

# 煤矸石堆附近耕作层土壤中重金属污染状况与评价

郝启勇<sup>1</sup>, 尹儿琴<sup>2</sup>

(1. 山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东泰安 271000;

2. 山东农业大学水利土木工程学院, 山东泰安 271000)

**摘要:**通过对鲁西南煤炭基地若干混堆的煤矸石山周围(10~100m)耕作层土壤的实际调查及分析测试资料,研究了煤矸石堆附近耕作层土壤中重金属污染状况。结果表明,土壤局部已经受到Cd、Ni的污染,但未出现多金属复合污染状况。煤矸石堆附近土壤已经受到采矿等人类活动的影响,其中Cd、Hg的人为影响最大。从8种重金属元素含量随深度的变化曲线形态来看,Hg、Cd 2种元素与Cr、Ni、Cu、Zn、Pb、As 6种元素曲线形态显示差异性,Hg、Cd元素在土壤中赋存、迁移等应具特殊性,有待进一步研究。

**关键词:**煤矸石;重金属;污染;富集因子;质量评价

中图分类号: X833 文献标识码: A 文章编号: 1006-8719(2012)-03-0057-03

## POLLUTION INVESTIGATION AND EVALUATION OF HEAVY METALS IN SURFACE SOIL AROUND COAL GANGUE DUMPS

HAO Qi-yong<sup>1</sup>, YIN Er-qin<sup>2</sup>

(1. Exploration Research Institute of Shandong Coal Field Geology Bureau, Taian Shandong, 271000, China. 2. College of Water Conservancy & Civil Engineering, Shandong Agricultural University, Taian Shandong, 271000, China.)

**Abstract:** Based on the practical investigation and analysis test results in surface soil around (10~100m) in coal-production base of Shandong Southwest, pollution of heavy metals in surface soil around coal gangue dumps was researched. The results show that, surface soil have been polluted, Soil Environmental Quality Standard (GB15618-1995) as the soil quality assessment standard, by Cd or Ni in local region, but no apparent combined pollution. Heavy metals content of surface soil have been affected by mining and human activity, which Cd, Hg is big. Element content Curve shape with depth displays difference between Hg, Cd and Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, As.

**KeyWords:** coal mining area; heavy metals; pollution; enrichment factor; quality evaluation

煤矸石从地下一定深度采出暴露于地表环境

后,从原来的还原环境转化为氧化环境,在富有游离氧的大气降水、微生物等共同作用下,其中的重金属元素将可能会释放进入周围环境中<sup>[1-5]</sup>。鲁西南煤炭基地地处苏鲁豫皖四省结合部,位于山东省西南部的菏泽市、济宁市、枣庄市境内,包括究

收稿日期:2012-01-11

作者简介:郝启勇(1979-),男,山西汾阳人,硕士,主要从事环境地质和环境评价工作。

基金项目:山东省国土资源厅地勘基金项目“3S技术支持下的鲁西南煤炭基地矿区地质环境综合研究”项目

州、济宁、滕县、巨野四个矿区,是华东及山东省主要的煤炭生产基地。2009年煤炭产量9068.77万t,占全省煤炭产量14091.33万t的64.4%。境内有矸石山44座,煤矸石累积存放量约为2000万t,总占地面积约0.95km<sup>2</sup>,占整个矿区面积的0.04%。本文通过对鲁西南煤炭基地若干混堆的煤矸石山周围(10~100m)耕作层土壤的实际调查及分析测试资料,研究了煤矸石堆附近耕作层土壤中重金属污染状况。

## 1 样品采集、处理与分析测试

### 1.1 样品的采集

耕作层土壤样品分别取自研究区域内30座矸石山附近10~100m范围内。对于2座典型矸石山附近耕作层土壤采取了土壤垂向分层(0~100cm)样品。表层土壤采用梅花五点法采样,采样深度0~10cm。土壤垂向分层采样依据土壤层的厚度,每隔20cm采取一个样品。土壤样共45件(包括2组土壤垂向剖面样9件)。

### 1.2 样品处理及分析测试

土壤样品在避免污染的条件下,放置于阴凉、通风处自然风干,然后用玛瑙钵磨碎,并过100目尼龙筛,将筛下的样品封于塑料带中,放在干燥器内备分析测试用。样品微量元素分析测试由中国科学院地质地球物理研究所和国家环境保护总局南京环境科学研究所完成。环保总局南京环科所采用冷原子荧光法、二乙基二硫代氨基甲酸银比色法测试了Hg、As的含量,科学院地质地球物理所采用英国VG公司生产(2002年)的PQ2 Turbo ICP-MS等离子体质谱仪分析测试了其他元素的含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤环境质量评价

