

城市生活垃圾填埋场沼气发电技术研究

张俊超, 何显荣, 林青, 郝志新, 李慧勇, 张闯 (北京华泰润达节能科技有限公司, 北京 100192)

摘要 以北京市六里屯生活垃圾填埋场为研究对象, 探讨了利用该填埋场沼气发电的可行性, 介绍了沼气发电的工艺及技术要求, 并在此基础上分析了沼气发电所产生的环境效益和经济效益, 最后提出了垃圾填埋场沼气发电存在的问题和建议。

关键词 垃圾填埋场; 填埋气; 沼气发电; 沼气收集

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)01-00295-02

Study on Biogas Power Generation Technology in City Life Garbage Landfill Site

ZHANG Jun-chao et al (Beijing Huatairunda Energy Saving Technology Co., Ltd, Beijing 100192)

Abstract With Liulitun sanitary landfill site in Beijing as research object, the feasibility of landfill biogas power generation was discussed, the process and technical requirements were introduced, on the basis of this, the environment and economic benefits were produced with the biogas power generation, the problems and suggestions of landfill biogas power generation were proposed at last.

Key words Landfill site; Landfill gas; Biogas power generation; Biogas collection

沼气是一种以 CH_4 (50% ~ 60%) 和 CO_2 (30% ~ 40%) 为主的可燃混合气体, 其中, CO_2 是一种温室气体, 可造成全球变暖。资料表明, CH_4 的温室效应是当量体积的 CO_2 的 21 倍^[1-2]。这些气体的排放一方面可造成全球温度升高, 另一方面影响周边生态环境及居民的身体健康, 同时还存在着爆炸的安全隐患。研究发现, 城市生活垃圾填埋场是 CH_4 的主要产生场所之一, 全世界每年 CH_4 排放量约为 5 亿 t, 其中约 2 200 ~ 3 600 万 t 来自城市生活垃圾填埋场, 美国城市生活垃圾填埋场沼气排放量占总排放量的 37%^[3]。在我国, 垃圾填埋是处理城市生活垃圾的主要工艺, 占垃圾处理总量的 90% 以上。这些垃圾填埋场每年产生的沼气如果得不到有效的处理将会对生态环境和人们的身体健康产生危害^[4]。

资料表明, 城市生活垃圾在填埋场生命周期内产生的沼气约为 100 ~ 200 m^3/t , 其中 CH_4 占 40% ~ 60%, 热值为 18.81 ~ 22.99 MJ/m^3 , 说明城市生活垃圾填埋场沼气是一种利用价值较高的清洁能源^[5-6]。因此如何将这些沼气回收利用是一个亟待解决的问题。在国外对填埋场沼气的使用以将其转换成热能和发电为主, 且技术比较成熟^[7-8], 而我国在这方面的技术起步较晚, 直到 1998 年在浙江杭州天子岭垃圾填埋场建立了首座示范性垃圾填埋气发电厂, 在十几年的发展中, 我国填埋场沼气发电技术得到了广泛的应用, 成为填埋场沼气处理的主要发展方向^[9]。笔者以北京市六里屯生活垃圾填埋场为研究对象, 对利用垃圾填埋场沼气发电进行了系统的分析介绍, 以期以后利用填埋场沼气发电提供科学理论依据及工程实际经验。

1 北京市六里屯垃圾填埋场概况

六里屯生活垃圾填埋场是北京市市区继阿苏卫、安定、北神树之后, 新建的第 4 座垃圾填埋场。该场服务面积为海淀区 426 km^2 , 服务人口 150 万人。该垃圾填埋场总占地面积为 46 hm^2 , 其中厂前区占地 12 hm^2 , 填埋区占地 34 hm^2 。

作者简介 张俊超(1984-), 男, 河北邯郸人, 助理工程师, 硕士, 从事城市固体废弃物和沼气资源利用研究, E-mail: zjcfly@163.com。

收稿日期 2012-11-12

于 1999 年 9 月 25 日竣工并投入使用, 设计使用年限 20 年, 封场年份为 2020 年, 该场设计容积为 1 200 万 m^3 , 日填埋量为 1 500 t, 每年接收填埋垃圾约 55 万 t。

2 六里屯垃圾填埋场沼气发电可行性分析

准确预测垃圾填埋场沼气的产生量, 对沼气收集、处理方式及发电机组的选择都有重要的影响。但对于覆盖面积大、日收集垃圾量变化较大的填埋场, 要准确预测沼气的产生量则更加困难, 目前, 我国对于垃圾填埋场沼气产生量的预测大都是直接利用国外的经验模式和参数^[10]。对于已知(或可估计)每年生活垃圾填埋量的填埋场, 其计算模型采用美国环境保护局填埋气排放模型(LandGEM)中的公式估算年填埋气产生量^[11]:

$$Q_M = \frac{1}{C_{\text{CH}_4}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) (e^{-kt_i})$$

