

间歇式生物反应器回灌量对渗滤液水质的影响研究

姬晓燕, 桑树勋

(中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏徐州 221116)

摘要:通过两套间歇式生物反应器填埋模拟装置开展实验,对在不同回灌量下的垃圾降解前期渗滤液 pH 值、COD_G、NH₄⁺-N、VFA 以及渗滤液产生量的变化规律进行了对比研究,实验结果表明:间歇式生物反应器填埋方式能够有效抑制填埋初期渗滤液 pH 值的快速下降,渗滤液采取部分回灌能有效降低 NH₄⁺-N 浓度的积累,回灌量为 70% 较 50% 能够更好地改善渗滤液的水质。

关键词:生物反应器;垃圾填埋;渗滤液;实验模拟

中图分类号:X705 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8759(2010)06-0023-03

EFFECT OF LEACHATE WATER QUALITY ON BATCH BIOREACTOR RECIRCULATION QUANTITY

Ji Xiao-yan, SANG Shu-xun

(School of Resources and Geoscience, China University of Mining and Technology,
Xuzhou 221116, China)

Abstract:Through two sets of batch bioreactor landfill simulation devices, the paper studies the change law of the leachate pH, COD_G, NH₄⁺-N, VFA and the leachate production in early landfill MSW degradation. The experimental results show that: this mode can inhibit the rapid decline of leachate pH in initial landfill, to take part of leachate recirculation can reduce the accumulation of NH₄⁺-N effectively, 70% recirculation quantity can improve the water quality of leachate significantly than 50% .

Keywords: bioreactor; landfill MSW; leachate; laboratory simulation

我国目前主要的垃圾处理方式是卫生填埋,生物反应器是目前的研究趋势和热点^[1,2]。目前国内外对生物反应器填埋场的研究主要有四大类型:回灌型生物反应器填埋场、两相型生物反应器填埋场、脱氮型生物反应器填埋场和序批式生物反应器填埋场^[3]。但这些生物反应器填埋方式都存

在着 NH₄⁺-N 的积累、垃圾填埋气的资源化等诸多问题,新型的填埋方式的探索与填埋方式的优化成为研究的热点。基于序批式厌氧生物反应器填埋方式,周效志等^[4]提出了一种新型的精控型间歇式生物反应器填埋方式,从理论上与室内模拟实验都能证明这种填埋方式能够加速填埋场稳定、提高生物气资源化潜力,但如何达到更好的垃圾填埋处理效果,实现污染最小化、LFG 回收利益最大化,则需要开展对填埋方式进行优化的研究。

针对这种处理方式目前的研究开展的很少,对它的运行特征也缺乏了解,本文从垃圾渗滤液

收稿日期:2010-10-13

基金项目:江苏省自然科学基金(编号:BK2008133),江苏省教育厅高校“青蓝工程”中青年学术带头人基金,中国矿业大学青年研究基金(编号:2009A027)

第一作者简介:姬晓燕(1986-),女,宁夏吴忠人,硕士研究生,主要从事城市生活垃圾处理及生物气资源化方面的研究工作。

回灌量方面进行研究,通过回灌量不同的两套生物反应器,对比研究垃圾降解前期渗滤液特征,优化填埋效果。

1 实验装置、实验材料与方法

1.1 实验装置

垃圾填埋柱由 PVC 材料制成,内径 47.1 cm、高 101.0 cm,上下盖利用法兰盘与填埋柱体固定,见图 1。填埋柱底部铺设 5.0 cm 粗砾石作为排水层,中部为生活垃圾,上部为 5.0 cm 的粗砂层。填埋柱侧壁安装有温度计、Eh 电极,填埋柱底部设有渗滤液排出口并装有阀门,并配有渗滤液提升及回灌系统,可定期将渗滤液自反应器顶部回灌。



图 1 实验装置示意图

1.2 实验材料

实验装填垃圾包括新鲜垃圾及半腐熟垃圾两部分。新鲜垃圾根据我国城市生活垃圾组成特征由人工配比而成,见表 1。半腐熟垃圾为上述人工配比新鲜垃圾在室温条件下厌氧降解一年半,且经过一次产气高峰后的固体残余物。实验参数见表 2。

表 1 填埋垃圾组成及含量表(湿基)

