

文章编号:1674-2869(2011)09-0072-05

# 煤炭开采对周边土壤环境的影响

梅 明<sup>\*</sup>, 李俊峰, 周 旋, 丁成程

(武汉工程大学环境与城市建设学院, 湖北武汉 430074)

**摘 要:**煤矸石露天堆放产生的淋溶水对周围水体及土壤环境可能产生极大污染. 以广西罗城伟隆煤业有限公司昌盛煤矿矿井周围土壤为研究对象, 参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004), 对土壤中铜、锌、铅、镉、总铬、砷等重金属进行测定, 并将测定结果与土壤环境质量标准值和罗城县土壤背景值进行比较, 分析煤炭开采对土壤的环境影响并提出相应的污染防治措施, 为煤炭开采企业开展环境保护工作提供指导性原则.

**关键词:**煤炭开采; 土壤; 环境影响; 防治措施

**中图分类号:**X53 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.09.018

## 0 引 言

我国煤炭资源丰富, 随着煤炭开采行业的发展, 煤矸石的产生量与日俱增. 据统计, 我国煤矸石的产生量约为原煤总产量的 15%~20%, 已经积存 70 亿吨, 占地面积约 70 km<sup>2</sup>, 而且排放量正以 1.5 亿吨/年的速度增长. 目前, 我国煤矸石综合利用水平较低, 尚不到煤矸石排放量的 15%, 大部分未被利用的煤矸石采用沟谷倾倒式自然松散的堆放在矿井四周, 不仅侵占大量土地, 而且还会产生自燃或滑坡等地质灾害. 另外, 由于露天堆放的矸石较松散, 渗透系数大, 产生的淋溶水对周围水体及土壤环境可能产生极大污染<sup>[1-3]</sup>. 因此, 解决煤炭开采过程中产生的土壤环境影响已迫在眉睫.

目前, 国外对煤炭行业开采引起的环境问题研究主要表现为采煤事故防范、煤炭开采过程中“三废”的产生情况以及治理措施、煤炭开采对土地资源的破坏<sup>[4-5]</sup>. 国内对煤炭行业开采引起的环境问题的研究主要集中在煤炭开采对周边生态环境的影响, 包括以下两点:**a.** 煤炭开采导致土地资源破坏及生态环境恶化;**b.** 煤炭开采破坏地下水资源, 引起地下水水位下降、恶化水系生态环境, 使矿区干旱缺水局面更加严重, 加剧供水紧张形势<sup>[6-10]</sup>. 本论文通过测定煤炭开采附近土壤中的重金属, 分析煤炭开采对土壤环境的影响, 论文的创新点在于针对煤炭开采对土壤的环境影响, 提出有效的污染防治措施.

广西罗城伟隆煤业有限公司昌盛煤矿位于罗城县四把镇四把社区境内, 矿井走向长 0.96~1.42 km, 倾斜宽 0.75 km, 面积 0.876 km<sup>2</sup>, 开采深度+350 m~+200 m 标高. 可采储量为 20.09 万吨, 开采规模为 6 万吨/年, 煤矸石临时堆放场占地约 800 m<sup>2</sup>, 目前堆放在临时堆放场的煤矸石总量约 900 m<sup>3</sup>. 本文选取该煤矿周围土壤为研究对象, 采用《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004)、火焰原子吸收分光光度法和可见分光光度法<sup>[11-14]</sup>, 对土壤中铜、锌、铅、镉、总铬、砷等重金属进行监测, 并将监测结果与土壤环境质量标准值和罗城县土壤背景值进行比较, 据此分析煤炭开采对土壤的环境影响并提出有效的污染防治措施.

## 1 实验部分

### 1.1 样品的采集及预处理

**1.1.1 样品的采集** 本实验的样品取自广西罗城伟隆煤业有限公司昌盛煤矿矿井周围土壤, 共布设四个采样点, 具体如下:1<sup>#</sup> 位于昌盛煤矿矿井废水在苗洛甫溪汇入口上游 500 m 处断面小溪河床底泥;2<sup>#</sup> 位于昌盛煤矿工业广场南面 100 m 处甘蔗地;3<sup>#</sup> 位于昌盛煤矿矿井废水在苗洛甫溪汇入口下游 500 m 处断面小溪河床底泥;4<sup>#</sup> 位于昌盛煤矿工业广场西面 150 m 处农田. 取样点布置如图 1 所示.

