

文章编号: 1009-6094(2002)03-0027-04

垃圾填埋二次污染的危害与防治^{*}

陈家军 张俊丽

(北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875)

裴照滨

(黑龙江省绥滨县环境保护局, 黑龙江绥滨 156200)

摘 要: 介绍了垃圾卫生填埋中二次污染的危害, 指出垃圾卫生填埋场建设和填埋操作中为防止填埋释放物对周围环境的二次污染所应采取的防渗、收集、处理和利用等措施, 探讨了在垃圾卫生填埋场建设和填埋操作中应注意的问题及应着重考虑的方面。

关键词: 城市生活垃圾; 填埋场; 二次污染; 卫生填埋

中图分类号: X705 文献标识码: A

0 引 言

垃圾卫生填埋由于技术工艺简单、维护费用低等优点已经被国内外广泛采用。随着城市垃圾卫生填埋技术的不断应用, 其二次污染问题也越来越引起人们的重视。填埋场在使用过程中及封场后相当长时间内会产生大量填埋释放物(渗滤液和填埋气体), 它们对环境的即时和潜在危害很大。如不妥善处理, 污染将持续几十年甚至上百年, 会对周围的大气、土壤和水体造成严重危害。美国的腊芙运河公害事件, 就是填埋场二次污染事件, 其危害人们至今记忆犹新^[1]。国内近些年来垃圾填埋场爆炸事故不断发生, 已成为一个突出的社会问题。填埋场一般离城市较近, 随着城市化范围的扩大, 填埋场带来的景观问题也日趋尖锐, 成为困扰城市发展的焦点问题之一。因此采取有效措施防治二次污染, 使填埋的垃圾及其产物与周围的土壤、水体隔离, 减少其对周围环境的污染, 并妥善进行封场处理, 具有重要的实际意义。本文介绍了填埋场二次污染源及危害, 指出了在填埋场建设和填埋操作中为防止和减少填埋释放物对周围环境的二次污染所必须着眼的问题及应采取的措施。

1 二次污染的来源及危害

1.1 垃圾填埋气

卫生填埋场中的生活垃圾含有大量有机物, 它们大多可被微生物厌氧消化、降解, 产生大量的垃圾填埋气体。其主要成分为 CH_4 和 CO_2 , 以及其他一些微量成分如 N_2 、 H_2S 、 H_2 和挥发性有机气体等。若不采取适当的收集系统对填埋场释放气体进行收集, 则释放气体会在填埋场内累积, 并向场外释放, 对周围环境和填埋场工作人员造成危害, 主要有以下几个方面。

1) 爆炸事故和火灾。填埋释放气体由大量 CH_4 和 CO_2 组成, 当 CH_4 在空气中的浓度达到 5% ~ 13%, 易引起爆炸。发生在北京市昌平区阳坊镇的填埋沼气爆炸事件就是其典型代表。

2) 地下水污染。填埋释放气体中挥发性有机物及 CO_2 都会溶解进入地下水, 打破原来地下水中 CO_2 的平衡压力, 促进 CaCO_3 的溶解, 引起地下水硬度升高^[1]。全封闭型填埋场的填埋气体的逸出会造成衬层泄漏, 从而加剧渗滤液的浸出, 导致地下水污染。

3) 加剧了全球变暖。 CH_4 和 CO_2 是主要的温室气体, 它们会产生温室效应, 使全球气候变暖, 而 CH_4 对臭氧的破坏是 CO_2 的 40 倍, 产生的温室效应要比 CO_2 高 20 倍以上, 而垃圾填埋气中 CH_4 含量达 40% ~ 60%^[2]。

4) 导致植物窒息。 CH_4 虽对维管植物不会产生直接生理影响, 但它可以通过直接气体置换作用或通过甲烷细菌对氧气的消耗, 从而降低植物根际的氧气水平, 使植物根区因氧气缺乏而死亡。另外, CH_4 在无氧的条件下还能促进 C_2H_6 的形成^[3]。

