

生活垃圾填埋场填埋气体的收集与利用

赵海 朱莹莹

(中国市政工程东北设计研究院 固体废弃物设计院, 长春 130021)

摘要 垃圾填埋沼气的回收利用是一项经济可行且对环境有益的技术。从填埋沼气的组成及其影响因素出发,探讨了沼气的产量计算、收集、输送和贮存途径,并介绍了净化工艺及其适用性。

关键词 垃圾填埋场 填埋沼气 沼气产量计算 气体收集 净化 利用 处理工艺

RECOVERY AND UTILIZATION OF THE LANDFILL GAS FROM MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

Zhao Hai Zhu Yingying

(Municipal Solid Wastes Design Institute, China Northeast Municipal Engineering Design and Research Institute, Changchun 130021)

Abstract Landfill gas recovery and utilization was an economically viable and environmentally beneficial technology. Based on the composition and influencing factors of landfill gas, it was introduced that the production, collection, transportation and storage of the landfill gas. Finally the purification process and its applicability were introduced.

Keywords landfill landfill gas calculation of landfill gas landfill gas recovery purification utilization disposal process

1 填埋气的性质

填埋气体是生活垃圾中的有机物质在填埋过程中发酵的产物,其产量和性质随垃圾填埋场的结构、填埋工艺、垃圾的水分含量,以及填埋的时间,气体压力等有关,对于不同的垃圾成分,不同的填埋年限,随有机物分解速度的不同,填埋气体的产量也各不相同。

1.1 影响产气量的要素

气体产量是随垃圾组分、填埋区容积、填埋度、填埋场封闭程序、集气设施、垃圾含水量、垃圾堆体温度和大气温度的变化而变化。一般,垃圾组分中的有机物含量越多、填埋区容积越大、填埋深度越深、填埋场密封程度越好、集气设施设计越合理,气体产量越高;当垃圾含水量略超过垃圾干基重量时,气体产量较高;垃圾体的温度在 30℃以上时,产气量较大;大气温度影响垃圾堆体温度,从而影响产气量。

1.2 填埋气体的危害

垃圾填埋气体的主要成分为甲烷和二氧化碳,甲烷是一种热值很高的可燃气体,如不妥善的处置会产生危害,如利用的好,其本身也是一种很好的能源。

甲烷是一种无色无味的有机气体,易燃,在空气中

占比例 5%~15%时就成为易爆气体,高浓度甲烷也可成为窒息剂。填埋气在填埋区中能沿着阻力最小的通道水平或垂直扩散,在构造松散的土壤中可透过很远的地方,导致填埋场周围建筑物地下空间有可能积聚一定浓度的甲烷而造成潜在的危害。填埋气体对环境的影响归纳起来有以下几点:

(1)封场后的填埋库区是完全封闭的,随着填埋年限的增加,填埋气也越来越多,大量气体在场内聚集,导致场内压力升高,会引起填埋气体的迁移,引起垃圾填埋场以外的地方爆炸。

(2)填埋气体中的硫化氢会对周围环境产生严重的恶臭污染。

(3)二氧化碳在水中溶解会形成碳酸,从而增加地下水硬度,使地下水硬化。

(4)由于甲烷和二氧化碳聚集植物根部,并阻止空气进入,因此使得植物根部缺氧,抑制植物的呼吸作用,降低危害植物的有毒化合物的氧化分解,抑制植物生长。

(5)气体中含有挥发性有机物,不仅对空气质量造成影响,而且还会影响周围人民的身体健康,增加大气

温室效应。

2 填埋气导排和收集

2.1 填埋气的导排

填埋气的导排方式主要有垂直导排与水平导排两种方式,设计中采用垂直石笼井与场底渗滤液导流层和封场排气层相结合的方式将填埋区内的气体排出。

在垃圾填埋的初期(2~3年内),由于垃圾量较

小,填埋年限短,填埋气产量偏小,不考虑收集,采用就地点燃的方法。随着填埋年限增加,垃圾填埋量增加,填埋气产量也快速增加,采用就地点燃的方法会造成资源的严重浪费。因此,需要将沼气集中收集起来,少量时用火炬点燃,大量时加以利用。