式中, Q_M 为最大预计填埋气产生量 ($\text{m}^3/\text{年}$); i 表示某年; n 为计算时的年份与开始接收垃圾的年份之差; j 为每 1/10 a; k 为甲烷产生率 ($1/\text{a}$); L_0 为最终甲烷产生潜力 (m^3/t); M_i 为第 i 年里填埋的垃圾量 (t); t_{ij} 为第 i 年里填埋的第 j 部分垃圾的年龄; C_{CH_4} 为甲烷浓度 (以体积算)。

由表 1 可知, 开始接收垃圾的年份为 1999 年, 年填埋垃圾量为 55 万 t, 甲烷产生率 k ($1/\text{a}$) 取 0.06, 最终甲烷产生潜力 L_0 取 70 m^3/t , 收集效率取 75%, 预计封场年份为 2020 年。基于六里屯生活垃圾填埋场现状及相关数据可得, 发电是六里屯垃圾填埋场的首选方案。由表 1 可知, 填埋场中填埋气的产量随着垃圾填埋量的增加而上升, 在封场前达到最高值, 2012 年填埋气的产量高达 5 702 Nm^3/h , 可收集的产气量为 4 277 Nm^3/h , 气体产量在封场后的 2021 年达到最高值 7 302 Nm^3/h , 可收集的产气量为 5 477 Nm^3/h 。后期随着沼气产量的减少, 则可相应地减少发电机组的运行。

3 六里屯垃圾填埋场沼气发电生产能力及工艺流程

3.1 生产能力 根据六里屯垃圾填埋场沼气的产生量, 发电厂的设计生产能力为 5 台装机容量为 2 000 kW 的“道依茨”发电机组, 总装机容量为 10 MW。如果按实际装机容量满负荷运行, 该电厂生产能力为每天发电 24 万 kWh, 其中预

留5%电厂自用,还有22.8万kWh电量可以并网。这些电由北京市供电局以0.55元/kWh的价格收购。但在填埋场的填埋前期及后期,沼气气源不足,实际发电量则可能低于理论计算值。

表1 填埋气产量估算结果

年份	年填埋垃圾量 t	垃圾总量 t	日产气量 m ³ /h	收集率 %	日收集量 m ³ /h
2004	550 000	3 300 000	2 908	75	2 181
2005	550 000	3 850 000	3 362	75	2 522
2006	550 000	4 400 000	3 782	75	2 836
2007	550 000	4 950 000	4 169	75	3 127
2008	550 000	5 500 000	4 527	75	3 395
2009	550 000	6 050 000	4 857	75	3 643
2010	550 000	6 600 000	5 162	75	3 871
2011	550 000	7 150 000	5 443	75	4 082
2012	550 000	7 700 000	5 702	75	4 277
2013	550 000	8 250 000	5 942	75	4 457
2014	550 000	8 800 000	6 163	75	4 623
2015	550 000	9 350 000	6 368	75	4 776
2016	550 000	9 900 000	6 556	75	4 917
2017	550 000	10 450 000	6 730	75	5 048
2018	550 000	11 000 000	6 891	75	5 168
2019	550 000	11 550 000	7 039	75	5 279
2020	550 000	12 100 000	7 176	75	5 382
2021	0	12 100 000	7 302	75	5 477
2022	0	12 100 000	6 741	75	5 056
2023	0	12 100 000	6 223	75	4 667
2024	0	12 100 000	5 744	75	4 308
2025	0	12 100 000	5 303	75	3 977
2026	0	12 100 000	4 895	75	3 671
2027	0	12 100 000	4 519	75	3 389
2028	0	12 100 000	4 171	75	3 128
2029	0	12 100 000	3 851	75	2 888
2030	0	12 100 000	3 554	75	2 666
2031	0	12 100 000	3 281	75	2 461

3.2 工艺流程 沼气从填埋场到内燃发电机组要经过脱硫净化和预处理两个系统(图1)。首先,从填埋场收集到的沼气经过过滤栅将其中的大颗粒杂质去除,然后进入脱硫净化系统,这是因为气体中硫化氢的存在对发电机组及整个系统的正常运行构成威胁,经脱硫的气体中硫化氢的含量小于50 mg/kg。脱硫净化后的气体通过预处理系统的粗过滤,将气体中最大粉尘粒径减小到30 μm以下,再经过气液分离器和精过滤,最后得到最大粉尘粒径小于3 μm、含水率小于80%的气体,经储气缓冲罐输送到内燃机发电机组,由热能产生机械能,最后转化为电能,并入电网。

