

成县黄渚矿区尾矿库溃坝土壤污染评价

谢晓华

(甘肃省农业工程规划院, 甘肃 兰州 730046)

摘要: 以成县黄渚铅锌矿区尾矿库污染土壤为研究对象, 分析了矿区土壤主要重金属元素污染的特征; 运用土壤污染指数法评价了重金属元素对土壤生态环境的危害程度。结果表明, 尾矿库溃坝或尾渣堆积使土壤中重金属含量偏高, 溃坝对周边土壤造成的污染大于矿尾渣堆积对周边土壤造成的污染。从综合污染指数来看, 研究区两类土壤0~20 cm土层污染程度均为轻度污染, 溃坝土壤20~50 cm土层污染程度为警戒级, 堆渣土壤污染程度为安全级。从单项污染指数来看, 溃坝土壤0~20 cm土层Pb元素污染程度属中度污染, As属轻度污染, 堆积土壤0~20 cm土层重金属Pb属轻度污染; Zn、Cu元素未造成污染, 总体对生态危害程度不高。

关键词: 重金属污染; 单项污染指数法; 综合污染指数法; 成县黄渚矿区

中图分类号: X833 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2013)06-0033-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2013.06.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2013.06.014)

成县位于甘肃省东南部, 为南北过渡性暖温带半湿润气候区, 地处中国第二大铅锌矿—西成铅锌矿带的腹地, 境内矿产资源丰富、储藏量大, 为甘肃省主要铅锌矿之一。随着铅锌矿开发规模的不断加大, 采矿后产出的尾矿数量也随之增加, 据统计, 成县黄渚4个铅锌选矿企业年产尾矿量达 126.5×10^4 t, 尾矿中含有多种有毒、有害元素, 尤其是重金属污染已成为破坏矿区及周边地区土壤环境质量的主要因素, 间接或直接的对当地农业生态环境造成了负面影响。为了加强成县矿区生态环境保护和综合管理能力, 我们选择了黄渚矿区的水泉铅锌选矿厂、百昌有限责任公司选矿厂、官店扶贫福利铅锌联营选矿厂、润锋工贸有限公司选矿厂4个尾矿库为调查对象, 分析了尾矿库土壤和矿尾渣中Pb、As、Zn、Cu等重金属含量, 评价了土壤总体污染程度, 以期为研究区农业环境污染治理和保护提供依据。

1 抽样、检测与评价方法

1.1 样品采集

依据《农田土壤环境质量检测技术规范》(NY/T395-2000), 于2010年4月对成县黄渚4个铅锌选矿企业2个尾矿库因溃坝引起的污染土壤和2个矿渣堆放造成的污染土壤进行了土样采集。每个采样点分为0~20 cm、20~50 cm两层, 采集土壤样品, 并采集矿尾渣样品1个。土样采集时避免使用金属器具操作, 剔除样品中的植物残留体、砾石、侵入物和新生体, 混匀后现场采用四分法

留约1 kg左右的样品装入密封的塑料袋, 标签注明采样点和采样深度, 带回实验室放在阴凉、干燥、通风、无灰尘污染的室内, 自然风干后磨碎、过筛供实验室测定。

1.2 分析项目及方法

土壤样品和矿尾渣的分析项目包括Pb、Zn、Cu、As等4种重金属元素。样品分析采用GB15618-1995推荐的方法, Pb、Zn、Cu元素土样经盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸消解后, 采用原子吸收分光光度法测定; As元素土样经硫酸-硝酸-高氯酸消解后, 采用二乙基二硫代氨基酸银光光度法测定。整个分析过程按规范要求采取了严密的质量控制措施, 以保证测试数据的准确可靠性。样品分析测试由甘肃省天水市环境监测站完成。

1.3 评价标准

以国家土壤环境质量二级标准(GB15618-1995)作为判定和评价土壤重金属污染的限量标准(表1)^[1]。同时以土壤环境背景值为标准评价的参考。甘肃省和成县的土壤环境背景值见表2^[2]。

表1 土壤环境质量二级标准^①

元素	pH		
	< 6.5	6.5 ~ 7.5	> 7.5
Pb	250	300	350
Zn	200	250	300
As	40	30	25
Cu	50	100	100
Cr	90	200	250

① 该地区土壤pH>7.5; Pb、As、Zn、Cu、Cr单位均为mg/kg。

收稿日期: 2013-05-08

作者简介: 谢晓华(1964—), 男, 甘肃秦安人, 高级农艺师, 主要从事土壤资源调查、改良和评价等方面的工作。联系电话: (0)13359454796。E-mail: gsxxh08@sina.com

