

# 杨家杖子钼矿区土壤中重金属污染状况的评价

曲蛟<sup>1</sup>, 丛孚奇<sup>2</sup>, 袁星<sup>3</sup>, 丛俏<sup>1</sup>, 王莉莉<sup>1</sup> (1. 渤海大学化学化工学院, 辽宁 锦州 121000;  
2. 锦州市环境监测中心站, 辽宁 锦州 121000; 3. 东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024)

**摘要:** 对杨家杖子钼矿区土壤重金属污染的情况进行了详细研究。选择土壤样本 80 个, 采用  $\text{HNO}_3 - \text{HF} - \text{HClO}_4$  混酸对土壤样品进行处理, 运用等离子体发射光谱仪 (ICP - AES) 测定土壤样品中 Pb、As、Hg、Cr、Cd、Zn、Cu、Ni、Mo 的含量, 全面系统地评价土壤重金属污染现状。结果表明, 该矿区土壤重金属 As、Cd 和 Hg 污染较为严重, 平均含量分别达 154.13、74.92 和 3.06mg/kg。不同片区间存在明显差异, 污染强度以矿山山沿污染最高, 其次是运输区、选矿区及矿区附近山地, 内梅罗综合指数分别为 59.98、59.33、52.14、42.44。

**关键词:** 矿区; 重金属污染; 土壤污染; 不同功能区

中图分类号: X825 文献标识码: A 文章编号: 1002-6002(2007)06-0098-03

## The Assessment on the Pollution Condition of Heavy Metals in the Soil in the Yang valley Mine of Molybdenum

QU Jiao<sup>1</sup>, et al (1. Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Bohai University, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** This article has conducted thorough research on the heavy metals pollution in the soil of the Yang valley molybdenum ore areas. We choosing 80 soil samples and use  $\text{HNO}_3 - \text{HF} - \text{HClO}_4$  to deal with the samples. The contents of Pb, As, Hg, Cr, Cd, Zn, Cu, Ni, Mo were analyzed by ICP - OES. The results indicted that the contents of As, Cd and Hg in the soil were 154.13mg/kg, 74.92mg/kg and 3.06mg/kg. But the contents of heavy metals in different zone have distinct differences, the pollution intense of the sequence of the ore areas was the heaviest which Nemer index was 59.98, ranking of pollution intense of different zone from heavy to light is in the sequence of the transportation zone which Nemer index was 59.33, the ore collection area which Nemer index was 52.14 and the mountain near the mine which Nemer index was 42.44.

**Key words:** Mine; Heavy metals pollution; Soil pollution; Various zones

近年来,国内外学者对矿产资源开发的重金属污染评价、污染机理和矿区环境重金属污染特征进行了大量的研究,但对于矿区环境不同片区的重金属污染的差异特点极少有文献报道。重金属污染伴随着矿产资源开发的全过程,每一过程都呈现不同的污染特性,笼统地对其进行研究不利于充分掌握重金属的污染信息。本文以辽宁杨家杖子钼矿区为例,对矿区不同片区土壤重金属污染进行系统的调查,充分了解矿产资源开发环境不同片区的土壤中重金属污染特征,为削减土壤重金属污染,修复和改良已污染土壤提供科学依据<sup>[1]</sup>。

## 1 样品采集及处理

### 1.1 土壤样品的采集

供试土壤样品取自葫芦岛市钼矿区共 80 个,代表该矿山主要的重金属污染类型。采样方式是

以矿山为中心,依据葫芦岛市的主导风向、风力、地形等因素以及采样地的重金属污染类型,把采样点归为 4 类:(1) 矿山附近公路,共 20 个采样点;(2) 选矿区,共 20 个采样点;(3) 矿山山沿,共 20 个采样点;(4) 矿山附近山地,共 20 个采样点。每个采样点的土壤分析由多点采集混合而成,采样深度 0~20cm。

### 1.2 土壤样品前处理

(1) 样本土壤风干后磨碎,分别过 10 目和 20 目塑料筛保存备用,用四分法取部分土样进一步用玛瑙研钵研磨,过 100 目塑料筛用于重金属全量分析。

(2) 样本土壤过 100 目塑料筛后作如下处理:称取 0.1000g 样品于聚四氟乙烯塑料坩埚中,加 5ml  $\text{HNO}_3$ , 10ml HF, 12ml  $\text{HClO}_4$ , 在恒温振荡下加热至白烟冒尽,冷却后加入 10ml 1:1  $\text{HNO}_3$ , 低温加热溶解后移入 50ml 容量瓶中定容待测。

