

山西平朔露天煤矿固体排弃物 对环境的影响研究*

王素芬 金玉华 王华东

(北京师范大学环境科学研究所)

煤炭开采有井下开采和露天开采两种形式,但不论何种形式都会给环境带来一定的影响。露天开采影响更大,因为不仅要破坏大量农田,而且在开采过程中往往带出大量排弃物,占用大片土地。堆积的排弃物其岩性复杂,某些岩层往往附有有害元素。本文以山西平朔大型露天煤矿为例,着重说明固体排弃物中某些有害微量元素的迁移转化规律及其对当地土壤、地表水和地下水的影响。

本文所指的排弃物是露天开采过程中的剥离物和煤矸石。在研究过程中首先采样分析各种排弃物中某些元素的含量和总放射性强度,然后在室内进行实验模拟研究。固体排弃物在自然状况下堆放,由于降雨的淋洗作用可导致某些有害元素对地表水、地下水及土壤的污染。对此,我们提出减缓这些影响的措施。

一、固体排弃物中有害微量元素** 的含量及其垂直分布

1. 样品的采集和处理

根据采区煤系地层的地质构造特点,选取具有代表性的钻孔岩心进行分析。将岩样破碎研磨过 100 目筛,根据各岩层在地质剖面总厚度中所占比例加权配制而成。

剥离表土样品取自排土场和煤矸石堆放区及其周围采样点。平朔煤矿的排土场位于七里河坡地上,占地面积 4.5km²,土壤类型简单,均属栗钙土,因而在排土场内布设了两个

采样点,在周围地区布设三个采样点。采样深度为 0—40cm。各点采集的样品混匀后阴干处理,过 100 目筛作为表土样品。

煤矸石样品采自该矿区正在开采中的小煤窑,粉碎研磨,过 100 目筛,备用。

2. 固体排弃物中有害微量元素的含量

在对固体排弃物进行光谱半定量分析的基础上,筛选出 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、Ni、Mo、As 和 F 等进行定量分析(如表 1 所示)。固体排弃物中上述元素超过克拉克值的有 Pb、Zn、Cd、Cr 及 As,而这些元素的含量同国内土壤背景值相比,除 Pb 略高外,其余元素均在一般背景值范围之内(见表 1)。

3. 固体排弃物中有害微量元素在地质剖面中垂直分布规律。

如表 2 所示,平朔煤层属石炭系地层,共含八个煤层,其中 4[#]、9[#] 及 11[#] 号煤层具有开采价值。11[#] 号煤层(深度为 200 米左右)以上的上覆砂页岩,共 29 层均剥离而堆置地表。现将各层中有害微量元素的含量进行了聚类分析研究(见图 1)。从 Q 聚类图可以看出,所列十种有害微量元素在岩层中的富集规律和岩性有密切关系。如第 I 类集中分布在岩性偏粘的岩石中,其中 14 号和 16 号样品尽管称中砂岩,但这两层均为泥质粘结。II、III、IV 类集中分布在岩性偏砂的岩石中,

将岩层中含量较高的汞、砷、氟按地质剖

* 本工作得到许嘉琳同志的指导和帮助,特此致谢。

** 指平朔煤矿地区地方性特点而言。

表 1 固体废弃物中有害微量元素含量(ppm)、克拉克值(%)及北京土壤背景值(ppm)的比较

元素 项目	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	Ni	Mo	As	F	pH*
表土	19.28	39.55	55.92	120	48.44	0.093	21.40	13.80	9.44	267.5	7.88
剥离物	27.61	33.49	64.40	215	48.12	0.126	24.48	23.77	10.89	416.3	7.60
煤矸石	12.17	34.64	5.48	45	16.37	0.101	10.83	13.78	2.797	155.0	6.94
克拉克值(%)	7×10^{-3}	1.6×10^{-3}	0.01	1.5×10^{-3}	0.02	$8 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4}$	8×10^{-3}	$2.5 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-3}$	5×10^{-4}	$10.06 \sim 0.09$	
北京土壤背景值	27	18.90	58.90	1		0.081			8.70	360.0	7.80

