

· 调查与评价 ·

南京市某垃圾填埋场重金属污染现状调查

刘可卿, 陈泽智, 刘鹏, 许雪松, 唐秋萍

(污染控制与资源化研究国家重点实验室, 南京大学环境学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 对南京市某垃圾填埋场的垃圾、土壤、植物、炉渣等样品中 Cu、Pb、Cr、Zn、Cd、Hg、As、Sb、Mn 重金属含量进行分析。结果表明, 垃圾填埋场的填埋土中 Cu、Zn、As 3 种重金属含量分别高出自然土壤背景值 86%、250%、300%。潜在生态危害指数法评价的污染状况为: Cd > As > Hg > Cu > Pb > Cr > Zn。Cd 和 As 的毒性贡献较大, 存在极高的潜在生态风险。

关键词: 垃圾填埋场; 重金属污染; 微波消解; 潜在危害程度评价; 南京市

中图分类号: X 825 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2008)04-0024-03

Present Situation Investigation of Heavy Metals Pollution for A Municipal Landfill in Nanjing

LIU Ke-qing CHEN Ze-zhi LIU Peng XU Xue-song TANG Qiu-ping

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environment, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

Abstract The Cu, Pb, Cr, Zn, Cd, Hg, As and Sb, Mn were analyzed in the samples of garbage, soil, vegetables and slag of a municipal landfill in Nanjing. The results showed the levels of Cu, Zn and As were 86%, 250% and 300% of background values separately. The pollution levels of were Cd > As > Hg > Cu > Pb > Cr > Zn by potential risk assessment. The Cd and As had great contribution to the toxicity and heavy potential ecological risk.

Key words Landfill; Heavy metals pollution; Microwave digestion; Potential risk assessment; Nanjing

随着我国城市的发展, 生活垃圾年产量正以 5% ~ 10% 的速度递增, 垃圾处理已成为一个突出的问题^[1]。根据我国经济技术水平和城市生活垃圾组成状况, 在今后较长一段时期内, 城市生活垃圾处置仍将以填埋为主。由于人们生活水平的不断提高, 日常生活用品中的重金属有所增加, 同时大量电子产品废弃物未经处理与生活垃圾一起堆放, 造成垃圾中重金属量增多。

垃圾中的重金属对堆放地及周边土壤造成污染, 垃圾渗滤液排入河流或渗入地下水, 造成地下水污染。1 t 垃圾可产生 800 mL 碳酸, 使垃圾中的 Hg、Cd、Zn 等重金属以盐的形式溶入水中。现对南京某垃圾填埋场库区垃圾及土壤中重金属的分布特征及污染水平进行研究, 为了解南京垃圾填埋场重金属污染现状并对垃圾处理方式的安全性提供有效的信息。

1 研究方法

1.1 样品采集

某垃圾填埋场占地面积 28 hm², 设计库容 150 万 m³, 设计使用年限 15 a, 主要承担南京市玄武、栖霞、白下 3 个区的生活垃圾卫生填埋, 日均接纳垃圾 700 t。填埋场分 1 号、2 号、3 号填埋区, 采样点在 2 号填埋区, 南北坡各设两个采样点, 采集表层新鲜垃圾和深层陈腐垃圾, 以及场区里生长的植物样品。

1.2 分析项目

收稿日期: 2008-04-09 修订日期: 2008-05-19

基金项目: 江苏省科技厅科技攻关计划基金资助项目 (BE2005011); 无锡市科技局科技招标计划基金资助项目 (DS050004); 国家科技支撑计划基金资助项目 (2006BAC02A15)

作者简介: 刘可卿 (1983-), 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要从事固体废弃物资源化研究工作。

Cu Pb Cr Zn Cd Hg As Sb Mn

1.3 样品预处理

将采集的土壤样品混匀后用四分法缩分至约 100 g, 经风干后除去土样和垃圾中的石子、动植物残体, 用碾钵压匀, 通过 2 mm 尼龙筛混匀。

1.3.1 样品中 Cu Pb Cr Zn Cd 测定的前处理

常规消解: 四酸消解法 (HNO₃ - HCl - HF - HClO₄), 称取 0.5 g 土壤和垃圾样品置于聚四氟乙烯坩埚中, 加入 3 mL 盐酸, 2 mL 硝酸, 在特制的铝电热板上 110 °C 下保持 1 h, 再加入 3 mL 氢氟酸 (土壤样品), 1 mL 高氯酸, 利用铝电热板上的余热保温放置过夜。在 130 °C 下加热 2 h 驱赶氢氟酸, 继续升温到 150 °C, 使高氯酸白烟冒尽。反复加酸待彻底蒸干后, 加 1 mL 王水使盐类溶解, 然后转移到 25 mL 比色管定容。

