

· 解析评价 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2013.04.014

# 基于 Hakanson 潜在生态风险指数的某垃圾填埋场土壤重金属污染评价

赵小健

(扬州市环境监测中心站, 江苏 扬州 225007)

**摘要:** 将 Hakanson 提出的潜在生态风险指数法应用于垃圾填埋场及周边土壤重金属污染评价, 扩充了评价因子, 确定了各重金属的毒性系数及参比值。研究表明, 评价区土壤中 Hg 的潜在生态风险较重, 其后依次为 Cd、As、Ni、Cu、Pb、Co、Cr、Mn 和 Zn。对污染场地的风险评估及生态修复有一定的指导意义。

**关键词:** 潜在生态风险指数; 垃圾填埋场; 土壤污染; 重金属

中图分类号: X53

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-04-0043-03

## Pollution Evaluation of Heavy Metals in Soil of Landfill Site Based on the Potential Ecological Risk Index Proposed by HAKANSON

ZHAO Xiao-jian

(Yangzhou Environmental Monitoring Central Station, Yangzhou, Jiangsu 225007, China)

**ABSTRACT:** The pollution situation of heavy metals in soil of landfill site and its surrounding was evaluated with the method of potential ecological risk index proposed by Hakanson. The evaluation factor was expanded and the toxic coefficients and reference values of the various heavy metals were ascertained. The results showed that the risk level of Hg was more serious, followed by Cd, As, Ni, Cu, Pb, Co, Cr, Mn and Zn in the order. This study has certain guiding significance for risk assessment and ecological restoration of contaminated sites.

**KEY WORDS:** potential ecological risk index; landfill site; soil contamination; heavy metals

生活垃圾填埋场作为集中处置城镇生活垃圾的市政基础设施, 在建设、运行、封场各个阶段对周边大气、水体、土壤及景观等都会产生不利影响。其对土壤环境的影响不仅表现为占用土地, 更为严重的影响是渗滤液污染。垃圾填埋场渗滤液成分复杂, 有机物浓度极高, 填埋初期因 pH 值较低, 各类重金属离子浓度一般也较高<sup>[1]</sup>。渗滤液泄漏进入土壤将改变土壤的性质结构, 破坏土壤的腐解能力和生态功能, 其中的重金属可通过扬尘及食物链进入人体, 对人体健康构成威胁。开展填埋场周边土壤重金属污染的监测评价是防控垃圾填埋场污染, 制定土壤修复方案的基础。

国内外关于土壤(沉积物)重金属污染评价的方法很多。瑞典科学家 HAKANSON 提出的“潜在生态风险指数(The Potential Ecological Risk Index)”具有简便、快速且较为准确的特点, 体现了对分析检测、多因子评价、生物毒性以及指标灵敏

度的要求, 同时顾及了背景值的地域差异性, 是评价土壤(沉积物)重金属污染最常用的方法之一<sup>[2]</sup>。国内, 潜在生态风险指数法在水域生态风险评价方面已经有了较为广泛的应用, 而在土壤重金属污染评价中的应用较少。本文采用潜在生态风险指数的基本方法, 扩充了评价因子, 确定了各重金属的毒性系数, 以本地区土壤背景值研究的最新数据为参比值, 评价了某垃圾填埋场土壤中重金属污染状况, 对于类似的污染场地风险评价与生态修复有一定的指导意义。

### 1 评价方法

#### 1.1 潜在生态风险指数

1980年, HAKANSON 根据重金属的性质及环

收稿日期: 2013-02-17

作者简介: 赵小健(1966—), 女, 高级工程师, 本科, 从事环境监测与科研工作。

境行为特点,从沉积学角度提出了潜在生态风险指数评价法<sup>[3]</sup>。该方法不仅考虑土壤(沉积物)中重金属含量,而且将重金属的生态效应、环境效应与毒理学联系在一起,采用具有可比性的、等价属性指数分级法进行评价。潜在生态风险指数涉及到单项污染系数、重金属毒性响应系数及潜在生态风险单项系数,其计算公式为:

$$RI = \sum E_r^i \quad (1)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i \quad (2)$$

$$C_f^i = C_{\text{表层}}^i / C_n^i \quad (3)$$

式中:RI——潜在生态风险指数; $E_r^i$ ——金属元素*i*的潜在生态风险单项系数; $T_r^i$ ——金属元素*i*的毒性响应系数; $C_f^i$ ——金属元素*i*的单项污染系数; $C_{\text{表层}}^i$ ——表层土壤中金属元素*i*的实测浓度; $C_n^i$ ——参比值。重金属污染的潜在生态风险分级标准见表1。

