垃圾填埋场渗沥液回灌及沼气收集利用

李万百[1],刘建华[2],胡　斌[2]
(1.中国瑞林工程技术有限公司东莞分公司,广东东莞 523071;2.洛阳城市建设勘察设计院有限公司,河南洛阳 471000)

摘　要:垃圾渗沥液和填埋气是垃圾填埋过程中的两种主要产物,具有很强的二次污染性。该文结合工程实例,阐述了渗沥液回灌与沼气收集利用发电相结合,不但可以实现渗沥液减量化,降低渗沥液处理成本,同时可以促进垃圾分解沼气的产生,并进行沼气收集利用发电。

关键词:垃圾填埋;渗沥液回灌;资源利用;沼气发电
中图分类号:X705　文献标识码:B　文章编号:1009-7716(2011)02-0091-03

0　前言

随着我国经济的高速增长，城市垃圾产生量大幅度地增加，垃圾处理问题越来越受到人们的关注。目前,我国垃圾处理还是以垃圾填埋为主要方法，很多城市包括县城都相继建成或正在建设垃圾填埋场，垃圾填埋产生的渗沥液和沼气如不妥善处理,将会对环境造成二次污染。渗沥液是一种高浓度的有机废水,成分复杂,可生化性差,水质和水量波动性大，这些特点使得渗滤液的处理仍然是目前尚未彻底解决的难题。沼气是填埋过程中产生的气体，许多老填埋场没有设置导气装置,或仅是设置石笼排气,不但容易产生爆炸和火灾,垃圾填埋产生的沼气直接排入大气,还会对大气环境造成污染,产生温室效应。随着全球变暖和气候变化问题的日益突出,减少温室气体的排放,垃圾填埋场沼气的回收利用，越来越多地被应用在垃圾填埋场,实现能源再生利用,有条件的地区还可以申请 CDM 碳交易。

收稿日期:2010-09-21
作者简介:李万百(1977-),男,天津人,工程师,从事污水处理和垃圾填埋场设计与研究工作。

1　渗沥液回灌有利于垃圾降解

垃圾填埋过程中，垃圾中的有机物质降解是一个长期的过程,主要是厌氧发酵,有机物质在特定的厌氧条件下,微生物将有机质进行分解,将一部分碳素转化成甲烷和 CO_2,在这个转化过程中,

数 C、Φ 取值的说明。根据目前所掌握的相关标准、文献及手册,目前只有对碎石桩等散体材料桩复合地基的抗剪强度有明确理论公式支持。

(3)排水沟的因素:通过前面计算出的各个断面中工况四、工况五的结果可以看出,排水沟的开挖对路基的整体稳定安全系数没有直接的影响。从计算出的滑弧面亦可以看出，其滑动面均从开挖的排水沟基坑上边坡通过。此计算结果与实际的滑塌情况基本吻合。

从前述的施工记录中可知，排水沟基坑边坡发生过滑塌事故,因此其上边坡土体为回填土,经计算,再考虑回填土密实度的降低的情况下,挡墙及路基整体稳定安全系数下降了 8.4%。因此,我们可以认为排水沟边坡滑塌对挡土墙下地基土稳定的影响很小。

8　结论

通过对本工程实例的分析介绍，总结出以下几点建议，希望在今后的相关工程设计中能够引起设计人员的重视。

(1)从图 1 中可以看出,挡土墙下的钻孔位置均沿着挡土墙的方向设置，而沿挡土墙横向却没有布置能够反应出填方边坡下地层分布规律的钻孔，按此种钻孔布置方式所获得的地质资料是不能够满足挡土墙边坡稳定设计要求的。因此,今后在道路挡土墙及桥涵的设计中应充分了解工程所在位置的地质情况,特别注意有无不良地质(如软弱下卧层、可液化层及断裂带等)的情况。

(2)当采用 CFG 桩进行基底处理设计时,应确认是否存在潜在的滑动面穿过 CFG 桩桩身,如存在,则应慎重考虑 CFG 桩的抗剪能力,或通过试验以取得复合地基的粘聚力（C 值）和内摩擦角(Φ 值)。

(3)当桩基基础需要考虑抗剪设计时,不建议采用 CFG 桩。

(4)在挡土墙设计时,应认真对待挡土墙后水位的变化对挡墙稳定的影响（挡土墙上泄水孔设置的重要性应引起重视)。

(5)配合施工人员发现问题应及时提出,以避免潜在的事故发生。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

