

煤矿区土壤环境质量评价

王润福, 曹金亮

(山西省地质环境监测中心, 太原 030024)

摘要: 文章选取山西大同矿区和长治矿区, 从煤矸石堆放区土壤污染及开采沉陷区土壤养分变化两方面进行了煤矿区土壤环境质量评价, 认为煤矸石中污染土壤的主要污染因子有 SO_4^{2-} 、Cu、Zn 等, 其中 SO_4^{2-} 污染范围较大, Cu、Zn 受环境背景条件影响较大, 其它污染因子如 NO_3^- 、As、Pb、Cd 等均对土壤有不同程度的污染。而开采沉陷对沉陷区土壤中的 P、K、N 和有机质等养分含量有一定的影响, 但影响程度不是很明显。

关键词: 煤炭开采; 煤矸石; 土壤污染; 土壤养分

中图分类号: X144

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2008)04-0120-04

煤炭开采对农业生态环境的影响主要表现在两个方面: 一是煤炭开采产生的大量煤矸石对其堆放区土壤的污染; 二是煤炭开采造成开采沉陷区土壤养分的破坏。研究煤炭开采对农业生态环境的主要影响因子、影响范围和程度, 对于矿区污染土壤治理意义重大。

本文以山西大同矿区、长治矿区为例, 通过对煤矸石堆放场、开采沉陷区土壤样品的分析, 初步分析煤炭开采对农业生态环境的影响。

1 煤矸石堆放区土壤污染分析

1.1 土壤样品采集及测试分析

本次研究分别于长治矿区王庄矿、常村矿及大同矿区同家梁矿共采集煤矸石堆放区土壤样品 85 组(其中土壤背景值 9 组), 土壤样品采样点的布置原则是以能够了解煤矸石堆周围不同距离、不同深度土壤中(利用探井开挖采取土样)有关污染因子的含量, 同时在远离煤矸石堆的区域采集土壤背景值样品。平面布置上, 样品间距由小变大, 在深度上分别为埋深 1.0、2.5、5.0m。测试项目主要为 SO_4^{2-} 、 Cr^{6+} 、 NO_3^- 、As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、pH 等 10 项^[1-2], 结果见表 1。

1.2 煤矸石堆放区土壤污染效应分析

(1) 根据国家标准进行土壤污染效应分析

按 II 类土壤环境质量, 执行二级标准(pH = 6.5 ~ 7.5), 并采用单因子质量指数模型进行评价^[3]。评价

因子选取 Cr^{6+} 、Hg、As、Cu、Pb、Zn、Cd 等。

单因子质量指数模型为: $P_i = C_i / S_i$

式中: P_i ——土壤中污染物 i 的污染指数;

C_i ——土壤中污染物 i 的实测浓度;

S_i ——土壤中污染物 i 的评价标准。

$P_i < 1$, 表示未污染; $P_i > 1$, 表示已污染。

据表 1 分析结果, 对照《土壤环境质量标准》(GB15618-95)^[4], 通过计算得出以下结论:

常村矿矸石堆放区除埋深 2.5m 土壤样品中 Hg 的 $P_i = 1.38 > 1$ 外, 其它土壤样品的 P_i 均小于 1, 说明常村矿矸石堆放区 Cr^{6+} 、As、Cu、Pb、Zn、Cd 等因子没有超过国家土壤环境质量标准值。

王庄矿、同家梁矿距矸石堆不同距离、不同深度的土壤样品的评价因子的污染指数 P_i 均小于 1, 说明这两个矿区矸石堆放区 Cr^{6+} 、Hg、As、Cu、Pb、Zn、Cd 等因子没有超过国家土壤环境质量标准值。

(2) 以区域土壤背景值为标准进行土壤污染效应分析

由于背景值不仅包括区域内该物质的平均含量, 也包括其含量的变化幅度, 故多以下式表示:

$$x = \bar{x} \pm s; s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

式中: x ——区域土壤中某元素的背景值;

\bar{x} ——土壤中某元素的所有统计样品的实测值的算术平均值;

x_i ——土壤中该元素在 i 样品的实测值;

s ——标准差;

n ——统计样品数。

收稿日期: 2008-03-11; 修订日期: 2008-04-28

作者简介: 王润福(1963-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事环境地质、农业地质研究。