垃圾组成	厨余	果蔬	落叶	废纸	炉渣	煤灰	泥土
含量/%	18.2	65.5	2.1	2.2	4.2	5.3	2.5

表 2 填埋垃圾实验参数

参数	新鲜垃圾	半腐熟垃圾
含水率/%	76.05	54.89
挥发分/%	49.11	21.21

1.3 实验过程

A、B 柱上层装填新鲜垃圾均为 21 kg,下层装填半腐熟垃圾 42 kg,即新旧垃圾按 1:2 的质量比例装填。新鲜垃圾破碎至 20 cm 后均匀混合,与半腐熟垃圾边装填边压实,压实密度为 0.804 t/m³。装填过程中,加入 5.0 L 原半腐熟垃圾渗滤液接种启动。实验在实验室室温条件下进行,温度相对较低,在 3℃~17℃的范围。A、B 两柱渗滤液均 20 d 回灌一次,A、B 柱回灌量分别为总量的 70%、50%。

1.4 分析方法

填埋柱氧化还原电位每天由 ORP-411 型测定仪测定;渗滤液产生量每 20 d 回灌时测定一次;渗滤液每隔 15 d 对 pH 值 (PHS-3C 型酸度计)取样测试,每隔 30 d 对 COD(重铬酸钾氧化法)、氨氮与 VFA(联合蒸馏滴定法^[5])进行取样分析。

2 结果与讨论

2.1 Eh 值

由图 2 可知,实验开始后,A、B 两柱 Eh 值由 100 mV 左右迅速下降至 0 mV 以下,A、B 两柱在实验前 30 d 有相同的下降趋势,A 柱 Eh 值在 60 d 时有小幅下降,然后又缓慢上升,长期稳定在-200 mV 左右且波动幅度很小,适宜兼性厌氧菌的代谢,有利于填埋体系产甲烷菌适宜环境的快速形成;B 柱在实验前一周时 Eh 迅速下降至-200 mV 以下,稳定至 60 d 时缓慢上升,然后在-30

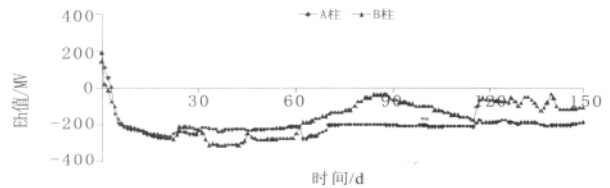


图 2 填埋体系环境 Eh 值变化过程

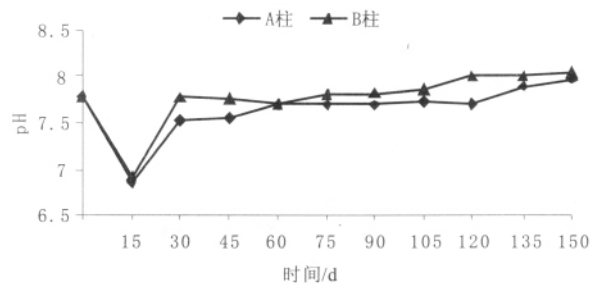


图 3 渗滤液 pH 变化过程

~-180 mV 之间存在较大幅度变化,在一定程度上抑制了水解发酵菌与产甲烷菌的协同代谢,不利于产甲烷微生物代谢适宜 Eh 环境的形成。在垃圾填埋初期,通过好氧或兼性厌氧的不产甲烷菌的代谢作用可以把 O_2 消除掉,以降低填埋体系的氧化还原电位 Eh,并逐步为产甲烷菌生长创造适宜的 Eh 条件,使产甲烷细菌能够较好地生长。

2.2 pH 值

由图 3 可以看出,在填埋垃圾降解初期,垃圾有机质的水解产酸作用使有机酸积累导致填埋体系环境 pH 值快速下降,A、B 柱 15 d 时分别降至 6.85、6.92,随后两柱 pH 值都迅速升高至 7.5 以上,并随填埋时间的增长以极小幅度缓慢上升,A 柱同期 pH 值较 B 柱略低。新陈垃圾比例为 1:2 的装填方式能够有效抑制 pH 值在实验初期的下降,并使 pH 快速升高,加速填埋体系向产甲烷阶段的过渡,回灌量为 70%和 50%对 pH 变化影响不大。

2.3 COD_{Cr}

从图 4 可以看出:在实验前期,A 柱出水 COD_{Cr} 非常低,在 1 100 mg O_2/L 左右,至 120 d 时,其值显著增大至 3 823.53 mg O_2/L ,随后又大幅下降至 1 600 mg O_2/L ;B 柱渗滤液 COD_{Cr} 在填埋 60 d 时高达 3 762.38 mg O_2/L ,随后下降并在 2 000 mg O_2/L 左右小幅波动。