固体含量的减少和有机物转化为无机物，使垃圾持水能力降低，导致部分初始含水的释放产生渗沥液。

传统的垃圾填埋场实行单元填埋、每日覆盖，最终再用防水膜和粘土封场，以减少渗沥液的产生，降低渗沥液处理负荷。在填埋场的运行过程中，随着渗滤液的产生和移去，垃圾自身携带的水分逐渐减少，场内湿度降低，垃圾填埋场缺水会导致微生物的活动减弱甚至停止，封场后很长一段时间内，垃圾保持不变或变化很小，呈现出一种惰性状态，这样会造成所谓的“干稳定化”。防渗衬砌材料在填埋场恶劣环境下的耐久性问题是不确定的，填埋作业中的穿刺、接缝粘合不当都会造成渗沥液渗漏，因此，加快场内垃圾的降解速率，缩短垃圾的稳定化进程十分必要。

有研究资料表明，大多数老填埋场含水率实际上只有 15%～25%，并不能保证微生物降解有机物质，一般适宜的含水率为 35%～40%，提高垃圾场的含水量是保证垃圾废物降解的必要条件。渗沥液回灌是一种有效的处理方法，一是可以通过渗沥液回灌提高垃圾的含水率，增加垃圾的湿度，增强垃圾中微生物的活性，加速有机物的分解的速率，缩短填埋垃圾的稳定化进程；二是渗沥液回灌至场内，也是渗沥液厌氧生物法处理的过程，垃圾填埋场对渗沥液 COD、BOD 的去除效果显著，对渗沥液中氨氮也有显著的效果；三是可通过蒸发或被植被吸收减少渗沥液，尤其是沼气收集系统可以带走大量的水分，达到渗沥液的减量化，减少渗沥液的场外处理量，降低渗沥液处理的费用。

2 沼气的收集利用

垃圾填埋场中的有机废物在厌氧状态下分解，会产生填埋气体（LFG），除了少量的其他成分之外，填埋气体主要由数量大致相当的沼气和二氧化碳组成。增强垃圾场中微生物的活性，加速有机物的分解的速率，有利于沼气的收集利用。

沼气的主要成分是甲烷，是一种理想的气体燃料，1 m^3 沼气完全燃烧后，能产生相当于 0.7 kg 无烟煤提供的热量。为充分利用这些宝贵资源，做到化害为利，在垃圾填埋场中设置沼气收集装置，抽出和收集这些气体作为燃料进行沼气发电。1998 年，我国首家利用垃圾填埋场沼气发电的电厂——杭州天子岭垃圾填埋发电厂运行投产。目前，我国许多城市都建设垃圾填埋场沼气发电厂，是实现垃圾处理的“无害化、减量化、资源化”的重要途径。

3 工程实例

东莞市虎门垃圾填埋场，是一座使用多年的垃圾场，每天倾倒垃圾约 1 000 t，垃圾露天堆放未采取相应的防护措施，垃圾渗沥液和填埋气自由排放，严重污染环境。当地政府决定对该垃圾场进行治理，对垃圾场进行防护、渗沥液收集处理、沼气收集利用发电。2007 年底工程立项，2008 年进行工程前期准备，完成施工图设计，2009 年工程招标开工建设，2010 年 8 月一期工程完成，电厂试运行发电。

该垃圾填埋场北侧依托山体，东、西、南三面底部设置护脚墙，以护脚墙为依托向上 1:3 的坡度覆土碾压护坡，护坡土壤与垃圾之间采用防渗膜防止渗沥液和沼气外泄，垃圾场内设置渗水盲沟收集渗沥液，汇集在南部最低点排出垃圾场进入渗沥液收集池。护坡坡面每 5 m 高分为一级，级间设 2.5 m 宽平台，平台根部设置排水沟，汇集坡面雨水，每隔一定距离设置排水流槽排入护脚墙外的排水沟，坡面喷播植草。护坡平台和垃圾场顶面采用钻孔设置导气井，采用集气管将各导气井沼气送至发电厂，发电厂设计运行 15 a，设计装机容量为 6 台 500 kW 发电机组，近期安装 2 台，随垃圾填埋场库容的不断增大而增加机组。

