

城市生活垃圾填埋场产气规律研究

Study on the Generation Law of Gases from Municipal Solid Waste Landfill Site

黎青松 郭祥信 (建设部城市建设研究院, 北京 100029)

Li Qingsong Guo Xiangxin(China Academy of Urban Construction, Beijing 100029)

梁顺文 (深圳市环境卫生管理处, 深圳 518001)

Liang Sunwen(Shenzhen Administration of Environmental Sanitation, Shenzhen 518001)

摘要 目的 研究城市垃圾填埋气体成分及产气规律。方法 通过深圳市玉龙坑垃圾填埋场现场抽气试验及理论计算。结果 场区内填埋气体含量分别为CH₄62.2%、O₂1.0%、CO₂34.7%、其余气体2.1%;理想条件下填埋场的产气量为188.7m³/t,垃圾产气率方程为R_i=21.5e^{-0.12t},并计算填埋场历年的产气量。结论 填埋场目前正处于产气高峰期,整个产气过程约持续30a才能达到稳定、无害化。

关键词: 城市生活垃圾 填埋气体 成分 浓度 产气量 产气速度

Abstract Study on the generation law of gases produced from municipal solid waste landfill site and their components have been conduct in Shenzhen city. The result showed that the landfill gases consisted of CH₄, O₂, CO₂ and other gases, and the concentration of these gases were 62.20%, 1.0%, 34.7% and 2.1% respectively. Under ideal conditions, the generation amount is 188.7m³/t, the generation rate equation is R_i=21.5e^{-0.12t}, and the annual gas generation amount has also been calculated. Nowaday, the gas generation is on the peak, the whole generation process may be stable and harmless for about 30 years.

Key words: Municipal solid waste Landfill gas Component Concentration Gas generation amount Gas generation rate

1 概述

对城市生活垃圾填埋场产生的大量填埋气体(LFG),国外的控制回收利用技术已经成熟,且有广泛的应用^[1,2]。本文以深圳市玉龙坑垃圾填埋场为例,通过现场打井抽气试验,研究了填埋气体成分及LFG产气规律,为玉龙坑垃圾填埋气体的安全控制与回收利用提供了技术参数。

2 场地与试验方法

2.1 试验场地

深圳市玉龙坑垃圾填埋场自1983年起使用至今已13年。场区垃圾占地约10万m²,垃圾填埋总量约470万t。场区垃圾堆体形成高程分别为100m以上和90m以下的两个平台。高平台涵盖了各个填埋时期的垃圾,垃圾厚度大,最深处大于70m,有机物含量高,气体产生量大。因此本次试验的抽气井位置定在填埋场高垃圾平台上。

2.2 试验方法

本次试验建立抽气井1座,监测井8座。抽气井直径为0.6m,中间预埋管径100mm的PVC花管,花管周围回填易于气体渗透的介质(碎石),回填高度超过花管孔眼部分,距地面以下1m用混凝土密封,起固定作用及防止气体渗漏,如图1。

监测井直径为0.4m,在不同高度预埋两根管径15mm的镀锌铁管,管下端为花管,花管高度为0.5m中间大约在10m处用0.5m厚的压实粘土分开,距地面以下1m用粘土密封,如图2。

抽气井和监测井的平面布置如图3。

用抽气泵对抽气井进行连续抽气,调整抽气压力,控制O₂含量不超过2%,当抽气流量达到稳定状态后,垃圾产气和抽气达到平衡,此时填埋气体中CH₄含量稳定,相应的气体流量即为抽气井的抽气流量;同时可根据8座监测井的压力变化判断抽气井的压力影响范围,找出抽气井的作用半径。

建设部科技司垃圾填埋场技术研究,编号98W 007。

第一作者黎青松,男,1971年生,1997年毕业于清华大学,硕士,助工。

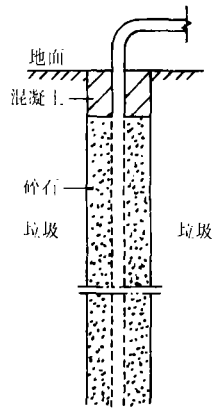


图1 抽气井垂直剖面示意
Figure 1 the Vertical Section of Extraction Well

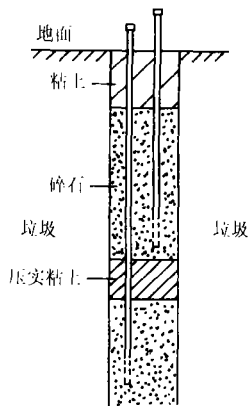


图2 监测井垂直剖面示意
Figure 2 the Vertical Section of Detection Well

利用便携式填埋气体成分分析仪(GEM-500型, LANDTEC公司), 测试填埋气体成分(仪器精确度为±0.5%, 每次测试前均用标准气体进行标定)。根据抽气范围内的气体产量, 可确定产气速率常数, 从而获得玉龙坑垃圾填埋场的产气速率模型。

