

加速降解生活垃圾的影响因素分析

蒋宝军, 陈玉婷, 赵玉鑫

(吉林建筑大学 松辽流域水环境教育部重点实验室, 吉林 长春 130118)

摘要: 向厌氧填埋的生活垃圾中添加不同量的氯化钾、磷酸二氢钾、氯化铵、复合维生素等营养元素,分析营养元素对生活垃圾降解速率的影响。结果表明,上述营养元素均能够加速生活垃圾的降解速率,且混合添加氯化钾和复合维生素对提高垃圾降解速率的效果最好。生活垃圾填埋180 d后,混合添加氯化钾(0.5 mol/L)和复合维生素(0.5 mol/L)的垃圾层比不添加营养元素的垃圾层多沉降了17.87 cm。试验中生活垃圾降解的最佳含水率约为70%,最佳降解温度约为40℃,厌氧填埋的生活垃圾的最佳压实密度约为600 kg/m³。

关键词: 生活垃圾; 垃圾渗滤液; 营养元素; 加速降解

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)09-0085-04

Factors Affecting Accelerated Degradation of Domestic Waste

JIANG Bao-jun, CHEN Yu-ting, ZHAO Yu-xin

(Key Laboratory of Songliao River Water Environment <Ministry of Education>, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China)

Abstract: To study the impacts on domestic waste degradation, nutrients including NH₄Cl, KH₂PO₄, KCl and complex vitamin were added into anaerobic landfills. The experimental results indicated that all nutrients could accelerate degradation rate, especially the mixture of KCl and complex vitamin. After 180 days of operation, the cell with the mixture of KCl and complex vitamin added had settled 17.87 cm more than the cell with no nutrient added. In this experiment, the optimal moisture content was 70%, and the optimal degradation temperature was about 40℃. The optimal compaction density was about 600 kg/m³.

Key words: domestic waste; leachate; nutrients; accelerated degradation

垃圾降解速率直接关系到填埋场稳定化进程和对土地的占用周期。在卫生填埋场设计中,需要根据垃圾降解速率估算渗滤液中污染物的浓度、垃圾产气速率以及地表沉降的程度,且其对填埋场的容量和使用年限也有一定影响,因而垃圾降解速率是很重要的参数^[1~7]。

笔者通过改变影响厌氧填埋生活垃圾的因素,优化垃圾填埋场的库容量、改变填埋场的使用年限

和填埋土地的使用量,在填埋土地日益减少、垃圾运输成本过高的今天,开发此项技术无疑具有重要的经济价值和社会意义^[8~13]。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

试验采用14个内径为0.1 m、高为2 m的圆柱形有机玻璃柱作为垃圾厌氧填埋反应器。反应器中添加的垃圾主要取自吉林建筑大学一食堂的新鲜厨

余垃圾,此外添加了一些废纸、废塑料、废金属和碎陶瓷,其比例分别为75%、8%、5%、2%、10%。反应器中加入的垃圾均经过破碎,并均匀混合,成分几乎完全相同。其中2个反应器作为对照,不添加任何营养元素,其余12个反应器分别加入不同浓度的氯化钾、氯化铵、磷酸二氢钾、复合维生素。在垃圾层顶部按与填埋垃圾体积比为1:4进行覆土。每个反应器的填埋垃圾质量为10 kg,反应器中垃圾的压实密度为 750 kg/m^3 。试验中产生的垃圾渗滤液通过底部的烧杯收集,有机玻璃柱与垃圾渗滤液不发生任何反应,反应器底部设有阀门。反应器内部中间位置设置直径为10 mm的穿孔导气管,用于导出填埋气体。由于穿孔管的体积仅为78.5 mL,故忽略不计。为了更好地模拟厌氧填埋,除测量需要外,每个反应器均用黑布完全覆盖,以防止光照对垃圾堆体内微生物相的影响。

1.2 试验方法

加速生活垃圾降解试验:向12个反应器的顶部用喷壶加入相同体积的营养元素,其浓度分别为0.25、0.5、1.0 mol/L的氯化钾,0.25、0.5、1.0 mol/L的氯化铵,0.25、0.5、1.0 mol/L的磷酸二氢钾,0.25、0.5、1.0 mol/L的复合维生素溶液,每7 d测定1次垃圾堆体高度。经过180 d反应,确定能够加速垃圾降解速率的营养元素,并按一定比例加入生活垃圾中重新试验,从而确定生长因子和无机盐等营养物质加速垃圾降解的最佳效果。

