

DOI:10.7524/j.issn.0254-6108.2014.11.027

芦岭煤矿区土壤重金属元素地球化学特征及来源分析*

张俊¹ 李余生^{1**} 孟雷² 许龙³ 王云光¹

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都, 610059; 2. 东华理工大学地球科学学院, 南昌, 330013;
3. 成都理工大学能源学院, 成都, 610059)

两淮矿区煤炭资源的开发利用为地方及国家的经济发展提供了强有力的保障,但同时也带来了一系列环境问题,尤其是矿区周围土壤污染问题.重金属元素会对土壤性质产生严重危害,不仅抑制农业生产活动,而且通过食物链、地下水等途径进入人体,严重影响居民的生命健康.本文通过对宿州市芦岭煤矿周围的土壤进行系统采样,分析其重金属元素地球化学特征,并利用因子分析等方法探讨其主要控制因素,以期为该矿区环境问题综合治理提供参考.

1 材料与方法

以安徽省宿州市芦岭矿区为中心,在周围 NE、SE、NW、SW 4 个方向,按照 50 m 间距采集 0—15 cm 土壤样品,每个样品 1—2 kg,放入聚乙烯塑料封口袋,共采集 26 个样品.样品自然风干后,剔除植物根系等,在烘箱内(80 ℃)保温 24 h.随后研磨至 200 目以下,每个样品称取 4 g 粉末利用 30 t 压片机进行压片处理,用 XRF 进行测试.

2 结果与讨论

2.1 重金属元素含量

测试数据的统计分析结果见表 1,重金属元素含量依次为:Co<Pb<Cu<Ti<Zn<Cr<V<Mn. Cu 的平均值为 20.6 mg·kg⁻¹,略高于安徽省土壤背景值;Zn 的平均值为 62.0 mg·kg⁻¹,与安徽省土壤背景值一致;Cr、Ti 的平均值为 62.5、39.2 mg·kg⁻¹,稍高于全国土壤背景值,而 Co、Pb、V、Mn 的平均值要低于背景值.通过对比可以发现,该区与安徽省、全国土壤环境背景值基本一致.变异系数可以衡量重金属元素含量的离散性程度.变异系数大,说明受矿业活动影响相对较大.由表 1 可知,重金属的变异系数由小到大依次为 Ti<V<Pb<Cr<Mn<Co=Cu<Zn,所以该区煤炭开采活动对 Zn、Cu、Co 的影响较严重,而对元素 Ti、V 的影响较小.同时,Zn 的偏度、峰度值已达 1.89、5.69,Pb 的偏度、峰度值为 1.47、3.18,重金属元素 Zn、Pb 的含量偏离正态总体,反映了煤炭开采或者人类活动对该区的土壤质量产生了一定影响.

表 1 芦岭煤矿周围土壤重金属元素含量的描述性统计(n=26,mg·kg⁻¹)

	V	Cr	Mn	Cu	Zn	Pb	Co	Ti
极小值	64.0	39.0	262.0	14.0	36.0	16.0	3.0	32.8
极大值	92.0	76.0	613	29.0	137.0	27.0	8.0	42.5
均值	80.2	62.5	430	20.6	62.0	19.9	5.7	39.2
标准差	7.1	8.0	88.6	4.7	20.9	2.4	1.3	234
偏度	-0.27	-0.84	0.10	0.57	1.89	1.47	0.27	-1.02
峰度	-0.57	1.71	-0.47	-0.96	5.69	3.18	-0.30	0.91
变异系数	0.09	0.13	0.21	0.23	0.34	0.12	0.23	0.06
安徽省土壤背景值 ^[1]	98.2	66.5	530	20.4	62	26.6	16.3	47
全国土壤背景值 ^[1]	82.4	61	583	22.6	74.2	26	12.7	38

2.2 重金属元素相关性分析

从重金属元素相关性系数(表 2)可知,各元素的相关性存在差异.Co 与 Mn、Cu、Ti 与 Cr、V 存在显著的相关性,V 与 Mn、Cr、Ti、Cu 与 Mn、Co 存在一定的相关性.通常相关性强的元素认为是同一起来源,而较弱的相关性,如该区的 Pb、Zn 与其他元素相关性较低,暗示着该区 Pb、Zn 与其他元素来源不一致,可能受到了煤矿开采或人为因素影响.