3 试验结果

3.1 填埋气体成分

抽气稳定后测得的填埋气体成分浓度平均值为CH₄62.2%, O₂1.0%, CO₂34.7%, 其余(N₂, CO, H₂S等)2.1%。

表1 深圳市垃圾成分及有机物含碳量¹⁾(%)

Table 1 Components and Contents for Organic Carbon of MSW in Shenzhen City¹⁾

项目	有机物 (75.15%)					无机物 (24.85%)			含水量
	纸类	织物	塑料橡胶	竹木	厨余	陶土	金属	玻璃	
比例P _i	8.5	3.57	10.73	5.19	47.16	21.0	1.32	2.53	46.6
含碳量C _i	0.435	0.55	0.80	0.495	0.48				

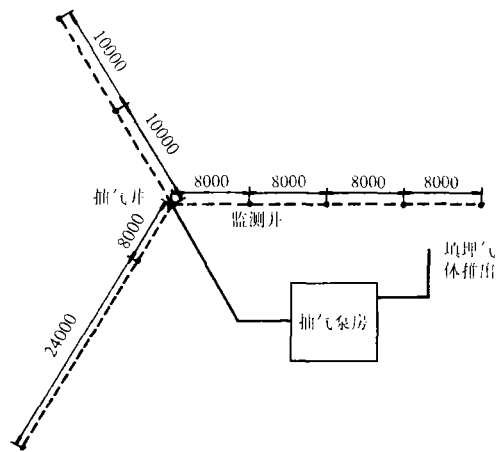


图3 抽气井和监测井的平面布置示意
Figure 3 the Plan of Extraction Well and Detection Well

3.2 垃圾理论最大产气量 G_M

有许多计算填埋场产气量的方法^[3], 其中最基本的方法是有有机碳法, 它是根据垃圾中有机碳含量和有机碳转化为填埋气体的比例来计算垃圾场最大产气量。其方法如下:

$$W_i = K_i P_i (1 - M) C_i \quad (1)$$

式中, W_i—单位质量垃圾中可分解为填埋气体的含碳量;

P_i—垃圾组分中有机物含量;

K_i—有机物含量修正系数(约2/3);

M—垃圾含水量(%);

C_i—垃圾中有机物组分含碳量;

由于在标准状态下, 12g 碳可转化为气体 22.4L, 则单位质量垃圾在标态下可分解为填埋气体体积 G_M:

$$G_M = K_2 \sum_{i=1}^5 W_i / 12 \times 22.4 \quad (2)$$

式中, G_M—填埋气体体积;

K₂—修正系数(约 0.9)。

深圳市垃圾组分及有机物含碳量如表 1。通过计算, 可得玉龙坑垃圾场填埋气体理论最大产量 G_M=235.9m³/t。由于场内实际厌氧条件垃圾的均匀性与理论上有很大差别, 取理论值的 80%计算, 即有:

$$G_M = 188.7 \text{ m}^3/\text{t} \quad (3)$$

4 填埋气体产气率

填埋气体产气率是指在单位时间内单位重量垃圾的产气量。垃圾的产气与垃圾成分、外界环境等诸多因素有关,对于不同的填埋场,LFG的产气率变化较大。因此选定合适的产气数学模型尤为重要。根据国外产气数学模型的发展^[3,4-8],目前应用最多的是指数模型^[9],该模型假设城市生活垃圾在厌氧条件下产气很快达到最大,随后以指数规律下降,即:

$$R_i = KG_M e^{-Ki} \quad (4)$$

式中, R_i —填埋气体产生速率(m^3/ta);

K —产气速率常数;

G_M —垃圾理论最大产气量(m^3/t);

i —垃圾填埋年限(a);