样品的采集方法参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004).

收稿日期:2011-04-11

基金项目:昆明市科技局科技攻关项目:No.20030004

作者简介:梅 明(1965-), 男, 湖北浠水人, 副教授. 研究方向:水污染控制工程与化工清洁生产. \* 通信联系人.



图 1 土壤取样点示意图

Fig.1 Diagram of sampling sites in the demonstration field

1.1.2 样品的预处理 将采集的土壤样品(一般不少于 500 g)混匀后用四分法缩分至约 100 g. 缩分后的土样经风干后,除去土壤样品中石子和动植物残体等异物,用玛瑙棒碾压,通过 2 mm 尼龙筛(除去 2 mm 以上的砂砾),混合均匀. 用玛瑙研钵将通过 2 mm 尼龙筛的土样研磨至全部通过孔径为 0.149 mm(100 目)的尼龙筛,混合均匀后备用.

1.2 实验仪器及药品

1.2.1 实验仪器 原子分光光度计;可见分光光度计;原子吸收分光型数控超声波清洗器(KQ5200DBTAS-990,昆山市超声仪器有限公司);砷反应发生器;翻转式振荡机;干燥箱;过滤装置;电子分析天平;其它常规玻璃仪器.

1.2.2 实验药品 盐酸(AR);硝酸(AR);硫酸(AR);氢氟酸(AR);高氯酸(AR);氯化铵溶液(质量分数 10%);重铬酸钾(AR);硝酸镧  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;铜粉;铅粉;锌粉;镉粉;磷酸氢二铵溶液(AR,质量分数 5%);砷霜(AR,北京化工厂);二乙基二硫代氨基甲酸银(AR);醋酸铅(AR);氢氧化钠(AR);硫酸铜(AR);碘化钾(AR);氯化亚锡(AR);无砷锌粒;吡啶(AR).

1.3 实验方法

1.3.1 标准曲线的绘制<sup>[11]</sup>

a. 1 g/L 标准贮备溶液配制:准确称取

1.000 0 g(精确至 0.000 2 g)铜粉、锌粉、铅粉、镉粉,分别溶解在 20 mL(1+1)  $\text{HNO}_3$  溶液中,待全部溶解后,移至 1 000 mL 的容量瓶中,用蒸馏水定容到标线,摇匀. 准确称取在 105 °C 烘干于 2 h 后的重铬酸钾 2.828 9 g,用水溶解后全量移到 1 000 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容到标线,摇匀;准确称取 0.132 0 g 干燥至恒重的  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,溶于 2 mL  $\text{NaOH}$  溶液(2 mol/L)中,待全部溶解后,加入 10 mL(1+1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液,转移到 100 mL 容量瓶中,用蒸馏水稀释至标线,摇匀.

b. 标准混合溶液配制:分别移取铜标准贮备液 10 mL,锌标准贮备液 5 mL,铅标准贮备液 25 mL,镉标准贮备液 1.25 mL,铬标准贮备液 25 mL 至 500 mL 容量瓶中,用 1%  $\text{HNO}_3$  溶液稀释到刻度,摇匀. 此时,混合标准溶液中各重金属的质量浓度分别为,铜:20 mg/L;锌:10.0 mg/L;铅:50 mg/L;镉:2.5 mg/L;铬:50 mg/L.

c. 标准曲线测定:分别移取 0.00、2.50、5.00、7.50、10.00、15.00、20.00 mL 的重金属标准混合溶液至 25 mL 的容量瓶中,用 1%  $\text{HNO}_3$  溶液进行定容,用火焰原子吸收分光光度计测定溶液的吸光度. 准确移取 0.00、2.50、5.00、7.50、10.00、15.00、20.00 mL 的砷标准贮备液至砷化氢发生器的反应瓶中,加入 4 mL 的 KI 溶液(150 g/L)、

2 mL 的氯化亚锡溶液(4 g/L),混合均匀后放置 15 min. 向装有乙酸铅棉花的吸收管中加入 5 mL 二乙基二硫代氨基甲酸银—吡啶吸收液(0.5%),在砷发生器的反应瓶中加入 4 g 无砷锌粒,迅速将吸收管与砷反应瓶连接.同时做空白,在室温下维持反应时间 1 h,使砷化氢完全释出.