5) 填埋气中含有致癌、致畸的有机挥发性气体, 其恶臭气味易引起人的不适。

1.2 渗滤液

渗滤液是指垃圾在堆放和填埋过程中由于发酵、雨水淋刷和地表水、地下水的浸泡而滤出来的污水。渗滤液组分较复杂, 对地面水的污染以 BOD、COD 表征的有机污染和氮、磷污染为主, 渗滤液中含有难以生物降解的萘、菲等非氯化芳香族化合物、氯化芳香族化合物、磷酸酯、邻苯二甲酸酯、酚类化合物和苯胺类化合物等污染物, 即使填埋场封闭后, 它们对地面水的影响仍将长期存在。渗滤液通过下渗对地下水也会造成严重污染, 主要表现在地下水混浊, 有臭味, COD、三氮含量高, 油、酚污染严重, 细菌、大肠菌超标。1983 年夏季, 贵阳市哈马井和望城坡垃圾堆场所在地区同时流行痢疾, 其原因就是地下水被垃圾渗滤液污染。取样检验表明, 大肠菌超过饮用水标准 770 倍以上, 含菌量超标 2 600 倍。哈尔滨市韩家洼子垃圾填埋场附近地下水中铁含量超过饮用水标准 2/3, 锰超标 3 倍, 汞超标 29 倍, 细菌总数超标 4.3 倍, 大肠菌超标 410 倍^[4]。

1.3 填埋场封场后的景观污染

考虑到减少运输费用, 垃圾填埋场通常建在离收集废物的城市不远的地方。随着城市规模的扩大, 当初的填埋场将会被城市发展所包围。每个填埋场都有一定库容, 当达到使用年限而停止使用时, 这些完工的高台状的垃圾场将会带来一系列环境问题。由于填埋场释放物及封场后的安全问题处理不尽人意, 公众将垃圾填埋场看成是一颗将来人为控制系统失效后会发生爆炸的“定时炸弹”, 故许多城市在新填埋场选址时遇到很大阻力, 郊区农民拒收垃圾和反对在当地建填埋场的事件也屡见不鲜, 有时甚至激化为激烈的社会问题。

* 收稿日期: 2002-01-04

作者简介: 陈家军 (1962-), 男, 教授, 博导, 从事环境模拟与污染防治、环境评价、放射性废物处置安全评价、固体废弃物处置与管理等研究。

基金项目: 国家环境保护总局全球环境基金 (GEF) 资助项目 (编号: CTR-98/G31/D/IG/01)

2 防治与处理

针对垃圾填埋产生的二次污染物,为减少其对周围环境的危害,应对填埋气进行收集利用,对渗滤液采取措施减少其产生量并收集处理,对填埋场封场采用合适的封场技术,作好表面覆盖,尽量做到填埋场释放物减量化、资源化和无害化。

2.1 填埋气的收集利用

垃圾填埋气中 CH_4 含量很高,若能采用适当的方法将其收集并加以利用,不仅能产生良好的环境效益和社会效益,还能产生一定的经济效益。

目前国内外填埋气利用的主要途径有:在蒸汽锅炉中燃烧用于室内供热和工业供热;内燃机发电;作为运输工具的动力燃料;经脱水净化处理后作为管道燃气;应用于 CO_2 工业和甲

醇工业。

填埋气的利用分为填埋气的收集、填埋气的净化和终端利用 3 个步骤。国际组织“全球环境基金”在南京、马鞍山和鞍山开展垃圾填埋场 CH_4 回收与综合利用示范工程,本文以鞍山市羊耳峪垃圾填埋场的填埋气利用方案为例介绍沼气收集方法及利用。