2.2 填埋气体的收集系统

填埋气收集系统的流程如图1所示。

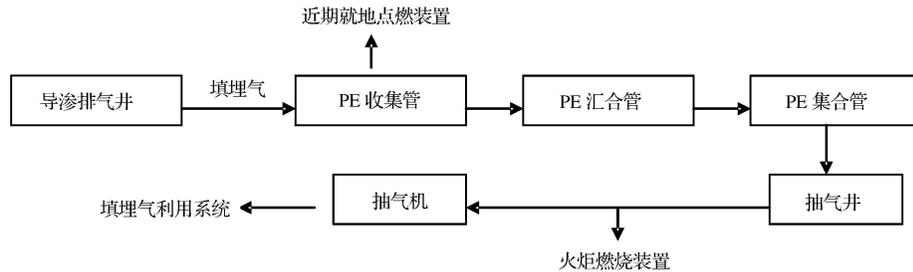


图1 填埋气收集系统流程

2.3 填埋气体的收集方式

要有控制的、有目的地排除场内不断分解的填埋气,需设计一种既能适应填埋场填埋作业又能安全可靠地在场内形成良好透气空间和通道。填埋气收集方式一般分为两种:竖向收集井和横向水平收集管方式。本文介绍竖向收集井的收集方式,该方式结构简单、集气率高、材料用量少、投资比较低、密封性能好。适合于一边收集,一边填埋加高作业的方式。

导渗排气井收集的填埋气经收集管联接至汇合管,一个汇合管同时联接5个收集管。由4个汇合管出的填埋气联接到集合管上。由集合管排出来的沼气,通过抽气机集中收集,这种收集方式,使用收集管材用量最省。

3 填埋气体脱水

填埋气排出导渗排气井时,温度在35~40℃,为饱和气体,当到达抽气机前,填埋气中有大量的凝结水析出,为防止含水的填埋气进入抽气机,腐蚀设备,在抽气机入口处设置填埋气脱水器,以延长抽气机的使用寿命。

4 填埋气的产量

填埋气以甲烷为主(40%~50%),其低位发热值较高为18900 kJ/m³,拟将填埋气(40%~50%甲烷)做燃料,用于采暖和污水供热。现举例如下:2008年—2022年15年中,某填埋场甲烷总产量3880万m³,甲烷收集量为50%,总收集量为1940万m³,折合甲烷产量为13916 t。

甲烷产生量计算公式: $Q = kRL e^{-k}$

式中 Q —— 当年填埋垃圾所产生的甲烷量, m³;

R —— 当年填埋的垃圾量, t;

L —— 1t 填埋的垃圾所产生甲烷的潜力, m³/t;

k —— 甲烷产生系数, 1/a。

式中 L 和 k 的取值随填埋时间的增加而增加, L 值取值范围在(100~200 m³/t), k 值取值范围在(0.005~0.4/a)。

根据公式计算甲烷的产量见表1。

5 填埋气体输送系统

气体收集系统管道材料:最常用的材料是PVC和PE。

PE柔软,能承受压降、使用寿命长,是气体收集系统理想的首选材料。缺点是:安装费用是PVC的3~5倍,扩延系数是PVC的4倍。如果用作地上管道系统会因为太阳的辐射和气体输送过程中升温造成热胀现象,而在设计中要想使热胀完全补偿是十分困难的。

PVC是地上气体输送管道系统的理想材料。缺点是适合比较温暖地区,在温度低于4℃的情况下,管材性能不好,受紫外线损害使管材变脆。

6 填埋气体的净化和利用

填埋气体在利用或在直接燃烧前,常需要进行一些处理。填埋气体含有水、二氧化碳、氮气、氧气、硫化氢等成分。这些成分的存在不仅降低填埋气的热值,而且在高温高压的条件下,具有较强的腐蚀作用。由于本项目是将填埋气用作锅炉燃料,用于采暖和热水供应。只是一种比较简单的利用方式,可以不对填埋气进行净化处理,直接进入锅炉燃烧。使设备简单、投资较少。