* 将过 100 目筛孔的固体废弃物按水:土为 3:1 进行浸提,然后分析测定而得。

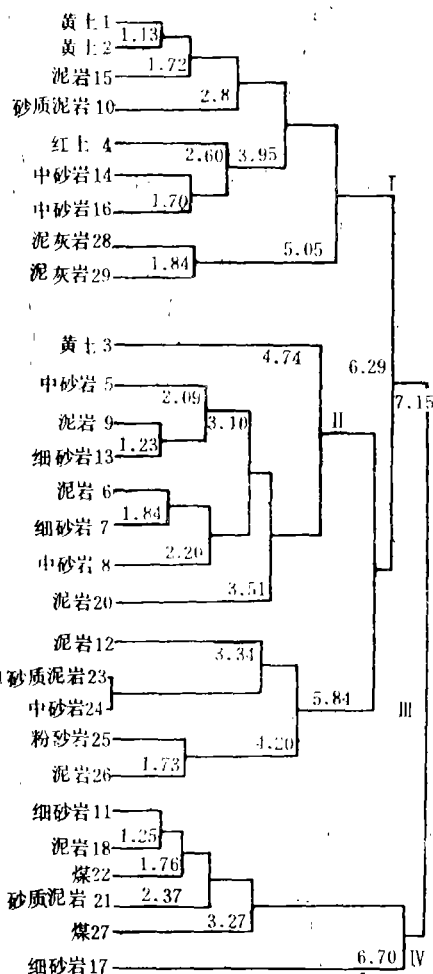


图 1 平朔矿区各岩层中 10 种有害微量元素 Q 聚类图

聚类方法: 最长距离法; 数据处理方法: 标准化法, 图中数据为岩层间 10 种元素的浓度经数据处理后的差值

面绘成分布曲线(见图 2)。从图 2 可以看

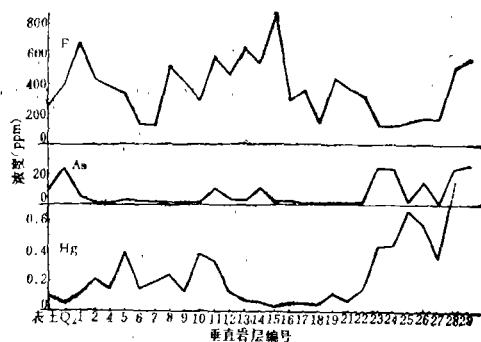


图 2 平朔露天煤矿剥离物中 Hg、As、F 的浓度分布

出,汞在上部岩层中含量稍高,在中部岩层中偏低,而在下部岩层中含量最高。其中 9#—11#(在图 2 中岩层编号为 22—30 号)煤层之间岩层中汞的含量已超过一般土壤的背景值,该段岩层粉碎后的水浸提液 pH 值在 7—4 之间。这表明该段岩层不仅重金属元素汞含量较高,而且活性较强,值得注意。

从图 2 还看出,氟在岩层中垂直分布很不均匀,和岩性关系密切,一般在泥岩中含量较高,在其他岩层中一般含量较低。

二、固体废弃物在降雨淋洗作用下有害微量元素迁移规律

固体废弃物堆放,有害微量元素经雨水淋洗,释放出来将对环境产生一定的影响。

降雨淋洗固体废弃物溶出的元素形态称为淋溶态。通过室内模拟雨水淋洗的模拟实

表 2 平朔矿区地质构造剖面及岩性

地质单位	编号	累计深度	层厚	岩性
O+n	表土	0	46.98	黄土
	Q ₃	1		黄土
	Q ₂	22.74		黄土
	1	69.72		红土
PS	2	71.33	1.61	中粗砂岩
C ₂ t	4	81.20	1.10	泥岩
	5	83.50	2.30	细砂岩
	6	94.50	11.00	中粗砂岩
	7	95.10	0.60	煤
	8	96.50	1.40	泥岩
	9	97.70	1.20	砂质泥岩
	10	102.50	4.80	细砂岩
	11	103.60	1.10	泥岩
	12	107.00	3.40	细砂岩
	13	109.50	2.50	中砂岩
	14	110.40	0.90	泥岩
	15	110.90	0.50	中粗砂岩
	16	115.10	4.20	细砂岩
	17	118.10	3.00	泥岩
	18	118.80	0.70	煤
	19	119.50	0.70	泥岩
	21*	122.40	2.40	砂质泥岩
	22	136.02	13.62	煤
	23	136.82	0.80	砂质泥岩
	24	138.30	1.48	中粗砂岩
	25	139.50	1.20	粉砂岩
	26	140.04	0.54	泥岩
	27	141.38	1.34	煤
	28	142.40	1.02	粉砂岩
	29	142.89	0.47	泥灰岩