微波消解: 称取 0.3 g 左右的样品置于微波消解罐中, 加入 5 mL 硝酸, 5 mL 氢氟酸, 1 mL 过氧化氢, 微波高温高压消解, 结束后转移至聚四氟乙烯烧杯中蒸干氢氟酸, 定容至 25 mL 比色管中进行测定。

1.3.2 样品中 Hg As Sb 测定的前处理

样品前处理方法基本同前, 由于 As 的多个价态给分析带来不便, 以及 As Hg Sb 对酸性环境要求较高。因此前处理最后将硝酸赶尽, 加入 1 mL 盐酸, 5 mL 硫脲, 定容至 25 mL 比色管。

1.4 样品分析

火焰原子吸收光谱仪 (AAS) 测定 Cu Fe Zn Pb Cr Cd 的含量; 原子荧光光谱仪 (AFS) 测定 Hg As Sb 的含量。

2 结果及评价

2.1 普通消解处理和微波消解处理测定结果比较
两种消解方法测定重金属含量的结果对比见图 1(a)、(b)、(c)、(d), Hg 单位为 μg/kg。

由图 1 可见, 微波消解测得值通常比常规消解测定值偏高。通常的消解方法耗试剂量大, 易造成挥发性元素的损失, 导致样品污染的机会较多, 在前处理过程中已经造成实验偏差。微波消解样品时, 微波使酸与样品充分接触, 最大限度地发挥酸的作用, 同时由于消解罐是密封的, 避免了挥发性元素的损失, 减少了用样量和试剂量, 酸蒸气不溢出, 消解彻底, 使得元素测定更加准确可信。

2.2 结果分析

根据有关资料, 南京市自然土壤中 Cd Pb Zn

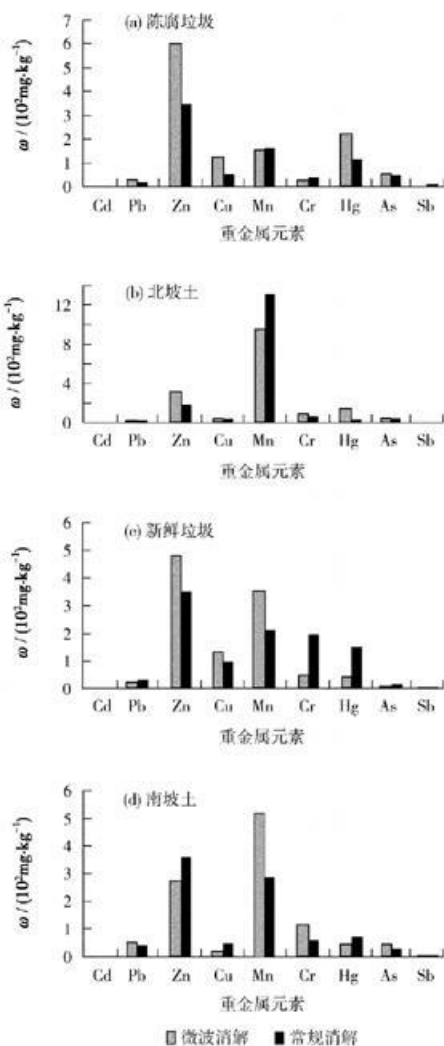


图 1 两种消解方法测定重金属含量的结果对比

Cu Mn Cr Hg As 的背景值^[2]分别为 0.19 mg/kg, 24.8 mg/kg, 76.8 mg/kg, 32.3 mg/kg, 511 mg/kg, 59 mg/kg, 0.12 mg/kg, 10.6 mg/kg。由图 1 可见, 土壤重金属含量明显高于自然土壤的背景值, Cu, Zn, As 分别高出其背景值 86%、250%, 300%。

各类样品中 8 种重金属含量分析见图 2(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g) 和 (h)。

由图 2(a) - (h) 可见, 在陈腐垃圾中各种重金属元素 (除 Mn Cr As 外) 含量普遍高于新鲜垃圾、植物和土壤样品。表明在垃圾填埋场长期堆积的垃圾对重金属有积累作用。重金属元素经由自然降水淋洗、溶解进入土壤和下层填埋垃圾, 并随潜水迁移在土壤和填埋场底层陈腐垃圾中扩散富集^[3]。同时土样中重金属含量高于背景值但小于垃圾中重金属含量, 表明土层中重金属含量均与垃