A 柱产甲烷菌适宜的生物地球化学环境快速

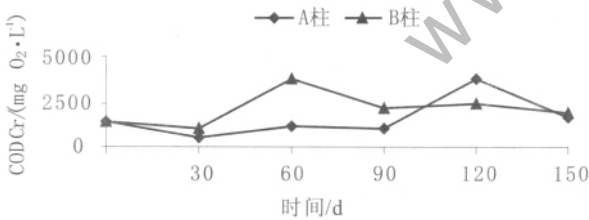


图 4 渗滤液 COD_{Cr} 变化过程

形成,pH 也快速升高,促进了产甲烷菌的代谢, COD_{Cr} 指标持续保持在较低的水平,B 柱 Eh 波动明显,难以很好地形成水解酸化菌与产甲烷菌的协同代谢,导致 COD_{Cr} 在填埋初期明显上升,随着微生物作用的增强 COD_{Cr} 开始降低。在间歇式生物反应器填埋处理过程中,新鲜垃圾产生的渗滤液在经过半腐熟垃圾时其中的有机污染物在较强的微生物代谢作用下被快速大量分解消耗,使得 COD_{Cr} 峰值较陈家军^[6]、Reinhart^[7]等人的研究结果低很多,渗滤液水质得到显著提高。

2.4 NH_4^+-N 与 VFA

由图 5 可以看出:A 柱 NH_4^+-N 浓度由开始逐

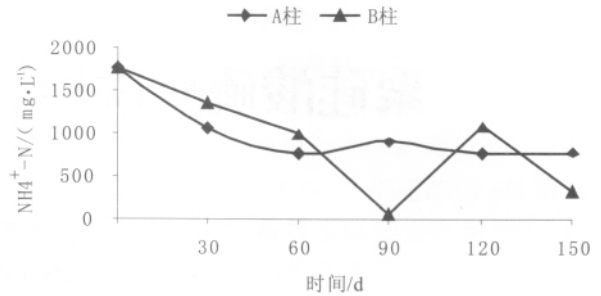


图 5 渗滤液 NH_4^+-N 浓度变化过程

渐下降,稳定在 800mg/L 左右,变化幅度较小;B 柱由开始的 1776.2 mg/L 逐渐下降,填埋 90 d 时, NH_4^+-N 浓度值异常低,为 59.43 mg/L,而后又出现大幅波动,其值很不稳定。

由图 6 可以看出:A、B 两柱 VFA 浓度具有相似的变化趋势,在实验前期,两柱 VFA 浓度快速升高至峰值,然后快速下降,A 柱在 20 m mol/L 左右变化,B 柱波动幅度则较明显。

由于实验过程中只采取渗滤液总量的部分回

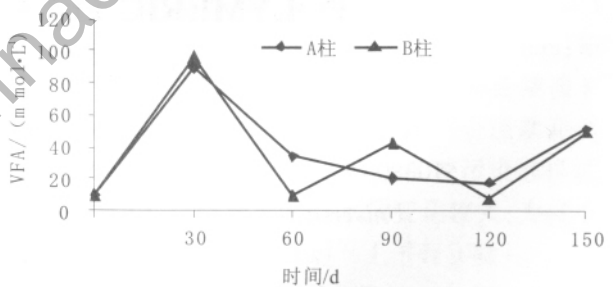


图 6 渗滤液 VFA 浓度变化过程

灌,使渗滤液中 NH_4^+-N 会有一定的损失,这也使填埋垃圾降解过程中 NH_4^+-N 不至于积累至高浓度而抑制产甲烷菌的代谢,与周效志^[4]研究结果相比, NH_4^+-N 浓度明显降低 1 000~1 500 mg/L。在实验前期,由于不产甲烷菌适应环境的能力比产甲烷菌强,使得 VFA 产生量较大并迅速积累,30 d 后,VFA 被产甲烷菌消耗其值开始下降,但由于填埋体系内垃圾降解不稳定,随后又小幅波动,填埋 150 d 时,两柱 VFA 值又迅速上升,可能与填埋体系内微生物溶出与消耗不稳定有关,而且 VFA 水平总体较低,未出现“酸积累”现象,利于微生物对填埋垃圾的稳定降解。

2.5 渗滤液产生量变化趋势

由于两柱分别采用回灌渗滤液总量的 70%和

(2)在处理微污染地表水时,综合考虑浊度去除率、COD去除率和稳定性能,PFSS的最佳配方比例是 Fe/Si=1.0;PFSSB的最佳配方比例是 B/Si=0.15,Fe/Si=0.5;PFSSZ的最佳配方比例是 Zn/Si=0.75,Fe/Si=0.5,此时,三者均有最优的混凝效果和稳定性能。

(3)聚硅酸硫酸铁类混凝剂在高效除浊的同时具有较好的去除COD的效果,有望代替传统的硫酸铝等混凝剂用于提高微污染水源水的处理中。

参考文献

[1]苏腾,陈中兴,陆柱. 混凝剂的研究应用现状与开发动向(二)[J]. 净水技术. 2000,19(4):8~12.
 [2]王占生,刘文君. 微污染水源饮用水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.

