

孙晓杰,王敦球,赵由才,等.秋冬季节对矿化垃圾反应器处理渗滤液效果的影响[J].环境科学与技术,2011,34(12):185-188. Sun Xiao-jie, Wang Dun-qiu, Zhao You-cai, et al. Effect of temperature on aged refuse-based reactor treating leachate during autumn and winter[J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34(12): 185-188.

# 秋冬季节对矿化垃圾反应器处理渗滤液效果的影响

孙晓杰<sup>1</sup>, 王敦球<sup>1</sup>, 赵由才<sup>2</sup>, 徐迪民<sup>2</sup>

(1. 桂林理工大学环境科学与工程学院 广西环境工程与保护评价重点实验室, 广西 桂林 541004;

2. 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

**摘要:**采用二级矿化垃圾生物反应器小试装置,研究了秋冬季节对反应器处理渗滤液效果的影响。试验结果表明,第一级反应器出水平均化学需氧量(COD)浓度从秋季的1 076 mg/L上升到冬季的3 084 mg/L,第二级反应器出水COD浓度由秋季的373 mg/L上升为冬季的666 mg/L;相应地,第一级反应器的COD去除率从秋季的70%降到冬季44%,第二级从秋季的60%升到冬季78%,系统总的COD去除率从秋季的90%降到冬季的88%。第一级反应器出水平均氨氮(NH<sub>3</sub>-N)浓度由秋季的315 mg/L升到冬季的711 mg/L,第二级反应器出水平均NH<sub>3</sub>-N浓度从秋季的6.5 mg/L升到冬季的52 mg/L。第一级反应器的NH<sub>3</sub>-N去除率从秋季的69%降到冬季42%,第二级从秋季的98%降至冬季94%。系统总的NH<sub>3</sub>-N从秋季的99%降到冬季的96%。因此,温度对系统的处理效果是有影响的,并且对第一级反应器的影响要大于第二级。

**关键词:**温度; 矿化垃圾; 渗滤液; COD; 氨氮

中图分类号:X703.1 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1003-6504.2011.12.039 文章编号:1003-6504(2011)12-0185-04

## Effect of Temperature on Aged Refuse-based Reactor Treating Leachate during Autumn and Winter

SUN Xiao-jie<sup>1</sup>, WANG Dun-qiu<sup>1</sup>, ZHAO You-cai<sup>2</sup>, XU Di-min<sup>2</sup>

(1. Guangxi Key Laboratory of Environmental Engineering and Protecting Assessment, School of Environmental Science and Technology, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China;

2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Effect of temperature on two stage aged-refuse-based reactor treating leachate was studied in autumn and winter. Results showed that average concentration of COD in treated effluent increased from 1 076 mg/L of autumn to 3 084 mg/L of winter in the first stage reactor and from 373 mg/L of autumn to 666 mg/L of winter in the second stage reactor. Average concentrations of NH<sub>3</sub>-N in treated effluent increased from 315 mg/L of autumn to 711 mg/L of winter in the first stage reactor and from 6.5 mg/L of autumn to 52 mg/L of winter in the second stage reactor. Accordingly, average removal rates of COD decreased from 70% of autumn to 44% of winter in the first stage reactor and increased from 60% to 78% in the second stage reactor. Average removal rates of NH<sub>3</sub>-N decreased from 69% of autumn to 42% of winter in the first stage reactor and from 98% to 94% of winter in the second stage reactor. So the effect of temperature on the first stage aged refuse reactor is more than that of the second stage aged refuse reactor.

**Key words:** temperature; aged refuse; leachate; COD; NH<sub>3</sub>-N

渗滤液处理是垃圾填埋场管理最重要的问题之一<sup>[1]</sup>,国内外研究人员使用了包括物化处理、生化处理以及自然生物处理等各种方法<sup>[2]</sup>,取得了很大进展,但大部分工艺存在着成本低、处理效果差和处理效果好、成本

高的矛盾。张华,赵由才<sup>[3]</sup>课题组开创矿化垃圾处理渗滤液工艺,具有投资省,运行管理简单方便,处理效能高,处理成本低等优点,对经济还不发达的发展中国家具有重要的现实意义。但多数研究者关注的是矿化垃圾处