垃圾降解最佳参数选择试验:通过分析含水率、温度、压实密度对沉降高度的影响,确定垃圾降解的最佳参数。

2 结果与讨论

2.1 营养物质对生活垃圾降解速率的影响

试验结果表明,两个对比反应器在180 d中的降解速率几乎完全相同,说明对比反应器有效,并且降解速率由快到慢依次为添加KCl反应器、添加 NH_4Cl 反应器、添加复合维生素反应器、添加 KH_2PO_4 反应器、两个对比反应器。可以看出,无机营养盐(营养元素为氮、磷、钾)和维生素的加入能够加速生活垃圾的降解速率。从营养盐投加量来看,0.5 mol/L的KCl和1.0 mol/L的KCl对加速垃圾降解的效果几乎相同,且均好于0.25 mol/L的KCl加速垃圾降解的效果,因此0.5 mol/L的KCl是加速生活垃圾降解的最佳KCl投加量。对生活垃

圾中的有机物进行厌氧分解过程中,影响厌氧微生物活性的主要因素是温度和营养元素。而厌氧微生物的主要营养元素是氮、磷、钾和维生素,因此KCl、 KH_2PO_4 、 NH_4Cl 、复合维生素的加入均能加速生活垃圾的降解速率。从加速生活垃圾降解的实际效果来看,厌氧微生物在降解生活垃圾过程中对钾元素的需求大于对维生素和氮、磷元素的需求^[14,15]。这主要是因为生活垃圾中有机物(特别是含氮有机物)含量较高,随着厌氧填埋过程的进行,含氮有机物的分解能够给厌氧微生物提供一定量的氮元素和磷元素,因而微生物不缺乏或者只少量缺乏氮、磷元素。而从生活垃圾的成分上看,其厌氧分解基本上不能为微生物提供钾元素,导致厌氧垃圾填埋堆体中微生物钾元素缺乏,因此添加KCl和 KH_2PO_4 的垃圾堆体的降解速率相对快于添加氯化铵的。至于KCl加速垃圾降解的效果好于 KH_2PO_4 ,可能是加入的磷元素超出微生物对磷元素的需求,致使对微生物的活性产生了微弱的抑制作用。

为了获得营养元素加速生活垃圾降解的最佳效果,在明确氮、磷、钾和维生素能够加速生活垃圾降解速率的基础上,同时考虑到生活垃圾中基本不缺乏氮和磷,因此将氯化钾(0.5 mol/L)和复合维生素(0.5 mol/L)加入到新鲜生活垃圾中,试验结果如图1所示。

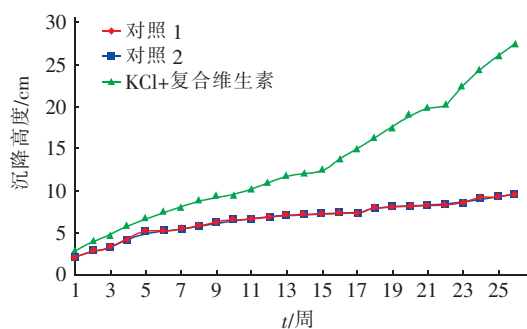


图1 氯化钾+复合维生素对垃圾层沉降高度的影响

Fig.1 Effect of KCl and vitamin on waste layer settling height

由图1可知,在180 d的降解过程中,添加了KCl和复合维生素的生活垃圾填埋堆体比对照反应器多沉降了17.87 cm。对于一个中等类型的垃圾填埋场来说,其填埋区的面积平均约为 10^6 m^2 ,则添加KCl和复合维生素可使填埋的生活垃圾在180 d内多降解 $178\,700 \text{ m}^3$ 。而一个中等大小的生活垃圾填埋场的总填埋库容量平均为 $60 \times 10^4 \text{ m}^3$ 左右,如

果此填埋场计划使用 15 年,则添加 KCl 和复合维生素后此填埋场可延长使用寿命至将近 20 年。在当前我国处于垃圾围城、填埋场选址困难、可使用的填埋土地不断减小的现状下,采用添加氯化钾和复合维生素加速生活垃圾降解来增加填埋场库容量对垃圾厌氧填埋处理意义重大。