[3]李玉江,吴涛,徐桂英. 含铁聚硅酸混凝剂的研制及性能研究. 山东工业大学学报. 2001,31(6):569~573.
 [4]杨海燕,陈忠林,李圭白等. 聚硅酸金属盐混凝剂的混凝效果研究. 中国给水排水. 2003,19(13):74~76.
 [5]胡翔,周定. 聚硅酸系列混凝剂的发展与展望. 化工进展. 1998(6):20~22.
 [6]康思琦,马晓鸥等. 新型混凝剂含硼聚硅酸硫酸铁的结构分析. 精细化工. 2000,17(8):459~462.
 [7]马晓鸥,康思琦等. 含硼聚硅酸硫酸铁混凝剂的制备及性能研究. 现代化工. 2000,20(11):42~44.
 [8]刘小军,田宜灵等. 新型混凝剂含硼聚硅硫酸铁的性能研究. 化学工业与工程. 2002,19(1):12~15.
 [9]刘和清,汪凤珍等. 聚硅酸锌絮凝剂的电镜特征和絮凝效果. 环境化学. 2001,20(2):179~184.

(上接第25页)
 0%,所以渗滤液产生量(图7)总体呈现出逐渐减少的趋势,加之在密闭的反应器内进行,不受大气降水和垃圾体表面蒸腾作用的影响,两柱反应初始均加入了5.0L渗滤液,在实验进行过程中,渗滤液主要是垃圾本身含水和垃圾有机质分解产生的水,所以实验初期渗滤液产生量均有增大,随着实验的进行,渗滤液有一定量的损失,产生量逐渐下降。两柱填埋前80d产生量变化差异较大,A柱明显较B柱多,说明垃圾降解速率较快,80d后两柱渗滤液产生量趋于一致。

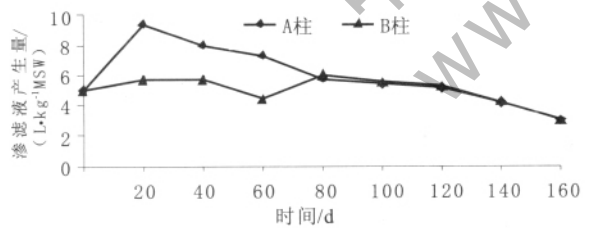


图7 渗滤液产生量变化过程

3 结论

(1)间歇式生物反应器填埋方式可调控填埋体系水分,并且可以有效抑制pH的快速下降,促进了产甲烷菌适宜的生物地球化学环境的快速形成。

(2)渗滤液不采取全量回灌可有效控制NH₄⁺-N的积累,提高产甲烷菌的代谢能力。

(3)间歇式生物反应器对渗滤液的水质改善能力强,降低了渗滤液的处理难度,减少了有机污染物的环境排放量,回灌量70%较50%效果更好。

参考文献

[1]何若,沈东升,方程冉.生物反应器填埋场系统的特性研究[J].环境科学学报,2001,21(6):763~767.
 [2]李秀金.生物反应器型垃圾填埋场技术特点和应用前景[J].农业工程学报,2002,18(1):111~114.
 [3]何若,沈东升,朱荫滢.生物反应器填埋场处理生活垃圾的研究进展[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2004,30(3):252~258.
 [4]周效志.垃圾填埋场流体产生与地球化学迁移转化过程模拟研究[D].中国矿业大学,2009.
 [5]周效志,桑树勋,曹丽文,等.垃圾渗滤液氨态氮与挥发性脂肪酸镉出规律研究[J].环境监测管理与技术,2008,20(6):59~61.
 [6]陈家军,王浩,张娜,等.厨余垃圾填埋产气过程实验模拟研究[J].中国沼气,2008,26(3):22~25.
 [7]Reinhart D, Al-Yousfi A B. The impact of leachate recirculation on municipal solid waste landfill operating characteristics [J]. Waste Manage Res, 1996, 14(3):37~46.