羊耳峪垃圾填埋场沼气回收利用方案为:净化后的填埋气大部分压缩装罐,作为燃料供垃圾运输车使用。剩余部分用于发电,供垃圾场生产生活使用。

将填埋气用于发电的过程见图 1

将填埋气压缩装罐用作汽车燃料分为气体收集、净化压缩、储存、供应 4 个部分,见图 2

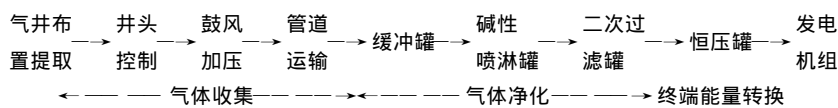


图 1 填埋气发电过程

Fig. 1 Procedure of using landfill gases to generate electricity

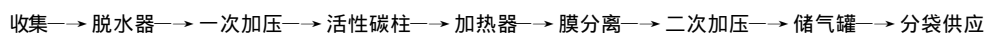


图 2 填埋气作汽车燃料

Fig. 2 Procedure of using landfill gases as vehicle fuel

由于最终利用目的不同,压缩装罐对气体的净化过程要求比发电过程的高。

2.2 渗滤液的防治

为防止渗滤液渗入地下污染地下水,同时防止地下水侵入填埋场造成渗滤液产生量大幅度上升,增加渗滤液处理量及费用,填埋场在建设时必须铺设完善有效的防渗设施。防渗材料有粘土、沥青、塑料膜和人工橡胶等。鉴于我国目前的经济条件,大量使用昂贵的人工防渗材料做填埋场衬层是不现实的。防渗处理应因地制宜,可以采用辅助设施,如当填埋场附近土壤的渗透率小于 10^{-7} cm/s (即液体在衬垫层中每年的移动距离为 3.15 cm)时,可以采用天然土壤作防渗层,否则必须采用人工合成的防渗层^[5]。为减少渗滤液量,还应场内设置清污分流设施,如在垃圾场外设置截洪沟和疏导渠,以截留和疏导填埋区上游山区地表径流和部分潜水。由于截洪沟的深度有限,部分来自填埋场上游的地下潜水将进入填埋场,可能会增大渗滤液量,对此可以在填埋场内适当位置设置场内雨水引流沟和引流管,利用引流措施来减少进入填埋场的雨水和潜水量。对于地下水则可以设置地下水导排系统,在场底基础上铺上导流层(如粗砂),导流层底部修筑排水盲沟,盲沟中放置多孔导流管。因地制宜地确定填埋场顶面坡度,减少填埋操作作业面,实行规范的填埋操做也可以减少渗滤液产量。渗滤液由于成分复杂、污染大,在排放前必须进行处理。

渗滤液的处理是城市垃圾填埋场正常运行的必不可少的环节之一,一直都是一个棘手的问题,迄今为止国内外尚无较完善的能适应各种垃圾渗滤液的处理工艺^[6]。垃圾渗滤液的处理方法主要有土地处理法、蒸发法和场外污水处理场处理法。

土地处理包括慢速渗滤系统、快速渗滤系统、地表漫流、湿

地系统、地下渗滤土地处理系统以及人工快渗滤处理系统等多种土地处理系统^[6,7]。目前用于渗滤液处理的土地法主要是回灌法和人工湿地法。回灌法,就是将在填埋场底部收集到的渗滤液从其覆盖层表面或覆盖层下部重新灌入填埋场,主要是利用填埋场垃圾层这个“生物滤床”来净化渗滤液,在回灌同时若再配合营养添加和 pH 值调节等操作,可以创造“天然厌氧生物滤池”^[8],充分利用微生物作用缩短垃圾最终降解所需时间,增加垃圾的压实密度,进而增加垃圾填埋量,同时增加渗滤液在填埋场中的停留时间,使渗滤液污染物充分降解而大大降低其浓度^[9]。回灌法主要适用于气候干旱、渗滤液产生量少的情況。人工湿地是一种与沼泽地类似的具有较高生产力和较大活性、处于水陆交接相的复杂生态系统。它利用自然生态系统中的物理、化学和生物三重协同作用来实现对污水的净化^[10]。人工湿地处理污水具有投资低、出水水质好、抗冲击力强、增加绿地面积、维护和运行费用低廉等优点,这些特点适合我国国情,这使广大中小城市的垃圾填埋场采用人工湿地处理渗滤液成为可能。

蒸发法就是通过自然蒸发或强制手段(机械的、供给燃料)使渗滤液浓缩成固体,作为固体垃圾处理。把渗滤液抽出并储存起来进行自然蒸发时,对于排放到空气中的有毒混合物需要进行空气质量模拟和监测。使用快速蒸发器、外力循环蒸发器、降膜式或搅拌薄膜式蒸发器可以实现强制和机械蒸发。典型的强制性蒸发需要高能量,它有投资高和运行费用高的特点,国内填埋场渗滤液处理一般不考虑蒸发器和强制蒸发方案。

渗滤液场外处理法就是把抽出的渗滤液直接输送到场外的污水处理厂进行处理。在选择场外处理之前,需要考虑以下因素:可能选定的场地和距离、输送的渗滤液量、输送工具和处

理费用,场外处理场的操作人员和处理容量,输送之前需要做的前处理,处理期间渗滤液量和水质变化情况,场外处理场承受不同水质渗滤液的能力。

场外污水处理场是否切实可行依赖于以上各方面因素。在 场外处理厂进行渗滤液处理的常用方法有生物处理法如活性污泥法、氧化塘、厌氧滤床、厌氧接触反应器、硝化等,及活性炭吸附、化学沉淀、密度分离、化学氧化、化学还原、离子交换、膜渗析、汽提及湿式氧化法等物理、化学处理法^[6,7]。

