

• 污染防治技术 •

## 垃圾填埋场降解规律研究

杨军<sup>1,2</sup>, 黄涛<sup>1</sup>, 曹江英<sup>1</sup>

(1 西南交通大学环境科学与工程学院, 四川 成都 610031;

2 兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 对成都长安垃圾填埋场内 1 a、3 a、5 a、7 a、9 a 的填埋垃圾的含水率、pH 值、生物可降解物质 (BDM)、有机质及有机碳等指标进行了监测分析。结果表明: 填埋垃圾各指标在前 3 a 内变化较大, 3 a 以后变化则较为缓慢。根据垃圾有机质和 BDM 等指标预测该填埋场垃圾稳定化需 25 a~27 a。

**关键词:** 垃圾填埋; 生物可降解物质; 有机污染物; 预测

中图分类号: X 825

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2007)02-0041-03

随着我国人口的增加, 土地资源日益紧缺, 垃圾填埋场的再利用问题倍受关注, 这涉及到填埋场的稳定化评价问题, 而填埋场稳定化的一个重要指标是垃圾组成<sup>[1-5]</sup>。

为了科学地利用填埋场地, 从本质上把握填埋场的日常管理、设计、安全防护等, 有必要对填埋场中的垃圾进行深入系统的研究<sup>[6-7]</sup>。这方面我国所做的研究工作非常有限<sup>[8]</sup>, 且大多数研究都是以渗滤液指标来预测垃圾降解的稳定化问题, 而填埋场所采集到的渗滤液是整个填埋体内部各时期填埋垃圾体所产生的混合液体, 其分析仅可反映场内一定区域的混合垃圾体的变化状况, 而不能真实反映垃圾组分随填埋时间的动态变化, 国外一些学者开展的此类研究对我国具有一定的参考价值<sup>[9-12]</sup>。

现对成都长安垃圾填埋场内不同埋龄垃圾的含水率、pH 值等指标进行分析, 并讨论有机质和生物可降解物质 (BDM) 与填埋时间的定量关系, 从微观垃圾组成的角度来预测垃圾降解的稳定化进程。

### 1 取样及监测分析方法

成都长安垃圾填埋场, 位于成都市东郊, 龙泉山西麓。距离市区约 30 km, 日填埋处理垃圾约 3 600 t, 第一期占地约 53.4 hm<sup>2</sup>, 第二期占地约 46.7 hm<sup>2</sup>, 库区的落差约为 100 m。目前为止, 已填埋了 1 400 多万 t 垃圾, 第一期的库区容量已基本填满。在该填埋场景观改造及梯阶倒坡工程时, 对该场内不同埋龄的填埋垃圾进行了监测分析。

#### 1.1 垃圾取样

对埋龄分别为 1 a、3 a、5 a、7 a、9 a 及新鲜垃圾进行取样分析。在指定年度填埋区域对角线的两角和中心各设一个采样点 (挖掘深度约距覆土层 1 m 以上), 每点取 5 kg~10 kg 的垃圾样品, 对所采各样品按埋龄分别进行充分混合, 四分法取一定质量有代表性的垃圾进行分析。

#### 1.2 分析指标

样品中含水率、pH 值、BDM 和有机质 (及有机碳) 等指标。

#### 1.3 分析方法

(1) 前处理: 将各样品烘干, 手拣挑出其中金属、石块、砖砾、玻璃等无机硬废物和橡胶、塑料类等难降解的有机废物并称重记录, 其他可降解组分用球磨机研磨至 20 目以下, 四分法取其粉末。

(2) 含水率采用烘干法测定。测定时将所取的代表性垃圾样品放入 100 °C 的烘箱中, 24 h 后再称量烘干垃圾的质量, 垃圾干重与垃圾湿重之差和湿重之比即为垃圾的含水率。

(3) pH 值采用复合玻璃电极法测定, 具体参照土壤 pH 值测定方法<sup>[13]</sup>。以垃圾样品与无 CO<sub>2</sub> 蒸馏水为 1:5 的比例配制, 经搅拌、澄清后取上清液, 用 pH-3S 精密酸度计测定 pH 值。

(4) BDM 分析: 在强酸性条件下, 以强氧化剂重铬酸钾在常温下氧化样品中有机质, 过量的重铬

收稿日期: 2006-06-04 修订日期: 2007-01-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40302033)

作者简介: 杨军 (1972-), 男, 甘肃甘谷人, 讲师, 在读博士生, 主要从事固体废物处理与处置方面的研究。

酸钾以硫酸亚铁回滴<sup>[14]</sup>。

(5) 有机质(挥发酚)和有机碳含量分析: 垃圾有机质含量采用《城市生活垃圾有机质的测定—灼烧法》(CJ/T 96-1999)测定, 因为垃圾中的碳含量大约是有机物质的 47%<sup>[11]</sup>, 据此可以估算有机碳的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 监测结果