将砷发生器吸收管内的溶液在 510 nm 处,用空白溶液将分光光度计调“0”后,用 10 cm 的比色皿测定溶液的吸光度.通过浓度和吸光度绘制各标准曲线.

1.3.2 样品的测定 样品的测定包括含水率及吸光度的测定,测定方法及参考标准见表 1.

表 1 样品的测定  
Table 1 The determination of sample

测定项目	含水率	吸光度
	$f=(W_1-W_2)/W_1\times 100\%$	
测定方法	式中: $f$ 为土样水分含量,%; $W_1$ 为烘干前土样质量,g; $W_2$ 为烘干后土样质量,g	用火焰原子吸收分光光度计分别测定样品中铜、锌、铅、镉、总铬;用可见分光光度计测定砷的吸光度
参考标准	参照土壤质量监测附录中的方法	参照《土壤质量铜、锌的测定火焰原子吸收分光光度法,GB/T17138—1997》、《土壤质量铅、镉的测定石墨炉原子吸收分光光度法,GB/T17141—1997》、《土壤质量总铬的测定火焰原子吸收分光光度法,GB/T 17134—1997》、《土壤质量总砷的测定二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法,GB/T17134—1997》

2 实验结果与讨论

2.1 含水率测定

通过含水率的测定方法,测定四组样品的含水率分别为 7.1%、1.4%、5.7%、2.8%.

2.2 标准曲线的绘制

按照 1.3.1 的方法分别测得铜、锌、铅、镉、总铬、砷的标准曲线,对标准曲线通过线性回归,得出标准曲线的回归方程及  $r$  值,具体结果见表 2.

表 2 标准曲线回归方程及  $r$  值

Table 2 Standard curve regression equation and the  $r$  value

元素	回归方程	$r$
Cu	$A=0.163\ 1\rho+0.003\ 2$	0.999 7
Zn	$A=0.526\ 2\rho+0.02$	0.999 7
Pb	$A=0.001\ 5\rho+0.001\ 3$	0.999 9
Cd	$A=0.485\ 5\rho+0.031$	0.999 7
Cr	$A=0.038\ 4\rho+0.000\ 3$	0.999 7
As	$A=0.024\ 8\rho-0.005\ 04$	0.999 9

2.3 土壤样品测定结果

分别对四组土壤样品消解试液做平行试验,采用火焰原子吸收分光光度计在各自确定的条件下,分别测定消解液样品中铜、锌、铅、镉、总铬的含量,用可见分光光度计测定各消解液样品中砷的含量,土壤样品中各重金属的含量  $W(\text{mg/kg})$  按式(1)计算.

$$W=\frac{C\times V}{m\times (1-f)}\tag{1}$$

式(1)中: $C$  为试液的吸光度减去空白的吸光度,然后在校准曲线上查得的重金属含量( $\text{mg/L}$ );  $V$  为试液定容的体积,  $\text{mL}$ ;  $m$  为称取试样的

质量,g;  $f$  为试样的水分含量,%.

各土壤样品中重金属测定结果如表 3 所示.

表 3 土壤中重金属含量测定结果

Table 3 The content of heavy metals in soil determination results

测定结果	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
pH 值(无量纲)	6.50	6.56	6.50	6.60
铜/(mg/kg)	74.5	70.2	75.3	73.4
锌/(mg/kg)	336.9	307.5	353.0	272.8
铅/(mg/kg)	38.0	21.0	39.3	27.3
镉/(mg/kg)	1.83	0.969	2.1	0.94
总铬/(mg/kg)	116	70.2	172	73.4
砷/(mg/kg)	43.6	41.6	44.0	28.4

对昌盛煤矿的煤矸石进行浸出毒性试验,浸出液试验结果详见表 4.

表 4 煤矸石浸出液监测结果

Table 4 Coal gangue leachate monitoring results unit  
mg/L (pH 除外)

项目	监测结果	GB5085.3—2007 对浸出液浓度的 限值	GB8798—1996 中 污染物最高允许 排放浓度
pH	7.75	——	6~9
铜	0.032	100	2.0
铅	<0.05	5	1.0
锌	0.008	100	5.0
镉	0.03	1	0.1
总铬	0.292	5	0.5
砷(As)	0.016	5	0.5

2.4 测定结果分析

2.4.1 土壤评价标准 土壤中重金属执行 GB15618—1995《土壤环境质量标准》二级标准,见表 5.

