</sub> (99.99%)	407(Φ3 mm×3 m, 60~80目)
N <sub>2</sub>	TCD	He(99.99%)	5A(Φ3 mm×2.7 m, 60~70目)
气体	进样口温度/°C	柱箱温度/°C	检测器温度/°C
N <sub>2</sub> O	50	50	330
N <sub>2</sub>	50	40	100

液相指标测定方法见表4:

表4 液相指标及测定方法

测定指标	COD	UV <sub>254</sub>	TN	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N
测定方法	重铬酸盐法	紫外分光光度法	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	纳氏试剂比色法
执行标准	GB 11914—89	DZ/T 0290—2015	GB 11894—89	HJ 535—2009

#### 1.4.2 分析方法

采用Origin 9.0软件进行数据分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生物炭对渗滤液处理效果的影响

#### 2.1.1 生物炭对COD<sub>Cr</sub>及UV<sub>254</sub>去除影响

稳态运行期间不同生物炭含量反应器出水

COD<sub>Cr</sub> 处理效果如图 3 所示。1#~4#反应器的渗滤液尾水 COD<sub>Cr</sub> 浓度分别为 952.59 mg·L<sup>-1</sup>、775.23 mg·L<sup>-1</sup>、552.69 mg·L<sup>-1</sup>、356.80 mg·L<sup>-1</sup>，对应的 COD<sub>Cr</sub> 平均去除率分别为 85.11%、87.82%、91.34% 和 94.48%，可以看出，添加生物炭可以提高尾水水质。已有研究表明<sup>[19-20]</sup>，矿化垃圾床对渗滤液中的有机物处理机理为先吸附再降解，在回灌过程中有机物通过吸附作用在床内累积，而有机物的去除主要是在落干期通过以好氧生物为主导的生物降解作用完成。生物炭较大的比表面积、丰富的孔隙和稳定的结构可以加强有机物的吸附，同时疏松多孔的结构为微生物提供了良好的生长繁殖场所。在本来已经具有良好吸附交换条件和微生物生长环境的矿化垃圾中混合一定量的生物炭，是对其理化性质的进一步改善，为垃圾渗滤液水质的净化起到了积极的作用。在床内添加生物炭，一方面吸附了更多的有机物，另一方面增加了床内好氧微生物的数量及丰富度，使得 COD<sub>Cr</sub> 去除率得到提高。

UV<sub>254</sub> 是水中吸收 254 nm 紫外线的含有芳香烃和双键或羟基的共轭体系的有机化合物<sup>[21-22]</sup>，在垃圾渗滤液中主要是腐殖质、腐殖酸类大分子有机物质。如图 4，运行期 1#~4#反应器的平均 UV<sub>254</sub> 去除率分别为 76.32%、79.79%、86.08% 和 89.07%，可见各个反应器对 UV<sub>254</sub> 的处理效果随生物炭添加量的升高而出现较为明显的提升，规律与 COD<sub>Cr</sub> 相似。而黄进刚等<sup>[22]</sup>对渗滤液中 UV<sub>254</sub> 和 COD<sub>Cr</sub> 的相关性研究表明，老龄渗滤液中 COD<sub>Cr</sub> 与 UV<sub>254</sub> 的相关性可达到 0.968 1，因为老龄化填埋体堆场中垃圾腐熟化程度较高，渗滤液中富含难降解的大分子腐殖酸类，而低分子量的低链脂肪酸含量低，故 UV<sub>254</sub> 值较高，与 COD<sub>Cr</sub> 相关性好。故可以推测生物炭的添加对 UV<sub>254</sub> 的去除效果的影响与 COD<sub>Cr</sub> 去除率得到提高的原因类似。