2.2 厌氧填埋生活垃圾最佳填埋控制参数

2.2.1 厌氧填埋生活垃圾降解最佳含水率

图 2 为含水率对垃圾层沉降高度的影响。

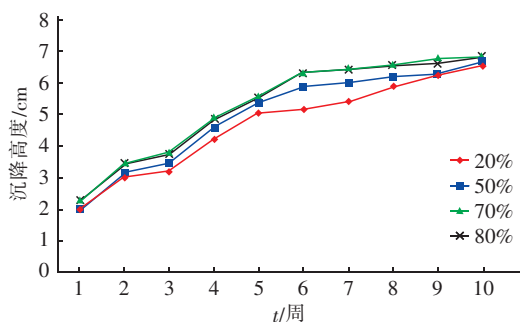


图 2 含水率对垃圾层沉降高度的影响

Fig. 2 Effect of moisture content on waste layer settling height

由图 2 可知,含水率为 70% 的生活垃圾沉降高度最大,且含水率为 70% 和 80% 的生活垃圾的降解速率相差不大。分析原因,垃圾水分含量高,垃圾中的微生物容易得到所需的营养物质,有助于微生物的生长繁殖,从而能够加速生活垃圾中有机物的降解速率。一般情况下,生活垃圾的含水率都低于微生物生理活动所需的最佳含水率,但也并非含水率越高越有利于降解。当生活垃圾中的含水率过高时,微生物会随水分迅速进入渗滤液中,从而造成垃圾中微生物数量减少,不利于生活垃圾的降解。从试验结果来看,当垃圾含水率达到 80% 时,生活垃圾降解速率已开始下降。可以预见,当生活垃圾的含水率大于 80% 时,其降解速率会进一步下降。因此本试验中生活垃圾降解的最佳含水率约为 70%。

2.2.2 厌氧填埋生活垃圾降解最佳压实密度

图 3 为压实密度对垃圾层沉降高度的影响。可知,压实密度分别为 600 和 900 kg/m^3 的生活垃圾的沉降速率快于压实密度为 300 kg/m^3 的沉降速率。分析原因,当垃圾中水分含量低于饱和状态时,垃圾压实密度越大,单位体积垃圾内的水含量越多,垃圾中的微生物越容易获得水分,且微生物越有活性,也就越有利于垃圾的降解。但当垃圾压实密度

大到一定程度时,会导致水分在垃圾层中流动不畅,这在一定程度上不利于垃圾的降解。此外,将生活垃圾压实到 900 kg/m^3 比压实到 600 kg/m^3 需要消耗更多的电量,因此厌氧填埋的生活垃圾的最佳压实密度约为 600 kg/m^3 。