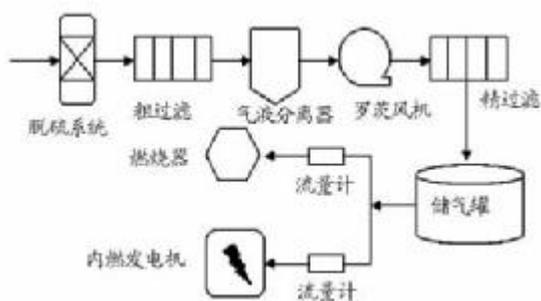


图1 沼气发电流程图

4 生态环境和经济效益分析

4.1 生态环境效益 沼气是一种无色、无味且易燃的气体,将其收集、净化并燃烧进行发电,一方面减少了其扩散对周边生态环境和居民身体健康的影响,另一方面减少了温室气体的排放,对北京市的可持续发展做出了重大的贡献。北京市六里屯垃圾填埋场沼气发电厂每台发电机组年耗气量为 $8.67 \times 10^6 \text{ m}^3$,预计5台发电机组均正常运行,则年耗气量为 $4.38 \times 10^7 \text{ m}^3$,其中 CH_4 的含量为55%,由此可以计算出利用填埋气体发电后相当于可减少 CO_2 的排放量为 $3.60 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。

4.2 经济效益 城市生活垃圾填埋场沼气发电不仅可以减少温室气体的排放,保护了生态环境,同时还会产生可观的经济效益,北京市六里屯垃圾填埋场沼气发电厂预计每年上网发电量为6480万kWh,按0.55元/kWh计算,年可获效益4200.00万元,扣除相应费用及税金后可实现净收入为1905.00万元。

5 问题与建议

(1)利用城市生活垃圾填埋场沼气发电既减少了温室气体的排放,同时产生一定的经济效益,但由于垃圾填埋场渗滤液较多、水位较高,减少了沼气的释放量,影响机组发电量。

(2)填埋场沼气的产生量和产气速率与垃圾的成分有关,而我国垃圾成分与国外国家差别较大,照搬国外的垃圾产气模型可能存在一定的误差,因此应加快建立符合我国垃圾特性的产气量估算模型和相关参数。

(3)相关部门应加强对垃圾填埋场沼气的适应性进行研究产业化开发,加快垃圾填埋场沼气发电技术的应用推广。

参考文献

- [1] ALLEN M R, BRAITHWAITE A, HILLS C C. Trace organic compounds in landfill gas at seven UK waste disposal sites [J]. Environmental Science Technology, 1997, 31: 1054 - 1061.
- [2] 陈家军, 张俊丽, 裴照滨. 垃圾填埋二次污染的危害与防治 [J]. 安全与环境学报, 2002, 2(3): 27 - 30.
- [3] BOGNER J E, SPOKAS K A, BURTON E A. Kinetics of methane Oxidation in a Landfill Cover Soil: Temporal Variations, a Whole Landfill Oxidation Experiment, and Model in go of Net CH_4 Emissions [J]. Environ Sci Echnol, 1997, 31: 2504 - 2514.
- [4] 简弃非. 沼气燃料电池及其在我国的应用前景 [J]. 中国沼气, 2003, 21(3): 32 - 34.
- [5] 徐新华. 垃圾中甲烷产率计算及全国垃圾甲烷气资源估算 [J]. 自然资源学报, 1997, 12(1): 12 - 15.
- [6] 廖祚洗. 垃圾填埋场气体的收集和利用探讨 [J]. 有色冶金节能, 2002, 19(4): 29 - 32.
- [7] 高云超. 我国农村户用型沼气的发展历程及现状分析 [J]. 广东农业科学, 2006(11): 22 - 27.
- [8] 颜丽. 沼气发电产业化可行性分析 [J]. 太阳能, 2004(5): 12 - 15.
- [9] 钟瑾, 朱庚富. 垃圾发电技术综述 [J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(10): 27 - 30.
- [10] 阳晶, 马晓茜. 填埋场沼气发电的温室气体减排效益分析 [J]. 环境污染与防治, 2006, 28(6): 461 - 464.
- [11] GENDEBIEN A. Landfill-gas from environment to energy [R]. Report of the Commission of the European Communities, EUR 14017/1 EN, 1992.