收稿日期: 2006-11-17

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(03058); 辽宁省教育厅科学技术研究项目(2006032)

作者简介: 曲蛟(1976-),男,辽宁本溪人,硕士。

## 2 样品测定及评价标准的选取

### 2.1 样品测定

样品消化后进行 ICP - AES (Varian, vistampx) 分析,测试重金属含量。

### 2.2 评价方法

#### 2.2.1 单污染指数评价法

以土壤单项污染物的实测值与评价标准相比,比值为分值数,用以表示土壤中该污染物的污染程度。即:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中,  $P_i$  为第  $i$  种污染物的污染分指数;  $C_i$  为其实测浓度;  $S_i$  为其评价标准。一般  $P_i \leq 1$  为未污染,  $P_i > 1$  为已污染,  $1 < P_i \leq 2$  为轻度污染,  $2 < P_i \leq 3$  为中度污染,  $P_i > 3$  为重度污染,  $P_i$  越大受到的污染越严重。

#### 2.2.2 多因子综合指数评价法

各类土壤一般为多种重金属所污染,因而土壤污染评价多应用综合指数法进行污染综合评价。综合指数的算法有多种,一般采用内梅罗指数法计算综合指数<sup>[2]</sup>。

$$PN = \sqrt{[(\max P_i)^2 + (\bar{P}_i)^2] / 2}$$

式中,  $PN$  为土壤污染综合指数;  $\max P_i$  为土壤污染物中最大的污染分指数;  $\bar{P}_i$  为各污染分指数的算术平均数。

综合污染指数分级标准见表 1<sup>[3]</sup>。

表 1 土壤综合污染指数分级标准

污染指数	分级	污染等级	污染水平
$PN \leq 0.7$	1	安全	清洁
$0.7 < PN \leq 1$	2	警戒级	尚清洁
$1 < PN \leq 2$	3	轻污染土壤、作物	污染
$2 < PN \leq 3$	4	中污染土壤、作物	中度污染
$PN > 3$	5	重污染土壤、作物	严重污染

### 2.3 评价标准

采用土壤环境质量标准 (GB15618 - 95)<sup>[4]</sup> 中的三级标准作为评价标准计算土壤的内梅罗污染指数,根据内梅罗污染指数法的分级标准进行评价(表 2)。土壤质量标准中尚无铅的质量标准,而且植物的耐铅性很高,同时铅对植物生长有促进作用,故本文对铅不进行污染评价<sup>[5,6]</sup>。

表 2 土壤重金属污染的评价标准 mg/kg

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
pH > 6.5	40	1.0	300	400	1.5	200	500	500

## 3 分析与评价结果

将消解后土壤经 ICP - AES 进行测定后,采用 EXCEL 元件进行分析。矿区各片区土壤重金属元素含量测定及评价结果见表 3 ~ 表 6。

表 3 矿山山沿土壤重金属元素含量测定及评价结果

mg/kg, N = 20

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
pH 平均					7.42				
$\bar{x} \pm s$	172.98 ± 40.67	84.01 ± 17.93	192.22 ± 75.80	135.16 ± 29.29	4.25 ± 16.02	6104.86 ± 711.91	48.93 ± 34.59	462.4 ± 180.70	345.13 ± 116.92
$P_i$	4.33	84.01	0.65	0.34	2.83	—	0.24	0.92	0.69
污染水平	重污染	重污染	未污染	未污染	中污染	—	未污染	未污染	未污染
$PN$					59.98				
污染水平					严重污染				

表 4 选矿区土壤重金属元素含量测定及评价结果

mg/kg, N = 20

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
pH 平均					6.98				
$\bar{x} \pm s$	167.65 ± 41.58	83.09 ± 16.62	201.98 ± 75.12	131.68 ± 26.05	4.79 ± 4.31	1142.89 ± 793.29	67.52 ± 50.82	398.29 ± 131.00	278.94 ± 79.57
$P_i$	4.19	83.09	0.67	0.33	3.19	—	0.34	0.80	0.56
污染水平	重污染	重污染	未污染	未污染	重污染	—	未污染	未污染	未污染
$PN$					59.33				
污染水平					严重污染				