2.3 因子分析

为有效识别污染来源,对重金属元素进行因子分析,共提取了 3 个因子(表 3),累计方差贡献率为 69.97%.使用最大方差法对因子进行旋转后可知,因子 1 受控于 Mn、Pb、Cu、Co 的元素组合,载荷分别为:0.804、0.710、0.669、0.676;因子 2

2014 年 7 月 15 日收稿.
* 国家自然科学基金(41302274)、中国地质调查局矿产地质调查项目(12120114078801)资助.
* * 通讯联系人,E-mail:liys@cdut.edu.cn

受控于 Ti、Cr、V 的元素组合,载荷依次为:0.872、0.808、0.717,而因子 3 则主要受控于 Zn,载荷达到 0.877.

表 2 重金属元素相关性系数

	V	Cr	Mn	Cu	Zn	Pb	Co	Ti
V	1							
Cr	0.449 *	1						
Mn	0.480 *	0.185	1					
Cu	0.174	0.150	0.477 *	1				
Zn	0.055	0.112	0.219	0.388	1			
Pb	0.211	0.221	0.381	0.312	0.027	1		
Co	0.353	0.338	0.622 **	0.617 **	0.201	0.212	1	
Ti	0.508 **	0.561 **	0.170	0.081	0.142	0.103	0.267	1

注: ** $P<0.01$, * $P<0.05$ (双侧检验).

表 3 重金属元素的累计方差贡献率及成分矩阵

成分		提取平方和载入			旋转平方和载入				
		合计	方差贡献率	累计贡献	合计	方差贡献率	累计贡献		
	F1	3.106	38.82	38.82	2.211	27.64	27.64		
	F2	1.469	18.36	57.18	2.053	25.66	53.3		
	F3	1.023	12.79	69.97	1.333	16.67	69.97		
		V	Cr	Mn	Cu	Zn	Pb	Co	Ti
旋转成分矩阵	F1	0.369	0.13	0.804	0.669	0.044	0.710	0.676	-0.011
	F2	0.717	0.808	0.192	-0.017	0.074	0.082	0.277	0.872
	F3	-0.069	0.059	0.172	0.553	0.877	-0.266	0.368	0.117

环境中 Mn 含量的增加很大一部分由工业污染排放所致,且 Pb、Cu、Co、Zn 等元素在煤炭燃烧过程中有逸散,结合实地调查,矿区周边无其他工业污染源,据此因子 1 可以表示为煤矿开采活动的影响.Zn 可以作为交通污染的标识元素,是城市表层土壤中 Zn 含量增加的主要来源,矿区煤炭运输车等车辆的使用频率非常高,轮胎与地面的摩擦可以产生含较高 Zn 的颗粒物,且 Zn 被广泛用作清洁剂,所以因子 3 可以视为交通污染源.同时,Cu、Zn 不一致的地球化学行为也显示了该煤矿区元素所特有的特征.对于因子 2, Ti、Cr、V 可以认为是自然源,主要来源于成土母质,因为组合中的 3 个元素均低于省土壤背景值,人类的生产活动尚未对其造成污染.

2.4 聚类分析

通过聚类分析(图 1),矿区 8 种重金属元素被分为 3 类: Mn、Co、Cu、Pb 聚成一类;V、Cr、Ti 聚成一类;第三类为 Zn,与因子分析的结果一致,表明因子分析法在该区的土壤重金属污染源识别上具有一定效果.

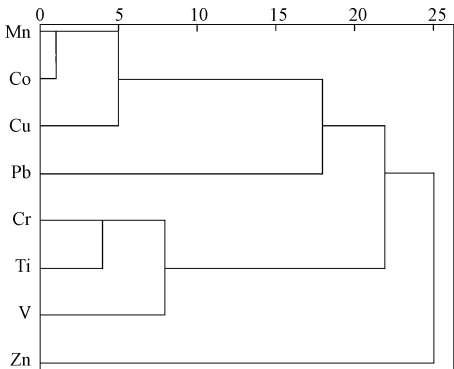


图 1 土壤重金属元素的聚类分析

3 结论

(1) 土壤重金属元素含量依次为:Co<Pb<Cu<Ti<Zn<Cr<V<Mn;Co 与 Mn、Cu、Ti 与 Cr、V 存在显著的相关性,V 与 Mn、Cr、Ti、Cu 与 Mn、Co 存在一定的相关性.元素之间的相关关系可以暗示其来源是否一致,相关性强可以认为是同一样源,相关性较低则暗示着不一致的来源.(2) 利用因子分析和聚类分析,提取了 3 个因子:因子 1 受控于 Mn-Pb-Cu-Co 的元素组合,因子 2 受控于 Ti-Cr-V 的元素组合,因子 3 受控于 Zn,分别代表煤矿开采因子、自然因子以及交通因子.

关键词: 因子分析, 地球化学特征, 来源分析, 土壤重金属, 芦岭煤矿.

参 考 文 献

[1] 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, 1990:87-496