验,可以研究固体废弃物中某些元素的淋溶态含量及迁移规律。本实验采用通过 20 目筛孔的岩石粉碎颗粒。它可视为固体废弃物的最小颗粒粒径,在这样条件下的淋出量,实际上是元素淋出量的极值。

1. 模拟实验的设置

(1) 淋洗液 pH 值的确定

这里所指的淋洗液,是雨水的模拟溶液。雨水的 pH 值因地而异。平朔矿区目前雨水的 pH 值约为 7.5,但考虑到以后由于工业的发展,雨水的 pH 值可能降低,故模拟实验采用了三种不同酸度的淋洗液,即 pH 为 5.2、

6.8 及 7.5。

(2) 模拟柱的设置

淋洗模拟实验,设计了三种模拟柱。一种是剥离物模拟柱,一种是煤矸石模拟柱,另一种是表土模拟柱(简称土柱)。设置剥离物和煤矸石模拟柱是为了解剥离物和煤矸石在集中一年降雨量的情况下,所能淋出的有害微量元素的数量,并从中找出主要的污染元素。共设置三个土壤模拟柱,其中一个土柱的淋入液其组成和剥离物及煤矸石柱完全相同,目的是为了与前两者进行对照。另外两个土柱,其一是淋入剥离物模拟柱淋洗出来的溶液;另一个是淋入煤矸石模拟柱淋洗出来的溶液。就是要了解该矿区表土对剥离物和煤矸石所淋洗出来的主要有害微量元素的吸附状况,以便进一步研究剥离物和煤矸石由雨水淋洗出来的某些有害微量元素随雨水下渗可能对当地地下水的影响。

(3) 模拟柱的规格

淋洗模拟实验所设计的三种样品的模拟用柱,均为上孔径 5.0cm,下孔径 1cm,柱高 22cm 的玻璃柱。上孔径面积为 19.63cm²,按降雨量为 438mm/a 计算,在柱内淋入一年的降雨量总计为 860 cm³。五组模拟柱分别装入过 20 目筛孔的固体样品 500g。

2. 排斥物淋洗模拟实验的结果与讨论

由表 3 所列数据可以看出,各组模拟柱淋出元素的浓度均和灌入淋洗液的 pH 值有关,即重金属元素基本上是随淋洗液 pH 值的增加而减少,而氟和砷则相反,随 pH 值的增加其淋出量逐渐增加。

由表 3 可以看出,平朔矿剥离物淋洗液中汞和氟元素含量较高,并且已超过了国家所规定的地表水标准。如直接排入地表水体中可能造成污染,值得重视。但汞在第三个土柱的淋洗液中为未检出,这表明剥离物所淋洗出来的汞,经过土柱以后已基本被吸收。因此它对地下水造成危害的可能性并不大。但如直接排入地表水体将会污染当地河

表 3 淋洗液中主要元素含量* 单位: ppm

编号	元素 柱类	pH (淋入)	pH (淋出)	F	K	Na	Ca	Mg	Cu	Pb	Zn	Cd (ppb)	Hg (ppb)	As (ppb)	Cr (ppb)	Mn	Mo
1	土柱	7.0	7.1	1.00	4.26	44.04	323.20	18.95	0.10	0.03	0.02	0.14	14.10	3.8	1.00	0.03	0.11
2		7.1	7.1	1.47	3.37	20.52	237.30	14.22	0.02	0.02	0.00	0.01	3.10	1.5	1.00	0.02	0.09
3		7.1	7.2	1.10	3.51	20.45	236.90	14.09	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	6.8	1.00	0.02	0.09
4	剥离物柱	5.2	7.0	1.40	6.45	69.81	227.80	64.84	0.02	0.05	0.21	0.00	39.40	0.00	1.00	0.21	0.28
5		6.7	7.1	1.48	4.93	24.54	178.60	52.89	0.00	0.05	0.01	0.00	28.40	5.3	0.00	0.13	0.23
6		7.5	7.1	1.63	4.57	25.89	182.70	53.10	0.00	0.04	0.10	0.00	34.80	6.00	0.00	0.17	0.23
7	土柱	5.2	6.5	0.85	2.43	62.81	136.40	7.84	0.01	0.02	0.00	0.50	0.00	4.5	4.00	0.00	0.06
8		6.7	7.1	1.13	1.64	11.05	64.59	3.85	0.02	0.02	0.00	0.90	0.00	3.0	4.00	0.00	0.04
9		7.5	7.2	1.14	1.75	11.96	68.79	4.07	0.03	0.02	0.16	0.46	0.00	6.0	4.00	0.00	0.03
10	煤矸石柱	5.2	6.0	0.34	9.45	123.00	119.50	30.29	0.06	0.06	0.45	0.16	15.40	3.0	1.00	0.58	0.14
11		7.5	7.3	0.50	3.64	35.78	34.42	18.90	0.01	0.03	0.10	0.00	1.50	3.8	0.00	0.11	0.02
12	土柱	6.3	6.9	0.78	2.61	34.72	229.50	12.54	0.02	0.04	0.00	0.08	1.00	0.00	1.00	0.00	0.10
13		7.3	7.4	0.79	1.76	8.68	114.50	6.57	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.06
国家标准**		6.8—8.5		1.00					0.10	0.10	1.00	10.00	1.00	40.0	50.00	0.50	

