



移动扫码阅读

杨森,赵森,刘涛,等.平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价[J].能源环境保护,2019,33(6):51-54.

Yang Sen,Zhao Sen,Liu Tao,et al. Evaluation of soil heavy metal pollution in coal mine area of Pingdingshan City [J].Energy Environmental Protection,2019,33(6):51-54.

平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价

杨森,赵森,刘涛,任志胜

(河南省有色金属地质矿产局第五地质大队,河南 郑州 450000)

摘要:通过测定平顶山市卫东区、石龙区和郟县典型煤矸石山下游土壤中重金属(Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni)的含量,利用单因子污染指数法和综合污染指数法,结合河南省土壤环境背景值进行重金属污染评价。结果表明:平顶山市煤矸石山土壤总体综合污染指数为2.09,污染水平为中度污染,污染等级为中污染;单因子污染指数为Cd(2.62)>Hg(1.73)>Pb(1.37)>Cu(1.20)>Zn(1.13)>As(1.0)>Cr⁶⁺(0.89)>Ni(0.88),郟县、石龙区、卫东区的综合污染指数分别为3.09、1.62和1.55。

关键词:煤矸石;土壤;重金属;单因子污染指数;综合污染指数

中图分类号:X825

文献标志号:A

文章编号:1006-8759(2019)06-0051-04

Evaluation of soil heavy metal pollution in coal mine area of Pingdingshan City

YANG Sen,ZHAO Sen,LIU Tao,REN Zhisheng

(Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau No.5 Geological Team,Zhengzhou 450000,China)

Abstract:By determining the content of heavy metals(Hg,Pb,Cd,Cr⁶⁺,As,Cu,Zn and Ni) in the soil of typical gangue hills in Weidong District,Shilong District and Jia County of Pingdingshan City,heavy metal pollution was evaluated based on the environmental background values of soil in Henan Province using single factor pollution index method and comprehensive pollution index method.The results showed that the overall comprehensive pollution index of gangue hill soil in Pingdingshan City was 2.09.The pollution level and grade were moderate.The single factor pollution indexes were Cd(2.62)>Hg(1.73)>Pb(1.37)>Cu(1.20)>Zn(1.13)>As(1.0)>Cr⁶⁺(0.89)>Ni(0.88).The comprehensive pollution indexes of Jia County,Shilong District and Weidong District were 3.09,1.62 and 1.55,respectively.

Key words:Coal gangue;Soil;Heavy metal;Single factor pollution index;Comprehensive pollution index

0 引言

重金属是指Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺以及As等生物毒性显著的元素,也指具有一定毒性的一般重金属,如Zn、Cu、Ni等元素^[1]。煤炭是中国最主要能源矿产,采矿过程中会形成大量的煤矸石堆放在地表,煤矸石中的重金属可以通过淋溶、渗透、迁移等多种方式进入土壤^[2],造成土壤的重金属污染,一方面破坏土壤生态系统,另一方面重金属通过农作物

的富集对人体健康造成危害。煤矿开采所引起的矿区土壤重金属污染已成为现代土壤环境的一个突出问题^[3]。

近年来,国内外学者已经对煤矿区土壤重金属污染作了大量的研究。徐冠君^[2]等通过对汝州市3个煤矿周边农田土壤中的重金属进行研究,发现土壤中Cu、Pb、Zn和Cd含量分别高于背景值;楚纯洁^[3]等通过对平煤四矿周边丘陵坡地土壤中的重金属进行研究,结果表明土壤中存在不同程度的重

金属积累,以 Cu、Cr⁶⁺、Ni 积累较重;全双梅^[4]等以贵州某典型煤矿为研究对象,结果表明除 Cd、As 元素外,Pb、Hg、Cu 的含量均超过了贵州省土壤背景值。

平顶山是中国重要的煤炭生产基地,经过半个多世纪的开采,形成了大量的煤矸石堆,煤矸石的长期大量堆积不仅占用了大量的土地,同时煤矸石中含有 As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cr⁶⁺、Cd、Ni 重金属元素,经过常年的风吹雨淋渗入到土壤中,可能会造成土壤的重金属污染,对居民的生产和生活造成严重的危害。因此,调查评价煤矸石对土壤的重金属污染程度意义重大,研究结果为矿区污染土地的修复、合理规划利用以及保障人群健康提供科学依据^[5]。