E-mail: caojinliang@126.com

表 1 煤矸石堆放区土壤分析结果

Table 1 Results of soil analysis in deposit site of coal refuses

土样		质量份数 $W(B)(\times 10^{-6})$								
采集位置		SO_4^{2-}	Cr^{6+}	NO_3^-	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd
长治矿区常村矿	地表土壤	431~22.7	<0.05	27~2.8	0.61~0.03	0.048~0.000 3	26.2~25.0	25.7~17.0	81.4~71.2	0.149~0.10
	埋深 1.0m	544~45.3	<0.05	276~1.0	0.017~0.008	0.005 8~0.000 3	25.0~22.0	20.7~14.5	74.6~56.7	0.40~0.083
	埋深 2.5m	374~159	<0.05	101~0	0.017~0.009	0.688 2~0.000 1	32.7~27.1	22.7~18.0	85.6~66.2	0.40~0.083
	埋深 5.0m	227~113	<0.05	42~7.6	0.019~0.012	0.001 2~0.000 4	32.7~28.7	22.7~21.5	93.7~83.7	0.114 0~0.091
长治矿区王庄矿	地表土壤	159~22.7	<0.05	37.4~13.6	0.066~0.010	0.004 9~0.002 9	25.0~22.5	27.0~20.7	97.5~62.5	0.178~0.108
	埋深 1.0m	249~159	<0.05	107~14.5	0.049~0.006	0.039 7~0.001 3	27.5~22.0	22.7~18.7	80.0~53.7	0.138~0.091
	埋深 2.5m	249~101.8	<0.05	236~22.3	0.022~0.008	0.011 4~0.000 9	28.2~20.8	20.7~18.7	76.8~57.5	0.330~0.109
	埋深 5.0m	249~170	<0.05	50~32.2	0.016~0.012	0.006 2~0.001 6	28.7~26.4	25.0~22.7	83.7~66.2	0.110~0.109
大同矿区同家梁矿	地表土壤	2006~123	<0.05	27.4~22.2	0.012~0.001	0.014 2~0.000 1	18.0~12.5	22.7~17.0	66.2~42.5	0.100~0.074
	埋深 1.0m	927~101	<0.05	29.8~22.4	0.01~0.00	0.002 2~0.000 1	18.0~13.5	22.7~17.0	61.2~44.4	0.108~0.074
	埋深 2.5m	365~233	<0.05	33~24.1	0.021~0.014	0.001~0.000 1	20.0~16.5	25.0~18.5	60.6~47.5	1.02~0.091
	埋深 5.0m	432~189	<0.05	24.9	0.018~0.002	0.0015~0.000 3	18.0	22.7~18.5	66.2~52.5	0.100

本次以区域土壤背景值为标准进行的土壤污染效应评估仍采用前述单因子质量指数模型进行,评价因子选取 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cr^{6+} 、Hg、As、Cu、Pb、Zn、Cd 等^[5]。

首先根据土壤实测背景值分别求取长治、大同矿区区域土壤环境背景值(表 2)。

表 2 长治矿区、大同矿区区域土壤环境背景值

Table 2 Results of regional soil environment background values in the Changzhi and Datong mining district

		质量份数 $W(B)(\times 10^{-6})$									pH
		SO_4^{2-}	Cr^{6+}	NO_3^-	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd	
长治	平均值	174	<0.05	42.6	0.056	0.005 6	23.8	22.0	66.6	0.129	7.4
矿区	背景值	118.2~229.2	<0.05	21.2~64.0	0.048~0.063	0.003 6~0.007 6	22.5~25.1	17.6~26.4	59.7~73.5	0.115~0.143	7.4
大同	平均值	124.9	<0.05	25.58	0.011	0.002 3	16.62	17.62	50.82	0.087	7.6
矿区	背景值	62.97~186.83	<0.05	22.03~29.13	0.003~0.019	0.002 3~0.006 9	16.33~16.91	16.11~19.13	47.91~53.73	0.038~0.136	7.4~7.8