本次采取的土壤样品均为农田中耕作层土壤。选用《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中二级标准(pH为6.5~7.5)作为评价标准。此标准的土壤质量基本上不会对植物和环境造成危害和污染,但并不排除土壤中植物吸收与积累土壤中的污染物可能形成的潜在危害性。评价方法采用单因子污染指数法。公式如下: $P_i=C_i/S_i$ 。式中: $P_i$ 为土壤中污染物*i*的污染指数; $C_i$ 为土壤中污染物*i*的实测浓度(mg/kg); $S_i$ 为污染物*i*的评价标

准(mg/kg)。当 $P_i \leq 1$ 时,表示土壤未受污染; $P_i > 1$ 时,表示土壤受到污染,且 $P_i$ 值越大,则污染越严重。评价因子选用国标所规定的8种元素。单因子污染指数评价结果见表2。

表2 矿区土壤环境质量单因子污染指数评价结果表

监测项目	统计样品/个	浓度范围/mg/kg	评价标准/mg/kg	指数范围	超标样品/个	超标率/%
Cr	38	51.20~118.05	200	0.26~0.59	0	0
Ni	38	17.42~57.11	50	0.35~1.14	3	7.9
Cu	38	20.03~98.87	100	0.20~0.99	0	0
Zn	38	53.01~128.70	250	0.21~0.51	0	0
Cd	38	0.0380~0.429	0.3	0.13~1.43	4	10.5
Pb	38	14.84~50.01	300	0.050~0.17	0	0
Hg	38	0.027~0.13	0.50	0.054~0.26	0	0
As	38	4.26~24.773	30	0.14~0.83	0	0

从表2中可以看出,矸石山附近耕作层土壤局部已经受到Cd、Ni的污染(未出现两种重金属同时污染的状况),在测试的38个样品中,Ni的超标率为7.9%,Cd的超标率为10.5%。从污染程度来看,Ni最大单因子指数为1.14,Cd最大单因子指数为1.43,污染程度不高。除Ni、Cd外,其余6种元素单因子指数均小于1,土壤未受到这6种元素的污染。

### 2.2 土壤中重金属元素的人为影响评价(富集评价)

富集因子 $EF^{(6-9)}$ (Enrichment Factor)是评价人类活动对土壤及沉积物中重金属富集程度的重要参数,据此可以区分土壤及沉积物中重金属富集的自然和人为的环境影响。 $EF > 1$ 时,说明该元素可认为其相对富集受到人为等活动的影响, $EF$ 值越大,受到人为影响越大。计算公式如下:

$$EF = \left[ \frac{C_{is} / C_{ns}}{C_{ib} / C_{nb}} \right]$$

式中 $C_{is}$ 为样品中元素含量; $C_{ns}$ 为样品中参比元素含量; $C_{ib}$ 为土壤基线含量; $C_{nb}$ 为参比元素

表3 矿区土壤人为影响(富集因子)评价结果表

监测项目	统计样品/个	富集因子指数范围	富集因子指数		
			小于1样品个数	介于1~2样品个数	>2出现的样品个数
Cr	38	0.55~2.37	13	23	2
Ni	38	0.55~4.04	10	23	5
Cu	38	0.38~6.39	3	30	5
Zn	38	0.35~2.54	12	24	2
Cd	38	0.41~7.66	6	7	25
Pb	38	0.25~2.58	20	17	1
Hg	38	1.10~7.46	0	7	31
As	38	0.20~4.43	9	23	6

基线含量。参比元素选取在表生环境中化学性质稳定的 Zr 元素,元素土壤基线含量采用山东省土壤背景值<sup>[10]</sup>。评价结果见表 3。

从表 3 可见, 矽石堆附近耕作层土壤中 Cd、Hg 两种元素富集情况相对严峻。在 38 个样品中, Cd 在 25 个样品中富集因子均大于 2, Hg 在 31 个样品中富集因子均大于 2, Cd 的最大富集因子为 7.66, Hg 的最大富集因子为 7.46, 显示了人类活动对于这两种元素的影响较大。除 Cd、Hg 外, 其余 6 种元素富集因子指数大部分采样点均大于 1 而小于 2。可见, 煤矽石堆附近土壤已经受到采矿等人类活动的影响, 且以 Cd、Hg 为最严重。

### 2.3 土壤垂向分层剖面重金属元素含量特征

本次在济宁二号井和留庄煤矿矽石堆附近采取了两组垂向分层样品。其中在留庄煤矿矽石堆的分层采样点为老矽石被综合利用而挖走后采取的底部土壤, 20 cm 取一个, 一直到 80 cm, 80 cm 以下为地下水水面; 二号井采样点在矽石山南侧 100 m, 一直取到 100 cm。含量见表 4。