表1 重金属污染潜在生态风险指标及分级

潜在生态风险 单项系数	潜在生态风险 指数	风险等级
$E_r^i < 40$	$RI < 150$	低
$40 \leq E_r^i < 80$	$150 \leq RI < 300$	中
$80 \leq E_r^i < 160$	$300 \leq RI < 600$	较重
$160 \leq E_r^i < 320$	$RI \geq 600$	重
$E_r^i \geq 320$		严重

### 1.2 评价因子及参比值

中国城镇生活垃圾普遍未实行分类收集,填埋场渗滤液中金属元素的组成较多,仅仅采用 HAKANSON 给出的 Zn、Cr、Cu、Pb、As、Cd、Hg 等7种元素及其毒性系数,可能难以全面评价土壤污染状况。本文将生态危害相对较大的 Ni、Co 及本地垃圾中可能混杂的 Mn 一并列入评价范围,新增评价因子的毒性系数引用文献的研究成果<sup>[4]</sup>。HAKANSON 建议以现代工业化前的环境本底最高值作为参比,国内的研究多以中国土壤元素背景值或《土壤环境质量标准》一级标准值作为参比。为体现区域的分异性,本文采用江苏省地质调查研究院给出的本地区土壤背景值调查的最新数据作为参比<sup>[5]</sup>。各评价因子的毒性系数及参比值见表2。

表2 评价因子的毒性系数及参比值

元素	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Ni	Co	As	Cd	Hg
毒性系数	1	1	2	5	5	5	5	10	30	40
参比值/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	518	65.2	72.6	26	26.8	30.2	13.6	9.2	0.116	0.07

## 2 监测与评价

### 2.1 样品采集及测试

某垃圾填埋场始建于1985年,占地面积约148亩,因地处区域调水河道的河滩,为保障调水安全,须整体搬迁并对原址土壤污染状况进行调查。根据现场环境条件,土壤监测点以填埋场为中心向四周放射状布设,近密远疏,共设10个采样点。每个采样点挖取面积为25cm×25cm,深度为0~20cm的土壤装入密闭容器,送实验室测试。样品前处理及分析参照《全国土壤污染状况调查样品分析测试技术规定》执行。

### 2.2 重金属元素潜在生态风险评价

该垃圾填埋场土壤中重金属元素的潜在生态风险“较重”,风险等级排序为 Hg > Cd > As > Ni > Cu > Pb > Co > Cr > Mn > Zn,详见表3。评价区土壤中 Hg 和 Cd 的浓度虽未超过国家《土壤环境质量标准》二级标准限值,但明显高于本地区土壤背景值,其风险等级分别达到“较重”及“中等”程度,这显然与生活垃圾中包含的荧光灯、电池等电子废物有关。评价区土壤中 As、Ni、Cu、Pb、Co、Cr、Mn、Zn 的风险等级“低”,这些重金属污染的主要来源是工矿废物,生活垃圾中的含量通常不大。

表3 评价区样品实测浓度及  $E_r^i$ 、RI 值

元素	实测浓度/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )			$E_r^i$	RI
	最低	最高	平均		
Mn	467	737	640	1.24	161.1
Zn	61.0	97.8	79.1	1.21	
Cr	65.2	92.8	81.0	2.23	
Cu	16.8	38.2	26.8	5.15	
Pb	18.4	31.8	26.3	4.91	
Ni	19.7	42.9	35.1	5.81	
Co	7.2	15.2	12.9	4.74	
As	1.40	10.2	8.03	8.73	
Cd	0.08	0.23	0.16	41.4	
Hg	0.02	0.26	0.15	85.7	

(下转第49页)

规定了禁用或限制使用条例<sup>[8]</sup>。

针对矿区 PAHs 污染现状,首先,应制定可开采煤矿的 PAHs 含量规定,且通过提高相应的生产技术控制煤矸石中 PAHs 的含量,从源上控制污染。其次,加大循环经济的力度,将煤矸石用于制砖,建筑材料,不要大面积长久堆放。即使堆放,应做好堆放场所的防渗工作,以免渗滤液污染周围地下水 and 地表水;应做好堆放场所的抑尘工作,减少周边空气污染和吸附了 PAHs 的飘尘降落到地面后对土壤的污染。