表1 甲烷的产量及收集量一览表

年份	人口/万人	日均垃圾产量/(t·d ⁻¹)	甲烷产出量/m ³	甲烷收集量/m ³	甲烷收集量/t
2008	30 13	277	1 055 999	527 999	379
2009	31 62	297	1 178 023	589 012	423
2010	33 2	319	1 307 695	653 847	469
2011	34 13	335	1 430 711	715 355	513
2012	35 1	352	1 568 242	784 121	563
2013	36 1	370	1 696 937	848 468	609
2014	37 12	389	1 926 838	963 419	691
2015	38 18	409	2 180 873	1 090 437	782
2016	38 73	424	2 433 631	1 216 815	873
2017	39 29	440	2 693 335	1 346 668	966
2018	39 85	456	3 091 731	1 545 866	1 109
2019	40 43	473	3 619 342	1 809 671	1 298
2020	41 01	490	4 214 404	2 107 202	1 512
2021	41 6	508	4 845 692	2 422 846	1 738
2022	42 21	527	5 551 284	2 775 642	1 991
合计			38 794 737	19 397 368	13 916

7 填埋气体的利用实践

我国填埋气的利用工作始于20世纪80年代,经过20多年的发展,已经取得了长足的进步。1997年在全球环境资金的资助下,鞍山、马鞍山、南京3个城市利用垃圾填埋气的项目全部启动。并推动了垃圾填埋气利用向纵深发展,南京利用垃圾填埋气作锅炉燃料。

8 填埋气利用站工程设计

8.1 工艺流程

采用抽气机(罗茨风机)将填埋气导排至气柜,在气柜储气、缓冲后,气柜中的填埋气再经压送机(罗茨风机)加压,送至锅炉房。

在抽气机后,同时设置废气燃烧器,将不稳定或多余的填埋气燃烧后排放。

8.2 主要设备的选型

8.2.1 抽气机

抽气机选用罗茨风机,工作介质为填埋气,特殊密封型。具体参数为:

$$Q_s = 5.18 \text{ m}^3/\text{min} \quad P_s = 9.8 \text{ kPa} \quad N = 3.0 \text{ kW} \quad 2 \text{ 台}$$

8.2.2 压送机

压送机选用罗茨风机,工作介质为沼气,特殊密封型。具体参数同抽气机,设置3台。2用1备。

8.2.3 废气燃烧器

废气燃烧器包括:燃烧烟囱、引火炬喷嘴、引火管、点火环、支撑基座及支撑杆。

废气燃烧器的性能要求:通过压力2 kPa,燃烧气体流量300 m³/h。

废气燃烧器1套。

8.2.4 气柜

储气柜的常用类型有干式储气柜和湿式储气柜两种,二者各具优缺点,湿式储气柜的优点是:湿式气柜在制造和安装上的难易程度不高。湿式气柜造价较低,与容积相同的干式气柜相比,湿式气柜的造价要低10%左右。湿式储气柜的缺点是:需要水槽密封,适用于储存具有一定湿度的气体。柜体表面湿润,易腐蚀,日常防腐维修的费用略高;在寒冷地区的冬季,要考虑水槽防冻问题。

综上所述,考虑到以填埋气作为介质的特殊性,在技术先进性、工艺合理性、总造价方面综合考虑,认为湿式储气柜最佳。

根据填埋气产气情况以及锅炉的用气情况综合考虑,拟定其储气容积为5 000 m³。

8.2.5 调压器

低压调压器2套,1用1备,用于锅炉入口处的压力调节,具体参数为:RTZ-M DN200、P₁=0.005~0.4 MPa P₂=1~10 kPa

9 结论

填埋气是以甲烷为主的可燃气体,既会引起二次污染、造成温室效应,经收集、净化处理后,又可作为清洁能源加以回用。

(1) 研究填埋气的组成及其影响因素,规范收集、输送和贮存系统的设计方法,是抑制其无控释放、增大收集效率和进行回收利用的基础。

(2) 填埋气中惰性气体和有害组分的净化步骤包括颗粒与水脱除的预处理;深冷脱氮、酸性气体和微量组分的脱除等,涉及到的单元操作有:过滤、深冷、吸收、吸附、膜分离等。因其组分复杂多变,常需要联合

多种工艺进行净化处理。

(3) 以发电、民用燃料和汽车燃料为代表的填埋气利用技术已逐步实用化, 根据我国城市年产近114亿t垃圾的实际情况, 建立配备填埋沼气回收装置的卫生填埋场有显著的环境效益和经济效益, 应大力支持和推广。