测定过程中, 由于垃圾成分的不均匀性、复杂性和样品代表性等问题, 分析结果具有不同程度的分散性。因此, 含水率、pH 值、有机质(挥发分)的监测分析至少各测两次, BDM 分析 3 次, 结果取均值(尽管如此, 波动仍较大)。最后计算时需将垃圾粉碎前剔出的塑料、金属、玻璃等不活性物计入监测结果。

垃圾含水率及 pH 值随填埋时间变化关系见图 1; 垃圾组分随填埋时间变化关系见图 2。

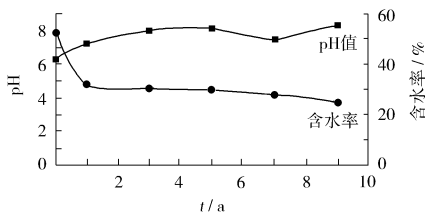


图 1 垃圾含水率及 pH 值随填埋时间变化关系

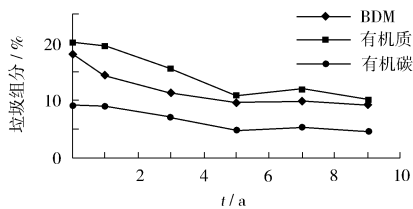


图 2 垃圾组分随填埋时间变化关系

### 2.2 分析与讨论

实验结果表明, 在垃圾填埋初期, 垃圾各指标值变化较大, 中后期变化则较缓慢。但总体则呈现一定的规律性: 随填埋时间的增长, 垃圾有机质、生物可降解物质(BDM)和垃圾含水率逐渐降低, pH 值则逐渐增大。

(1) 由图 1 和图 2 可见, 在垃圾填埋后较短时期(1 a—3 a), 各指标变化梯度较大。表明该阶段

垃圾降解速度较快, 主要是垃圾中厨余等易降解组分快速降解, 而到 3 a 以后, 各指标随时间变化梯度较小, 在图中表现为曲线平缓, 表明随厨余等易降解物不断降解, 垃圾中剩余可降解物主要为纤维素等中等可降解物和其他难降解物, 因而其降解速度逐渐减缓。

(2) pH 值逐渐呈碱性过渡。与室内实验的同期渗滤液测定结果<sup>[15]</sup>相比, pH 值测定结果整体略有偏高。从降解机理分析, 说明随垃圾降解过程中, pH 值主要贡献值—有机大分子水解转化而成的小分子有机酸及各类阴离子—相当一部分随渗滤液渗流而排出垃圾体外, 该研究所测定的 pH 值则主要由垃圾体内的可溶性固相有机组分(小分子有机酸等)及固相垃圾吸附的阴离子来贡献。

(3) 由图 1 可见, 含水率随填埋时间递减, 表明随垃圾的降解而不断矿化, 孔隙率增大, 渗透系数逐渐增大, 持水性能逐渐降低, 所以含水率逐渐降低。其中, 填埋后第一年内变化(降低速率)最为显著, 主要是垃圾中蔬菜、食品等厨余垃圾以及果皮、青草等含水率较高且易降解的有机组分主要在该阶段降解, 其原始的含水量及降解产生的水分随渗滤液而排除垃圾体; 而纤维素、木质素以及塑料、橡胶等其他不易降解的有机组分降解速率较慢且自身含水率低, 因而该阶段后含水率变化幅度较小, 曲线较为平缓。

(4) 有机质及 BDM 分析。垃圾降解符合一级反应, 所以可以尝试对垃圾可降解组分含量随时间变化曲线进行指数拟合。假设垃圾中可降解组分质量分数呈指数形式衰减, 其质量分数变化可表示为:

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

式中,  $t$ ——填埋龄, a

$C_t$ —— $t$ 时刻垃圾中可降解组分的质量分数, %;

$C_0$ ——相当于  $t=0$  时, 垃圾中可降解组分的质量分数, %;

$k$ ——为垃圾中可降解成分的厌氧降解速率常数。

分别对垃圾有机质、有机碳和生物可降解物含量随填埋时间变化曲线作指数拟合(见表 1)。拟合结果相关系数均大于 0.9 表明根据填埋场垃圾有机质和 BDM 含量变化拟合公式来预测垃圾的降解是可行的, 垃圾内有机质和 BDM 含量变化能较

表 1 垃圾组分与埋龄关系的数学拟合

组分	质量分数均值 /%						数学拟合表达式	相关系数
	新鲜	1 a	3 a	5 a	7 a	9 a		
有机质	20.012	19.375	15.478	10.785	12.003	10.083	$C_t = 19.678 \exp(-0.0801t)$	0.94
BDM	18.042	14.431	11.297	9.794	9.816	9.367	$C_t = 15.628 \exp(-0.0682t)$	0.93
有机碳	9.406	9.106	7.275	5.069	5.641	4.739	$C_t = 9.249 \exp(-0.0801t)$	0.93