#### 4.2.2 技术控制

PHAs 治理困难,因此其处理降解技术一直是国类外专家、学者的研究重点和热点。目前对 PHAs 污染治理的方法主要有3类:物理法、化学法和生物法,其中生物法是研究热点<sup>[9]</sup>。生物法处理 PAHs 又称生物修复(Bioremediation),它主要是通过微生物和植物的新陈代谢作用,将环境中的有机污染物就地降解成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O,或转化为无害物质。根据目前有关的文献资料,修复污染的生物主要是微生物(细菌和真菌)、植物和菌根。应用生物降解原理来治理被污染环境的生物修复技术,近年来发展很快,它不仅经济、安全,而且所能处理的阈值低、残留少,应用前景十分广阔。

(上接第44页)

### 3 结论

(1) 作为国际上研究土壤(沉积物)重金属污染的重要成果之一,HAKANSON 提出的潜在生态风险指数法以定量方法评估重金属的危害程度,是目前应用较为广泛的一种,其评价因子及参比值可依研究对象不同做相应调整。利用该方法对某生活垃圾填埋场土壤中重金属的污染程度进行评价,表明汞和镉的潜在风险较大,而砷、铅、铬、镍等的潜在风险较小,这与生活垃圾重金属污染的特点相吻合。

(2) 环境质量标准一般是按照使用功能设置不同的评价因子及其限值,如评价区实测浓度超过标准限值就表明该环境功能的丧失,其危害是“已然”的。潜在生态风险指数揭示了重金属污染可能产生的生态风险,具备一定的预警性,其危害是“或然”的。在进行土壤环境风险评估时,这两种评价方法可互为补充。

(3) 建议该垃圾填埋场搬迁后,应清除有机污

- [参考文献]
- [1] 陈晶. 淮南矿区环境中多环芳烃分布赋存规律及环境影响[D]. 中国地质大学,2005.
  - [2] HJ 478—2009 水质 多环芳烃测定 液液萃取和固相萃取高效液相色谱法[S].
  - [3] 江苏省环境监测中心,国家环境保护地表水环境有机污染物监测分析重点实验室. 地表水环境质量 80 个特定项目监测分析方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009:30-35.
  - [4] DOONG R A, LIN Y T. Characterization and distribution of Polycyclic aromatic hydrocarbons contaminations in surface sediment and water from Gao — Ping River, Taiwan[J]. Water Res,2004,38:1733-1744.
  - [5] HUI Y M, ZHENG M H, LIU Z T, et al. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Yellow River Estuary and Yangtze River Estuary[J]. China Journal of Environmental Sciences, 2009, (21): 1625-1631.
  - [6] 曹治国,刘静玲,王雪梅,等. 漳卫南运河地表水中溶解态多环芳烃的污染特征、风险评价与来源解析[J]. 环境科学学报,2007,30(2):251-260.
  - [7] 陈燕燕,尹颖,王晓蓉,等. 太湖表层沉积物中 PAHs 和 PCBs 的分布及风险评价[J]. 中国环境科学,2009,29(2):118-124.
  - [8] 岳敏,谷学新,邹洪,等. 多环芳烃的危害与防治[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2003,24(3):40-44.
  - [9] 魏俊飞,吴家强,焦文娟. 多环芳烃的毒性及其治理技术研究[J]. 污染防治技术,2008,21(3):65-69.

染严重的上层土壤,进行异地卫生填埋。原址经土地整理,可利用种植优选植物及其根际微生物对污染物的吸收、挥发、分离、降解作用,实施原位修复,进一步降低环境风险。

[参考文献]

- [1] 蒋海涛,周恭明,高廷耀. 城市垃圾填埋场渗滤液的水质特性[J]. 环境保护科学,2002,28(3):11-13.
- [2] 张鑫,周涛发,杨西飞,等. 河流沉积物重金属污染评价方法比较研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2005,28(11):1419-1423.
- [3] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control — A sedimentological approach [J]. Water Research, 1980,14(8):975-1001.
- [4] 徐争启,倪师军,度先国,等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J]. 环境科学与技术,2008,31(2):112-115.
- [5] 吴新民,金洋,翁志华. 南京及周边地区土壤地球化学特征及基础地质应用探讨[J]. 江苏地质,2007,31(3):180-186.