2.3 封场技术

在填埋垃圾时,为了充分利用空间,填埋的高度通常高于原有陆地并最终堆填成高台状。当填埋场达到使用年限时,完工的高台状的垃圾场带来的景观问题也不容忽视,随着城市的发展,郊区地价升高,如对其场地进行最大限度的再利用,则能创造可观的社会经济效益。为此有必要对其进行表面覆盖处理和植被的重建。表面覆盖处理作为垃圾填埋场卫生填埋后期工作中的重要环节,主要是为垃圾场复垦奠定基础,为未来组建生态系统中植物生长提供基质,同时具有保护顶部防渗层、减少进入垃圾堆体的下渗雨水量。覆盖土层的厚度因封场类型、垃圾堆龄和组建植被的类型而异。对于已关闭一段时间的垃圾场,其表面覆盖厚度随垃圾堆龄而下降。沼气可以通过直接的气体置换作用或通过甲烷细菌对氧气的消耗降低植物根际的氧气水平而造成植株高死亡率。对于刚封场的填埋场,应根据覆盖处理的最初 2 年植物根系垂直生长的深度确定覆盖层的厚度,以保证植物在沼气活动强烈的前 2 年,根系完全生长在表面覆盖层内,避免沼气的危害。一般来说,50 cm 厚的覆盖层可满足木本植物生长的需要,草本植物所需的覆盖层厚度为 20 cm^[11]。植被组建应首先栽种草坪植物或苜蓿等,同时种植树木。最初建立的群落结构应为草-灌-乔,逐渐过渡为乔-灌-草的群落结构^[12]。填埋场产生的填埋气和渗滤液、操作平面的下沉变形等直接影响植被的恢复。因此在填埋场的施工或关闭之前就应确定其未来的最终开发用途,这样,就可以在填埋施工的过程中采取一些相应措施,将未来产生的填埋气体量及与之有关的地面下沉降到最低程度,同时还可以拟出填埋场最后的外貌布局,以便更有效地进行表层覆土、防止土壤侵蚀并促进植被的重建,这些工作将有助于以后实施更加成功的复垦方案,并促进垃圾填埋场的资源化、无害化。

3 结 语

卫生填埋是一个长期、复杂的过程,从场地防渗处理、地下水导流、渗滤液处理、排气管道铺设、填埋气收集利用到填埋场封场后的植被覆盖等后续工作,一个环节出现问题就会产生二次污染,就实现不了真正的卫生填埋。填埋场底部的防渗措施和场地内渗滤液的导出是一个不可忽视的问题。必须在填埋场选址、设计、施工时就考虑并落实。否则一旦填埋场建成投入使用,这些方面的工作是难以补救的。在我国,因经济条件所限,目前还无法推广使用双衬层系统来保证填埋场安全。因此,加强渗滤液控制系统的作用是一条可行之路,渗滤液控制系统应具有排水功能、气体导排功能、暂时储存渗滤液和渗滤液检测功能。理想的植被覆盖是卫生填埋法成功推广和已关闭的垃圾填埋场重新开发利用的关键。因此对填埋场进行整体规划非常

重要,填埋场不同的开发目的要求不同的植被类型,而不同的植被类型要求基质(最终覆土层)的最小厚度也不一样。根据所种植的植被类型的不同而决定最终覆土层的厚度可以将填埋场的建设费用大大降低,有利于卫生填埋的推广。此外,采用生物反应器填埋技术,通过一定的控制手段如液体(水、渗滤液)注入、备选覆盖层设计、营养添加、pH 值调节、温度调节和供氧等来强化微生物过程从而加速垃圾中有机物组分的降解转化和稳定^[8],可以降低外排渗滤液的污染强度、减少渗滤液水量水质波动并能提高产气量和产气速率,可以有效地减少二次污染物的排放并降低垃圾处理成本,具有一定的应用前景。

References(参考文献)