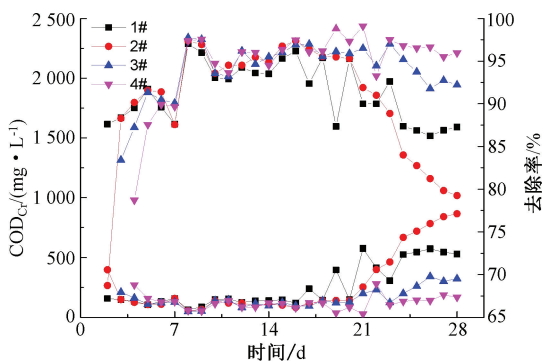


图 3 COD<sub>Cr</sub> 处理效果

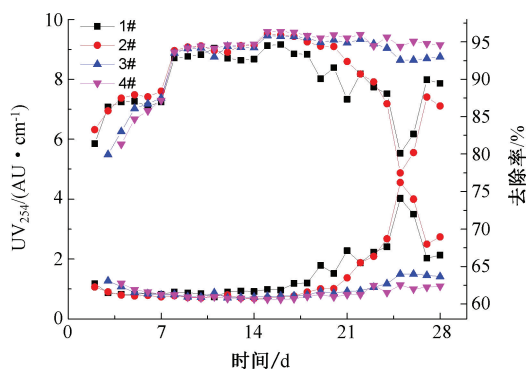


图 4 UV<sub>254</sub> 处理效果

### 2.1.2 生物炭对 TN 及 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除影响

各反应柱的 TN 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除效果如图 5、图 6 所示，随着运行时间的增加，TN 去除率出现了升高的趋势；而 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除率都能达到 94% 以上。由图 5、图 6 可以看到，随着生物炭含量的增加，各反应器 TN 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除率也有所提高。已有研究表明<sup>[23]</sup>，准好氧矿化垃圾床对于渗滤液的脱氮机制主要是系统内广泛存在并大量增殖的亚硝化菌、硝化菌与反硝化菌所进行的同步硝化反硝化作用。未填充生物炭的 1# TN 平均去除率仅有 30.99%，而生物炭含量最高的 4# 去除率达到了 50.85%，在 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除效果方面，1# 的去除率 (97.24%) 也低于 4# (98.83%) 的，这表明生物炭的添加对于垃圾床内的硝化、反硝化菌群的适应与增殖有很好的促进作用。研究表明<sup>[24-26]</sup>这种促进作用主要体现在：生物炭疏松多孔的物理特征为微生物提供了更加适宜的生存环境，同时混合于矿化垃圾中的生物炭颗粒会吸附渗滤液中的游离 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N，这样就相当于将硝化作用底料 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 聚集在生物炭孔隙之中的菌群附近，以此加强反应器内的硝化反硝化作用，从而影响 TN 与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除效果。

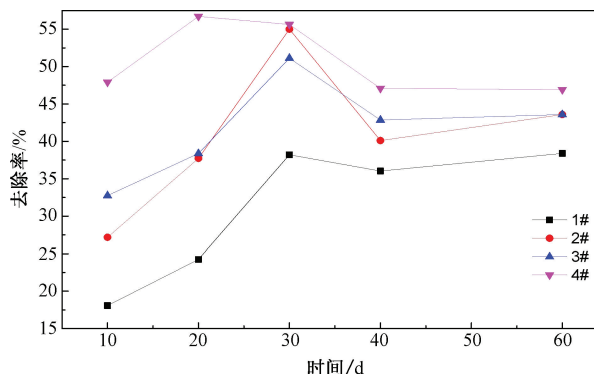
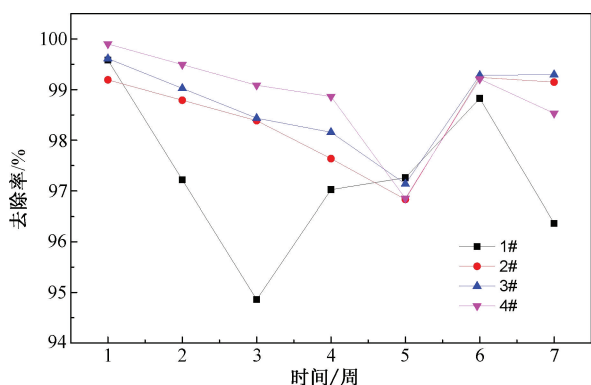