对于填埋场来说,每年的填埋气体产生量均遵循上式,则填埋场第 P 年封场前,第 i 年的填埋气体产生量为:

$$G_i = \sum_{j=0}^{i-1} W_j KG_M e^{-K(i-j)} \quad i=1,2,3 \dots P; \quad (5)$$

式中, W_j — j 年的垃圾填埋量, $j=0, 1, \dots, P-1$; 填埋场封场后第 i 年的填埋气体产生量为:

$$G_i = \sum_{j=0}^P W_j KG_M e^{-K(i-j)}, \quad i=1,2,3 \dots N; \quad (6)$$

式中, N —填埋场终场年限。

根据抽气试验结果,当抽气流量稳定后,在抽气井的作用范围内垃圾的产气和抽气达到平衡,

$$Q = \pi r^2 h \gamma R_{14} \quad (7)$$

式中, Q —抽气流量($2.354m^3/min$);

r —抽气井作用半径(28m);

h —垃圾深度(50m);

γ —垃圾比重(0.9);

R_{14} —1997年垃圾的产气速率。

则: $R_{14} = Q / \pi r^2 h \gamma$, 计算可得 $R_{14} = 11.2(m^3/ta)$ 。

1997年玉龙坑垃圾填埋场垃圾总量 W_{14} 约为476万 $t^{1)}$ 则 G_{14} 为:

$$G_{14} = W_{14} \times R_{14} = 53312(\text{万 } m^3/a) \quad (8)$$

将式(3)、(8)以及填埋场封场前历年的垃圾填埋量¹⁾,代入式(6),经过数值计算可得 $K=0.12$ 。则玉龙坑填埋场垃圾产气率的数学模型为:

$$R_i = 21.5e^{-0.12i} \quad (9)$$

将上式代入式(5)、(6)可算出玉龙坑填埋场历年的填埋气体产生量,如图4。

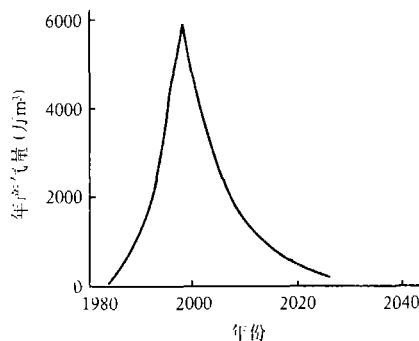


图4 玉龙坑填埋场历年产气量
Figure 4 The LFG output per year of Yulongkeng landfill site

从图4可见,填埋场目前正处于产气高峰,随着时间的推移,产气量慢慢下降,约30a后,垃圾产气逐渐停止,整个填埋场趋于稳定化、无害化。

5 结论

玉龙坑垃圾填埋场的填埋气体成分为 $CH_4 62.2%$, $O_2 1.0%$, $CO_2 34.7%$, 其余气体 2.1%; 该填埋场的垃圾理论产气量为 $188.7m^3/t$, 产气率数学模型为 $R_i = 21.5e^{-0.12i}$; 填埋场目前正处于产气高峰期,整个产气过程约持续30a 填埋场才能达到稳定、无害化。

6 参考文献:

- Schumacher M M. Landfill Methane Recovery. New Jersey, U. S. A: Noyes Data Corporation, 1983.
- Nyns E J and Gendebien A. Landfill Gas: From Environment to Energy. Wat. Sci. Tech., 1993, 27(2):253-259.
- Gardner N and Probert S D. Forecasting Landfill-Gas Yield. Applied Energy, 1993, 44:131-163.
- Emcon. Methane generation and recovery from landfills. EMCON Associates, San Jose, CA: Ann arbor, 1980, 44-51.
- Hoeks J and Oosthoek J. Gas production from landfills. Gas(The Netherlands), 1981, 101:563-568.
- El-Fadel M and Findikakis A J. A numerical model for methane production in managed sanitary landfills. Waste Management and Research, 1989, 7:31-42.
- Zison S. Landfill gas production curves: myths vs. Reality. in Proceedings of GRCDA/SWANA Landfill Meeting, Canada:Vancouver, 1990, 85-90.
- Augenstein D and Pacey J. Modeling Landfill Methane Generation. Third International Landfill Symposium, Cagliari, Italy: CISA, 1991, 115-148.
- Christensen T H, Cossu R and Stegmann R. Landfilling of Waste: Biogas. London: E&FN Spon, 1996, 237-265.

责任编辑 钟月华 (收到修改稿日期:1999-03-05)

1) 深圳市环境卫生设施总体规划,深圳市环境卫生管理处,1996年。