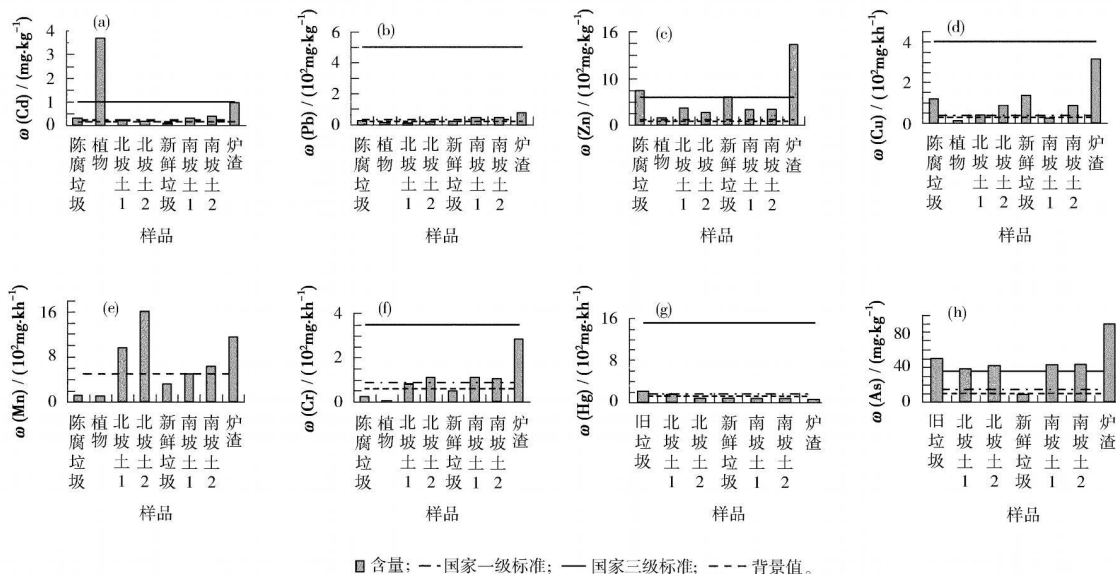


图 2 各类样品中 8 种重金属含量

圾中重金属的对外释放有关。随着时间的推移,从垃圾中释放出来的重金属不断增多,也在土层中不断积累。张辉等^[4]研究表明,城市生活垃圾在自然条件下向土层环境中的释放率大小顺序为: Hg > V > Co > Mn > Ni > Cr > Cu > Sb > Pb > Cd > As。

垃圾场植物抽样中除了 Cd 含量比其他样品高以外,其余各种重金属含量都较低。垃圾填埋土中各种重金属含量变化较大是由于垃圾本身的不均匀性造成的随时间和地点的改变而波动。垃圾焚烧炉渣的各种重金属含量都比较高,说明在焚烧过程中重金属富集。

与《土壤环境质量标准》(GB15168-1995)一级标准相比,该垃圾填埋场 Zn As Cu 含量较高。除 Hg 外均高于一级标准,除 As 外都在三级标准的规定值内。

2.3 土壤中重金属潜在危害程度评价

现采用潜在生态危害指数法^[5]对该填埋场中重金属的潜在生态危害进行评价^[6]。

第 i 种重金属污染系数: $C_f^i = C_s^i / C_n^i$

式中: C_s^i ——样品中重金属的实测值;

C_n^i ——计算所需的参比值,采用南京市自然土壤中重金属的环境背景值。

各重金属的毒性响应系数 T_r^i 用于反应重金属的毒性水平和生物对重金属污染的敏感度, Hg Cd As Pb Cu Cr 和 Zn 的毒性系数^[7-8]分别为

4Q 3Q 1Q 5 5 2 和 1。

第 i 种重金属的潜在生态危害系数: $E_r^i = T_r^i \times C_f^i$

生态风险指数: $RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_f^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_s^i / C_n^i$

评价标准分级如下: $E_r^i < 4$ 或 $RI < 15$ ——生态危害轻微 I; $4 \leq E_r^i < 8$ 或 $15 \leq RI < 30$ ——生态危害中等 II; $8 \leq E_r^i < 16$ 或 $30 \leq RI < 60$ ——生态危害强 III; $16 \leq E_r^i < 32$ 或 $RI \geq 60$ ——生态危害很强 IV; $E_r^i \geq 32$ ——生态危害极强 V。