该工程主要包括填埋场防护工程、渗沥液收集处理、渗沥液回灌、沼气收集、沼气发电等。下面着重介绍渗沥液回灌和沼气收集系统。

3.1 渗沥液回灌系统

渗沥液回灌系统包括渗沥液收集池、提升泵站、渗沥液输送管、渗沥液回灌池、回灌主管、布水支管，回灌系统见图 1。渗沥液收集池位于垃圾填埋场最低点，渗沥液流入收集池后采用污水泵提升至渗沥液回灌池，回灌池位于垃圾场东北部山体的高处。采用回灌池的目的是可以起到调节作用，控制回灌流量，避免频繁开泵。

根据每日垃圾填埋量计算，渗沥液每日约 150 m^3，考虑渗沥液收集池应具有一定的富余量，设计容积 183 m^3，渗沥液收集池长 12 m，宽 6 m，深 3 m，有效水深 2.5 m，渗沥液收集池为地下式，垃圾渗沥液自留进入收集池。提升泵站内设 2 台耐腐蚀污水泵，一备一用，型号为 PF100–65–200，流量 Q=60 m^3/h，扬程 H=65 m，转速 2 900 r/min，

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

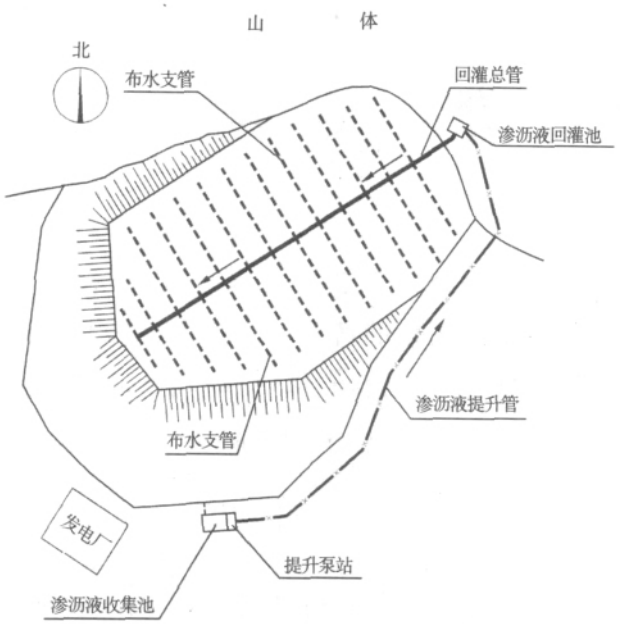

图 1　渗沥液回灌系统图

功率 22 kW。渗沥液输送管采用 ϕ110 mm 的 HDPE 管，沿填埋场的东侧外缘至渗沥液回灌池，提升泵根据渗沥液收集池和回灌池的液位联动自动控制。渗沥液回灌池设计容积 90 m³，渗沥液收集池长 6 m，宽 5 m，深 3.5 m，有效水深 3 m。渗沥液回灌采用自流方式，回灌池出水口较垃圾填埋场最终封场标高高 3 m 左右，回灌管采用水平布管，位于封场下 2 m 处，回灌主管采用 ϕ200 的 PE 管，布水支管采用 ϕ160 的 PE 管，支管上每间隔 80 cm 沿管壁转 4 个孔，孔径 8 mm，支管端部封堵，布水支管四周 20 cm 范围内填砂砾石。回灌池出口处设置耐腐蚀阀门，用于控制回灌量。

3.2 沼气收集系统

由于是原有垃圾场进行改造，设计采用钻孔的方法设置沼气导气井，在每级平台和垃圾场顶部每隔 35 m 左右设置一个垂直导气井，深度 20～30 m，20 m11 个，25 m19 个，30 m13 个，共计 43 个导气井。钻孔采用 XL-100 螺旋钻井机，钻孔直径 600 mm，见图 2。

导气管采用 ϕ110×6 mm PVC 管，下部钻导气孔，沿管周等距钻 5 个 ϕ18 孔，两排孔间距 100 mm，角度相错 36°。导气孔每 2 m 设置一道固定管撑，使导气管居中，导气管外侧填碎石，井口采用粘土封实。导气管高出地面 1 m，顶部设置 ϕ110×50 mm 三通，三通的上部安装 ϕ10 不锈钢采样阀，三通 ϕ50 的侧口安装 PVC 阀门，由 ϕ50 mm 软管与 ϕ110 HDPE 集气支管相接，各路集气管汇集到 ϕ200 HDPE 集气管送至发电厂。沼气进入发电厂进行汽水分离、净化处理供沼气发动机发电，余气采用火炬点燃。发电厂设备均为成套设备，不再详细阐述。