参考文献

- [1] 朱世勇. 环境与工业气体净化技术, 北京: 化学工业出版社, 2001
- [2] Attal A, Akunna J, Camacho P, et al. Anaerobic digestion of municipal wastes in landfill. *Water Sci Tech*, 1992, 25: 243-253
- [3] 陈家军, 张俊丽, 裴照滨. 垃圾填埋二次污染的危害与防治. *安全与环境学报*, 2002, 2(3): 27-30
- [4] 徐新华. 垃圾中甲烷产率计算及全国垃圾甲烷气资源估算. *自然资源学报*, 1997, 12(1): 12-15
- [5] 廖祚洗. 垃圾填埋场气体的收集和利用探讨. *有色冶金节能*, 2002, 19(4): 29-32
- [6] 陈家军. 垃圾填埋沼气(LFG)用作车辆燃料资源化现状及发展前景. *城市环境与城市生态*, 2000, 13(2): 15-17

- [7] 赵由才. 城市生活垃圾卫生填埋场技术与管理手册. 北京: 化学工业出版社, 1999
- [8] Spiegel R J, Sederquist R A, Trocciola J, et al. Landfill Gas Treatment System. US: 5451249
- [9] Martin S, Reinhard N. Removal of siloxanes in biogases. *Journal of Hazardous Materials*, 2001, B83: 183-196
- [10] HoChul S, JinWon P, Kwinam P, et al. Removal characteristics of trace compounds of landfill gas by activated carbon adsorption. *Environmental Pollution*, 2002, 119: 227-236
- [11] 杨卫国, 白庆中, 常压下多胺法净化填埋沼气半工业试验研究. *环境工程*, 2003, 21(2): 40-44
- [12] Spiegel R J, Prestonb J L, Trocciola J C. Fuel cell operation on landfill gas at penrose power station. *Energy*, 1999, 24: 723-742

作者通信处 赵海 130021 吉林省长春市 中国市政工程东北设计研究院固体废物设计院
E-mail zhaohai676@126.com

2008-06-02 收稿

(上接第191页)

- [3] 田晓东, 强健, 陆军. 大中型沼气工程技术讲座(三)沼气发酵消化器设计. *可再生能源*, 2003, 1(107): 44-47
- [4] 田晓东, 强健, 陆军. 大中型沼气工程技术讲座(一)厌氧发酵及工艺条件. *可再生能源*, 2002, 5(105): 35-36
- [5] 唐春福. 变废为宝综合利用节约能源改善环境—关于辽宁省集约化畜禽养殖场大中型沼气工程建设情况的调查. *农业工程学报*, 2006, 22(Supp 1): 69-71
- [6] 刘英, 胡启春, 吴力斌. 世界沼气技术研究与应用进展简述. *中国沼气*, 2003 (21): 86-90
- [7] Weiland P. Anaerobic waste digestion in Germany—status and recent development. *Biodegradation*, 2000(11): 415-421
- [8] Borzacconi L, Lopez L, Vinas M. Application of anaerobic digestion to the treatment of agroindustrial effluents in Latin America. *Water Science and Technology*, 1995, 32(12): 105-111
- [9] Mang H, Lund H, Hvelplund F. Biogas plants in Denmark: technological and economic developments. *Applied Energy*, 1999, (64): 195-206
- [10] Akinbami F K, Ilori T O, Oyebisi I O, et al. Biogas energy use in Nigeria: current status prospects and policy implications. *Renewable*

and Sustainable Energy Reviews 2004, (5): 97-112

- [11] Singh K, Jatinder H, Sooch P, et al. Comparative study of economics of different models of family size biogas plants for state of Punjab, India. *Energy Conservation and Management*, 2004, 45(10): 1329-1341
- [12] Ni J Q, Nyns E J. New concept for the evaluation of rural biogas management in developing countries. *Energy Conservation and Management*, 1996, 37(10): 1525-1534
- [13] Omer A M, Fadalla Y. Biogas energy technology in Sudan. *Renewable Energy*, 2003, (28): 499-507
- [14] Kivaisi J, Amelia Y, Rubingdamayugi M. The potential of agroindustrial residues for production of biogas and electricity in Tanzania. *Renewable Energy*, 1996, 9(4): 917-921

作者通信处 杨涛 110161 辽宁省沈阳市东陵区东陵路84号 辽宁省农科院生命科学中心
电话 (024)31025877
E-mail toylor2kw@vip.sina.com

2008-04-16 收稿