土壤中各重金属的潜在生态危害系数及潜在生态危险指数见表 1。

表 1 土壤中各重金属的潜在生态危害系数及潜在生态危险指数

项目	Hg	Cd	As	Pb	Cu	Cr	Zn
C_s^i	66.37	0.25	42.49	32.75	60.08	105.65	270.98
C_n^i	120	0.19	10.6	24.8	32.3	59	76.8
C_f^i	0.55	1.32	4.01	1.32	1.86	1.79	3.53
T_r^i	40	30	10	5	5	2	1
E_r^i	22	39.6	40.1	6.6	9.3	3.58	3.53
生态危害等级	IV	V	V	II	III	I	I
RI	124.71(IV)						

(下转第 50 页)

取国家环境保护总局标准样品研究所 500 mg/L 铁标准溶液, 以人工海水稀释至 1.00 mg/L 后, 连续测定 7 次, 均值为 1.01 mg/L, 相对标准偏差为 3.0%。

2.4 加标回收试验

对几种不同质量浓度的标准溶液和海水样品作加标回收试验, 结果见表 1。

表 1 加标回收试验结果

样品	测定值 $m/\mu\text{g}$	加标量 $m/\mu\text{g}$	加标后测定值 $m/\mu\text{g}$	回收率 /%
标准溶液 1	19.7	25.0	43.5	95.2
标准溶液 2	45.1	50.0	98.9	108
秦山岛水样	5.10	10.0	14.9	98.0
朱蓬口水样	13.6	20.0	34.2	103
育苗厂用水	36.3	50.0	89.3	106

(上接第 26 页)

综合分析各重金属的污染系数、潜在生态风险系数和潜在生态风险指数 RI , Cd 和 As 属于极高的潜在生态风险, Hg 属于很高的潜在生态风险, Cu 属于高潜在生态风险, Pb 属于中等潜在生态风险, Cr 和 Zn 属于轻微潜在生态风险。填埋场污染最严重的重金属元素是 Cd 和 As 。由上述 7 种元素计算的 RI 值为 124.71, 表明该填埋场中这 7 种重金属元素造成的潜在生态危害很高。

3 结论

(1) 微波消解与普通消解方式相比具有优越性。

(2) 填埋场的填埋土重金属含量明显高于自然土壤的背景值, Cu , Zn , As 分别高出背景值含量 86%、250%、300%。除 Hg 外均高于一级标准; 除 As 外, 都在三级标准的规定值内。该垃圾填埋场 As 是主要污染物。

(3) 生态危害指数法的评价结果表明, 该垃圾填埋场受到一定程度的重金属污染, 污染状况为:

3 结论

采用邻菲罗啉分光光度法测定海水中的总铁, 不受氯离子的干扰, 方法简便、稳定、可靠, 精密度与准确度均符合要求。

[参考文献]

- [1] 国家质量技术监督局. GB 17378.4-1998 海洋监测规范 第 4 部分 海水分析 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [2] 《水和废水监测分析方法指南》编委会. 水和废水监测分析方法指南: 中册 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994: 385.
- [3] 陈代红. 有机萃取-火焰原子吸收法测定海水中总铁 [J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13(3): 35.
- [4] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 368-370.
- [5] 《环境水质监测质量保证手册》编写组. 环境水质监测质量保证手册 [M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 1994: 228.

本刊责任编辑 姚朝英 薛光璞

$Cd > As > Hg > Cu > Pb > Cr > Zn$, Cd 和 As 的毒性贡献较大, 存在极高的潜在生态风险。

[参考文献]

- [1] 蔡不忒, 陈世和. 我国城市水污染和生活垃圾控制的探索 [J]. 工业安全与防尘, 1994(4): 5-8.
- [2] 刘玉燕, 刘敏, 刘浩峰. 城市土壤重金属污染特征分析 [J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 184-187.
- [3] 罗泽娇, 赵俊英, 靳孟贵. 武汉市某垃圾填埋场重金属对环境污染的研究 [J]. 地质科技情报, 2003, 22(3): 87-90.
- [4] 张辉, 马东升. 城市生活垃圾向土壤释放重金属研究 [J]. 环境化学, 2001, 20(1): 43-46.
- [5] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.
- [6] 刘晶, 滕彦国, 崔艳芳, 等. 土壤重金属污染生态风险评价方法综述 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(3): 6-11.
- [7] 毕春娟. 长江口潮滩重金属环境生物地球化学研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2004: 157-159.
- [8] 郝红, 周怀东, 王剑影, 等. 漳卫南运河沉积物重金属污染及其潜在生态风险评价 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(2): 109-115.