《环境科学与技术》编辑部:(网址)http://hjks.chinajournal.net.cn(电话)027-87643502(电子信箱)hjkxyjs@126.com

收稿日期:2011-03-26;修回 2011-04-12

基金项目:广西高校人才小高地建设“环境工程”创新团队计划项目(桂教人[2007]71号);广西自然科学基金(2010GXNSFA013015)

作者简介:孙晓杰(1974-),男,副教授,博士(后),主要从事固废资源化研究和污水生物处理,(电话)0773-5897016(手机)15078329789(电子信箱)sunxiaojie@glute.edu.cn。

理工艺的水力负荷、有机负荷、运行参数等因素<sup>[2,4-6]</sup>,而关于季节温度的影响研究报道不多,张爱平等<sup>[7]</sup>的研究表明,30℃为矿化垃圾反应床运行的最佳温度。因此,本文拟研究二级矿化垃圾反应器系统在秋季(试验80天以前,最高气温>15℃、最低气温>10℃)和冬季(试验第80天后,最高气温<15℃、最低气温<10℃)处理渗滤液的效果,着重探讨季节温度对二级处理系统中不同矿化垃圾反应器的不同影响。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 矿化垃圾

试验所用矿化垃圾,取自老港废弃物处置场,具有10年填埋龄,采用8mm手动筛进行筛分,筛下物外观物理性状表现为:少许团聚体和粒状物指可捻碎,砂砾感较强,没有异味,类似土壤。其性状如表1所示。

表1 矿化垃圾主要物化学性质  
Table 1 Characteristics of the aged refuse

指标名称	含水率/%	TOC/%	总氮/N%	pH值	总磷/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
矿化垃圾	21.0~34.0	9.69~10.2	0.41~0.46	7.65~7.85	0.72~1.02

1.1.2 渗滤液水质

试验所用渗滤液来自老港废弃物处置场,渗滤液进水水质见表2。

表2 渗滤液进水水质  
Table 2 Composition of the influent used in this study

指标	COD/mg·L <sup>-1</sup>	氨氮/mg·L <sup>-1</sup>	pH值
含量	2 200~10 300	600~1 800	7.9~8.7

1.1.3 试验装置

矿化垃圾反应器,均采用直径为0.3m,高度为1.3m的PVC柱子,反应器下部设出水口,中间设两个固体取样口。反应器自下而上分别装填:高度为10cm、粒径为3~5cm的砾石,高度为5cm粒径为1cm的小砾石,作为承托层与集水层;高度1.1m的矿化垃圾层;5cm作为安全高度,防止进水流出。反应器的矿化垃圾装填量为60kg。见装置示意图1。

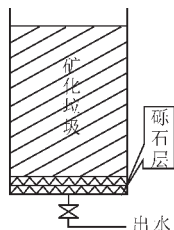


图1 试验装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of experimental set-up

1.2 试验方法

1.2.1 试验运行方式

试验中所采用的二级矿化垃圾反应器顶部与空气连通,实现表面复氧,第一级反应器出水阀门常关,第二级反应器出水阀门常开,流程图如图2所示。

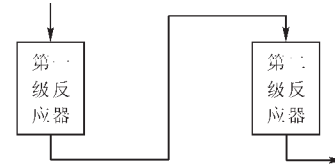


图2 矿化垃圾工艺流程示意图

Fig.2 Schematic diagram of aged refuse process

1.2.2 回灌负荷与回灌频率

试验研究中采取的水力负荷为58mL/(kg垃圾·d),回灌频率为1次/d。进水采取一次加入,进水前排水。经计算,COD负荷为0.13~0.6g/(kg垃圾·d),氨氮负荷为30~105mg/(kg垃圾·d)。

1.2.3 分析方法

试验中测试指标和测定方法如下<sup>[8]</sup>:COD,重铬酸钾法;氨氮,钠氏试剂分光光度法;硝态氮,紫外分光光度法;亚硝态氮,N-(1-萘基)-乙二胺光度法;总磷,钼锑抗分光光度法;

2 结果与讨论

2.1 渗滤液COD的变化

从图3中可以看出,第一级出水秋季COD浓度在768~1584mg/L之间,平均为1076mg/L。在冬季出水COD浓度在1580~4340mg/L之间,平均为3084mg/L。试验期间平均COD浓度为1624mg/L。相应的,COD的平均去除率从秋季的70%左右降至冬季的44%。试验期间COD平均去除率为63%。