1 区域概况

1.1 气象

平顶山市地处北亚热带与暖温带的过渡地带,气候具有明显的过渡特征,季风性气候特征明显,四季分明。年平均气温 14.5℃~15.2℃,年平均降水量 801.0 mm,平均绝对湿度 13.1 g/m³,平均相对湿度 67.0%,多年平均蒸发量 1 488.6 mm,区内盛行东北风,平均风速 2.6 m/s。

1.2 地形地貌

平顶山市地处豫西山地和淮河平原的过渡地带。总体地势西高东低,西部为山地和丘陵,东部为平原。南北方向有三列北西-南东展布的山地夹两组河谷平原,北部是箕山,中部是外方山东段,南部为伏牛山东段及其余脉,其间自北而南依次分布北汝河冲积平原、沙河澧河冲积平原。地貌单元有中山、低山、丘陵、山前坡洪积平原和冲洪积平原。

1.3 水文地质条件

区内地下水类型划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水、碳酸盐岩类碎屑岩类裂隙岩溶水和基岩裂隙水四种类型。区内浅层地下水主要接受大气降水补给、河渠侧渗补给、水库坝下渗漏补给和径流补给,其次是井渠灌溉回渗补给。区内浅层地下水流向总体上为自北西流向南东,但由于油坊头、梁李、小营、张寨等水源地集中开采,开采强度大,已形成地下水位降落漏斗,地下水流向局部被改变,由开采外围指向开采中心。区内浅层地下水排泄主要是开采排泄、径流排泄,其次是蒸发排泄。

1.4 岩土体类型

区内岩土体类型主要为岩浆岩类、碎屑岩类、碳

酸盐岩类、变质岩类,土体类型主要有砾质土、砂性土、粘性土及胀缩土。

1.5 矿产资源概况

煤炭是平顶山市的优势矿产资源,境内有平顶山市区北部的平顶山煤田,石龙区、宝丰县、鲁山县交界的韩梁煤田及禹州煤田的一部分(郟县北部安良、黄道)。三大煤田的煤层赋存地质条件基本相同,受区域构造影响变化不大。截止 2015 年底,平顶山市累计查明煤炭资源储量 600 206.53 万 t,保有煤炭资源储量 481 777.22 万 t,占河南省保有煤炭资源储量的 13.9%,居河南省煤炭资源储量第三位。

2 材料与方法

本试验研究的对象为卫东区平煤一矿北一风井煤矸石山、石龙区平煤大安矿煤矸石山和郟县景昇矿煤矸石山下流的农田土壤,主要是种植树木为杨树,粮食作物主要为小麦。

平煤一矿为大型国有矿山,北一风井矸石山占地 13.4 ha,累计积存量达 120 万 t,未做治理措施;大安矿为中型国有矿山,矸石山占地 12 ha,累计积存量达 300 万 t,未做治理措施;景昇矿中型国有矿山,矸石山占地 5.3 ha,累计积存量达 100 万 t,未做治理措施。

2.2 样品采集

每座煤矸石山沿着下风向和地下水流向布设 500 m 采样线取土壤样 14 件分析重金属元素(10 m 间距采样点 5 个,25 m 间距采样点 4 个,50 m 间距采样点 3 个,100 m 间距采样点 2 个)(见图 1)。每件样品采集 0~30 cm 表层土壤,混合后每份土壤样品重约为 2.0 kg,土样用木铲装入塑料袋中,贴签带回实验室备用。样品按照 HJ/T 166-2004 中 8.3 制备,最后装瓶贴签。

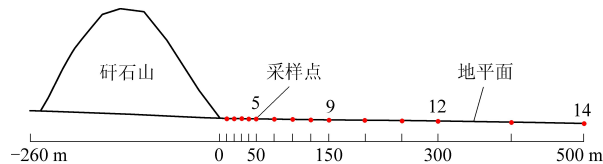


图 1 采样点分布示意

2.3 样品加工

在样品到达实验室后,采用无污染加工,用球磨机研磨加工至 200 目。在样品加工过程中,加工人员精心操作,防止污染、错号。每加工完一个样品,都认真清洗,烘干,然后再加工下一个样品。重复性试验样品,按样品总数的 10% 随机抽查,编成密码,首先加工。

2.4 样品分析及仪器

pH 值常采用 POT(电位法)测定;Cu、Pb、Zn、Cr⁶⁺、Cd、Ni 分析采用美国热电公司生产的 Xseries2 型电感耦合等离子体质谱仪测定;As 采用氢化物发生-原子荧光法,仪器为 AFS-230E 原子荧光光度计;Hg 采用冷原子荧光法,仪器为 XGY-1011A 原子荧光光度计。

