

垃圾填埋气的资源化利用

张 斌¹, 魏绪玲², 刘宝勇¹, 李 刚¹

(1. 兰州交通大学 化学与生物工程学院, 甘肃 兰州 730070 2 中国石油 兰州化工研究中心, 甘肃 兰州 730060)

摘 要: 垃圾填埋气对环境污染巨大, 但同时是一种可利用的资源。介绍了填埋气的组成和危害, 总结了填埋气的净化; 详细介绍了发电、加热燃料和民用燃料、汽车动力燃料等资源化利用方式。最后, 对填埋气的利用进行了展望。

关键词: 垃圾填埋气; 资源化利用; 燃料

中图分类号: TQ09

通过填埋法处理的生活垃圾数量约占我国生活垃圾总量的九成。由于垃圾中含有大量的有机质, 其在填埋环境下经微生物厌氧降解, 产生大量的填埋气。垃圾填埋气会对环境造成巨大的污染, 但同时又是一种可以利用的资源, 合理利用可以变废为宝。垃圾填埋气的资源化利用是目前城市固体垃圾处理过程中亟需解决的问题之一。发达国家 20 世纪 70 年代开始研究填埋气利用, 80 年代开始利用填埋气, 而我国对垃圾填埋气的利用则处于刚刚起步阶段。

1 垃圾填埋气的组成和危害

垃圾填埋气 (Landfill Gas) 是可回收利用的资源, 其主要成分是甲烷和二氧化碳, 此外还有少量其他气体, 如硫化氢、氮气等。Allen 等^[1] 研究发现存在 140 种以上的成分, 90 种以上普遍存在。垃圾填埋气的成分受到很多因素的影响, 包括垃圾组成和特性、填埋方式和处理方式、填埋深度、填埋区的外部条件及垃圾所处产气阶段等。文献中垃圾填埋气的典型组成见表 1。

表 1 垃圾填埋气的组成

| 成分 | CH ₄ (%) | CO ₂ (%) | O ₂ (%) | N ₂ (%) | H ₂ S (ppm) | 备注 |
|----|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----|
| 比例 | 41~48 | 32~40 | 0.1~0.5 | 15~20 | 103.0 | [2] |
| 比例 | 47~57 | 37~41 | <1 | <1~17 | 36~115 | [3] |
| 比例 | 44 | 40.1 | 2.6 | 13.2 | 250 | [4] |

若对填埋气的迁移和聚集不加控制, 则在填埋场中极易引起火灾或爆炸; 同时, 填埋气的释放会对填埋场周围的动植物造成生态危害, 氧气的缺失造成动植物的死亡; 此外, 填埋气的主要成分甲烷和二氧化碳是造成温室效应的主要成分, 而且甲烷对温室效应造成的影响是二氧化碳的 21 倍。

我国垃圾中食品等易降解成分含量很高, 通常在 50% 左右, 纸张含量相对较少; 同时含水率相对较大, 含水率一般为 40% ~ 60%, C/N 较低, 约为 20: 1, 对厌氧发酵有利^[5]。由此造成了在填埋过程中产气速率较快, 并能迅速到达产气高峰, 然后快速下降。

填埋气是一种可再生能源, 对其加以利用既可以减轻垃圾处理过程中对环境的污染, 又可以变废为宝, 充分利用资源, 节省不可再生的化石燃料, 获得经济效益。

2 净化

LFG 的净化是其资源化利用的第一步, 经过净化可以除去气体中的有害组分和惰性组分, 提高气体纯度, 不同的利用途径对净化有不同的要求。净化的方法主要有两个: 一是对气体进行有害组分脱除, 一是采取措施控制填埋气提取过程, 使气体纯度提高。

垃圾填埋气的净化方式主要有溶剂吸收、吸附分离、膜分离和生物净化等。溶剂吸收多采用活化热钾碱法、烷基醇胺法和物理-化学吸收法等。杨卫国等^[6] 利用多胺法净化填埋气, 可以有效除去二氧化碳, 净化气完全符合作为汽车燃料的车用压缩天然气国家标准 GB18047-2000 的要求, MEDA 的吸收温度一般选择 55℃ 左右, 最佳气液比在 13~16 之间。

