淮安市某垃圾填埋场重金属污染现状调查

吴红雨,黄红,吴敬波

(淮安市环境监测中心站,江苏 淮安 223001)

摘 要:对淮安市某垃圾填埋场土壤中 13 个采样点中典型重金属 Cr、Pb、As、Hg、Cd、Cu、Zn 的含量进行了调查,采用单因子污染指数、综合污染指数及 Hakanson 潜在生态风险指数法评价了土壤中典型重金属对其所在环境的污染程度,对周围环境造成的潜在生态风险影响。结果表明,研究区域内重金属含量均未超过《土壤环境质量标准》(GB 15618 - 1995)二级标准。主要的潜在生态风险因子为 As、潜在生态风险因子大小顺序为 As > Hg > Cd > Cu > Cr > Pb > Zn。

关键词:垃圾填埋场;重金属污染;生态风险;土壤;淮安市

中图分类号:X825

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2014)03-0040-04

Present Situation Investigation and Assessment of Heavy Metal Pollution for a Municipal Landfill in Huaian

WU Hong-yu, HUANG Hong, WU Jing-bo

(Huaian Environmental Monitoring Central Station, Huaian, Jiangsu 223001, China)

Abstract: The situation and distribution of heavy metal pollution were investigated in the soil of the Municipal landfill in Huaian, Through analyzing the contents of the typical heavy metal pollutants (Cr,Pb,As,Hg,Cd,Cu,Zn) in the soil of 13 sample sites. The potential influences around environment involving the heavy metals were evaluated by the ecological risk index of Hakason ecological risk, single factor contamination index and comprehensive contamination index. The results showed that none of heavy metal in the studied region had overrun the Grade II of national *Environmental Quality Standard for Soil* (GB 15618 – 95). The major factor of potential ecological risk was As, and the order of the potential ecological risks was As > Hg > Cd > Cu > Cr > Pb > Zn.

Key words: Refuse landfill; Heavy metals pollution; Ecological risk; Soils; Huaian

随着城市规模的不断扩大和人民生活水平的提高,城市生活垃圾产量与日俱增。生活垃圾填埋技术作为生活垃圾最终的处理方式,目前是我国大多数城市解决生活垃圾出路的主要方式。然而,由于我国垃圾分类工作不够完善,大量电子垃圾进入垃圾填埋场,造成垃圾中重金属含量增加[1],对堆放地及周边土壤造成污染。现对淮安市某垃圾填埋场填埋库区及周边土壤中重金属的分布特征及污染进行调查,运用单因子污染指数、综合污染指数与潜在生态危害综合指数对土壤重金属污染进行评价,为了解淮安市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为 17.2 hm2,设计库

容726万 m³,设计使用年限15 a。主要承担淮安市区的生活垃圾卫生填埋,日均接纳垃圾1100 t。 在填埋场周边及填埋库区设13个采样点,共采集 表层(0~20 cm)土壤样品26个。

1.2 样品分析

将自然风干的土壤用木棍碾磨,运用四分法弃取,过 100 目的筛子,装袋以备用。用火焰原子吸收光谱仪测定 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr的含量,原子荧光光谱仪测定 Hg、As的含量。

- 1.3 分析过程的质量控制
- 1.3.1 准确度控制

采用 GSS - 3、GSS - 4、GSS - 10、GSS - 16 标

收稿日期:2012-08-22;修订日期:2014-02-20

基金项目: 江苏省环境科研基金资助项目(1009)。

作者简介:吴红雨(1970—),高工,本科,从事环境监测质量管理工作。

准物质进行加标回收, Cr、Pb、As、Hg、Cd、Cu、Zn的回收率分别达 98.8% ~ 104%、91.0% ~ 108%、90.1% ~ 106%、90.6% ~ 109%、91.1% ~ 109%、103% ~ 109%、90.2% ~ 108%。

1.3.2 精密度控制

每批样品做不少于10%的平行样,结果显示

各种物质的平行样相对偏差均为10%~18%。

2 结果与分析

2.1 土壤中重金属质量比及分布特征

垃圾填埋场周边及填埋库区表层土壤中重金 属质量比统计见表 1。

表1 表层土壤中重金属质量比统计①

mg/kg

样品类型	样本数	测定值	Zn	As	Cu	Pb	Cd	Hg	Cr
厂界外土壤	20	最小值	63.6	12.7	11.6	12.7	0.129	0.035	61.8
		最大值	82.0	17.8	25.4	30.4	0.250	0.090	85.9
		平均值	71.7	15.5	18.2	20.2	0.197	0.057	78.2
		标准偏差	4.90	1.40	3.64	4.88	0.030	0.017	6.50
		变异系数	0.068	0.090	0.200	0.242	0.152	0.298	0.083
填埋库区土壤	6	最小值	75.6	15.8	21.8	20.5	0.175	0.044	74.7
		最大值	80.9	16.3	20.2	23.5	0.206	0.060	79.3
		平均值	76.1	15.7	19.6	20.1	0.191	0.048	74.6
		标准偏差	3.81	0.801	1.56	2.00	0.012	0.009	3.77
		变异系数	0.050	0.051	0.080	0.099	0.063	0.188	0.050
	标准值		250	30	100	300	0.30	0.50	200

