

·城市建设与环境工程·

文章编号:1006-7329(2002)04-0040-05

污泥与生活垃圾混合填埋产沼的模拟实验研究

彭绪亚, 黄文雄, 余毅

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:通过城市生活垃圾与污水厂脱水污泥的混合填埋模拟实验,研究了添加污泥对垃圾降解及填埋气产生过程的影响。实验结果表明:在填埋垃圾中添加污泥起到了接种微生物的作用,加快了有机垃圾的降解与填埋气的产生,产气速率较生活垃圾直接填埋提高30%以上;填埋气中 CH_4 浓度可达到64%;与没有添加污泥相比,填埋气中 CH_4 含量有较大幅度的提高,有利于填埋气的资源化利用,同时也可作为污泥的资源化利用提供经济可行的途径。

关键词:生活垃圾;污泥;混合填埋;填埋气;产气速率

中图分类号:X705

文献标识码:A

随着我国各地大规模填埋场的建设与改造,垃圾填埋气的污染控制与回收利用已成为急待解决的问题。把垃圾填埋场当成巨大的生物反应器,加速填埋场稳定化进程,并对填埋气加以资源化利用是现代卫生填埋的关键技术之一^[1,2]。在填埋垃圾中增加微生物种群,加快有机垃圾的生物降解,可加速填埋场稳定化的进程^[3]。城市污水厂污泥中含有大量微生物,与生活垃圾混合填埋是经济可行的处置方法。本文通过生活垃圾与污泥混合填埋模拟实验,研究了在填埋垃圾中添加污泥对垃圾降解过程及填埋气产生量、产生速率的影响。本文的研究工作,对城市生活垃圾及城市污泥的资源化利用具有积极的参考意义。

1 填埋降解过程实验

1.1 实验装置

本次模拟实验装置如图1所示,模拟填埋柱采用 $\Phi 160$ mm的圆柱形硬质PVC管,管长1.0 m。柱内放置一根 $\Phi 15$ mm,长0.96 m的PVC花管,用来导排垃圾填埋气。柱体顶盖上设有气体收集口,用乳胶管接到湿式气体流量计上。此外,顶盖上还设有渗沥液回灌入口及温度测量孔;填埋柱底部设有渗沥液排出口并装有阀门,垃圾体下部放置一砾石层。顶盖接口处用玻璃胶密封并用螺栓紧固,使其严格密闭以保证填埋柱内的厌氧环境。

1.2 实验材料与实验过程

为了比较添加污泥对垃圾填埋降解过程及填埋气产生的影响,本课题进行了生活垃圾与污泥混合填埋和生活垃圾直接填埋的对比实验。实验垃圾取自重庆市沙坪坝区一城市生活垃圾转运站,垃圾成份为厨余64.6%、纸张8.3%、庭院9.1%、塑料2.8%、无机物15.2%。污泥取自重庆市

* 收稿日期:2002-04-20

基金项目:国家自然科学基金项目(59978053);教育部“春晖计划”资助项目

作者简介:彭绪亚(1963-),男,重庆人,副教授,主要从事固体废物污染控制与资源化研究。

渝北区城南污水处理厂的脱水生污泥,含水率为 0.759 g/g 湿污泥,有机质 VS 含量为 0.497 g/g 干污泥。分别装填入 A、B 两个填埋柱,装填参数见表 1。柱 A 中填入了 13.2 kg 的生活垃圾,柱 B 中填入了 12.15 kg 的生活垃圾和 2.85 kg 脱水污泥,由于填入了一定量的污泥,柱 B 的含水率和 VS 含量与柱 A 不同。为模拟实际填埋场中垃圾体的温度环境,两柱同时放在密闭小室中,用暖风机加热调控房间温度。

实验期间每日记录气体流量、柱内垃圾体温度和小室室温,定期收集渗滤液,测定其化学需氧量 COD_{cr} 和 pH 值,每周定期收集填埋气体,进行甲烷和二氧化碳的含量分析。

1.3 分析方法

实验垃圾及污泥的取样及含水率和挥发固体的分析均按《中华人民共和国城镇建设行业标准》CJ/T3039-95 和 CJ/T96-1999 规定的方法。垃圾填埋气中的甲烷和二氧化碳的测定采用 SC-2000-020GC 气相色谱仪,选用 2 m×3 mm 的不锈钢填充柱, TCD(热导池)检测器,固定相为 60~80 目的 GDX-502,并用 N2000 色谱工作站进行数据分析。气体成分和含量的分析的采样频率是每周一次。每次对每根填埋柱进行 3 组平行样的测定,取其平均值为气体的百分含量。

