

太行山北端某重点采矿用地复垦区土壤质量评价

乔晓克¹, 王淑娥², 郎珊珊¹, 张玉涛¹, 李龙飞¹

(1. 河北省地质调查院, 河北 石家庄 050200;

2. 重庆市源庆矿业开发有限责任公司, 重庆 404000)

摘要 为调查太行山北端某重点采矿用地复垦区土壤质量, 对复垦区的土壤进行了采样调查评价, 主要检测了土壤样品中镉等 8 项重金属的含量, 依据评价标准 (GB 15618-2018) 中的要求, 对研究区耕地土壤重金属 8 项进行环境质量评价。分析结果显示: 表层土壤中存在镉等五项重金属的超出筛选值情况, 并且镉元素超标情况最为严重。

关键词 采矿用地; 复垦区; 重金属; 土壤质量

中图分类号: X82

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0061-03

矿产资源蕴含巨大的经济利益, 为人类带来了巨大的财富, 但是开采资源带来收益的同时也污染了周边的土地, 随之而来的环境问题也越来越引起人们的关注。矿产资源开采过程中会产生废水、废气、废渣, “三废”通过地表径流和雨水淋滤等方式扩散到周边土壤, 进而造成重金属元素在周边土壤中富集, 导致周边农用地土壤受到重金属污染^[1], 人类食用受污染土壤种植的农产品后可能会对身体健康造成影响。因此, 采矿用地复垦区进行土壤质量评价就显得十分重要。

1 研究区概况

调查区位置在河北保定西北部涞源县境内, 东经 114.989927° - 115.015327°, 北纬 39.525177° - 39.545775°。以涞源县乌龙沟乡大庄村周边作为研究区进行研究, 包括两铅锌矿区 (冀豫铅锌矿、碧玺矿业铅锌矿) 的采矿用地复垦区及东、南方向半径约 1 km 大致呈扇形范围内的区域, 面积约 2.44 km²。气候为暖温带季风气候区。四季分明, 光照充足, 冬季十分寒冷并且空气干燥, 多西偏北风, 夏天气温高并且雨水多, 东偏南风较多, 春季干燥多风, 秋季凉爽少雨, 年平均气温 12.4 °C。地处太行山北段, 县内地形一般海拔标高 800 ~ 1 400 m, 平均海拔 1 000 m 左右。拒马河和唐河为涞源县境内主要河流, 均属于大清河水系。区内土地主要被用作耕地、林草地等。

2 样品采集和分析

2.1 样品的采集与处理

结合土地利用图斑与遥感影像资料进行差异化布点, 采样平均密度约为 25 点 / km², 在距尾砂堆较近的

区域进行较大密度布设, 在较远区域逐渐放稀, 根据耕地面积对点位密度做了适当调整, 大都布置在耕地, 在林地和草地适量布设, 共布设表层土壤样品点位 67 个。表层土壤样品采集地表 0 cm 至以下 20 cm 的介质, 采样时需要 1 个主点和 4 个子点, 在主点四周 15 ~ 20 m 处呈十字采集子样点, 采用“四分法”将样品混合均匀作为一个样品, 装入塑料自封袋, 并编号保存。挑拣出样品里面的砾石、草根以及动物和植物残留等, 磨碎过 20 目尼龙筛。

使用电感耦合等离子体质谱法检验测试表层土壤样品的镉元素含量, 采用离子选择电极法测试表层土壤样品的 pH 值, 采用原子荧光光谱法测试表层土壤样品的汞、砷、锑含量, 采用 X 射线荧光光谱法测试土壤样品的铅、锌、铜、镍、铬含量。

2.2 数据处理

利用 Excel2016 进行数据汇总整理和统计分析, 包括样本数 (N)、算术平均值 (X)、标准离差 (S)、变异系数 (CV)、中位数 (Xme)、最大值 (Xmax) 和最小值 (Xmin) 等。

3 结果与讨论

3.1 研究区土壤重金属含量及特征

测试结果显示, 调查区 pH 值范围在 5.68 ~ 8.48 之间, 平均值 7.88, 中位数 8.02, 标准偏差 0.52, 变异系数 0.07, 方差 0.27, 详见表 1。说明该地区酸碱度差异性较小^[2], 中位数与平均值较接近, 且大于 7.5, 说明该地区土壤偏碱性。八项元素检测值的极大值和极小差距比较大, 偏度和峰度相差也较大, 说明该地

表1 土壤重金属含量统计分析表

项目	镉	汞	砷	铅	铬	铜	锌	镍	pH
最小值	0.23	0.02	4.2	37.1	31.6	22.7	89.6	11.1	5.68
最大值	48	3.29	26	2725	78	3610	16092	34.3	8.48
平均值	3.32	0.15	9.9	338.96	56.86	142.38	812.69	25.32	7.88
中位数	1.36	0.06	9.61	158	57.2	56.9	307	25.6	8.02
标准偏差	6.84	0.4	3.12	508.79	7.53	438.92	2057.04	4.15	0.52
变异系数	2.06	2.67	0.32	1.50	0.13	3.08	2.53	0.16	0.07
方差	46.81	0.16	9.76	258871.38	56.72	192651.56	4231394.89	17.23	0.27
偏度	5.04	7.38	2.06	3.33	-0.58	7.71	6.57	-1.03	-2.23
峰度	29.2	57.71	9.75	11.69	2.16	61.52	47.74	2.33	6.75
筛选值	pH ≤ 5.5	0.3		70		50	200	60	/
	5.5 < pH ≤ 6.5	0.3		90		50	200	70	/
	6.5 < pH ≤ 7.5	0.3		120		100	250	100	/
	pH > 7.5	0.6		170		100	300	190	/
土壤背景值	0.135	0.017	10.2	23.7	62.1	20.95	65.9	28.35	/