2.5 评价标准

土壤污染评价的背景值采用河南省土壤环境背景值^[6]进行评价(表 1)。

表 1 河南省土壤环境背景值 (单位:mg/kg)

项目	Hg	Pb	Cd	Cr ⁶⁺	As	Cu	Zn	Ni
背景值	0.025	22.3	0.065	63.2	9.8	20	62.5	27.4

2.6 评价方法

2.6.1 单因子指数法^[7]

其计算公式为: $I=C_i/C_0$ ^[8]。式中 I 为土壤中单项污染指数, C_i 为某项因子的实测含量; C_0 为某项因子标准值。当 $I < 1$ 时,表示未污染;当 $1 \leq I < 2$ 时,表示轻度污染;当 $2 \leq I < 3$ 时表示中度污染;当 $3 \leq I < 5$ 时,表示严重污染;当 $I \geq 5$ 时,表示极严重污染。

2.6.2 综合污染指数法^[7]

其计算公式为: $P_z = \sqrt{\frac{\bar{I}^2 + I_{max}^2}{2}}$ ^[8]。式中 P_z 为

表 2 平顶山市煤矸石山土壤重金属含量^[9]

(单位:mg/kg)

项目	Hg	Pb	Cd	Cr ⁶⁺	As	Cu	Zn	Ni	PH
平均值	0.05	30.57	0.17	56.24	9.82	24.05	70.79	24.14	7.91
标准差	0.03	15.21	0.10	10.10	2.43	2.66	29.78	6.26	0.33
最大值	0.17	122.50	0.66	73.70	16.70	30.00	249.00	41.50	8.49
最小值	0.01	23.00	0.09	34.10	4.50	19.00	53.00	11.90	7.32
背景值	0.025	22.3	0.065	63.2	9.8	20	62.5	27.4	7.7

3.2 重金属元素污染指数

3.2.1 重金属元素单项污染评价

由表 3 得郟县 Cd 和 Hg 单项污染指数分别为 4.0 和 3.2,土壤受到 Cd 和 Hg 重金属严重污染,Pb、Cu、Zn 和 As 单项污染指数分别为 1.33、1.26、1.25 和 1.10,土壤受到 Pb、Cu、Zn 和 As 重金属轻度污染,Cr⁶⁺ 和 Ni 的单项污染指数分别为 0.95 和 0.93,土壤未受到 Cr⁶⁺ 和 Ni 重金属污染;石龙区 Cd 单项污染指数为 2.0,土壤受到 Cd 重金属中度污染,Pb、Zn 和 Cu 单项污染指数分别为 1.48、1.22 和 1.20,土壤受到 Pb、Zn 和 Cu 重金属轻度污染,As、Hg、Cr⁶⁺ 和 Ni 的单项污染指数分别为 0.87、0.80、0.71 和 0.68,土壤未受到 As、Hg、Cr⁶⁺ 和 Ni 重金属污染;卫东区 Cd、Pb、Hg、Cu、As、Ni 和 Cr⁶⁺

土壤综合污染指数, \bar{I} 为同一样品中各单项 I 的平均值; I_{max} 为同一样品中单项 I 的最大值。当 $P_z \leq 0.7$ 时,表示清洁;当 $0.7 < P_z \leq 1$ 时,表示尚清洁;当 $1 < P_z \leq 2$ 时,表示轻度污染;当 $2 < P_z \leq 3$ 时,表示中度污染;当 $P_z > 3$ 时,表示污染相当严重。

3 分析结果

3.1 重金属元素检出率、超标率

通过试验结果 42 件土壤样品中均检测出 Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni 重金属元素,故重金属元素的检出率 100%。

检出结果对比背景值(表 1),42 件样品中 Pb、Cd 元素全部超标,超标率为 100%;Cu 元素有 38 件样品超标,超标率为 90.48%;Hg 和 Zn 有 28 件样品超标,超标率为 66.67%;As 元素有 24 件样品超标,超标率为 57.14%;Ni 元素有 11 件样品超标,超标率为 26.19%;Cr⁶⁺ 元素有 8 件样品超标,超标率为 19.05%。

综合来看(表 2),平顶山市煤矸石山下游土壤中 Hg、Pb、Cd、As、Cu、Zn 元素均高于背景值,因此土壤受到 Hg、Pb、Cd、As、Cu、Zn 重金属污染。