$t$ 为填埋场垃圾埋龄, a

好地反映垃圾的降解规律。

(5)有机质及 BDM 的监测分析结果可间接反映垃圾稳定化进程。根据表 1 中的拟合公式对垃圾填埋稳定化降解进程及稳定化所需时间进行推算:假定当垃圾中有机组分含量达到或低于当地土壤(或覆土)中指标含量即可认为填埋垃圾的降解达到稳定化。则若以当地土壤有机质质量分数<sup>[16]</sup>的均值 2.75% 为参照,垃圾中的有机质含量降低到这个数值需 25 a。若以填埋场覆盖土的 BDM 质量分数<sup>[15]</sup>为 2.5% 计,垃圾中的 BDM 含量降低到该值则需要 27 a。预测结果与国内其他填埋场稳定化周期的研究<sup>[17]</sup>结论相近。

(6)对图 1、图 2 及表 1 进行综合分析,可知埋龄为 7 a 的垃圾取样点不够准确。由图 1、图 2 可见,各监测指标均在 7 a 埋龄处出现拐点。若以表 1 中的数学拟合式进行拟合,并将各点实际监测值与拟合值进行比较,可知该点各指标的监测值与其模拟曲线偏离程度均大于其他点,且该点监测值普遍低于拟合值。这说明该点取样准确度存在一定偏差,可能是所选取样点位不够准确,或是该点垃圾存在混合情况。

### 3 结论

(1)填埋场垃圾有机质及 BDM 的监测分析结果可间接反映垃圾稳定化进程。对这两个指标的分析表明,长安填埋场的垃圾需 25 a~27 a 即可达到稳定化。

(2)大型垃圾填埋场中,由于垃圾中厨余类等易降解组分在较短时期内降解,因而此阶段降解速率较快,各指标变化较大;而在垃圾降解稳定化长达二三十年的周期内,较难降解和难降解有机组分的降解速度慢,降解时间较长,占整个降解周期的绝大部分。

#### [参考文献]

[1] 王罗春. 垃圾填埋场稳定化进程研究[D]. 上海: 同济大

- 学, 1999
- [2] 刘疆鹰. 大型垃圾填埋场 试验场稳定化进程研究—数学模拟[D]. 上海: 同济大学, 1999.
- [3] 赵由才, 郭兴民, 朱琳楠. 垃圾填埋场稳定化研究[J]. 重庆环境科学, 1994, 16(5): 8-11
- [4] 朱青山, 赵由才, 徐迪民. 垃圾填埋场中垃圾降解与稳定化模拟试验[J]. 同济大学学报(自然科学版), 1996, 24(5): 596-600.
- [5] 朱青山, 赵由才, 赵爱华, 等. 添加物对填埋场稳定化的影响[J]. 城市环境与城市生态, 1996, 9(2): 19-21
- [6] 方满, 朱俊林, 刘洪, 等. 垃圾填埋场底土层污染状况调查[J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(1): 23-25.
- [7] 张西华, 黄涛, 曹江英, 等. 填埋垃圾降解阶段指标体系的建立[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 35-37.
- [8] 赵由才, 朱青山. 城市生活垃圾卫生填埋场技术与管理手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [9] TODD J B, ASCE A M, ROBERT K H. Stabilization of solid waste in landfills[J]. Journal of Environmental Engineering Division ASCE, 1982, 108(EE2): 629-638
- [10] HAM R K, NORMAN M R, FRITSCHER P R. Chemical characterization of Freshkills Landfill refuse and extracts[J]. Journal of Environmental Engineering, 1993, 119(6): 1176-1195.
- [11] DEAN K W, CHRIS Z. Municipal landfill biodegradation and settlement[J]. Journal of Environmental Engineering, 1993, 121(3): 214-224
- [12] CASTAGNOLY O, MUSMEEI L, ZAVATTERO E. Humic substances and humification rate in a municipal refuse disposed in a landfill[J]. Water Air and Soil Pollution, 1990(53): 1-2.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- [14] 王罗春, 赵由才, 陆雍森. 垃圾 BDM 分析及其应用[J]. 环境卫生工程, 2003, 11(1): 6-8.
- [15] 李启彬. 基于渗滤液回灌的厌氧型生物反应器填埋场快速稳定研究[D]. 四川: 西南交通大学, 2004.
- [16] 魏甦, 张世熔, 邓良基, 等. 四川郫县土壤耕层有机质时空变异特征[J]. 土壤通报, 2004, 35(3): 261-263.
- [17] 赵由才, 黄仁华, 赵爱华, 等. 大型填埋场垃圾降解规律研究[J]. 环境科学学报, 2000, 20(6): 736-740

本栏目责任编辑 李文峻