①标准值参考《土壤环境质量标准》(GB 15618-1995)二级标准。

2.2 重金属污染现状分析

利用单因子污染指数和综合污染指数对垃圾 填埋场土壤重金属污染进行分析^[2],结果见表 2。

(1)单项污染指数。

$$P_i = C_i / L_{ii}$$

式中: C_i ——i 污染物测定值, mg/kg;

 L_{ii} ——i 污染物评价标准, mg/kg。

 $P_i \leq 1$,表示未污染, $P_i > 1$,表示污染。

(2)综合污染指数。

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{\left(C_i / L_{ij} \right)_{\text{ave}}^2 + \left(C_i / L_{ij} \right)_{\text{max}}^2}{2}}$$

分级标准: $P_{ij} \leq 0.7$,安全; $0.7 < P_{ij} \leq 1$,警戒级; $1 < P_{ii} \leq 2$,轻污染; $2 < P_{ii} \leq 3$,中污染; $P_{ii} > 3$,重污染。

表 2 土壤中重金属单因子污染指数和综合污染指数

重金属				综合污染指数	污染等级				
里並馮	Zn	As	Cu	Pb	Cd	Hg	Cr	练百行采旧数	行朱寸玖
最小值	0.27	0.46	0.16	0.06	0.54	0.09	0.34	0.49	安全
最大值	0.32	0.57	0.21	0.08	0.77	0.18	0.43	0.61	安全
平均值	0.30	0.52	0.18	0.07	0.66	0.14	0.38	0.55	安全
污染等级	未污染	未污染	未污染	未污染	未污染	未污染	未污染		

由表 2 可见,垃圾填埋场周边及填埋库区土壤中 Cr、Pb、As、Hg、Cd、Cu、Zn 重金属元素的单因子污染指数均 < 1,土壤未受到重金属污染,土壤环境优良;综合污染指数最大值、最小值及平均值均 < 0.7,评价区域土壤属于清洁安全等级。

2.3 土壤重金属污染物潜在生态风险评价

采用 Hakason 生态风险指数法即潜在生态危害指数法对准安市某垃圾填埋场土壤重金属污染物的污染程度和潜在的风险进行评价^[3-4]。

2.3.1 Hakason 生态风险指数法的数学模型 (1)土壤重金属污染物污染程度。

单个重金属污染系数 C_t 计算公式为:

$$C_f^i = \omega^i / \omega_n^i \tag{1}$$

式中: ω^{i} ——土壤中该重金属污染物的实测质量 比,mg/kg;

 ω_n^i ——全球工业化前沉积物中该重金属污染物质量比,mg/kg。

Hakason 根据大量数据分析,提出 Cd、Cu、Pb、

Cr、Zn、Hg 和 As 的沉积物中污染物质量比及单因 子重金属污染物的毒性响应参数见表3、表4^[5]。

金属	Cd	Cu	Pb	Cr	Zn	Hg	As
质量比	1.0	50	70	90	175	0.25	15

表 4 单因子重金属污染物的毒性响应参数(T)

金属	Cd	Cu	Pb	Cr	Zn	Hg	As
毒性系数	30	5	5	2	1	40	10

多种金属污染系数之和 C_{τ} 的计算公式为:

$$C_T = \sum_{i=1}^n C_r^i \tag{2}$$

(2)土壤金属污染物的潜在生态风险程度

单个重金属潜在生态危害系数 E 计算公 式为:

$$E_r^i = T_r^i C_f^i \tag{3}$$

式中: T----单因子重金属污染物的毒性响应

多种重金属潜在生态风险指数 RI 计算公 式为:

RI =
$$\sum_{i=1}^{n} E_{r}^{i} = \sum_{i=1}^{n} T_{r}^{i} \times C_{f}^{i}$$
 (4)

Hakason 提供 $C_t^i \setminus C_T \setminus E_t^i$ 和 RI 值表示的污染程 度及潜在生态风险程度数值范围见表 5[5],各采样 点 C_r^i 和 C_r 见表 $6, E_r^i$ 和 RI 值见表 7。