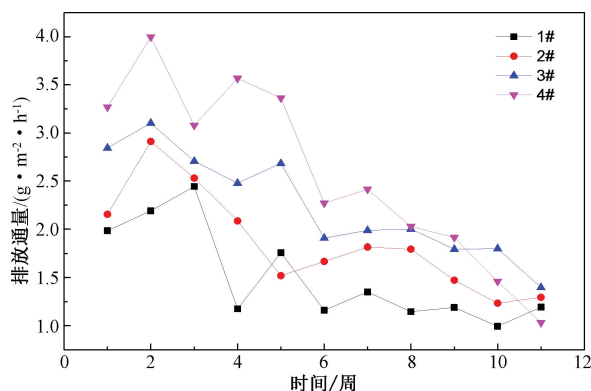
图 5 TN 去除率变化规律

图6 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除率变化规律

## 2.2 生物炭对渗滤液处理 N<sub>2</sub>O 和 N<sub>2</sub> 的排放影响

### 2.2.1 生物炭对 N<sub>2</sub> 排放影响

4个反应器在稳态运行期时的 N<sub>2</sub> 排放规律如图7所示。由图7可以看到,4个反应器的氮气排放量大体趋势上都是逐渐减少的,说明硝化作用在运行后期逐渐减弱,可能原因是硝化、反硝化所需碳源减少,以及混合在反应器内的生物炭吸附饱和。各柱 N<sub>2</sub> 累积排放量高达 87.01 g (2#)、106.42 g (3#) 和 127.56 g (4#),与 1# 柱 69.57 g 的 N<sub>2</sub> 排放量相比,分别提高了 25.06%、52.97% 和 83.35%,这说明生物炭可以促进反应器的硝化与反硝化作用,进而提高 N<sub>2</sub> 的排放量,这种促进作用与生物炭添加量正相关。在陈晨等<sup>[33]</sup>的研究中,生物炭的添加可以增加 amoA (氨单加氧酶) 基因丰度,促进硝化作用,与此同时还会刺激 nirK 和 nirS (亚硝酸盐还原酶) 型反硝化微生物大量增殖,促进 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 还原为 NO,进而间接刺激反硝化过程中 N<sub>2</sub>O 的产生,但添加生物炭含量引起的 nosZ (氧化亚氮还原酶) 基因丰度增加能促进反应器内 N<sub>2</sub>O 还原为 N<sub>2</sub> 释放出去。这也与本研究中添加生物炭能实现 N<sub>2</sub>O 减排的结果一致。

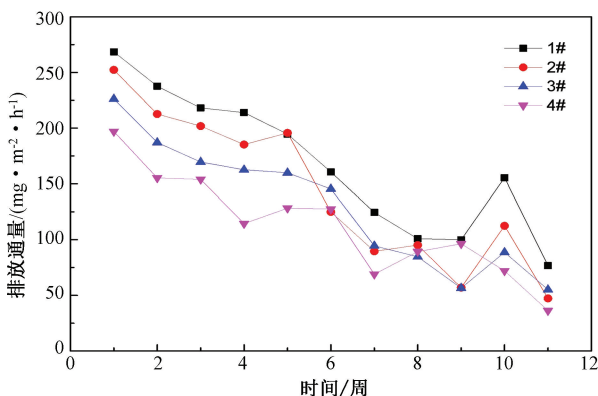
图7 N<sub>2</sub> 排放规律

### 2.2.2 生物炭对 N<sub>2</sub>O 排放影响

4个反应器在稳态运行期的 N<sub>2</sub>O 排放规律如

图8所示。由图8可知,各反应器 N<sub>2</sub>O 排放通量在运行期逐渐减少。在整个稳态运行期中,1#~4#的 N<sub>2</sub>O 排放通量依次为 76.73~268.54 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、47.28~252.28 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>、55.19~226.22 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> 及 36.36~196.95 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>,稳态运行期间 1#~4# N<sub>2</sub>O 累积排放量分别为 4 521.65 mg、3 938.33 mg、3 560.37 mg、2 980.48 mg,与 1# 相比,2#、3#、4#N<sub>2</sub>O 累积排放量分别减少了 12.90%、21.26%、34.08%。表明随着矿化垃圾床中生物炭添加量的增加,N<sub>2</sub>O 排放量呈现出递减的趋势。