表 1 实验填埋柱装填参数

项 目	A 柱	B 柱
装填总量(kg)	13.2	15.0
装填体积(m^3)	0.016 1	0.016 1
装填高度(m)	0.91	0.91
密度($kg \cdot m^{-3}$)	820	931
含水率(%)	67.8	70.07
挥发固体 VS(%干重)	56.52	55.50
装填垃圾干重(kg)	4.25	4.60
总有机质量(kg)	2.40	2.55

2 实验结果分析与讨论

2.1 模拟填埋柱的温度变化

在实验期间,对填埋柱垃圾体温度及密闭小室空气温度进行了监测,结果如图 2 所示。由图 2 可见,A、B 两柱产气期间垃圾体平均温度分别为 23.9 °C 和 21.9 °C,均低于小室的平均温度 25.9 °C,两柱的垃圾体温度差别较小,且与小室温度变化基本同步,说明在实验规模下,填埋垃圾厌氧降解产热量较小,垃圾中有机物降解产生的热量对垃圾体温度无明显影响,垃圾体温度主要靠环境向填埋柱的传热来维持,这一点与实际填埋场中的温度情况有较大差异^[4]。由于两柱内垃圾体温度差别较小,表明添加污泥对垃圾体温度无明显影响,温度对产气过程的影响可以忽略。本次对比实验主要考察添加污泥与不添加污泥对垃圾填埋气产生过程的影响。

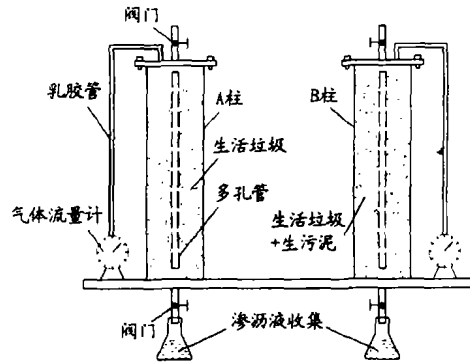


图 1 实验装置示意图

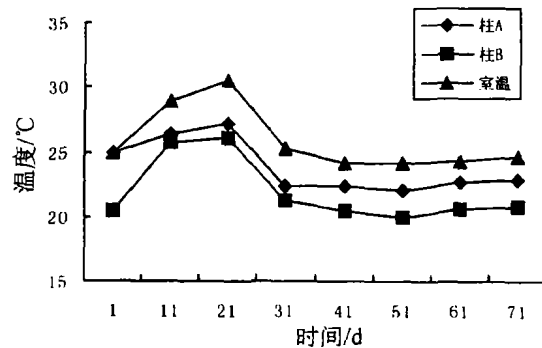


图 2 生产期间填埋柱柱温和室温变化图

2.2 添加污泥对产气量的影响

有机垃圾填埋降解是一个以微生物为中介的、受多种因素影响的动态生物转化过程。填埋气的产生,直接与垃圾体中微生物的数量及种群有关^[5]。污泥中含有大量微生物,加快了有机垃圾的降解,柱B在实验期间的填埋气累积产气量较柱A要高,装填92 d之后,B柱的累积产气量是348.0 L,而A柱只有103.0 L,仅为B柱的1/3。A柱内垃圾含有的有机质为2.40 kg,B柱为2.55 kg,二者相差很小。这表明柱B的单位重量有机质的产气量大大超过了柱A的单位重量有机质的产气量,是柱A的3.2倍,即在相同时间段内,柱B内有机垃圾的降解转化速率较柱A要高(图3)。

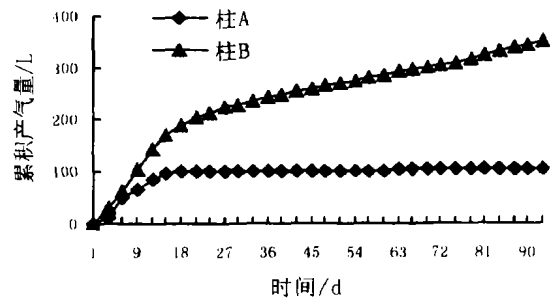


图3 A、B柱填埋气累积产量

B柱的累积产气量比A柱大3.2倍的主要原因是B柱中加入的污水厂污泥起到了接种微生物的作用。由于在填埋产气的过程中,产甲烷菌的生长至关重要,而一些条件(如有机酸的积累)常常抑制它的生长,使产甲烷菌不是在最适宜的条件下生长,产甲烷所需要的条件难以建立起来,而污泥中含有丰富的微生物种群,尤其是厌氧微生物,添加污泥起到了在垃圾堆体中接种厌氧菌的作用,因此可加速有机垃圾的降解,提高填埋产气量;同时污泥中还含有较多的N、P等微生物生长所必需的营养物质,微生物的快速生长,加速了垃圾的降解和填埋气的产生。