区重金属分布不均匀，存在部分区域富集现象^[3]，可能与人为活动、地形、风向等有关系。

3.2 重金属评价

依据(GB 15618-2018)标准中的要求，对研究区耕地土壤重金属8项进行环境质量评价。部分评价标准详见表2。

3.3 评价方法

3.3.1 单指标评价方法

依据规范(GB 15618-2018)中的筛选值 S_i 和管制值 G_i ，基于表层土壤重金属含量 C_i 对农用地土壤质量进行风险评价，并分为三类：

I类：当 $C_i \leq S_i$ 时，农用地土壤污染风险较低，可忽略不计，因此应将其划为优先保护类。II类：当 $S_i < C_i \leq G_i$ 时，农用地土壤可能存在污染风险，但

风险在可控范围内，因此应将其划为安全利用类。III类：当 $C_i > G_i$ 时，农用地土壤存在较高的污染风险，因此需要对其进行严格管控，应划为严格管控类。

3.3.2 多指标综合评价方法

土壤重金属综合评价指数为各单项指标的最高评价指数，从劣不从优^[4]。

3.4 评价结果

3.4.1 单指标评价

依照单指标评价方法对镉、汞、砷、铅、铬、铜、锌、镍八项重金属的含量值进行单指标风险评价，全区67个采样点位单指标评价结果详见表3。全区67个采样点位单指标评价结果由表3可知：砷、铬、镍三项重金属全为优先保护类；汞重金属的严格管控类点位占比为0%，其安全利用类占比为1.49%；铜和锌两项重

表2 风险管制值

单位：mg/kg

序号	污染物项目	土壤 pH 值			
		pH ≤ 5.5	5.5 < pH ≤ 6.5	6.5 < pH ≤ 7.5	pH > 7.5
1	镉	1.5	2.0	3.0	4.0
2	汞	2.0	2.5	4.0	6.0
3	砷	200	150	120	100
4	铅	400	500	700	1000
5	铬	800	850	1000	1300

金属安全利用类占比分别为 29.85%、53.73%；镉和铅均存在严格管控类、安全利用类和优先保护类点位，此两项重金属严格管控类占比依次为 22.39%、5.97%，安全利用类占比依次为 61.19%、41.79%，优先保护类占比依次为 16.42%、52.24%。结果显示，区内表层土壤不存在砷、铬、镍三项重金属的超标情况，镉、铅、锌、铜、汞五项重金属存在超标情况，其中镉和铅超标较为严重。

3.4.2 多指标综合评价

依据多指标综合评价方法进行多指标综合评价，其结果见表 4。

由表 4 可知，镉、汞、砷、铅、铬五项综合评价和镉、汞、砷、铅、铬、铜、锌、镍八项综合的优先保护类、安全利用类、严格管控类点位占比和分布相同，说明八项综合评价中镉、汞、砷、铅、铬五项指标起决定性作用。

表 3 表层土壤点位单指标评价结果统计表

指标	等级						总点位数 (个)
	优先保护类		安全利用类		严格管控类		
	点 (个)	占比 (%)	点 (个)	占比 (%)	点 (个)	占比 (%)	
镉	11	16.42	41	61.19	15	22.39	67
汞	66	98.51	1	1.49	0	0.00	67
砷	67	100.00	0	0.00	0	0.00	67
铅	35	52.24	28	41.79	4	5.97	67
铬	67	100.00	0	0.00	0	0.00	67
铜	47	70.15	20	29.85	/	/	67
锌	31	46.27	36	53.73	/	/	67
镍	67	100.00	0	0.00	/	/	67

表 4 表层土壤点位多指标综合评价结果统计表

指标	等级						总点位数 (个)
	优先保护类		安全利用类		严格管控类		
	点 (个)	占比 (%)	点 (个)	占比 (%)	点 (个)	占比 (%)	
五项综合	10	14.93	42	62.69	15	22.39	67
三项综合	31	46.27	36	53.73	/	/	67
八项综合	10	14.93	42	62.69	15	22.39	67

4 结论

通过对矿山复垦区农用地土壤进行调查研究，依据土壤污染风险管控标准评价法得出表层土壤中存在镉元素、汞元素、铅元素、铜元素和锌元素五项重金属的污染，且镉污染最为严重，说明矿产资源开采对周围农用地土壤造成了污染^[5]，污染元素的分布不均匀，空间差异性较大，造成这种现象的原因可能与地形、人类活动等有关。

潜力评价研究[J]. 中国资源综合利用, 2022, 40(07): 169-171.
 [2] 冯娟, 艾昊, 陈清敏, 等. 秦岭山区某金属矿区土壤重金属污染评价及迁移路径解析[J]. 岩矿测试, 2023, 42(06): 1189-1202.
 [3] 张德强, 王英男, 乔雯, 等. 赣南某矿区土壤重金属污染评价与研究[J]. 矿产综合利用, 2023(03): 181-191.
 [4] 赵恒谦, 常仁强, 金倩, 等. 河北西石门铁矿区土壤重金属污染空间分析及风险评价[J]. 岩矿测试, 2023, 42(02): 371-382.
 [5] 柳峰, 李龙飞, 刘雨博, 等. 河北省某铅锌矿区周边耕地土壤重金属污染评价及来源分析[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(01): 136-142.

参考文献:

[1] 周文涛, 孔祥芸, 张鑫. 历史遗留废弃采矿用地复垦