* 指的都是模拟柱的淋洗液。

** 《工业企业设计卫生标准》中地表水中有害物质的最高允许量。

流,降低环境质量。

三、固体废弃物放射性污染

为预测露天矿的开发中放射性污染状况,本文对固体废弃物中主要放射性元素铀、钍、镭三种元素进行了分析,见表 4。

山西平朔大型露天煤矿固体废弃物中煤矸石和表土的总放射性强度均小于克拉克值,剥离物的总放射性强度和自然丰度的总放射性强度基本相同,并且小于国家标准值。由此说明,平朔大型露天煤矿的开发其固体

废弃物的堆放,不会对周围地区产生放射性污染。

四、结 语

通过以上研究可以看出,大型煤矿露天开采废弃物,如处理不当,可能对矿区周围环境带来显著影响。对山西平朔大型露天煤矿,经模拟实验研究,废弃物中的汞和氟,经风化受雨水淋洗,地表径流中含量较高,可能污染地表水体。为此建议,将富集汞、氟较高元素的岩层堆置在下部,上覆深厚表土,及时植草种树,加以固定,封闭,以防止致污染有害微量元素的淋洗迁移扩散。

表 4 平朔露天煤矿固体废弃物的放射性浓度*

单位: Ci/kg

项目	剥离物	煤矸石	表土	自然丰度	国家标准
放射性 浓度 (ci/kg)	3.6×10^{-9}	2.7×10^{-9}	1.8×10^{-9}	3.68×10^{-9}	1×10^{-7}

* 表中各项目中的放射性浓度为铀、钍、镭三种元素的放射性浓度的总和。

参 考 文 献

- [1] 山西省煤矿管理局编,山西煤田地质,73 页,煤炭工业出版社,1960 年。
- [2] 中华人民共和国国家标准局,GB 4792-84 放射卫生防护基本标准. 标准出版社,1984 年。
- [3] 马思霖 郭立国编译,露天开采复田,3 页,中国建筑工业出版社,1980 年。

农用粉煤灰中镍的控制标准研究*

李应学 周毅 戴碧琼

(农牧渔业部环境保护科研监测所)

镍在自然界有着广泛的分布。随着工业的发展,镍及其化合物的用量日趋增长,向环境的排放在不断增加。

镍不是动植物正常生活中的必需元素。过量存在会导致人畜得病,土壤贫脊,作物受害。是重要的环境污染物之一。

因此,近代对环境中镍的研究引起了人们的注意。对于镍在土壤和植物中的动态及其影响,陆续发表了一些专题性的总结评论文章^[1]。国内尚未见到这方面的研究报道。

为了探讨土壤—作物系统镍的最高允许

容量,为制定农用粉煤灰中镍的安全控制标准提供科学依据,进行了土壤添加镍对几种作物生长、产量和残留积累影响的试验研究。

一、实验方法

1. 作物盆栽试验

供试土壤为壤质粘土, pH8.16, 有机质 1.74%, 阳离子代换量 7.27me/100g。每盆装土 10kg。供试作物为水稻(京引 303)、小麦(农大 139)、玉米(京玉 101) 和大豆(石系

* 杜道灯同志参加部分工作。