将表 2 中的区域土壤环境背景值与表 1 实测结果对比,并采用污染指数法进行评价,可以看出:受煤矸石影响较明显的污染因子主要有 SO_4^{2-} 、Cu、Zn 等,其中 SO_4^{2-} 污染范围较大,在距矸石山 1 000m 范围、埋深 5.0m 以上土壤中的 SO_4^{2-} 含量大多超过区域土壤环境背景值,而且大同矿区的 SO_4^{2-} 污染要比长治矿区严重。Cu 在距矸石山 0~200m 范围,地表及不同埋深处土壤样品中的含量大部分超过区域土壤环境背景值,且随着埋深的增大,Cu 的含量增加;相对于长治矿区,大同矿区 Cu 的污染范围较小,仅限于距矸石山 0~30m 的范围。在常村矿煤矸石堆放区,在距矸石山 0~200m 范围,地表及不同埋深处的土壤样品中 Zn 的含量大部分超过区域土壤环境背景值,且随着埋深的增大,Zn 的含量增加;相对于长治矿区,大同矿区 Zn 的污染范围较小,仅限于距矸石山 0~15m 的范围。

(3) 主要污染因子相对煤矸石堆放地的空间特征

由煤矸石堆放地向远离煤矸石方向地表土壤中 SO_4^{2-} 含量逐渐减少,尤其大同同家梁矿煤矸石堆放

区,距矸石堆 5.0m 以远的地方, SO_4^{2-} 含量大幅度减少。同时,从总的趋势看,地表以下不同埋深处土壤中 SO_4^{2-} 含量要大于地表土壤样品中的含量,尤以埋深 1.0m 处 SO_4^{2-} 含量较大。

在长治矿区,距煤矸石堆放地不同距离的地表土壤中 Cu 的含量变化不明显,随距离变化曲线比较平缓;埋深 1.0m 处土壤中 Cu 的含量略低于地表土壤,但随着埋深的增大,土壤中 Cu 的含量有增加的趋势,其值大于地表土壤中的含量。而在大同矿区,Cu 的含量则表现为随距煤矸石堆的距离的增大而逐渐减小,不同埋深上的变化表现不明显。

Zn 在煤矸石堆放区土壤中的含量,总体表现为由煤矸石堆放地向远离矸石堆方向逐渐减少,在深度上,其变化规律不明显。

其它污染因子如 NO_3^- 、As、Pb、Cd 等均有不同程度污染,其污染范围一般在距煤矸石 0~30m 范围^[6]。

1.3 土壤污染特征与煤矸石主要因子相关性分析

长治矿区及大同矿区共采集煤矸石样 12 组,分别

进行了原状测试及 24h、72h 的淋滤水测试,原状测试项目主要有 Cu、Pb、Zn、Cd、Se、As、Hg、I、S、Fe₂O₃ 等,测试结果表明,固体煤矸石中 Cu、Pb、Zn、Cd、Se、As、Hg、I、S 等元素均有检出(表 3)。

表 3 长治矿区、大同矿区煤矸石主要元素测试 results 表

Table 3 Contents of major elements in deposit sites of coal refuses of the Changzhi and Datong mining district

	质量份数 W(B)($\times 10^{-6}$)								
	Se	I	S	As	Hg	Cu	Pb	Zn	Cd
长治矿区	0.33 ~ 2.56	< 0.005	0.018 ~ 0.059	0.10 ~ 1.94	0.15 ~ 1.24	4.0 ~ 24.2	13.0 ~ 25.0	6.25 ~ 84.8	0.019 ~ 0.22
大同矿区	0.08 ~ 0.16	22.03 ~ 29.13	0.046 ~ 0.42	0.78 ~ 4.85	0.032 ~ 0.126	18.2 ~ 48.8	5.5 ~ 25.0	51.8 ~ 86.2	0.17 ~ 0.21

由表 3 可以看出,两个矿区煤矸石中 Cu、Pb、Zn 三种元素的含量较大,而其它元素的含量则相对较小。通过煤矸石 24h、72h 淋滤水测试,上述元素有如下变化规律:

(1)淋滤液中煤矸石原有重金属等元素含量明显减少,说明这些元素随水介质发生迁移的活动性较差;