2#~4#柱 N<sub>2</sub>O 排放相对较少,原因可能是生物炭中的碱性物质提高了整体反应环境的 pH 值,从而对 N<sub>2</sub>O 还原酶(nosZ)产生了刺激,使得 N<sub>2</sub>O 向 N<sub>2</sub> 方向发生转变<sup>[19-25]</sup>。同时还有研究表明<sup>[26-32]</sup>,生物炭可以抑制 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 和 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 转化为 N<sub>2</sub>O 还原酶的活性,位于生物炭颗粒表面的金属氧化物能将反应器内微生物硝化反硝化过程产生的 N<sub>2</sub>O 催化还原为 N<sub>2</sub>。也有研究表明<sup>[28-33]</sup>,生物炭可以直接吸附产生的 N<sub>2</sub>O,从而达到 N<sub>2</sub>O 减排的效果。

图8 N<sub>2</sub>O 排放规律

## 3 结论

(1) 运行期间 1#、2#、3# 和 4# 尾水对应的 COD<sub>Cr</sub> 去除率分别为 85.11%、87.82%、91.34% 和 94.48%; UV<sub>254</sub> 去除率分别为 76.32%、79.79%、86.08% 和 89.07%; 去除率均表现为: 1# < 2# < 3# < 4#, 表明添加生物炭能提高准好氧矿化垃圾床对渗滤液中各类有机污染物的去除,生物炭添加量越多,去除率越高。

(2) 运行期间 1#、2#、3# 和 4# 对应的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, 平均去除率分别为 97.24%、98.53%、98.71% 和 98.83%,对 TN 的去除率平均为 30.99%、39.11%、43.78% 和 50.85%; 去除率均表现为: 1# < 2# < 3# < 4#, 表明添加生物炭能提高渗滤液脱氮效果。

(3) 运行期间 1#、2#、3# 和 4# N<sub>2</sub> 累积排放量

分别为 69.57 g、87.01 g、106.42 g 和 127.56 g;  $N_2O$  累积排放量分别为 4 521.65 mg、3 938.33 mg、3 560.37 mg、2 980.48 mg; 表明添加生物炭能促进  $N_2O$  转化为  $N_2$ , 实现温室气体的减排。