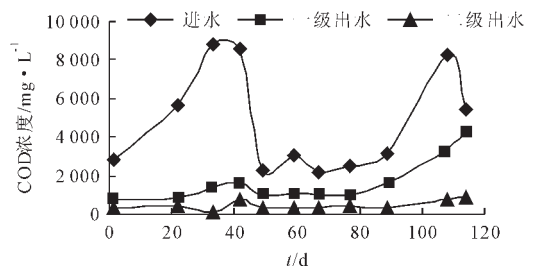


图3 不同反应器进出渗滤液COD浓度变化  
Fig.3 COD concentration of influent and effluent in different bioreactors

第二级出水秋季COD浓度在140~780mg/L之间,平均为373mg/L,冬季在330~874mg/L,平均为666mg/L,整个试验期间出水COD浓度平均为453mg/L。相应的,COD平均去除率从秋季的60%上升至冬季的78%,平均为69%。

系统总的COD去除率相对稳定,在夏秋和冬季分别为90%和88%,平均为89%。

由以上试验结果可知,季节变化对两个反应器的影响是不同的,第一级反应器的去除率随温度的下降而降低,第二级反应器的去除率随着温度的下降而上升。

矿化垃圾反应器降解 COD 起主要作用的是微生物,微生物活性与温度密切相关,一般来讲,最佳温度范围是 20~30 ℃之间。高于 35 ℃或低于 10 ℃,对有机物的代谢功能的影响更大,高于 45 ℃或低于 5 ℃,反应速率可能降到最低程度,甚至可能停止<sup>[9]</sup>。从图 4 中可以看出,试验期间,温度一直在降低,在第 55 天前,最高气温可以达到 20 ℃以上,从第 55 天到第 77 天最高气温在 20 ℃~10 ℃之间,在第 77 天以后最高气温基本上在 10 ℃以下。这是第 80 天后,第一级反应器处理效果变差的主要原因。

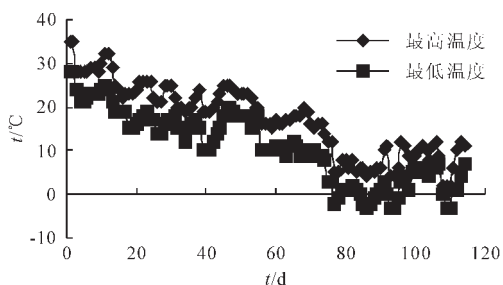


图4 试验期间温度的变化  
Fig.4 Temperature change during the experiment

第二级反应器,尽管出水 COD 浓度升高,但是 COD 去除率却不降反升,这应该与第一级反应器的去除率下降有关。在秋季第一级反应器的去除率较高,将渗滤液中的大部分易降解有机物去除,剩下的大多是难降解有机物,因而第二级反应器的 COD 去除率较低;进入冬季后,第一级反应器受温度的影响去除率降低,导致其出水中仍然含有大量的可降解有机物,因而尽管微生物由于低温处理功能有所下降,仍然可以降解比秋季更多的有机物,导致 COD 去除率却不降反升。

### 2.2 渗滤液氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的变化

由图 5 可以看出,第一级反应器,秋季出水氨氮浓度在 137~658 mg/L 之间,平均为 315 mg/L;冬季出水氨氮浓度在 390~1 243 mg/L,平均为 711 mg/L。整个试验期间为 434 mg/L。

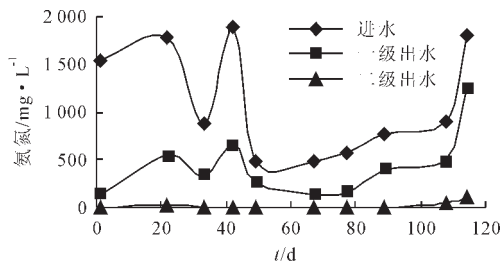


图5 不同反应器进出渗滤液氨氮浓度变化  
Fig.5 NH<sub>3</sub>-N concentration of influent and effluent in different bioreactors