(2)在大致相同的淋滤时间内,不论煤矸石中某元素含量差别有多大,析出元素的量基本是一定的。如长治矿区煤矸石中 Cu 的质量份数为 $4.0 \times 10^{-6} \sim 24.2 \times 10^{-6}$,淋滤 24h 后,淋滤液中 Cu 的质量浓度均为 < 0.1,基本无变化;

(3)大多数元素浸出的量基本保持恒定,即 1d 浸出的结果与数天甚至数十天浸出的结果差别不明显。如长治矿区除 NO₃⁻、P 淋滤 3d 与淋滤 1d 的结果稍有不同,其它元素的淋滤结果均没有差别。

煤矸石主要元素测试分析及淋滤试验结果表明:煤矸石中 Cu、Pb、Zn 的含量较大,且这些元素随水介质发生迁移的活动性较差,这些规律与煤矸石堆放区土壤污染的主要因子及空间分布特征是一致的^[7]。

2 矿山开采沉陷破坏土壤养分效应分析

矿山开采沉陷诱发的上覆岩层裂缝常可由采空区发展至地表,形成地表裂缝,其间有可能发生土壤水分及养分的流失,从而使土壤中的养分降低。

2.1 采样点布置及样品测试结果

分别选取长治矿区王庄煤矿顾车采掘工作面 and 积石采掘工作面(地表表现为明显的地面塌陷区),由采掘工作面中心至边缘以远约 500m,依次按一定距离间隔采取土壤样品,共采集土壤样品 16 组。测试了各组样品的 P、K、N、pH 值和有机质,各组样品分析结果见表 4(从 1 到 8,表示距离采掘工作面中心渐远)。

2.2 开采沉陷区土壤养分变化分析

由表 4 可以看出,顾车开采沉陷区土壤中 N 含量

变化不大,说明其受开采沉陷影响较小;P、K、有机质含量则表现为:采掘工作面附近土壤中的含量要小于远离采掘工作面土壤中的含量,尤其 K 的变化比较明显。同时,采区边缘附近土壤中 P、K、有机质的含量明显偏低,这与长治盆地区开采沉陷常表现为较大面积地面塌陷、地面塌陷边缘往往形成较宽大拉张裂缝的沉陷特征相符合。正是该区域地裂缝较发育,更容易形成土壤中养分的流失,导致土壤养分组分降低。而积石开采沉陷区土壤中养分则变化不明显,沉陷区与非沉陷区土壤中养分含量基本一致。

表 4 土壤养分测试分析结果

Table 4 Analyses of soil nutrition

样品编号	pH	W(P,K)($\times 10^{-6}$)		W(N, 有机质)($\times 10^{-2}$)	
		P	K	N	有机质
顾车 1	7.5	0.10	20.2	0.10	1.03
顾车 2	7.5	0.10	14.0	0.098	0.79
顾车 3	7.4	0.10	21.0	0.11	0.91
顾车 4	7.4	0.10	27.1	0.090	0.92
顾车 5	7.4	0.30	31.8	0.12	0.99
顾车 6	7.4	0.10	24.2	0.10	1.04
顾车 7	7.4	0.10	24.5	0.11	1.10
顾车 8	7.3	0.30	28.8	0.12	1.12
积石 1	7.5	0.40	16.2	0.098	0.91
积石 2	7.4	0.20	19.8	0.10	0.98
积石 3	7.5	0.40	14.0	0.11	0.85
积石 4	7.4	0.20	20.2	0.12	1.04
积石 5	7.4	0.10	13.2	0.12	1.02
积石 6	7.3	0.00	20.2	0.12	0.92
积石 7	7.4	0.20	7.5	0.10	0.79
积石 8	7.6	0.20	22.8	0.098	0.94

总的来看,煤炭开采沉陷对沉陷区土壤中的 P、K、N 和有机质等养分含量有一定的影响,但影响程度不是很大,分析可能与采样区的第四系松散层沉积厚度较大(顾车第四系厚 93m 左右,积石村第四系厚 80m

(下转第 125 页)