表 4 矿区土壤垂向剖面重金属元素含量表(mg/kg)

采样位置	深度编号	采样深度	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	Zr
济宁二号井	1	0~20cm(A)	11805	5711	3711	8286	0246	2195	0029	100	2415
	2	20~40cm(B)	11019	5576	3540	7176	0216	2032	0030	796	1949
	3	40~60cm(C)	12949	8103	3929	9137	0195	2807	0017	101	1615
	4	60~80cm(D)	9637	4851	4216	7096	0142	2400	0032	948	1775
	5	80~100cm(E)	10686	5074	3103	7373	0133	2741	0019	566	2196
留庄煤矿	1	0~20cm(A)	6096	3010	2730	6452	0153	2161	0027	801	2477
	2	20~40cm(B)	6814	3196	2837	6403	0148	2187	0737	102	2551
	3	40~60cm(C)	6342	3019	2545	5264	0144	2334	0032	606	2243
	4	60~80cm(D)	7507	3591	2683	6141	0142	2411	003	578	2226

从二号井采样剖面(表 4、图 1)可见, 8 种元素含量随着土壤深度的增加呈现降低趋势, 且趋势具波动性。而留庄煤矿采样剖面中表层土壤中 Cr、Ni、Pb、Hg、Cu 元素小于或等于深部土壤, 且波动不大, 这与二号井采样点所取剖面结果相异。对于 Cd 来看, 2 个土壤剖面均显示了含量随着土壤深度的增加而降低的。

从图 1 可见, Cr、Ni、Cu、Zn、Pb、As 6 种元素含量随着深度的变化曲线形态相似, 40~60cm 处均有峰值出现。而 Hg、Cd 2 种元素曲线形态与 6 种

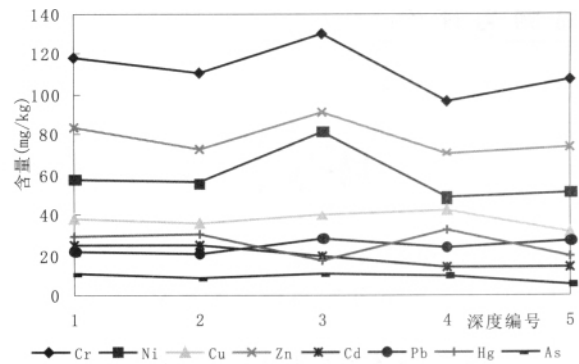


图 1 二号井采样点垂向剖面重金属含量随深度变化曲线图

元素不同, Cd 一直呈现下降趋势, 没有峰值出现, Hg 在 40~60cm 处出现谷值, 而非峰值。

### 3 结论与探讨

(1) 以《土壤环境质量标准》(GB15618-1995) 作为评价标准的土壤环境质量评价中, 鲁西南煤炭基地煤矽石山附近土壤(10~100m)局部已经受到 Cd、Ni 的污染, 但未出现两种重金属复合污染的情况。

(2) 土壤人为影响(富集因子)评价中, 鲁西南煤炭基地煤矽石山附近土壤已经受到包括采矿在内的人类活动的影响, 其中 Cd、Hg 的人为影响最大。

(3) 2 组土壤剖面均显示了 Cd 元素含量随着土壤深度的增加而降低。从土壤剖面重金属含量曲线形态来看, Cr、Ni、Cu、Zn、Pb、As 6 种元素含量随着深度的增加曲线形态相似, 而与 Hg、Cd 2 种元素曲线形态不同。Hg、Cd 元素在土壤中赋存、迁移等应具特殊性, 仍需进一步研究。

(4) 鲁西南煤炭基地矽石山周围土壤在采矿等人类活动影响中, Cd、Ni 局部已经受到了污染。Hg 虽然受人类活动的影响较大, 但土壤并未发现污染情况。

### 参考文献

[1] Da Silva E F, Zhang C S, Pinto L S, et al. Hazard assessment on arsenic and lead in soils of Castromil gold mining area, Portugal [J]. Applied Geochemistry, 2004, 19(6): 887~898.  
 [2] Vassilev S V, Eskenazy G M, Vassileva C G. Behaviour of elements and minerals during preparation and combustion of the Pernik coal, Bulgaria [J]. Fuel Processing Technology, 2001, 72 (2-3): 103~129.  
 [3] 杨建, 陈家军, 王心义. 演马矿煤矽石堆周围环境中重金属分布特