第二级反应器秋季出水氨氮浓度在 4~15.7 mg/L 之间,平均为 6.4 mg/L,冬季在 6~115 mg/L,平均为 52.5 mg/L,无法完全达到二级标准,整个试验期间为 20.2 mg/L,可以达到生活垃圾填埋场水污染物排放浓度限值(25 mg/L)<sup>[10]</sup>。相应的,第一级反应器的氨氮平均去除率由秋季的 69%降为冬季的 42%,总平均去除率为 61%;第二级反应器的氨氮平均去除率由秋季的 98%降至冬季的 94%,总平均为 97%;系统总的氨氮平均去除率秋季稳定在 99%以上,在冬季为 96%,试验过程中平均去除率为 98.4%。

试验结果表明,就去除氨氮而言,由季节变化引起的温度降低对第一级反应器的影响更大,氨氮去除率从秋季到冬季下降了 27%;第二级反应器仅下降了 4%。一般而言,生物硝化反应在 4~45 ℃内都可以进行,但是适宜的温度在 20~35 ℃,低于 15 ℃硝化速率降低<sup>[9]</sup>。这一点也可以从渗滤液亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的变化得到解释(图 6 和图 7)。

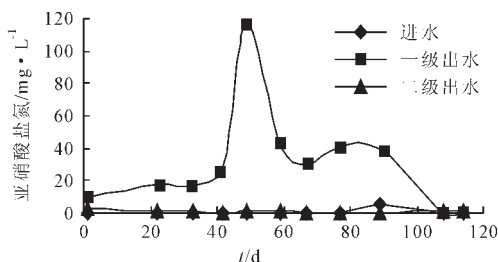


图6 不同反应器进出水渗滤液亚硝酸盐氮变化  
Fig.6 NO<sub>2</sub>-N concentration of influent and effluent in different bioreactors

从图 6 中可以看出,第一级反应器,秋季出水亚硝酸盐氮含量基本上在 10~40 mg/L,进入冬季后,亚硝酸盐氮明显降低,试验结束时含量为 1.4 mg/L,第二级反应器,秋季和冬季出水基本上未检出亚硝酸盐氮,亚硝酸盐氮都转化为硝酸盐氮了(图 7)。说明温度降低对第一级反应器的亚硝化过程影响较大,而对第二级反应器影响不大。

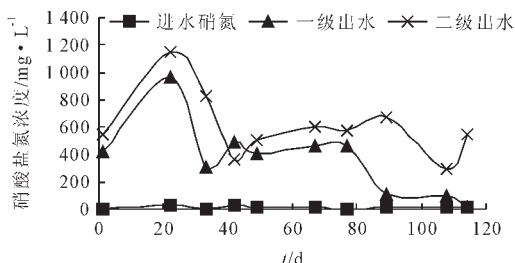


图7 不同反应器进出渗滤液硝酸盐氮浓度变化  
Fig.7 NO<sub>3</sub>-N concentration of influent and effluent in different bioreactors

从图 7 中可以看出,进入冬季后,第一级反应器出水硝酸盐氮浓度明显下降,到试验结束时降到了 18 mg/L。说明温度的降低对生物硝化速率有较大影响。

第二级反应器进入冬季后,出水硝酸盐氮也呈下降趋势,但是下降幅度明显低于第一级反应器,到试验结束时仍可达到 500 mg/L。

### 2.3 渗滤液总磷的变化

从图 8 中可以看出,第一级反应器,秋季出水总磷含量均低于 1.5 mg/L,进入冬季后,总磷浓度有所上升,试验结束时含量为 3.2 mg/L,第二级反应器,秋季出水总磷含量低于 1.0 mg/L,最低达到 0.1 mg/L,冬季出水总磷含量虽然有所升高,但仍低于 1.0 mg/L,生活垃圾填埋场水污染物排放浓度最低限值(1.5 mg/L),说明矿化垃圾对总磷有很好的去除作用。

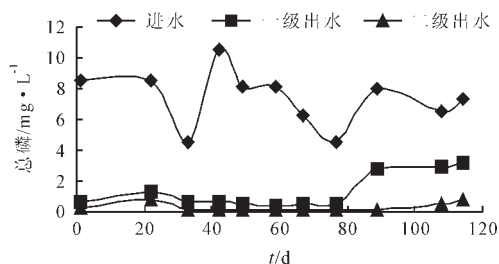


图8 不同反应器进出渗滤液总磷的变化  
Fig.8 Total phosphorus concentration of influent and effluent in different bioreactors

