

生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对 Cr(VI) 在填埋场中迁移的影响

詹婷婷¹ 邱战洪² 郑婉珍¹ 姚 俊^{1,3}

(1.台州学院 环境工程系 浙江 台州 318000; 2.台州学院 建筑工程学院 浙江 台州 318000;
3.浙江大学 环境与资源学院 杭州 310029)

摘 要: 通过 473 d 的模拟填埋场试验,研究了生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对 Cr(VI) 在填埋场中迁移的影响。研究表明,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对 Cr(VI) 迁移的影响随着填埋进程而变化。在填埋场运行 1~27 d,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留了渗滤液中的 Cr(VI),这可能是生活垃圾焚烧炉渣对 Cr(VI) 的吸附作用所致。第 34~97 d,生活垃圾焚烧炉渣中 Cr(VI) 溶出量大于吸附量,导致渗滤液中 Cr(VI) 浓度增加。第 112~473 d,覆盖层对 Cr(VI) 又产生截留作用,表明生活垃圾焚烧炉渣对 Cr(VI) 的吸附重新占据主导作用。

关键词: 填埋场; 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层; Cr(VI); 迁移

中图分类号: X705, TP397

文献标识码: A

文章编号: 1001-7119(2018) 05-0236-04

DOI: 10. 13774/j.cnki.kjtb.2018. 05. 049

Effect of Municipal Solid Waste Bottom Ash Layer on The Migration of Cr(VI) in the Simulated Landfill

Zhan Tingting¹, Qiu Zhanhong², Zheng Wanzhen¹, Yao Jun^{1,3}

(1. Department of Environmental Engineering, Taizhou University, Taizhou 318000, China;

2. Department of Architecture and Civil Engineering, Taizhou University, Taizhou 318000, China;

3. Department of Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: A simulated landfill was operated for 473 days to investigate the effect of municipal solid waste incinerator (MSWI) bottom ash layer on the migration of Cr(VI). The results showed that the effect was varied with the running time extension. From day 1 to day 27, Cr(VI) in the leachate was captured by the MSWI bottom ash layer, which could be due to the adsorption of Cr(VI) on the MSWI bottom ash. From day 34 to day 97, the Cr(VI) was largely leached from the MSWI bottom ash, resulting in the increase of Cr(VI) concentration of the leachate. From day 112 to day 473, Cr(VI) in the leachate was captured by the MSWI bottom ash layer, suggesting the adsorption of Cr(VI) on the adsorptive substances dominated.

Keywords: Landfill; MSWI bottom ash layer; Cr(VI); migration

收稿日期: 2017-08-18

基金项目: 浙江省科技计划项目(2015C33234); 浙江省大学生科技创新活动计划(2016R430015); 国家自然科学基金面上项目(51578356)。

作者简介: 詹婷婷(1989-), 女, 浙江萧山人, 本科在读。

* 通信作者: 姚俊(1983-), 男, 浙江台州人, 博士, 副教授, 研究方向: 固体废物处理及资源化利用。

生活垃圾焚烧技术具有卫生可控、减容减量化程度高、能源可回收、场地要求低等特点,成为城市垃圾处理的主要方法之一^[1-3]。在过去十年间,我国垃圾焚烧场从47座增加至166座,处理能力从15000 t/d提高至158488 t/d^[4]。垃圾焚烧的过程产生了大量的生活垃圾焚烧炉渣。据报导,每焚烧1 t生活垃圾约产生0.2 t生活垃圾焚烧炉渣^[5]。在中国,生活垃圾焚烧炉渣被允许直接进入生活垃圾填埋场进行处置。一些国家和地区,包括中国,日本和台湾地区等,已利用生活垃圾焚烧炉渣替代传统的黏土覆盖材料,作为新型的填埋场覆盖层材料^[6]。生活垃圾焚烧炉渣含有大量的Ca、Na、K等碱金属,具有很强的酸缓冲能力。生活垃圾焚烧炉渣中还含有大量的吸附性介质,包括Friedel化合物、高岭石、铁氧化物等^[6]。这些理化特性使生活垃圾焚烧炉渣覆盖层可以改变渗滤液的理化性质。例如,较强的酸缓冲能力可以提高渗滤液的pH,进而改变渗滤液中金属的浓度和形态。较强的吸附能力可以吸附渗滤液中重金属等污染物质,改变其迁移和释放行为。另一方面,生活垃圾焚烧炉渣含有一定量的重金属,这些重金属溶出则可能加剧填埋场的污染。