1.4 评价方法

1.4.1 单项污染指数法 指某污染物质浓度与该物质环境质量的比值,称某污染物的污染指数^[3-5]。其计算公式为

$$P_{ij}=C_{ij}/S_{ij}$$

P_{ij} 为j点土壤污染物i的污染指数; C_{ij} 为j点土壤i污染物的实测值,用mg/kg表示; S_{ij} 为j点土壤污染物i的评价标准,用mg/kg表示。当污染指数 ≤ 1 时,表示未污染;当污染指数 > 1 时,表示污染超标,且数值越大,污染越重。即

$$P_{ij} \leq 1, \text{表示未污染;}$$

$$P_{ij} > 1, \text{表示污染超标。}$$

1.4.2 综合污染指数法 由于单项污染指数法只能反应各个污染物的污染程度,不能综合、全面地反应污染状况;采用综合污染指数法可兼顾单因子污染指数的平均值和最高值,突出污染较重的污染物的作用。其计算公式为

$$P=[(P_{ijmax}^2+P_{ijave}^2)/2]^{1/2},$$

式中P为第j个监测点的质量综合指数, P_{ijmax} 为第j个监测点i污染物所有单项污染指数中的最大值; P_{ijave} 为第j个监测点i污染物所有单项污染指数的平均值。土壤污染分级指标根据汪雅各(1991)所划的5个污染等级进行评估(表3)。

2 结果与分析

2.1 重金属含量

分析结果(表4)表明,溃坝土壤0~20、20~50 cm土层中重金属Pb元素含量分别为775.0、401.0 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的32.29、16.71倍,土壤环境质量二级标准高限值的2.21、1.15倍。Zn元素含量分别为56.1、53.6 mg/kg,为成县

土壤背景值高限值的0.67、0.64倍,土壤环境质量二级标准高限值的0.19、0.18倍,均低于成县土壤背景值高限值和土壤环境质量二级标准高限值。Cu元素含量分别为49.1、33.4 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的1.69、1.15倍,土壤环境质量二级标准高限值的0.49、0.33倍,未超出土壤环境质量二级标准。As元素含量分别为28.5、3.46 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的1.90、0.23倍,土壤环境质量二级标准高限值的1.14、0.14倍。

堆渣土壤0~20、20~50 cm土层中,重金属元素Pb的含量分别为562.0、284.0 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的23.42、11.83倍,土壤环境质量二级标准高限值的1.61、0.81倍。Zn元素含量分别为52.9、26.0 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的0.63、0.31倍,土壤环境质量二级标准高限值的0.18、0.09倍,均低于成县土壤背景值和土壤环境质量二级标准的高限值。Cu元素含量分别为64.4、14.9 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的2.22、0.51倍,土壤环境质量二级标准高限值的0.64、0.15倍,未超出土壤环境质量二级标准的高限值。As元素含量分别为13.3、7.4 mg/kg,为成县土壤背景值高限值的0.89、0.49倍,土壤环境质量二级标准高限值的0.53、0.30倍,均低于成县土壤背景值高限和土壤环境质量二级标准的高限值。

矿尾渣样品中含重金属元素Pb 840.0 mg/kg、Zn 59.1 mg/kg、Cu 53.7 mg/kg、As 57.4 mg/kg。除Zn、Cu含量较低外,Pb、As分别是成县土壤背景值高限的35.00、3.83倍,土壤环境质量二级标准的2.40、2.30倍。可见,无论是溃坝土壤、堆渣土壤还是矿尾渣,其重金属元素Pb和As含量都相对

表2 甘肃省、成县土壤元素环境背景值^①

地域	Pb	Zn	Cu	As	$C_{mg/kg}$
甘肃省	18.7	66.4	23.4	12.0	67.5
成县	22.0~24.0	70.0~84.0	24.0~29.0	10.0~15.0	70.0~80.0

①甘肃省数据为算术平均值;成县数据由甘肃省土壤重金属背景值等值线图分析得出。

表3 土壤污染分级指标

等级标准(级)	综合污染指数	污染程度	污染水平
1	$P < 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 \leq P \leq 1.0$	警戒级	尚清洁
3	$1.0 < P \leq 2.0$	轻度污染	土壤轻污染,作物开始受污染
4	$2.0 < P \leq 3.0$	中度污染	土壤、作物受到中度污染
5	$P > 3.0$	重度污染	土壤、作物受污染严重

表4 不同土壤类型重金属元素监测结果

土样	0~20 cm 土层重金属含量(mg/kg)				20~50 cm 土层重金属含量(mg/kg)			
	Pb	Zn	Cu	As	Pb	Zn	Cu	As
溃坝土壤	775.0	56.1	49.1	28.5	401.0	53.6	33.4	3.46
堆渣土壤	562.0	52.9	64.4	13.3	284.0	26.0	14.9	7.4

表5 污染土壤重金属评价结果

土样	0~20 cm 土层						20~50 cm 土层					
	单项污染指数				综合污染指数	污染程度	单项污染指数				综合污染指数	污染程度
	Pb	Zn	Cu	As			Pb	Zn	Cu	As		
溃坝土壤	2.21	0.19	0.49	1.14	1.72	轻度污染	1.15	0.18	0.33	0.14	0.87	警戒级
堆渣土壤	1.60	0.18	0.64	0.53	1.25	轻度污染	0.81	0.09	0.14	0.30	0.62	安全