的单项污染指数分别为 1.85、1.30、1.20、1.15、1.04、1.03 和 1.01,土壤受到 Cd、Pb、Hg、Cu、As、Ni 和 Cr⁶⁺ 重金属轻度污染,Zn 的单项污染指数为 0.93,未受到 Zn 重金属污染。

综合来看,平顶山市煤矸石山下游土壤受到 Cd(2.62)重金属中度污染,受到 Hg(1.73)、Pb(1.37)、Cu(1.20)、Zn(1.13)和 As(1.0)重金属轻度污染,未受到 Cr⁶⁺(0.89)和 Ni(0.88)重金属污染。

3.2.2 土壤综合污染评价

由表 3 可知,郟县重金属综合污染指数为 3.09,因此郟县煤矸石山下游土壤 Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni 重金属污染相当严重;石龙区重金属综合污染指数为 1.62,因此石龙区煤矸石山下

游土壤 Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni 重金属轻度污染;卫东区重金属综合污染指数为 1.55,因此石龙区煤矸石山下游土壤 Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni 重金属轻度污染。

综合来看,平顶山市煤矸石山下游土壤综合

表 3 平顶山市煤矸石山土壤单项污染指数 I 和综合污染指数 P_Z^[9]

点位	I								P _Z	评价等级
	Hg	Pb	Cd	Cr ⁶⁺	As	Cu	Zn	Ni		
郟县	3.20	1.33	4.00	0.95	1.10	1.26	1.25	0.93	3.09	污染相当严重
石龙区	0.80	1.48	2.00	0.71	0.87	1.20	1.22	0.68	1.62	轻度污染
卫东区	1.20	1.30	1.85	1.01	1.04	1.15	0.93	1.03	1.55	轻度污染
均值	1.73	1.37	2.62	0.89	1.00	1.20	1.13	0.88	2.09	中度污染

3.3 污染影响因素分析

本次试验的三座矸石山分别取煤矸石做化学成分分析和煤矸石淋滤试验,结果表明煤矸石和煤矸石淋滤水里面都检测出 Hg、Pb、Cd、Cr⁶⁺、As、Cu、Zn、Ni 重金属元素,因此矸石山下游的土壤重金属污染主要原因是煤矸石经过雨水淋滤入渗造成土壤污染。

通过对比分析煤矸石堆积、地下水渗流、降水等因素对土壤重金属污染程度的影响,煤矸石堆积时间越久,对土壤造成的污染程度越大;岩土层的渗透越强,污染程度越大;降雨越丰富的地区,污染程度也越大。

4 结论

经过这次调查结果来看,平顶山市煤矸石山下游的土壤中 Cd、Hg、Pb、Cu、Zn 和 As 均超出了河南省土壤环境背景值,其中 Cd 的污染程度达到中度污染水平,主要原因是煤矸石经过雨水淋滤入渗造成土壤污染,污染程度与煤矸石堆积时间、土层渗透强度和降雨量成正比。在各县区土壤中重金属含量具有不同特征,要加强监测^[7]。在农

业生态系统中,重金属通过土壤最终积累于植物体内,将危害到人类的健康^[1]。

参考文献

- [1] 孔彦.平顶山市土壤重金属污染的分析[J].农村经济与科技,2014,25(7):11-12.
- [2] 徐冠君,张东梅,康淳,等.平顶山矿区周边农田土壤重金属污染特征及评价[J].环境与发展,2018,30(8):8-10+12.
- [3] 楚纯洁,周金凤.平顶山矿区丘陵坡地土壤重金属分布及污染特征[J].地理研究,2014,33(7):1383-1392.
- [4] 全双梅,连国奇,杨琴,等.贵州典型煤矿区土壤重金属污染与生态风险评价[J].甘肃农业大学学报,2018,53(3):112-117+125.
- [5] 黄静,高良敏,冯娜娜,等.煤矿复垦区土壤重金属分布特征与质量评价[J].环境污染与防治,2012,34(2):68-71.
- [6] 邵丰收,周皓韵.河南省主要元素的土壤环境背景值[J].河南农业,1998,(10):28.
- [7] 陈鹏,王艳娜,张猛.平顶山市农田土壤重金属污染调查与评价[J].黑龙江科技信息,2014(23):97-98.
- [8] 中国地质调查局.矿山地质环境调查评价规范:DD2014-05[S].北京:中国地质调查局,2014:34-35.
- [9] 杨森,王俊鹤,姜克全,等.河南省平顶山市 1:5 万矿山地质环境调查报告[R].郑州:河南省有色金属地质矿产局第五地质大队,2018:83-98.