Cr是填埋场中较受关注的一种重金属。一方面,Cr在填埋场中浓度较高,其在渗滤液中的浓度可以高达1.5 mg/L^[7]。另一方面,Cr能以Cr(III)和Cr(VI)两种价态存在。其中,Cr(VI)毒性较大,其释放可能对周边环境产生较大的影响^[8]。鉴于生活垃圾焚烧炉渣较强的吸附能力及其对渗滤液理化性质的影响,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层可能对渗滤液中Cr(VI)的迁移产生影响,进而影响其在填埋场中的形态转化和最终释放。目前,关于生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对Cr(VI)在填埋场中迁移行为的影响研究还较少,有必要对此进行研究。本研究通过473天的模拟填埋器实验,考察了不同填埋阶段生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对Cr(VI)在填埋场中迁移的影响,以期为填埋场Cr污染的控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 模拟填埋器装置

实验采用的模拟填埋器装置如图1所示。模拟填埋器为PVC材料制成,内径为287 mm,高为1430 mm,工作容量为92 L。每个模拟填埋器设置5个出口:顶盖设置出气口和渗滤液回灌口;侧面2个出口

从上而下依次为上层渗滤液采样口和下层渗滤液采样口。底部设置渗滤液出口。模拟填埋场底部铺设100 mm厚的砾石层。模拟渗滤液导出系统,所选砾石为10~40 mm粒径范围,顶部铺设100 mm高的砂砾,剩余部分作为气室。

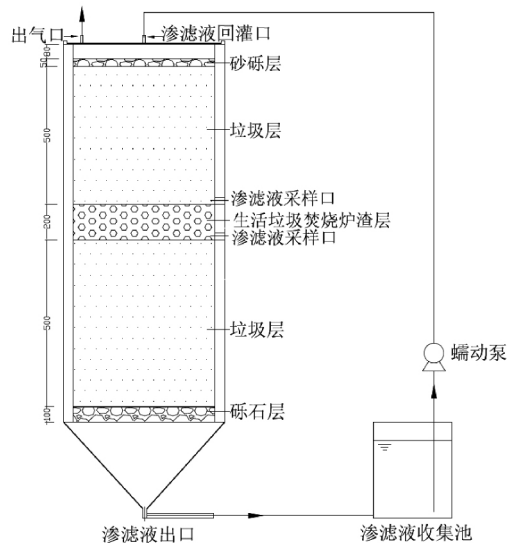


图1 模拟填埋器装置

Fig.1 Schematic of the simulated landfill systems

1.2 供试生活垃圾和生活垃圾焚烧炉渣

供试生活垃圾取自浙江省台州市葭芷街道。取得的垃圾样品去除惰性物质后被破碎至20 mm大小。供试生活垃圾焚烧炉渣取自浙江某垃圾焚烧厂,炉渣样品取样前已经过磁选和水淬处理。

1.3 填埋场运行

先将25 kg生活垃圾样品装入模拟填埋器并压实。然后将16 kg生活垃圾焚烧炉渣样品装入模拟填埋器并压实。最后,将25 g生活垃圾样品装入模拟填埋器并压实。生活垃圾的含水率被调节至75%。装入生活垃圾和生活垃圾焚烧炉渣后,模拟填埋器被封实。产生的渗滤液收集至渗滤液收集池,利用蠕动泵回灌至填埋体。