表5 公路运输区土壤重金属元素含量测定及评价结果

mg/kg, N = 20

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
pH 平均					7.31				
$\bar{x} \pm s$	153.90 ± 42.53	73.04 ± 18.96	166.43 ± 74.15	122.16 ± 30.98	2.62 ± 3.17	912.00 ± 865.52	42.49 ± 32.59	334.22 ± 138.80	253.55 ± 84.11
$P_i$	3.85	73.04	0.55	0.3054	1.75	—	0.21	0.67	0.51
污染水平	重污染	重污染	未污染	未污染	轻污染	—	未污染	未污染	未污染
$PN$					52.14				
污染水平					严重污染				

表6 矿山附近山地土壤重金属元素含量测定及评价结果

mg/kg, N = 20

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
pH 平均					6.82				
$\bar{x} \pm s$	121.98 ± 29.05	59.46 ± 12.46	154.85 ± 72.78	129.92 ± 28.97	0.61 ± 1.75	720.61 ± 312.54	42.42 ± 20.11	298.67 ± 235.00	205.85 ± 69.36
$P_i$	3.05	59.46	0.52	0.32	0.41	—	0.21	0.60	0.41
污染水平	重污染	重污染	未污染	未污染	未污染	—	未污染	未污染	未污染
$PN$					42.44				
污染水平					严重污染				

由表3~表6可以看出,用土壤环境质量标准中的三级标准对葫芦岛铅矿区土壤耕层重金属污染程度进行评价,该矿山各片区都受到了重金属的严重污染,尤其是As、Cd和Hg的污染较为严重。土壤中As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb和Zn平均含量分别达154.13、74.92、178.87、129.73、3.07、50.34、373.40、270.87 mg/kg。各片区pH上下浮动不大,这说明进入土壤的外源重金属氧化作用还未影响土壤的酸碱度。按内梅罗综合指数评价,各片区土壤重金属污染程度递降的顺序为矿山山沿>公路运输区>选矿区>矿区附近山地,其内梅罗指数分别为59.98、59.33、52.14、42.44。运输区土壤之所以表现出较高的含量,经调查是由于长期以来,运输未采取任何防护措施,汽车运输洒落、汽车加水 and 雨天淋洗所造成的。根据本文的研究结果,建议该矿山管理部门对运输卡车进行全面改装,并加雨蓬遮盖,运输的重金属污染将会得到有效控制。

#### 4 结论及建议

该矿区土壤重金属As、Cd和Hg污染较为严重,平均含量分别达154.13、74.92和3.06mg/kg。不同片区间存在明显差异,污染强度以矿山山沿污染最重,内梅罗综合指数为59.98;其次是矿物运输区、选矿厂及矿区附近山地,其内梅罗指数分别为59.33、52.14、42.44。治理土壤重金属污染有效的途径是植物修复,在植物修复上,植物吸收技术表现最佳,治理效果是永久性的。植物固化

作用对土壤环境扰动小,治理过程表现为原位性。植物修复治理成本低,表现出环境与美学的兼容性。植物修复治理后期处理简单,某些金属元素还可回收利用,几乎没有二次污染,能带来一定的经济效益,还具有一定的生态效益,是一种较为理想的方法。随着生物工程技术发展和超吸收重金属植物的选育,植物修复将发挥巨大的作用。利用基因工程培育超富集生物,建立超积累生物基因库,以实现资源共享,造福人类。

植物耐受高钼的能力很强,钼对植物的生长又有很强的促进作用,测定结果说明该地区土壤中钼的含量较高,所以在钼矿区进行植物修复是可行的。

#### 参考文献:

- [1] 廖国礼,吴超. 矿山不同片区土壤中Zn、Pb、Cd、Cu和As的污染特征[J]. 环境科学, 2005, 26(3): 157-161.
- [2] 李天杰主编. 土壤环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 304-309.
- [3] 李其林,黄郡,骆东奇. 重庆市农作物基地土壤中重金属含量及其污染特征[J]. 土壤与环境, 2000, 9(34): 270-273.
- [4] 夏家淇主编. 土壤环境质量标准详解[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 84-86.
- [5] Adriana. Trace elements in the terrestrial environment[C]. New York: Springer-Verlag Inc. 1986, 329.
- [6] Lovely DR. Microbial reduction of iron, manganese, and other metals[J]. Advances in Agronomy, 1995, 54, 175-231.