2.3 添加污泥对产气速率的影响

从累积气体产量可以计算出A、B两柱的单位时间内的产气量,即气体产气速率。图4反映了A、B两柱填埋气体产生速率的变化情况。

从图4可以看出,A、B柱在垃圾装填后,便很快到达产气峰值,A柱在6 d左右,B柱只要3 d就到达产气高峰。A柱的最高产气速率为15.8 L/d,柱B为21.1 L/d。由于单位重量的有机质更直观地比较出最大产气速率,如果以单位重量的有机质来表示,则A柱的最大产气速率为6.58 L/kgVS·d,B柱的最大产气速率为8.28 L/kgVS·d,柱B比柱A高出25.8%,且更快到达产气高峰。

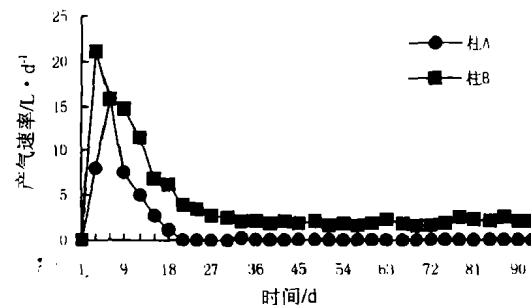


图4 A、B柱填埋气的产生速率

从图4还可以明显地看出,在产气速率到达高峰后,随着厌氧条件逐渐建立起来,两柱的产气速率都是逐渐下降,产气达到稳定状态后,B柱的产气速率仍然在2L/d左右波动,而柱A产气速率则很小。这说明添加污泥不仅能够增加填埋气总的产量,而且还加快了产气速率。因为添加了污泥后,很快使产甲烷菌成为优势菌种并进入甲烷发酵阶段,产甲烷菌在填埋堆体中活跃,缩短了有机酸在填埋堆体中的累积时间,加快了填埋气体的产生^[6,7]。

此外,在实验中观测到,A、B两柱在装填之后一天之内即有填埋气体的产生,并很快达到产气高峰,这说明我国以厨余垃圾为主的生活垃圾填埋产气的滞后时间,比以纸张为主的欧美发达国家的滞后时间短,刘富强等人的实验也得到类似结果^[8]。所以我国垃圾填埋后产气的分布规律与国外垃圾有较大差别,因而积极开展填埋气产生规律及产气量、产气速率的研究十分必要,以为填埋气污染控制与回收利用工程实践提供基础数据。

2.4 添加污泥对气体成分和含量的影响

图5和图6给出了A、B两柱填埋气体成分随时间的变化。

从两图可以看出,在填埋8周后测定气体成分时,就没有检测到 O_2 ,可见两柱已经进入了厌氧产甲烷阶段。同时,从两图中还可以看出,柱A产生的填埋气中 CH_4 含量从开始的22.17%到第15

周的42.65%,甲烷含量逐渐升高;相应地,CO₂含量逐渐下降,从77.83%到57.35%。而柱B填埋气中CH₄含量直比较稳定,一直保持在62%~67%范围内;实验期间柱A中甲烷平均含量为35%,CH₄和CO₂的比例约为0.54:1;柱B中甲烷平均含量为64.03%,CH₄和CO₂的比例约为1.78:1。这说明柱B比柱A更早进入稳定产甲烷阶段。可见加入污泥可使垃圾降解过程更快进入稳定产甲烷阶段,填埋气中甲烷含量显著增加且成份稳定,提高了填埋气的品质,有利于填埋气的资源化利用。

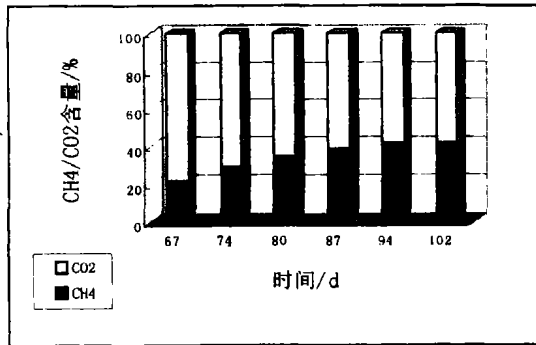


图5 柱A填埋气组成及随时间的变化

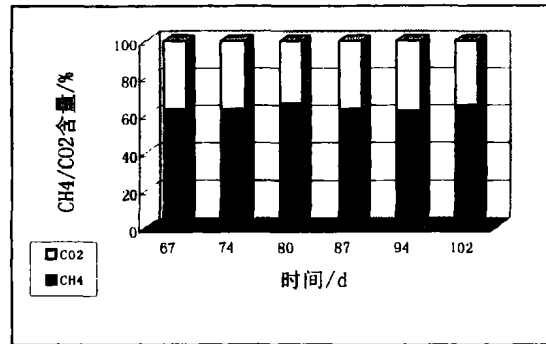


图6 柱B填埋气组成及随时间的变化

3 结论及建议

通过对比实验结果的分析 and 讨论,可以得出以下的结论:

1) 在填埋垃圾中加入污水厂污泥,起到了接种微生物的作用,能加快填埋垃圾中有机物的降解与填埋气的产生。填埋气产生的总量和产气速率都较不添加污泥有较大幅度的提高。在本次对比实验中,添加了污泥的填埋柱的单位重量有机质的产气量为136.5 L/kgVS,是没有添加污泥的填埋柱的3.2倍;其最大产气速率为8.28 L/kgVS·d,也大于没有添加污泥的填埋柱的6.58 L/kgVS·d,且更快到达产气高峰;

2) 污泥与生活垃圾混合填埋,可使垃圾降解过程更快进入到稳定产甲烷阶段,还能够大大增加填埋气体中CH₄的含量。本次实验中没有添加污泥的填埋柱填埋气中CH₄含量在装填后8周的22%逐渐上升,到第15周的42.65%,而后保持相对稳定的状态;添加污泥的填埋柱填埋气中CH₄含量从8周开始一直保持在62%以上。填埋气中CH₄含量增加,对于填埋气的回收利用有重要的实际意义。

参考文献:

- [1] D. P. Komilis, R. K. Ham, R. Stegmann. The effect of landfill design and operation practices on waste degradation behavior: a review[J], Waste management & research, 1999, 17: 20 - 26.
- [2] 彭绪亚,等. 垃圾填埋气的产生及其影响因素分析[J]. 重庆建筑大学学报, 1999, 21(6): 66 - 69.
- [3] M. A. Barlaz, D. M. Schaefer, R. K. Ham. Bacterial population development and characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill[J]. Applied and environmental Microbiology, 1989, 55(1): 55 - 65.
- [4] F. Chaiampo, R. Contiani D. Cometto. Morphological characterization of MSW landfill[J]. Resources, Conservation and Recycling, 1996, 17: 37 - 45.
- [5] 杨琦,等. 垃圾填埋场的厌氧降解作用及其微生物类群[J]. 中国沼气, 1997, 15(3): 7 - 10.
- [6] M. A. Barlaz, et al. Methane production from municipal refuse: a review of enhancement techniques and dynamics[J]. critical review in environmental control, 1990, 19: 557 - 584.
- [7] Parkin, G. F., and Owen, W. F.. Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludges[J]. Journal of Environmental

Engineering, ASCE 1986, 112(5):867 - 920.

- [8] 刘富强,唐薇,聂永丰.城市生活垃圾填埋的产气过程实验研究[J].中国沼气,2001,19(1):22 - 26.
[9] 黄文雄.垃圾填埋气产生过程与产气量预测模型的研究[D].重庆:重庆大学硕士学位论文,2001.

Experimental Simulation of Landfill Gas Production from MSW Co - disposed with Wastewater Sludge

PENG Xu - ya, HUANG Wen - xiong, YU Yi

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: In this paper, the landfill gas generation process was investigated by a landfill lysimeter of municipal solid waste (MSW) co - disposed with wastewater sludge. The experimental results show that the wastewater sludge played a role of inoculation in MSW degradation process and accelerated organic waste decomposition. Compared with the MSW landfill alone, the landfill gas generation rate of MSW co - disposed with sludge was higher by about 30%. The average CH₄ content in landfill gas reached 64%, which was much higher than in case of MSW landfill alone and useful for landfill gas utilization. It is also proved that co - disposal of sludge with MSW is a good choice for beneficial use of sludge.

Keywords: municipal solid waste; wastewater sludge; landfill; landfill gas; generation rate

(上接第 24 页)

Curvature Force Method for Nonlinear Analysis of Prestressed Concrete Frame

JIAN Bin, CHEN Ping - you, WANG Zheng - lin

(Faculty of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: In this paper, based on the structure characters and load applying means, a method called as curvature force method is put forward and proved in the nonlinear analysis of bonded prestressed concrete frame. Based on the nonlinear program, the simulation calculation was carried out on test results of two prestressed concrete frames by this method. The results from calculation are identical with the experiment ones. So it may be added to the methods for the nonlinear analysis of prestressed concrete frame.

Keywords: prestressed concrete frame; nonlinear analysis; curvature force method