## 参考文献

- [1] 赵由才,柴晓利,牛冬杰. 矿化垃圾基本特性研究[J]. 同济大学学报(自然科学版),2006,34(10):1360-1364.
- [2] MARLIES J. KAMPSCHREUR, HARDY TEMMINK, ROBBERT KLEEREBEZEM, et al. Nitrous oxide emission during wastewater treatment[J]. *Water Research*, 2009, 43(17):4093-4103.
- [3] 张苗,黄少斌,肖先念. C/N 和 pH 值对高温好氧反硝化菌产  $N_2O$  的影响研究[J]. 环境工程学报,2012,6(1):275-279.
- [4] 叶志成. 生物炭对准好氧矿化垃圾床处理渗滤液效能的影响[D]. 成都:西南交通大学,2018.
- [5] 王昀晖. 生物炭和 C/N 对准好氧矿化垃圾床处理老龄渗滤液的影响[D]. 成都:西南交通大学,2019.
- [6] 赵聪聪,张建,胡振,等. 碳源类型对污水生物处理过程中氧化亚氮释放的影响[J]. 环境科学学报,2011,31(11):2354-2360.
- [7] 迪力夏提·阿不力孜. 应用改性生物炭修复尾矿淋滤液汞污染[D]. 新疆:中国科学院新疆生态与地理研究所,2020.
- [8] 韩奇霖. 生物炭强化处理含硫化物印染废水[D]. 长春:吉林大学,2021.
- [9] 王键铭. 生物炭对氨氮的去除及其去除机理的研究[D]. 汕头:汕头大学,2021.
- [10] MOHAN D, CHANDER S. Single component and multi-component adsorption of metal ions by activated carbons[J]. *Colloids & Surfaces A Physicochemical & Engineering Aspects*, 2001, 177(2-3):183-196.
- [11] KADIRVELU K, THAMARASELVI K, NAMASIVAYAM C. Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. [J]. *Bioresource Technology*, 2001, 76(1):63.
- [12] 邱雪敏. 基于垃圾渗滤液生化出水特征的生物炭技术试验研究[D]. 重庆:重庆大学,2009.
- [13] SRIVASTVA N, SINGH R S, DUBEY S K. Efficacy of wood charcoal and its modified form as packing media for biofiltration of isoprene. [J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 196(1):252-260.
- [14] 付嘉英. 生物质炭基肥料的试制及其在蔬菜地的应用探讨[D]. 南京:南京农业大学,2013.
- [15] 石玉龙,刘杏认,高佩玲,等. 生物炭和有机肥对华北农田盐碱土  $N_2O$  排放的影响[J]. 环境科学,2017,38(12):5333-5343.
- [16] 饶霜,卢阳,黄飞,等. 生物炭对土壤微生物的影响研究进展[J]. 生态与农村环境学报,2016,32(1):53-59.
- [17] 周际海,袁东东,袁颖红,等. 生物质炭与有机物料混施对土壤温室气体排放和微生物活性的影响[J]. 环境科学学报,2018,38(7):2849-2857.
- [18] 刘丹,张爱平,陈锦文. 准好氧生物反应器处理渗滤液系统的驯化研究[J]. 中国给水排水,2007,23(19):80-82,86.
- [19] 丁婧,雷洋. 准好氧生物反应器填埋系统的渗滤液变化特性研究[J]. 环境工程,2015,33(3):6-10.
- [20] PHILIP G. OGUNTUNDE, BABATUNDE J. ABIODUN, AY-ODELE E. AJAYI, et al. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2008, 171(4):591-596.
- [21] 林星杰,杨慧芬,宋存义. UV<sub>254</sub> 在水质监测中应用的研究[J]. 能源与环境,2006(1):22-24.
- [22] 黄进刚,曲文亮,徐晓军,等. 垃圾渗滤液中 COD 值与 UV<sub>254</sub> 值的相关性分析[J]. 华北水利水电学院学报,2008(5):99-101.
- [23] 张爱平,刘丹,韩智勇,等. 准好氧矿化垃圾床处理渗滤液的脱氮菌群研究[J]. 环境科学研究,2011,24(1):102-109.
- [24] YAO H, GAO Y, NICOL G W, et al. Links between ammonia oxidizer community structure, abundance and nitrification potential in acidic soils[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2011, 77(13):4618-4625.
- [25] RIVETT M O, BUSS S R, MORGAN P, et al. Nitrate attenuation in groundwater: A review of biogeochemical controlling processes[J]. *Water Research*, 2008, 42(16):4215-4232.
- [26] NICOL G W, LEININGER S, SCHLEPER C, et al. The influence of soil pH on the diversity, abundance and transcriptional activity of ammonia oxidizing archaea and bacteria[J]. *Environmental Microbiology*, 2008, 10(11):2966-2978.
- [27] BARTON L, GLEESON D B, MACCARONE L D, et al. Is liming soil a strategy of mitigating nitrous oxide emissions from semi-arid soils? [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2013(62):28-35.
- [28] STEINBEISS S, GLEIXNER G, ANTONIETTI M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(6):1301-1310.
- [29] YANAI Y, TOYOTA K, OKAZAKI M, et al. Effect of charcoal addition on  $N_2O$  emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments[J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2007, 53:181-188.
- [30] VAN ZWIETEN L, KIMBER S, MORRIS S, et al. Influence of biochars on flux of  $N_2O$  and  $CO_2$  from Ferrosol[J]. *Australian Journal of Soil Research*, 2010, 48:555-568.
- [31] CORNELISSEN G, RUTHERFORD D W, ARP H P H, et al. Sorption of pure  $N_2O$  to biochars and other organic and inorganic materials under anhydrous conditions[J]. *Environmental Science & Technology*, 2013, 47(14):7704-7712.
- [32] CAYUELA M L, ZWIETEN L V, SINGH B P, et al. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2014, 191:5-16.
- [33] 陈晨,许欣,毕智超,等. 生物炭和有机肥对菜地土壤  $N_2O$  排放及硝化、反硝化微生物功能基因丰度的影响[J]. 环境科学学报,2017,37(5):1912-1920.