### 3 结论

季节温度对矿化垃圾工艺中不同反应器的影响不同。温度对第一级反应器的影响要大于第二级反应器。

第一级反应器出水平均 COD 浓度从秋季的 1 076 mg/L 上升到冬季的 3 084 mg/L,第二级反应器出水 COD 浓度由秋季的 373 mg/L 上升为冬季的 666 mg/L;相应地,第一级反应器的 COD 去除率从夏秋季的 70%降到冬季 44%。第二级反应器的 COD 去除率从秋季的 60%升到冬季 78%。系统总的 COD 去除率从秋季的 90%降到冬季的 88%。

第一级反应器出水平均氨氮浓度由秋季的 315 mg/L 升到冬季的 711 mg/L,第二级反应器出水平均氨氮浓度在夏秋季为 6.5 mg/L,可达到排放标准,冬季出水为 52 mg/L。第一级反应器的氨氮去除率从夏秋季的 69%降到冬季 42%。第二级反应器的氨氮去除率从秋季的 98%升到冬季 94%。系统总的氨氮去除率从秋季的 99.3%降到冬季的 96.2%。

第一级反应器出水总磷含量由秋季低于 1.5 mg/L 上升到冬季试验结束时的 3.2 mg/L,第二级反应器出水总磷含量,由秋季低于 1.0 mg/L,最低达到 0.1 mg/L,上升到冬季试验结束时的 0.77 mg/L,满足生活垃圾填

埋场水污染物排放浓度最低限值(1.5 mg/L)。

### [参考文献]

- [1] Zhao You-cai, Wu Jun, Gu Guo-wei. Treatment of leachate by aged-refuse-based biofilter[J]. Journal of Environmental Engineering, 2002, 28(7): 662-668.
- [2] 石磊. 矿化垃圾生物反应床处理填埋场渗滤液的工艺与机理研究[D]. 上海: 同济大学, 2005.  
Shi Lei. Treatment Technology and Mechanism of Landfill Leachate by Aged-refuse-based Bioreactor[D]. Shanghai: Tongji University, 2005. (in Chinese)
- [3] 张华, 赵有才. 垃圾填埋场中矿化垃圾的综合利用[J]. 山东建筑工程学院学报, 2004, 19(3): 46-51.  
Zhang Hua, Zhao You-cai. Comprehensive utilization of the aged refuse in MSW landfill[J]. Journal of Shandong Institute of Architecture and Engineering, 2004, 19(3): 46-51. (in Chinese)
- [4] 何厚波. 填埋垃圾层高度对渗滤液回灌影响的研究[D]. 上海: 同济大学, 2002, 3.  
He Hou-bo. Influence of Refuse Dump Height in Landfill on the Leachate Recirculation Treatment[D]. Shanghai: Tongji University, 2002, 3. (in Chinese)
- [5] 陶正望, 夏立江, 王进安. 矿化垃圾生物反应床处理垃圾渗滤液的效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 213-216.  
Tao Zheng-wang, Xia Li-jiang, Wang Jin-an. Effects of waste leachate treatment using aged refuse bioreactors[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(1): 213-216. (in Chinese)
- [6] 苏艳萍, 刘丹, 张爱平. 准好氧矿化垃圾处理渗滤液的工艺参数研究[J]. 四川环境, 2008, 27(2): 35-38.
- [7] 张爱平, 胡香芳, 刘丹. 温度对矿化垃圾生物反应床脱氮的影响研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15946-15947, 15951.  
Zhang Ai-ping, Hu Xiang-fang, Liu Dan. Influence of temperature on nitrogen removed from the aged refuse by bioreactor[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2009, 37(32): 15946-15947, 15951. (in Chinese)
- [8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.  
State Environmental Protection Administration. Water and Wastewater Monitoring Analysis Method[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2002. (in Chinese)
- [9] 张自杰. 排水工程. 下册[M]. 第四版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.  
Zhang Zi-jie. Drainage Engineering[M]. 4th Edition. Beijing: China Architecture and Building Press, 2000. (in Chinese)
- [10] GB16889-2008, 生活垃圾填埋场污染控制标准[S].  
GB16889-2008, Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste[S]. (in Chinese)