表 5 C_t^i 、 C_T 、 E_t^i 和 RI 值对应的污染程度及潜在生态风险程度

单个重金属污染物污染系数 C_f^i 范围	$C_f^i < 1$	$1 \leq C_f^i < 3$	$3 \leq C_f^i < 6$	$C_f^i \geqslant 6$	
单个重金属污染物污染程度	低度	中度	重度	严重	
多种金属污染物污染系数 C_T 范围	$C_T < 8$	$8 \le C_T < 16$	$16 \le C_T < 32$	$C_T \geqslant 32$	
多种金属总体污染程度	低度	中度	重度	严重	
单个重金属污染物潜在生态风险系数 E_r^i 范围	$E_r^i < 40$	$40 \le E_r^i < 80$	$80 \leq E_r^i < 160$	$160 \le E_r^i < 320$	$E_r^i > 320$
单个重金属污染物生态风险程度	低	中	较重	重	严重
多种金属潜在生态风险指数 RI 范围	RI < 150	$150 \le RI < 300$	$300 \leqslant \mathrm{RI} < 600$	RI > 600	
多种金属总的潜在生态风险程度	低度	中度	重度	严重	
·		-			

表 6 各采样点 C_t^i 和 C_T 值

亚				C_f^i				- C _T	总体污染程度
采样点 -	Cd Cu	Pb	Pb Cr		Zn Hg		- C _T	心体仍架性及	
1#	0.22	0.38	0.30	0.83	0.41	0.24	1.02	3.40	低度
2#	0.20	0.33	0.27	0.81	0.40	0.24	1.15	3.40	低度
3#	0.21	0.33	0.29	0.76	0.40	0.28	1.03	3.30	低度
4#	0.19	0.36	0.27	0.89	0.43	0.20	1.09	3.43	低度
5#	0.23	0.38	0.33	0.91	0.41	0.16	1.00	3.42	低度
6#	0.17	0.38	0.25	0.95	0.38	0.24	0.93	3.26	低度
7#	0.18	0.35	0.26	0.91	0.41	0.20	1.15	3.50	低度
8#	0.18	0.37	0.29	0.85	0.40	0.20	1.09	3.38	低度
9#	0.16	0.36	0.26	0.82	0.40	0.24	0.96	3.20	低度
10#	0.20	0.41	0.35	0.93	0.42	0.36	0.95	3.62	低度
11#	0.20	0.38	0.27	0.82	0.44	0.16	1.01	3.28	低度
12#	0.20	0.42	0.30	0.84	0.44	0.24	1.00	3.44	低度
13#	0.18	0.36	0.30	0.80	0.45	0.16	1.10	3.35	低度

2.3.2 土壤重金属的污染程度

从单因子污染物污染参数值 C_t^i 看, As 在 1#~ 5#、7#~8#、11#~13#采样点单因子污染物污染程 度为中度污染,在6#、9#、10#采样点为低度污染。 Cu,Zn,Pb,Cd、Cr、Hg 重金属在各采样点单因子污 染物污染程度都为低度污染。各重金属潜在生态 风险由大到小依次为: As > Cr > Zn > Cu > Pb > Hg

> Cd。从多因子污染物污染程度 C_r 看,各采样点 总体污染程度为低度污染。

2.3.3 土壤重金属污染物的生态风险性

由表7可见,分析土壤中重金属总的潜在风险 程度 RI 值显示各采样点均为低度污染;单因子污 染物潜在生态风险系数 E, 表明各重金属在各采样 点均为低度污染,风险等级均处于安全等级。