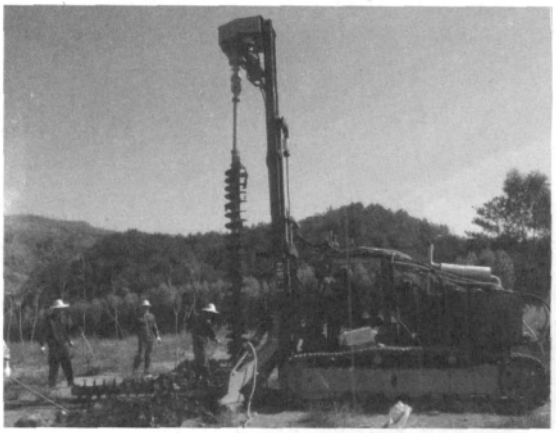

图 2　采用螺旋钻井机钻井

4　结语

每个垃圾填埋场的条件差异，垃圾的分解没有固定的参数可依，渗沥液回灌和沼气回收系统投入运行，首先应该先进行监测，控制调整渗沥液回灌量，使填埋场处于最佳含水量，提高沼气的回收率。一般需连续运行 3 个月甚至更长的时间，才能得出较准确的数据。目前该垃圾填埋场刚刚投入试运行，渗沥液回灌和沼气发电由深圳一家专业环保公司运营管理，还需要不断监测调试，以达到理想的产气率。

总之，垃圾渗沥液回灌和沼气收集利用前景广阔，是减少垃圾填埋场二次污染，减少温室气体排放的重要途径。

江苏泰州长江大桥主缆架设完工

经过 3 个多月的紧张施工，泰州长江大桥两根主缆架设到位，进入紧索阶段。泰州长江大桥是世界首座三塔两跨悬索桥，每跨跨径均为 1 080 m，主缆长 3 117 m，是国内桥梁施工中最长的主缆。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Abstract: In the deign of road retaining wall to guarantee its stability, the common method is used to replace the filling soil or to set up various reinforcing piles for enhancing the carrying capacity and stability of the subgrade foundation under the bad geological conditions of soft soil roadbed or weak soil substratum below roadbed. The article mainly studies the feasibility of CFG pile foundation treatment method to be used in the retaining wall engineering. Combined with the case of collapse accident in the course of constructing the retaining wall, the article reanalyzes and recalculates the integral stability of the retaining wall and the filled roadbed as well as many collapse causes of retaining wall, and sums up some issues necessarily to be for attention in the design of retaining wall on CFG pile composite subgrade.
Keywords: weak soil subgrade, CFG pile treated subgrade, collapse of retaining wall, stable checking calculation of roadbed

THE RELATIVE SPECIALITIES

Artificial Recharge of Leachate and Collection Utilization of Methane in Landfill Yard ····· Li Wanbai, Liu Jianhua, Hu Bin(91)

Abstract: The garbage leachate and the landfill gas are the main products in the course of garbage landfill, which are very strong secondary pollution. According to the engineering case, the article sets forth that the combination of artificial leachate recharge with methane collection utilization can not only realize the leachate decrement, reduce the leachate treatment cost, but also can promote the production of garbage breaking down methane and carry out the methane collection and utilization for generating electric power.
Keywords: garbage landfill, artificial recharge of leachate, resource utilization, methane for generating electric power

Excellent Journal of the Ministry of Housing and Urban-Rural Development of PRC

Urban Roads, Bridges & Flood Control

Monthly
Number 2, 2011 (Total Number 140)
Publication on February 15th, 2011
http://www.roadbridgeflood.com
Start publication in 1984 Scope of issue: Issue at home and abroad

Department responsible for the work: the Construction Ministry in PRC
Sponsor: Shanghai Municipal Engineering Design & Research Institute
Editor & issue: Editorial department of "Urban Roads, Bridges & Flood Control"
Editor-in-chief: Li Fen
Address: No.901 Zhongshan Bei Er Road, Shanghai
P.C.: 200092 Tel.: (021) 51298850
Fax: (021)51298850
E-mail: yang_jh.fz@smedi.com
ISSN 1009-7716
CN 31-1602/U
Domestic price: 15 yuan RMB

Journal of Municipal Engineering Branch of China Society of Civil Engineering and Municipal Design Branch of China Society of Prospecting Design

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net