- Nie Yongfeng(聂永丰), Zhang Xiurong(张秀蓉) and Qian Haiyan(钱海燕). Municipal solid waste treatment in landfill and its gas recovery[J]. *China Biogas*(中国沼气), 1997, 15(2): 71~ 74
- Chen Jiajun(陈家军), Yu Yanxin(于艳新), Dong Xiaoguang(董晓光), et al. The current situation of LFG recovery as vehicle fuel and its prospects[J]. *Urban Environment & Urban Ecology*(城市环境与城市生态), 2000, 13(2): 14~ 16
- Shen Yingwa(沈英娃), Gao Jixi(高吉喜), Shu Jianmin(舒俭民), et al. Selection of covering materials for eco-engineering restoration at municipal waste landfill sites[J]. *Research of Environmental Sciences*(环境科学研究), 1997, 10(6): 10~ 14
- Zhou Zhongfan(周仲凡) and Wang Ji(王吉). *Municipal solid waste management & treatment*(城市固体废物管理与处理处置技术)[M]. Beijing: China Petro-Chemical Press, 2000. 243
- Zhong Zhenyang(钟振洋) and Zhou Qixiang(周启祥). Sanitation landfill technology for refuse[J]. *Urban Environment & Urban Ecology*(城市环境与城市生态), 1999, 12(2): 45~ 49
- Wang Zongping(王宗平), Tao Tao(陶涛) and Jin Rulin(金儒霖). Study on waste landfill leachate[J]. *Advances in Environmental Science*(环境科学进展), 1999, 7(3): 32~ 39
- Zhou Jilin(周吉林) and Zhou Shaoqi(周少奇). Treatment technology of municipal refuse landfill leachate[J]. *Environmental Pollution & Control*(环境污染与防治), 2001, 23(4): 187~ 189
- Li Qibin(李启彬), Liu Dan(刘丹) and Ouyang Feng(欧阳峰). New trends in municipal solid waste disposal-bioreactor landfill[J]. *Urban Environment & Urban Ecology*(城市环境与城市生态), 2001, 14(1): 24~ 27
- Wang Luochun(王罗春), Li Hua(李华), Zhao Youcai(赵由才), et al. Leachate recirculation in landfill and its impact[J]. *Urban Environment & Urban Ecology*(城市环境与城市生态), 1999, 12(1): 44~ 46
- Jia Hongyu(贾宏宇), Sun Tiejing(孙铁珩), Li Peijun(李培军), et al. New advances in the land treatment technology for wastewater[J]. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*(环境污染治理技术与设备), 2001, 2(1): 62~ 65
- Shen Yingwa(沈英娃), Gao Jixi(高吉喜) and Cao Hongfa(曹洪法). Thickness and landscape design for landfill covering[J]. *Research of Environmental Sciences*(环境科学研究), 1998, 11(4): 58~ 61
- Huang Linan(黄立南) and Jiang Biliang(姜必亮). Revegetation of the sanitary landfill[J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态科学), 1999, 18(2): 68~ 74

HAZARD AND CONTROL OF SECONDARY POLLUTION IN SANITARY
REFUSE LANDFILLING

CHEN Jia-jun & ZHANG Jun-li

(Institute of Environmental Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

and PEI Zhao-bin

(Environmental Protection Bureau of Suibin County, Suibin 156200, Heilongjiang, China)

Abstract The present paper is mainly concerned with the problems caused by the current garbage landfilling technology. As is known, the problems are caused by the identification of landfill sites and secondary pollution since 1970 s. The secondary pollution given off during the landfilling of the garbage and other refuse and after the landfill closure, include landfill gases, leachate and landscape pollution, etc. The impacts of the secondary pollution introduced in the paper may include methane, carbon dioxide, nitrogen, hydrogen sulfide, hydrogen and volatile organic gases. Many of them are liable to cause some hazards, such as explosion and fire accidents, underground water pollution, global warming, suffocation of plants, and disgust of human beings and animals. Among the pollutants, leachate can bring pollution to the surface water and underground water. Due to the high cost of transportation, landfill sites are not usually chosen far from the downtown areas, which may make it possible to result in the landscape pollution. In order to prevent the secondary pollution to ambient environment brought about by landfill gases and leachate, corresponding measures such as landfill liner, leachate collection and treatment, gases recovery, etc, have been presented in this paper. The guiding inclination of the paper is to decrease the amount of pollution and reuse and recycle natural resources harmlessly to the environment. A special stress has been put on the discussion as to the choice of landfill sites and their construction as well as the landfilling operation. Seeing the sanitary refuse landfill is a strategically important project, effective preventing measures are to be taken in all links of the production chain including the site choice, design and construction.

Key words municipal solid waste; landfill site; secondary pollution; sanitary refuse landfill

CLC number: X705 **Document code:** A

Article ID 1009-6094(2002) 03-0027-04 (*Journal of Safety and Environment* 2002, Vol. 2, No. 3)

展会信息

2002年中国国际环境保护博览会

2002 CHINA INTERNATIONAL ENVIRONMENT PROTECTION FAIR

2002年 9月 5日 - 7日 大连星海会展中心

主办单位 国家环境保护总局
大连市人民政府

承办单位 大连北方国际展览服务有限公司
地址 大连市中山区解放路 223 号恒元大酒店 8F
电话 0411- 2303862 2305392
传真 0411- 2309869 2309769
邮编 116001

联系人 胡志南 杨江岳
[http //www.sinoexhibition.com](http://www.sinoexhibition.com)
E-mail bfz@ runsky.com

2002中国环博会专题活动

- 数十家主流媒体对博览会作跟踪报道
- 环渤海地区环保产业协会联席会
- 环保项目 现场招投标及签字仪式
- 环境保护技术讲座
- 评选博览会金奖和最佳展示形象奖
- 新技术 新产品推介会
- 五次大型主题研讨会
- 大连环保成果现场观摩会