1.4 采样和分析方法

每隔一段时间由上层渗滤液采样口(L1)、下层渗滤液采样口(L2)和渗滤液出口(L3)采集渗滤液,采得的渗滤液测定pH和Cr(VI)浓度。

2 结果与讨论

2.1 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液pH的影响

生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液pH的影响

如图2所示。在整个填埋场运行过程中,L2的pH均高于L1,这是因为生活垃圾焚烧炉渣较强的酸缓冲能力提高了渗滤液的pH。在填埋场运行的前42d,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液pH的提升作用尤为明显。随着填埋场的运行,这种提升作用慢慢变弱,表明生活垃圾焚烧炉渣中大量的酸缓冲介质被逐渐消耗。

值得注意的是,虽然生活垃圾焚烧炉渣覆盖层提高了渗滤液pH,L3的pH始终与L1保持在相当的水平。这表明,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液pH的影响会被下层填埋体所恢复。

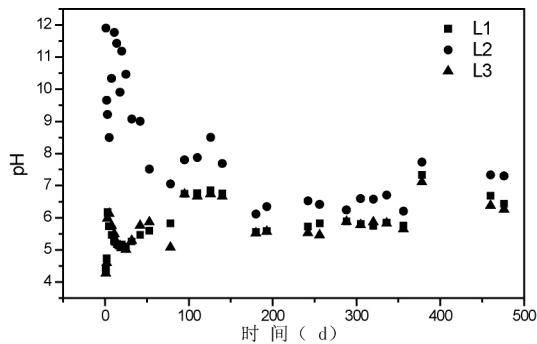


图2 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液pH的影响

Fig.2 Effect of MSWI bottom ash layer on the pH of the leachates

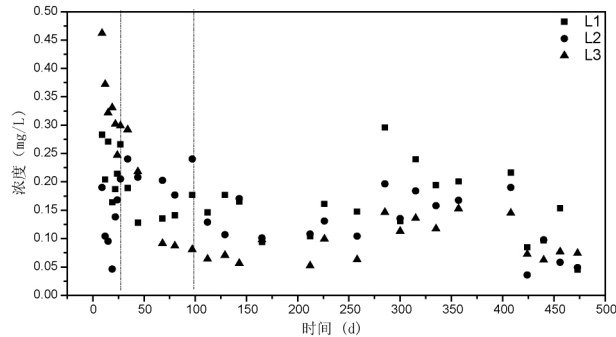


图3 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对渗滤液Cr(VI)浓度的影响

Fig.3 Effect of MSWI bottom ash layer on the Cr concentration of the leachates

2.2 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对Cr(VI)迁移的影响

(1) 第1~27天

填埋场运行第1~27天,L2中Cr(VI)的浓度低于L1,表明渗滤液中Cr(VI)被生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留。这可能是因为生活垃圾焚烧炉渣中吸附性介质对Cr(VI)的吸附作用所致。已有研究表明,生活垃圾焚烧炉渣中的Friedel化合物对Cr(VI)具有强吸附能力^[9],此外高岭石及铁氧化物也有类似的作用^[10]。根据渗滤液的体积,L2和L1

中Cr(VI)的浓度差计算,该阶段有9.64 mg的Cr(VI)被生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留。

(2) 第37~97天

填埋场运行第37~97天,L2中Cr(VI)浓度高于L1,表明生活垃圾焚烧炉渣中的Cr(VI)溶出,增加了渗滤液中Cr(VI)的浓度。在此阶段,L2的pH较第1~27天时已有所降低(图1),这一定程度的影响了生活垃圾焚烧炉渣对Cr(VI)的吸附。另外,生活垃圾焚烧炉渣含有一定量的Cr(VI)^[10]。经过37d的运行,生活垃圾焚烧炉渣中的碱性物质被大量的消耗,导致原来固定于生活垃圾焚烧炉渣中的Cr(VI)被释放进入渗滤液。根据计算,此阶段有4.46 mg的Cr(VI)从生活垃圾焚烧炉渣中进入渗滤液。

(3) 第112~473天

填埋场运行第112~473天,L2中的Cr(VI)浓度又低于L1。此时,生活垃圾焚烧炉渣中的可溶出Cr(VI)已被基本释放,生活垃圾焚烧炉渣对Cr(VI)的吸附重新占据主导,导致渗滤液中的Cr(VI)被生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留。在此阶段,渗滤液中7.96 mg的Cr(VI)被生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留。