### 3.2 完善道路建设和交通管理

加强道路建设和交通管理、合理的城市规划、加快车辆的行使速度、减少堵车时间,是减少排放污染的重要措施。在规划、建设、管理等方面采取措施,加快建设以玉环城区为核心的快速便捷的交通系统。推进交通管理现代化建设,合理分配交通流,保障道路安全畅通,减少因道路拥堵造成的机动车尾气污染。采取优化公交线网布局、科学安排车次、提高服务质量、提高公交车辆质量等措施,给公众提供方便、快捷、舒适的公交出行环境,增强公众对公共汽车的青睐度,提高公共汽车使用比例,降低私人汽车使用量。制定中心城区的停车收费制度,鼓励市民在城区附近换乘公共交通。同时,加强道路绿化建设,也是减轻环境污染的有效途径。

### 3.3 正确使用和保养机动车

机动车所有者或者应当做好机动车的保养、定期检测和维护,严禁使用劣质汽油,保持机动车曲轴箱强制通风装置、燃油蒸发控制装置的正常功效,避免装置失效造成机动车排气污染超过标准。

### 3.4 推广使用环保型机动车

引进先进技术,积极鼓励和扶持使用电动、混合动力等清洁能源汽车,推动无污染、低污染机动车的使用。建议县政府出面首先向城区公共车和出租车推广使用节能环保车,并逐步将全县其它公共汽车和私人汽车推广。推进政府公务车绿色采购制度,把节能、环保作为公务车采购的重要参考指标。

### 3.5 加强道路交通污染环境监测

提高机动车尾气污染监测能力,建立日常监测网络和环境预警系统,提高城市交通污染环境监测能力,与玉环县环境监控中心联动。定期发布环境质量信息,适时分析交通尾气污染水平,切实控制光化学烟雾等机动车尾气污染现象的发生。

### 3.6 强化对机动车的环保管理

建立机动车环保定期检验机构委托、机动车环保检验、机动车环保检验合格标志等监督管理制度,实行机动车环保分类标志管理和限行制度。严格执行有关的行政监督,依法行政,强化对机动车污染排放的监督管理。充分发挥公安、交通、经贸、环保、质检、出入境检验检疫、工商部门联动机制。加强对在用机动车污染物排放年检、抽检监督工作,维修保养和淘汰更新工作。成立机动车排气检测机构,实施机动车尾气定期检测制度,针对不检测或尾气排放检测不合格的机动车车辆禁止上路。加强政府的引导职能,推广加装汽车尾气催化净化装置,使用环保型汽油清洁剂,控制汽车尾气有害物质排放,减轻对环境污染。

### 3.7 大力宣传环保知识

汽车尾气排放严重超标,大多是人为因素造成的。部分汽车保养较差,使用劣质汽油,使本来就差的空气质量日趋恶化。因此,为了减少和防止机动车尾气污染,要加强交通污染与大气环境保护的宣教工作,普及环保知识,增强环保意识,减少和控制机动车尾气污染,提高人们自觉执行交通污染控制措施的意识。特别是对机动车驾驶人员更应加强环保知识教育,增强减少排放污染物的自觉性。

## 4 结语

综上所述,机动车尾气污染是一个复杂的技术问题和广泛的社会问题,应引起社会各界的重视,也需要社会各界人士共同参与和努力减少机动车尾气污染排放。

## 参考文献

- [1]玉环县“十二五”生态环境保护规划[R].玉环:玉环县环境保护局.
- [2]武喜怀.汽车尾气对人体健康的危害[J].内蒙古石油化工.2007.
- [3]陈学敏,吴德生.环境卫生学[M].北京:人民卫生出版社,2001.
- [4]滕彦国,虞先国,倪师军,张成江.攀枝花工矿区土壤重金属人为污染的富集因子分析[J].土壤与环境,2002,11(1):13~16.
- [5]尹儿琴,郝启勇.兖济滕矿区煤矸石中微量元素的研究与识别[J].中国矿业,2006,15(7):67~70.
- [6]崔龙鹏,白建峰,史永红等.采矿活动对煤矿区土壤中重金属污染研究[J].土壤学报,2004,41(6):896~904.
- [7]中国环境监测总站.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990.

(上接第59页)

征[J].环境科学研究,2008,21(1):96~102.

[4]曲蛟,丛乎奇,袁星等.杨家帽子钼矿区土壤中重金属污染状况的评价[J].中国环境监测,2007,23(6):98~100.

[5]陈峰,胡振琪,柏玉等.矸石山周围土壤重金属污染的生态风险评估[J].农业环境科学学报,2006,25(增刊):575~578.

[6] Ansari A A, Singh I B, Tobschall H J. Importance of geomorphology and sedimentation processes for metal dispersion in sediments and soils of the Ganga Plain: identification of geochemical domains [J].Chemical Geology,2000,162:245~266.