表 5 土壤环境质量标准

GB15618—1995《土壤环境 质量标准》二级	Table 5 Soil environmental quality standards								
	pH	Cd	As		Cu	Pb	Cr		Zn
			水田	旱地			水田	旱地	
			≤	≤			≤	≤	
	>7.5	0.60	20	25	100	350	350	250	300
	6.5~7.5	0.30	25	30	100	300	300	200	250

2.4.2 土壤评价方法

采用单因子污染指数法进行评价,即:

$$P_i=C_i/S_i.$$

式中: $P_i$  为土壤中  $i$  项污染物的污染指数; $C_i$  为土壤中  $i$  项污染物浓度实测值,mg/kg; $S_i$  为  $i$  项

污染物浓度标准值,mg/kg.

2.4.3 土壤评价结果

本文各监测点监测数据、土壤环境标准值和罗城县土壤背景值数据见表 6.

土壤评价结果见表 7.

表 6 相关数据一览表

项目	Table 6 Related data list						
	mg/kg (pH 除外)						
	监测因子						
	pH 值	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	As
1# 监测点	7.21	116.0	116.0	336.9	38.0	1.83	43.6
2# 监测点	7.96	70.2	70.2	307.5	21.0	0.97	41.6
3# 监测点	7.98	172.0	172.0	353.0	39.3	2.10	44.0
4# 监测点	8.33	73.4	73.4	272.8	27.3	0.94	28.4
土壤环境标准值	>7.5	350 水田	100	300	350	0.6	20 水田
		250 旱地					25 旱地
	6.5~7.5	300 水田	100	250	300	0.3	25 水田
		200 旱地					30 旱地
当地土壤背景值	——	378.59	43.59	263.48	16.08	1.0598	38.56

注:表中当地土壤背景值数据引自广西环境科学研究所 1992 年编写的《土壤背景值研究方法 & 广西土壤背景值》

表 7 土壤样品评价结果

Table 7 The evaluation results of soil samples							
测定项目	pH 值	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	As
测定值	7.21	116.0	74.5	336.9	38.0	1.83	43.6
1# $P_i$	/	0.33	0.74	1.12	0.11	3.05	1.74
最大超标倍数	/	0	0	0.12	0	2.05	0.74
测定值	7.96	70.2	70.2	307.5	21.0	0.97	41.6
2# $P_i$	/	0.2	0.70	1.02	0.06	1.62	1.66
最大超标倍数	/	0	0	0.02	0	0.62	0.66
测定值	7.98	172.0	75.3	353.0	39.3	2.10	44.0
3# $P_i$	/	0.49	0.75	1.18	0.11	3.50	1.76
最大超标倍数	/	0	0	0.18	0	2.5	0.76
测定值	8.33	73.4	73.4	272.8	27.3	0.94	28.4
4# $P_i$	/	0.21	0.73	0.91	0.08	1.57	1.42
最大超标倍数	/	0	0	0	0	0.57	0.42

由表 7 可知,各取样点土壤 pH、Cr、Cu、Pb 的浓度均符合 GB15618—1995《土壤环境质量标准》二级标准,说明土壤未受到 pH、Cr、Cu、Pb 的污染. 1#、2#、3# 监测点土壤的 Zn 浓度超过 GB15618—1995《土壤环境质量标准》二级标准,其超标倍数在 0.02~0.18. 各监测点土壤的 Cd 和 As 浓度均超过 GB15618—1995《土壤环境质量标准》二级标准,Cd 浓度的超标倍数在 0.57~2.5,

As 浓度的超标倍数在 0.12~0.76.

据调查,土壤取样点周边无冶炼厂等排放重金属的污染源. 导致土壤的 As、Cd、Zn 超标的主要原因有两点:一是罗城县为广西地区土壤中 As、Cd、Zn 含量比较高的地区,实验中的土壤样品取于矿区范围内,土壤中 As、Cd、Zn 含量与罗城县其他地方比相对较高;二是取样点均靠近煤矸石临时堆场,煤矸石堆场产生的淋溶水导致土壤

中重金属含量增加.