较高,表明污染土壤的主要污染物是Pb元素,其次是As元素,Cu、Zn元素对土壤基本无污染。

2.2 评价

从表5可以看出,不同土壤类型的0~20 cm土层中,溃坝土壤的重金属元素Pb、Zn、As的含量均高于堆渣土壤,但Cu低于堆渣土壤;综合污染指数溃坝土壤为1.72,堆渣土壤为1.25,溃坝土壤高于堆渣土壤0.47个百分点;污染程度均表现轻度污染。20~50 cm土层中,溃坝土壤重金属元素Pb、Zn、Cu、As的含量均高于堆渣土壤;综合污染指数溃坝土壤为0.87,堆渣土壤为0.62,溃坝土壤高于堆渣土壤0.25个百分点;污染程度溃坝土壤达警戒级,堆渣土壤为安全级,表明0~20 cm的土层土壤污染程度高于20~50 cm的土层土壤,即表层土壤污染大于心土层。单项污染指数中,溃坝土壤0~20 cm土层Pb元素的污染指数为2.21,属中度污染;As元素的污染指数为1.14,属轻度污染;20~50 cm土层Pb元素的污染指数为1.15,属轻度污染;As元素的污染指数为0.14,属清洁级。堆渣土壤0~20 cm土层Pb元素的污染指数为1.60,属轻度污染;As元素的污染指数为0.53,属清洁级;20~50 cm土层Pb元素的污染指数为0.81,属尚清洁级;As元素的污染指数为0.30,属清洁级。重金属Zn、Cu元素在两类土壤中均未出现超标现象,污染指数均属清洁或尚清洁级。

采用成县土壤背景值作为环境评价标准,溃坝土壤和堆渣土壤重金属元素含量除Zn元素和As元素含量未超标外,其余金属元素含量均超标。其中Pb元素含量偏高幅度较大,溃坝和堆渣土壤0~20 cm土层中Pb元素单项污染指数分别达到32.3、23.4;20~50 cm土层分别达到16.7、11.8,均为严重污染程度;除Zn元素和心土层土壤中的As元素未污染外,其它单项污染指数均达到轻度或中度污染。溃坝土壤和堆渣土壤0~20 cm土层综合污染指数分别为23.7、17.2,20~50 cm土层综合污染指数分别为12.3、8.7,均达到重污染程度。表明土壤重金属特别是Pb元素污染对土壤生态环境威胁很大。

3 小结与讨论

1) 评价结果表明,成县黄渚矿区铅锌矿尾矿库因

溃坝或尾渣堆积对周边土壤造成不同程度的污染,溃坝对周边土壤造成的污染大于矿尾渣堆积对周边土壤的污染。从综合污染指数来看,研究区两类土壤0~20 cm土层污染程度均为轻度污染,溃坝土壤20~50 cm土层污染程度为警戒级,堆渣土壤污染程度为安全级。从单项污染指数来看,溃坝土壤0~20 cm土层Pb元素污染程度属中度污染,As属轻度污染,堆积土壤0~20 cm土层重金属Pb属轻度污染;Zn、Cu元素未造成污染。溃坝土壤0~20 cm土层土壤的污染指数为Pb>As>Cu>Zn,20~50 cm土层土壤的污染指数为Pb>Cu>Zn>As;堆渣土壤0~20 cm土层土壤的污染指数为Pb>Cu>As>Zn,20~50 cm土层土壤的污染指数为Pb>As>Cu>Zn;矿尾渣样品污染指数为Pb>Zn>As>Cu,总体对生态危害程度不高。

2) 造成污染的主要原因是采矿碎石和尾砂露天堆放,在雨水淋洗的作用下,重金属进入堆放物—土界面及至土壤耕作层,导致了土壤重金属污染。润锋公司铅锌选矿厂尾矿库和百昌公司铅锌选矿厂单子沟尾矿库由于溃坝致使矿渣下泻覆盖,造成了更大范围的土壤污染,而在远离尾矿库的土壤直接影响比较微弱,可采用工程措施进行初步治理。可通过清理淤积矿渣、疏通行洪沟、对坝下污染土壤清淤后采取换土和覆土等措施恢复为耕地,或通过种草种树,在库面和坝坡按标准削坡覆土,以减缓对周边土壤的进一步污染。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家标准土壤环境质量标准. GB15618-1995 土壤环境质量标准[S]. 中国环境科学出版社, 1996.
- [2] 连兵. 《甘肃省土壤环境背景值调查研究》全程序质量保证体系[J]. 甘肃环境研究与监测, 1993, 6(3): 26-32.
- [3] 王生朴, 连兵. 甘肃省土壤环境背景值特征及其分布规律[J]. 甘肃环境研究与监测, 1993, 6(3): 3-6.
- [4] 傅克文. 农业环境的化学污染[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 105-109.
- [5] 吕青松, 蒋煜峰, 杨帆, 等. 重金属污染淋洗技术研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2010(3): 35-39.

(本文责编: 王 颢)