3 发电

填埋气发电是指通过燃气发电机将填埋气有效组分的化学能转化为电能。这一技术较为成熟, 是目前国内外利用填埋气的主要方式。采用燃气发电

机或沼气发电机发电, 与其他方式相比成本低, 所发电力可以并网输送, 不受用户的限制。我国的广州、上海、杭州、苏州和济南都已经建成并运行了填埋场

发电设施、运行状况良好。填埋气发电典型流程图见图 1。

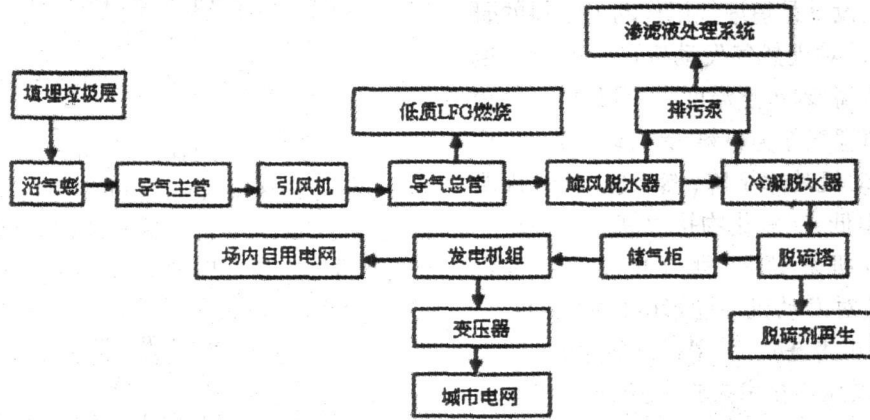


图 1 填埋气发电典型流程图^[7]

上海老港垃圾填埋场的垃圾填埋气发电采用热气机发电机组; 热气机发电机组是一种能利用多种热源的热电转换装置, 采用气缸外燃烧, 具有对可燃气体前处理要求低、耐腐蚀性强、维护成本较低等的优点, 非常适合垃圾填埋气的回收利用^[8]。

国内填埋气发电主要采用进口机组, 但其价格昂贵, 维修保养费用高, 而国内项目的运营期一般只有 10 年, 采用进口机组使项目的经济效益受到显著影响。济南垃圾填埋气发电项目首先采用了国产设备, 运行表明国产设备具有很高的性价比, 更适合我国的垃圾填埋气发电^[9]。

学吸附过程, 采用碳分子筛 3K (Takeda) 为吸附剂。结果表明产品中甲烷含量超过 96%, 回收率超过 75%, 符合管道气的要求。

姜振华等^[11]针对大气式燃烧器在燃烧垃圾填埋气时的火焰稳定特性进行了实验研究, 设计了一种结构简单、效果明显的填埋气火焰稳定装置。试验表明, 稳焰装置对填埋气大气式燃烧器的稳定燃烧有较大的影响。火焰稳定装置可显著提高填埋气燃烧器的脱火极限, 对燃烧排放有一定的积极影响, 对其他热值较低、火焰传播速度较小的燃气稳定燃烧能起到较好的作用。

4 加热燃料和民用燃料

垃圾填埋气可以直接作为锅炉、窑炉的加热原料。而净化后与城市煤气混合则可以作为民用燃料。用途的不同由填埋气热值决定, 一般热值高时用作管道气, 热值低时用作加热燃料。这一方面的研究主要集中于采用单独燃烧或与其他燃料混燃的方式燃烧效果。

填埋气经变压吸附可以升级为管道气, Cavenati 等^[10]利用真空变压吸附升级填埋气, 此过程为动力

5 汽车动力燃料

填埋气经采集、输送、净化和压缩可以作为车用燃料使用。鞍山垃圾场填埋气利用示范工程利用方式就是制取汽车燃料。甲烷和二氧化碳混合气体作为汽车燃料是一般要求甲烷含量超过 50%。净化后的填埋气成分与天然气类似, 这决定了天然气发动机经适当改造可以使用填埋气作为燃料。垃圾填埋气制取动力燃料流程见图 2。

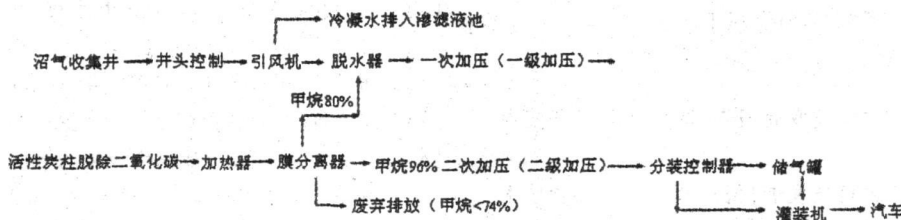


图 2 垃圾填埋气制取动力燃料流程^[12]