滇西北地区矿山环境的恢复治理应以矿山环境变化的动态数据为依据,对矿山环境各种地质环境要素进行及时监测,可及时分析预测矿山环境变化趋势,采取有效措施防止矿山地质环境破坏、矿区生态环境恶化。监测内容包括:矿山开采规模、方式、强度、进度,采取的工艺、技术,采掘空间分布与几何形状,采挖矿石、岩土体的规模、处置方式、位置,地应力,地下水水位、水量、水温、水质动态,水文、地表水水质等。要建立空中、地表和地下多种技术手段联合实施的立体监测体系。监测数据要及时输入数据库,建立预警预报系统,针对监测结果制定有效的矿山环境保护方案。

5 结论

随着矿产资源开发重点向西部的转移,滇西北地区的矿产资源勘查开发引起了社会的高度关注。巨大

的矿产资源潜力、复杂的地质背景、脆弱的生态环境、多变的气候条件,使该地区的矿产资源开发与地质环境保护的矛盾十分尖锐。由采矿引起的地质灾害严重,地质环境问题突出,主要有地质体稳定性下降,弃渣、废石占用耕地、形成泥石流源,污染环境,引发地质灾害,影响地下水循环条件等。在该地区开采矿产资源过程中,保护好矿山地质环境是重要的工作环节。有针对性的制定科学的治理方案,建立矿山环境监测体系,实施保证金制度等,是保障滇西北地区矿产资源可持续开发、实现可持续发展的重要措施。

参考文献:

- [1] 云南省地质环境监测总站. 云南省矿山地质环境调查与评估报告[R]. 2003.
- [2] 王雪峰, 陈理新. 矿山环境治理应重视经济手段[J]. 资源与矿产, 2006, 8(6): 28-30.

责任编辑: 汪美华

(上接第 127 页)

左右)、沉陷区第四系地层中开采地裂缝不很发育等因素有关,使土壤中的养分不易流失。

3 结论

煤炭开采对农业生态环境的影响以煤矸石堆放区土壤污染、开采沉陷区土壤养分不同程度流失为主。煤矸石堆放区土壤污染主要表现为主要污染因子含量大于区域土壤背景值,主要的污染因子有 SO_4^{2-} 、Cu、Zn 等。煤炭开采沉陷对沉陷区土壤中的 P、K、N 和有机质等养分含量有一定的影响,但影响程度不是很大。

参考文献:

- [1] 李东艳, 方元元, 任玉芬, 等. 煤矸石堆周围土壤重金属污染特征分析——以焦作市中马村矿为例

[J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(5): 15-17.

- [2] 惠润堂. 煤矸石的环境影响及发生条件[J]. 煤矿环境保护, 2001, 15(1): 56-58.
- [3] 周爱国, 蔡鹤生. 地质环境质量评价理论与应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998.
- [4] 国家环境保护局. GB15618-1995 中华人民共和国国家标准, 土壤环境质量标准[S]. 北京: 国家环境保护局, 1995.
- [5] 邵时雄, 侯春堂. 中国农业地学研究新进展[M]. 石家庄: 河北外事印务, 1999.
- [6] 曹金亮. 煤矸石对土壤污染的空间特征分析[J]. 中国西部科技, 2005(5): 53-54.
- [7] 山西省地质环境监测中心. 山西省矿山地质环境调查与评估报告[R]. 2003.

Evaluation of soil environment quality in mining districts

WANG Run-fu, CAO Jin-liang

(Shanxi Geo-environmental Monitoring Center, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In this paper, the Datong and Changzhi mining district are chosen as the study area. On the basis of soil pollution around the deposit sites of coal refuse and the soil nutrition in the subsidence areas, the soil environment quality is estimated. The results show that the obvious pollutants are SO_4^{2-} , Cu, Zn, etc. Pollution area of SO_4^{2-} is larger than that of others. The contents of Cu, Zn are affected by environment background. Other pollutants such as NO_3^- , As, Pb, Cd, etc., also have different pollutant effect on soil. Exploitation subsidence has some effect on the contents of P, K, N and organic compound around subsidence the area, but the effect is not as obvious as expected.

Key words: coal mining; coal waste residue; soil pollution; soil nutrition

责任编辑: 汪美华