采样点				E_r^i				C_T	总体污	RI	总的潜在
术件点	Cd	Cu	Pb	Cr	Zn	Hg	As	c_T	染程度	ΝI	风险程度
1#	6.72	1.88	1.52	1.65	0.41	9.60	10.2	3.40	低度	31.98	低度
2#	5.97	1.65	1.36	1.61	0.40	9.60	11.5	3.40	低度	32.09	低度
3#	6.30	1.67	1.44	1.51	0.40	11.2	10.3	3.30	低度	32.82	低度
4#	5.82	1.80	1.36	1.77	0.43	8.00	10.9	3.43	低度	30.08	低度
5#	6.99	1.90	1.65	1.82	0.41	6.40	10.0	3.42	低度	29.17	低度
6#	5.01	1.88	1.24	1.90	0.38	8.00	9.27	3.26	低度	27.68	低度
7#	5.34	1.76	1.28	1.83	0.41	9.60	11.5	3.50	低度	31.72	低度
8#	5.31	1.85	1.46	1.70	0.40	8.00	10.9	3.38	低度	29.62	低度
9#	4.89	1.82	1.28	1.65	0.40	9.60	9.60	3.20	低度	29.24	低度
10#	5.91	2.03	1.76	1.86	0.42	14.4	9.53	3.62	低度	35.91	低度
11#	6.09	1.88	1.36	1.64	0.44	6.40	10.1	3.28	低度	27.91	低度
12#	5.88	2.08	1.51	1.68	0.44	9.60	10.0	3.44	低度	31.19	低度
13#	5.37	1.81	1.50	1.59	0.45	6.40	11.0	3.35	低度	28.12	低度
均值	5.82	1.85	1.44	1.71	0.41	9.0	10.4				
验贡献百分比	20.70	6.58	5.12	6.08	1.46	32.00	37.00			100	

表 7 各采样点潜在风险系数 E_r^i 和潜在风险指数 RI 值

3 结论

(1)淮安市某垃圾填埋场研究区域土壤环境良好,Cu,Zn,Pb,Cd、Cr、Hg、As 重金属质量比最大值及平均值均未超过《土壤环境质量标准》(GB 15618-95)二级标准。从变异系数来看,各重金属含量的离散程度 Hg 金属最大,具有较强变异性。变异系数大小排序为:Hg>Pb>Cu>Cd>As>Cr>Zn。从单项污染指数和综合污染指数看,评价区域土壤属于清洁安全等级。

(2)潜在生态风险评价表明,填埋场研究区域 土壤重金属总体潜在风险程度低,对环境危害不大, 风险等级均处于安全等级。重金属污染物潜在生态 风险顺序为: As > Hg > Cd > Cu > Cr > Pb > Zn。其中

As 对环境的潜在生态风险贡献最大,潜在生态贡献 比达到 37%,存在较高的潜在生态风险。

[参考文献]

- [1] 侯晓龙,马祥庆. 中国城市垃圾的处理现状及利用对策[J]. 污染防治与技术,2005,18(6):19-23.
- [2] 罗永清,陈银萍,陶玲,等. 兰州市农田土壤重金属污染评价与研究[J]. 甘肃农业大学学报,2011,46(1):104-110.
- [3] 于云江,胡林凯,杨彦,等.典型流域农田土壤重金属污染特征及生态风险评价[J].环境科学研究,2010(12):81-85.
- [4] 滑丽萍,华珞,高娟,等.中国湖泊底泥的重金属污染评价研究[J].土壤,2006(4):16-23.
- [5] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollutioncontrol a sediment logical approach[J]. Water Research, 1980, 14 (8):975 1001.

(上接第39页)

- [14] QI H, LIU L, JIA H, et al. Dechlorane Plus in surficial water and sediment in a northeastern Chinese River [J]. Environmental Science & Technology, 2010, 44(7):2305 2308.
- [15] WANG L, JIA H, LIU X, et al. Dechloranes in a river in northeastern China; spatial trends in multi – matrices and bioaccumulation in fish (Enchelyopus elongatus) [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2012, 84:262 – 267.
- [16] VENIER M, HITES R A. Flame retardants in the atmosphere near the great lakes [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(13):4745-4751.
- [17] 何畅,金军,马召辉,等.青海省西宁市与天峻县大气中得克隆与十溴联苯醚的水平与来源[J].环境科学,2013,34(3): 1129-1135.
- [18] QIU X, MARVIN C H, HITES R A. Dechlorane Plus and other flame retardants in a sediment core from lake ontario [J]. Envi-

ronmental Science & Technology ,2007 ,41 (17) :6014 - 6019.

- [19] YANG R, WEI H, GUO J, et al. Historically and currently used Dechloranes in the sediments of the great lakes [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 45(12):5156-5163.
- [20] TOMY G T, PLESKACH K, ISMAIL N, et al. Isomers of Dechlorane Plus in lake winnipeg and lake ontario food webs [J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41 (7): 2249 2254.
- [21] WUJP,ZHANGY,LUOXJ,et al. Isomer specific bioaccumulation and trophic transfer of Dechlorane Plus in the freshwater food web from a highly contaminated site, south China[J]. Environmental Science & Technology, 2010, 44(2):606-611.
- [22] WANG D G, ALAEE M, SVERKO E, et al. Analysis and occurrence of emerging chlorinated and brominated flame retardants in surficial sediment of the dalian costal area in China[J]. Journal of Environmental Monitoring, 2011, 13(11);3104-3110.