Rasi 等^[13]在高径比为 3: 1 的吸收塔中采用较高压力和较低水流量, 利用逆流水洗升级填埋气

为动力燃料,发现产品中甲醇含量达到或超过 90%,二氧化碳含量在 3%~4% 之间变化,硫化氢检测不到,该产品气体满足动力燃料要求。

发动机的开发设计是填埋气用作动力燃料的研究热点,一般是通过对天然气发动机进行改造。填埋气燃料的辛烷值高、着火点温度高,因此可采用较高的压缩比。将填埋气作为燃料,具有以下缺点:热值比天然气低,发动机功率下降;燃烧速度低,排温高,可靠性差;效率低,氮氧化物排放高。这些缺点可以通过改造发动机来实现。张红光等^[14]在考察填埋气中二氧化碳对发动机性能影响的基础上,以 2190T 天然气发动机为基础,采用提高压缩比、预燃室式燃烧室、进气增压等技术措施,初步开发出垃圾填埋气内燃机。试验结果,表明采用以上技术措施,可有效地改善和提高垃圾填埋气内燃机的性能指标。

6 结论与展望

垃圾填埋气的利用具有巨大的发展前景,可以用于发电、加热燃料、民用燃料、汽车动力燃料和获取化工原料。填埋气的利用具有巨大的经济效益、社会效益和环保效益,如何低成本的利用垃圾填埋气和实现利用设备的国产化是目前需要解决的迫切问题,这既需要国家的政策扶持,又需要企业和科研工作者的努力。

参考文献:

- [1] Allen M R, Braithwaite A, Hills C C. Trace Organic Compounds in Landfill Gas at Seven U. K. Waste Disposal Sites [J]. *Environmental Science Technology* 1997, 31 (4): 1054-1061.
- [2] Spiegela R J, Preston J L, Trocchia J C. Fuel cell operation on landfill gas at Penrose Power Station [J]. *Energy* 1999, 24(8): 723-742.

- [3] Rasi S, Veijanen A, Rintala J. Trace compounds of biogas from different biogas production plants [J]. *Energy* 2007, 32 (8): 1375-1380.
- [4] Jaffrin A, Bentounes N, Joan A M, et al. Landfill Biogas for heating Greenhouses and providing Carbon Dioxide Supplement for Plant Growth [J]. *Biosystems Engineering* 2003, 86(1): 113-123.
- [5] 刘景岳,徐文龙,黄文雄,等.垃圾填埋气回收利用在我国的实践 [J]. *中国环保产业*, 2007, 10: 34-38.
- [6] 杨卫国,白庆中.常压下多胺法净化填埋气半工业试验研究 [J]. *环境工程*, 2003, 21(2): 40-45.
- [7] 李辉.垃圾填埋气资源化利用的现状和途径 [J]. *武汉工业学院学报*, 2007, 26(2): 67-70.
- [8] 朱辰元,薛飞,汪海贵.热气机在垃圾填埋气燃烧发电方面的研究和应用 [J]. *能源技术*, 2006, 27(5): 216-219.
- [9] 王玉波.国产设备在垃圾填埋气发电中的应用 [J]. *环境卫生工程*, 2007, 15(1): 37-38.
- [10] Cavenati S, Grande C A, Rodrigues A E. Upgrade of Methane from Landfill Gas by Pressure Swing Adsorption [J]. *Energy and Fuels* 2005, 19(6): 2545-2555.
- [11] 姜振华,宋燕民,马人熊.垃圾填埋气火焰稳定特性试验研究 [J]. *环境污染治理技术与设备*, 2006, 7(8): 133-135.
- [12] 孟昭满,杨全斌.垃圾填埋场的沼气提取与利用 [J]. *燃料与化工*, 2007, 38(4): 54-56.
- [13] S Rasi J, Veijanen A, Veijanen et al. Landfill gas upgrading with countercurrent water wash [J]. *Waste Management* 2008, 28(9): 1528-1534.
- [14] 张红光,韩建新,曲延涛,等.垃圾填埋气内燃机开发的有关问题 [J]. *北京工业大学学报*, 2002, 28(4): 462-465.

(上接第 2 页) 1999~2003 年,又相继出台了《关于促进科技与经济结合发展高新技术产业的决定》、《甘肃省发展民营科技企业条例》、《甘肃省专利保护条例》。这些政策法规的及时出台为科技成果的转化和产业化起到了很好的促进和指导作用。

参考文献:

- [1] 张天理. 2007 甘肃科技发展报告 [M]. 甘肃科学技术出版社, 2007.
- [2] 张天理. 2006 甘肃科技发展报告 [M]. 甘肃科学技术出版社, 2006.

- [3] 张天理. 2005 甘肃科技发展报告 [M]. 甘肃科学技术出版社, 2005.
- [4] 张天理. 2003 甘肃科技发展报告 [M]. 甘肃科学技术出版社, 2004.
- [5] 甘肃年鉴编委会. 2007 甘肃年鉴 [M]. 中国统计出版社, 2007.
- [6] 张天理. 2007 甘肃科技统计年鉴. 2007.
- [7] 张天理. 2006 甘肃科技统计年鉴. 2006.
- [8] 万金荣. 中国科技成果产业化问题研究 [D]. 中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (博士), 2006, (10).