综合以上结果,在填埋场运行过程中,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对Cr(VI)的截留作用大于释放作用,综合截留量为13.14 mg。

3 结论

1) 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层可以提升渗滤液的pH,这种提升作用在填埋场运行初期尤为明显,随着填埋场的运行,提升作用逐渐减弱;

2) 生活垃圾焚烧炉渣覆盖层会影响Cr(VI)在填埋场中的迁移行为。填埋运行初期(第1~27)天,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层截留了渗滤液中的Cr(VI);在填埋场运行第37~97天,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层释放Cr(VI)进入渗滤液;在填埋场运行第112~473天,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层又截留了渗滤液中的部分Cr(VI);

3) 填埋场运行过程中,生活垃圾焚烧炉渣覆盖层对Cr(VI)的截留量大于释放量。

参考文献:

[1] Yao, J., Kong, Q. N., Li, W. B., et al. Effect of leachate recirculation on the migration of copper and zinc

- in municipal solid waste and municipal solid waste incineration bottom ash co-disposed landfill [J]. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2014, 16: 775-783.
- [2] Yao, J., Kong, Q.N., Zhu, H.Y., *et al.* Adsorption characteristics of nitrite on Friedel's salt under the landfill circumstance [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2014, 254: 479-485.
- [3] Yao, J., Kong, Q.N., Zhu, H.Y., Long, Y.Y., Shen, D.S. Retention and leaching of nitrite by municipal solid waste incinerator bottom ash under the landfill circumstance [J]. *Chemosphere*, 2015, 119: 267-272.
- [4] 中华人民共和国国家统计局. 2014 年中国统计年鉴 [M]. 北京: 中华人民共和国国家统计局, 2015.
- [5] Chimenos, J.M., Segarra, M., Fernández, M.A., *et al.* Characterization of the bottom ash in municipal solid waste incinerator [J]. *Journal of Hazardous Material*, 1999, 64: 211-222.
- [6] Travar, I., Lidelöw, S., Andreas, L., *et al.* Assessing the environmental impact of ashes used in a landfill cover construction [J]. *Waste Management*, 2009, 29: 1336-1346.
- [7] Kjeldsen, P., Barlaz M. A., Rooker, A. P., *et al.* Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review [J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2002, 32: 297-336.
- [8] Paquin P.R., Santore R.C., Wu K.B., *et al.* The biotic ligand model: a model of the acute toxicity of metals to aquatic life [J]. *Environmental Science and Policy*, 2000, 3: 175-82.
- [9] Dai Y. C., Qian G. R., Cao Y. L., *et al.* Effective removal and fixation of Cr(VI) from aqueous solution with Friedel's salt [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 170: 1086-1092.
- [10] Adebowale K. O., Unuabonah I. E., Olu-Owolabi B. I. Adsorption of some heavy metal ions on sulfate- and phosphate-modified kaolin [J]. *Applied Clay Science*, 2005, 29: 145-148.

(上接第 235 页)

- [6] 王耀南, 孙炜. 智能控制理论及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [7] 张亚军, 杨盼盼. 纯电动汽车再生制动系统的建模与仿真 [J]. *武汉理工大学学报*, 2010(8): 90-97.
- [8] 徐国凯, 张涛, 赵秀春. 基于模糊逻辑的电动汽车制动力分配及能量回收控制策略研究 [J]. *大连民族学院学报*, 2011(5): 212-216.
- [9] 张健, 王耀南, 曹松波. 基于模糊逻辑的电动汽车制动力分配策略 [J]. *工业控制计算机*, 2005(7): 59-61.
- [10] 吴君, 吴玉, 沈权. 基于上下位机测控的纯电动汽车能量回收试验台研制 [J]. *电力与能源*, 2014(2): 23-26.
- [11] 何仁, 俞剑波, 王润才. 电动汽车混合动力系统控制策略的改进 [J]. *江苏大学学报*, 2013(2): 125-130.
- [12] 姜雪, 胡荣强, 赵武. 基于模糊控制的电动汽车复合制动力分配策略 [J]. *仪表技术*, 2010(8): 7-13.