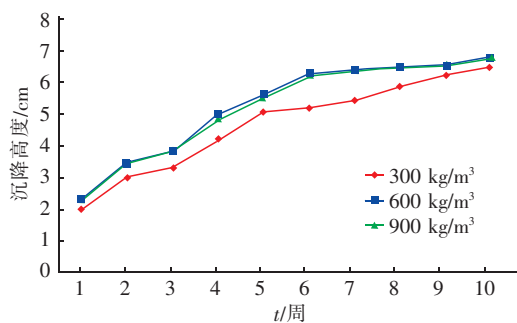


图 3 压实密度对垃圾层沉降高度的影响

Fig. 3 Effect of compaction density on waste layer settling height

2.2.3 厌氧填埋生活垃圾降解最佳温度

图 4 为温度对垃圾层沉降高度的影响。

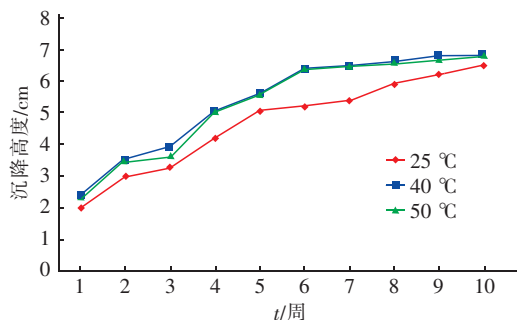


图 4 温度对垃圾层沉降高度的影响

Fig. 4 Effect of temperatures on waste layer settling height

由图 4 可知,生活垃圾在 40 °C 时的降解速率快于 25 和 50 °C 的。分析原因,在一定温度范围内,随着温度的升高,细胞中的生物化学反应速率加快,微生物的繁殖速率变大。同时微生物的细胞组成物质,如蛋白质、核酸等对温度变化很敏感,如果温度升高超过一定限度,微生物细胞会遭到不可逆破坏。而不同种类的微生物对温度的适应能力有很大差别,降解生活垃圾的微生物活性的适宜温度应在一定范围内。对于本试验,超过 40 °C 后,生活垃圾的降解速率已开始下降。此外,在填埋场中生长的大多是中温微生物,在 40 °C 左右时最适宜其生长繁殖和降解有机物。

这里需要指出的是,垃圾填埋堆体的外部温度

和垃圾层的内部温度有一定的差别,这种差别随填埋深度的增加而加大。本试验中垃圾填埋高度仅约为1.3 m,因而这种差别较小,试验结果有很大的参考价值,即生活垃圾最佳的降解温度约为40℃。

3 结论

试验中生活垃圾降解的最佳含水率约为70%,最佳降解温度约为40℃,最佳压实密度约为600 kg/m³。向厌氧填埋的生活垃圾中添加氯化钾、磷酸二氢钾、氯化铵、复合维生素等营养物质,均可起到加速生活垃圾降解的作用。并且向生活垃圾中加入0.5 mol/L的氯化钾+0.5 mol/L的复合维生素对加速生活垃圾降解速率的效果最好,可使垃圾层在180 d内多沉降17.87 cm,这对增加垃圾填埋场库容量、延长使用年限具有重要意义。

参考文献:

- [1] 杜鹃. 我国的城市生活垃圾处理技术[J]. 广州化工, 2011, 39(16): 31-32.
- [2] 陆明东. 国内外生活垃圾处理技术现状与发展趋势[J]. 大众科技, 2013, 15(6): 83-85.
- [3] 赵苗, 任连海, 王攀. 我国城市生活垃圾处理技术应用现状分析[J]. 绿色科技, 2013, (12): 146-149.
- [4] 宾晓蓓, 李倩. 国内外城市生活垃圾现状与处理技术[J]. 北方环境, 2011, 23(10): 42-44.
- [5] 郑思伟, 唐伟, 谷雨, 等. 城市生活垃圾填埋处理甲烷排放估算及控制途径研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(7): 45-49.
- [6] 侯云峰. 我国城市生活垃圾处理技术现状[J]. 中国资源综合利用, 2012, 30(2): 50-52.
- [7] 张英民, 尚晓博, 李开明, 等. 城市生活垃圾处理技术现状与管理对策[J]. 生态环境学报, 2011, 20(2): 389-396.
- [8] 吴怀泽. 福州市生活垃圾减量化管理分析[J]. 能源

与环境, 2012, (1): 50-51, 57.

- [9] 李欢, 金宜英, 李洋洋. 生活垃圾处理的碳排放和减排策略[J]. 中国环境科学, 2011, (2): 259-264.
- [10] 姜建生, 廖利, 毕珠洁. 深圳市生活垃圾分类成本效益分析初探[J]. 环境卫生工程, 2012, 20(1): 20-23.
- [11] 张倩, 徐海云. 生活垃圾焚烧处理技术现状及发展建议[J]. 环境工程, 2012, 30(2): 79-81, 89.
- [12] 王伟岚. 城市生活垃圾特性及其对焚烧处理质量的影响[J]. 环境卫生工程, 2012, 20(1): 50-51, 55.
- [13] 王艳, 付哲. 北京市生活垃圾分类体系改善对策与建议[J]. 中国资源综合利用, 2012, 30(4): 41-43.
- [14] 王可新. 沈阳市生活垃圾好氧堆肥实验研究[J]. 环境卫生工程, 2012, 20(2): 63-64.
- [15] 苏东辉, 叶小郭, 姚德飞. 复合MBR工艺处理生活垃圾焚烧电厂渗滤液[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(4): 162-164, 178.



作者简介: 蒋宝军(1979-), 男, 吉林双辽人, 博士, 副教授, 主要研究方向为垃圾渗滤液处理技术。

E-mail: jiangbaojun. happy@163.com

收稿日期: 2016-11-07

转变用水观念, 创新发展模式