(下转第94页)

- 发布会[EB/OL]. (2022-01-24) [2022-04-14]. [https://www.mee.gov.cn/ywtdt/zbft/202201/t20220124\\_968094.shtml](https://www.mee.gov.cn/ywtdt/zbft/202201/t20220124_968094.shtml)
- [6] 中华人民共和国生态环境部. 铁岭市委市政府长期不作为慢作为凡河新区水环境污染问题突出[EB/OL]. (2021-04-16) [2022-04-14]. [https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/202104/t20210416\\_828947.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/202104/t20210416_828947.html)
- [7] 杨林章, 吴永红. 农业面源污染防治与水环境保护[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 168-176.
- [8] 杨滨键, 尚杰, 于法稳. 农业面源污染防治的难点、问题及对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(2): 236-245.
- [9] 吴永红. 自然生物膜控制营养盐流失及其相关污染的作用机制与技术[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2011.

## Characteristics and Countermeasures of Water Environment in Tieling Section of Liaohe

Wang Houxin

(Liaoning Tieling Ecological Environmental Monitoring Center, Tieling Liaoning 112000, China)

**Abstract:** In order to improve the surface water environmental quality of Tieling, the paper systematically summarized the status of surface water environmental quality in Tieling in 2021 and the trend of changes in recent years, analyzed the existing problems and causes of surface water environmental quality through field research, and put forward targeted countermeasures to improve water environmental quality. The main factors affecting the water environment were unstable operation of sewage treatment plants, direct sewage discharge was not yet eradicated, non-point source pollution, high concentration of wastewater discharge secretly, the pressure transmission mechanism of environmental quality subject responsibility has not been established effectively, and so on. Therefore, it must make efforts from these aspects to steadily improve the quality of surface water environment during the 14th Five-year Plan period.

**Key words:** Liaohe, water environmental quality, cause analysis, countermeasure research

(编辑:程俊)

(上接第84页)

## The Effect of Biochar on Leachate Treatment by Semi-aerobic Aged Refuse Bioreactor

Ye Zhicheng<sup>1</sup>, Song Manjiao<sup>2</sup>, Yin Wei<sup>2</sup>, Hu Yue<sup>2</sup>, Zhao Hefang<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering, Ma'anshan University, Maanshan Anhui 243100, China; 2. Geosciences and Environmental Engineering of Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

**Abstract:** In this study, we conducted a semi-aerobic aged refuse bioreactor and studied the effect of biochar dosage on the removal performance of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{UV}_{254}$ ,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ , and TN in the leachate and  $\text{N}_2\text{O}$  emissions. The results show that the biochar can enhance the removal rates of  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ,  $\text{UV}_{254}$ ,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and TN and reduce  $\text{N}_2\text{O}$  emissions, and with the increase of biochar dosage, the emission reduction increases, the maximum reduction is 34.08%.

**Key words:** biochar, leachate,  $\text{N}_2\text{O}$ , semi-aerobic aged refuse bioreactor

(编辑:程俊)