3 结论及建议

3.1 结 论

煤炭开采过程中,产生大量的煤矸石,煤矸石露天堆放,在雨季,煤矸石堆场产生的淋溶水渗透到土壤中,导致土壤中砷、隔、锌等重金属含量增加,破坏了土壤的性质,对土壤环境造成较大的污染.

3.2 建 议

针对煤炭开采对土壤环境的污染,提出以下两点防治措施:

a. 硬化煤矸石临时堆场的地表面,煤矸石及时外卖给砖厂制砖或者进行合理的综合利用,避免长久堆放.

b. 在煤矸石临时堆场周围设置环形截水沟,工业广场内设置排水沟渠,下游设置初期雨水收集池.煤矸石淋溶水和工业广场内的冲刷雨水经排水沟渠引至初期雨水收集池内,再经过中和池、沉淀池处理后回用于厂区内洒水降尘.

参考文献:

[1] 彭昌盛. 煤炭开采加工和利用过程中的环境污染及治理[J]. 煤炭学报, 2000(1):15-17.  
[2] 王慧. 煤炭资源开发对土壤环境影响分析——以贵州六盘水为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 3(9):69-72.  
[3] 王心义,杨建,郭慧霞. 矿区煤矸石堆放引起土壤重金属污染研究[J]. 煤炭学报, 2006, 31(6):808-812.  
[4] BIAN Zheng fu, INYANG Hilary I, DANIELS John

L. Environmental issues from coal mining and their solutions[J]. Mining Science and Technology, 2010 (20):0215-0223.

[5] Yang Y. Coal mining and environmental health in China[C]//Proceedings of the China Environmental Forum’ s Partnership with Western Kentucky University on the USAID. Beijing: Coal Industry Press, 2007.  
[6] 李根灿. 论煤炭开采业的环境治理与生态补偿[J]. 魅力中国, 2010(11):151.  
[7] 王润福,曹金亮. 煤矿区土壤环境质量评价[J]. 水文地质工程地质, 2008, 35(4):120-122.  
[8] 郝庆菊,王其存. 我国煤炭开采和燃烧过程中的硫污染对土壤环境的影响[J]. 新疆环境保护, 2001(2): 34-38.  
[9] 王贤荣,张维,陈纪良,等. 煤矸石长期堆放对周边土壤环境的影响及污染评价[J]. 广西轻工业, 2010(5): 84-86.  
[10] 崔龙鹏,白建峰. 采矿活动对煤矿区土壤中重金属污染研究[J]. 土壤学报, 2004, 11(41):896-904.  
[11] 毕亚凡,李成国. 黄磷生产企业磷泥烧渣浸出毒性试验研究[J]. 环境科学与技术, 2010(5):12-14.  
[12] 景丽洁,马甲. 火焰原子吸收分光光度法测定污染土壤中 5 种重金属[J]. 中国土壤与肥料, 2009(1): 74-77.  
[13] 余晓鹏,杨秀政,陈中兰. 火焰原子吸收光度法对南充市土壤重金属含量的测定[J]. 西南师范大学学报, 2005, 26(4):419-421.  
[14] 高扬,周培,施婉君,等. 重金属光谱分析仪与原子吸收光谱测定土壤中的重金属[J]. 中国环境监测, 2009, 25(1):24-25.

Surrounding soil environment impact analysis of coal mining

MEI Ming , LI Jun - feng , ZHOU Xuan , DING Cheng - cheng

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The surrounding water and soil environment may be polluted greatly by the leaching water produced by the coal gangue stack. This paper took the soil around the Changsheng coal mines of Guangxi Weilong Coal Limited Company as the research object, referring to“the technical specification for soil environmental monitoring”( HJ/T166—2004), the copper, zinc, lead, cadmium, chromium, arsenic and other heavy metals of the soil were measured, then the measured results were compared with the soil environmental quality standard and Luocheng county soil background value, through analyzing the effect of coal mining on soil environment, the corresponding measures for preventing and controlling pollution were put forward in order to provide guiding principles for coal mining enterprises to carry out environmental protection work.

**Key words:** coal mining; soil; environmental impact; prevention and control measures

本文编辑:龚晓宁