小秦岭某金矿区水土环境重金属污染及其效应

徐友宁, 张江华, 赵阿宁, 柯海玲
(西安地质矿产研究所, 西安　710054)

摘要: 小秦岭金矿带某矿区矿业开采加工过程中,“三废”无序排放导致地表水、地下水、土壤、农作物中 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 的污染严重。7 条山区河流受到了重金属及氰化物的污染, 丧失了作为水源地的功能。山外 2 大河流河水丧失了农田灌溉的功能。5 眼村民井水受到了 Cr、Hg、Pb 不同程度的污染。受 Hg 污染的农田面积已达 145. 37km^2。小麦、蔬菜和水果中 Hg、Pb、Cd 元素超标最为严重。环境重污染区内人群头发中 Hg、Pb、Cd 含量明显高于对照区, 职业暴露或低水平长期接触是污染区人群头发中重金属含量显著增高的主要原因, 污染区人群癌症呈现高发态势。建议通过制定小秦岭金矿带环境保护规划、严格执法、从源头治污、清污河道、修复受污农田、调整农作物种植结构等, 改善严重的环境污染局面。

关键词: 重金属; 氰化物; 水土污染; 环境效应; 小秦岭某金矿区
中图分类号: X141　　文献标识码: A　　文章编号: 1000-3665(2009)04-0131-04

金属矿产资源的开发活动会导致矿石及围岩中的重金属元素以废水、废渣、废气形式排放并污染矿区河流、大气及土壤等, 进而通过水生系统、土壤– 植物系统进入食物链, 最终危及人群健康[1~3]。1991、1995 年西安地质矿产研究所先后在潼关金矿区作过环境调查及规划工作[4], 此后张成渝、戴前进等人就矿区环境重金属元素污染有过一些研究[5~11]。本文以文献[12]为基础, 总结矿区河流、地下水、土壤、食物链中重金属元素的污染现状及其效应, 为矿区环境综合整治提供基础依据。

1　研究区概况

横跨河南省灵宝市, 陕西省潼关县、洛南县和华阴市的小秦岭金矿带, 是我国第二大黄金产区。南部山地灌木丛林区, 是石英脉型金矿开采的主要区。小秦岭山外的灵宝市西部地区、潼关县农业生产区则为选矿、冶炼的主要区, 同时是小麦玉米的种植区。研究区自东向西发育西峪、东桐峪、善车峪、太峪、麻峪、蒿岔峪和潼峪等 7 条山区河流, 属一类水源功能区。出山后, 东面的 5 条河流汇集成为双桥河, 西面的 2 条汇集成潼河, 从山区到汇入黄河, 各水系长约 20km(图 1)。

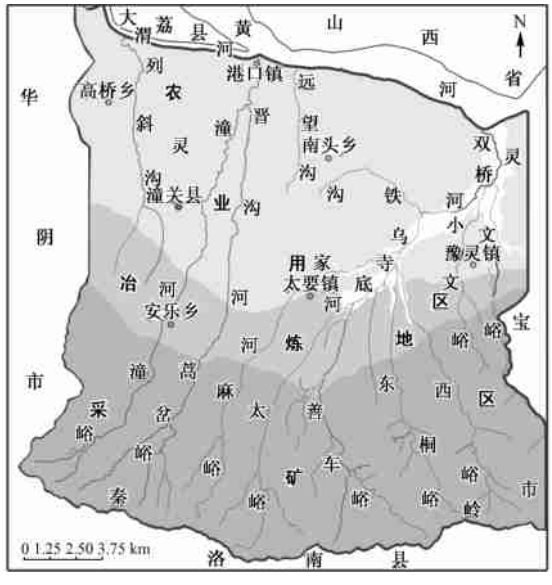


图 1　研究区矿业布局图

Fig. 1　Location of mines in the study area

2　研究区环境污染源现状

区内金矿选冶企业多达数十家, 历史上绝大多数采用浮选– 混汞法提金, 个体采用小汞碾、小浮选、小氰化法提金。调查表明 300km^2 的农业生产区内散布的 988 处无库尾矿渣堆, 总面积 2. 31km^2; 大小尾矿库 124 座, 总面积 0. 94km^2; 明显污灌区 3 处, 面积 2. 08km^2; 氰化池 56 处, 总占地 0. 17km^2[12]。

收稿日期: 2008-04-16; 修订日期: 2008-06-18
基金项目: 国土资源部科研专项“土壤重金属污染风险评估及阻断研究”(200833406 1); 国土资源大调查项目“小秦岭金矿区环境地质问题调查与评价”(1212010741003);“陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查”(200412300057– 1)联合资助
作者简介: 徐友宁(1963-), 男, 博士, 研究员, 主要从事矿山地质环境调查与研究。
E-mail: ksdzhj@sohu.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 水土环境重金属污染现状

3.1 河水重金属污染现状

从小秦岭分水岭到出山口, 在 7 条主河流中按 2 ~ 3km 间距及汇入主河流的支沟口等断面采集河水水样, 各河流污染物含量范围见表 1。依据 GB3838-2002《地表水Ⅰ类水质标准》[13], 评价污染物单项污染超标倍数[14]:

$$P_{C_i} = (C_i - C_0)/C_0$$

式中: P_{C_i} ——某污染物的单项污染超标倍数;

C_i ——某污染物实测含量(mg/L);

C_0 ——地表水Ⅰ类水质标准限值(mg/L)。

从表 1 可见, 除 Cr 外, 7 条河流河水中重金属元素含量均存在不同程度的超标, 其中 Pb 最高超标倍数达 985.21, 其次为 Hg, 74.09。河水受到了严重污染, 丧失了作为水源地的功能。

山外农业生产区河水采用地表水Ⅲ类水质标准进行单项污染超标倍数评价(表 2)。双桥河河水中 Hg、Pb、Cu、Cd 平均值含量均存在不同程度的超标, 样本超标率分别为 72%、38%、25%、31% 和 13%。从出山口到汇入黄河前, 双桥河、潼河两大水系的大部分监测断面水质均超过了Ⅳ类标准, 其中双桥河水质已为劣Ⅴ类水。2005 年河水中 Hg、Pb、As 含量明显高于 1990 年和 1995 年, 矿区河流污染呈现加重趋势。

表 1 山区河水中重金属元素含量范围(单位: mg/L)

Table 1 Average standard-exceeding multiples on heavy metals in river water of the mountainous area(mg/L)

河流名称/样品数	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn
西峪/10	0.0001~0.0007	0.01~8.00	0.001~0.009	0.002~0.025	0.001~0.003	0.01~0.64	0.01~0.59
东桐峪/6	0.00005~0.000035	0.01~4.42	0.001~0.023	0.003~0.027	0.002~0.005	0.001~0.23	0.03~1.42
善车峪/12	0.00008~0.00028	0.01~0.32	0.001~0.003	0.006~0.011	0.001~0.01	0.001~0.02	0.01~0.22
太峪/6	0.00005~0.00082	0.08~94	0.001~0.018	0.003~0.056	0.002~0.003	0.01~1.48	0.01~1.5
麻峪/5	0.00006~0.000021	0.007~0.19	未检出	0.001~0.011	0.004~0.007	0.01~0.02	未检出
蒿岔峪/7	0.00006~0.00126	0.01~0.82	未检出	0.002~0.006	0.003~0.006	0.01~0.05	0.01~0.11
潼峪/8	0.00006~0.00036	0.004~0.25	未检出	0.001~0.007	0.005~0.007	0.001~0.19	0.001~0.068
GB3838-2002(Ⅰ类限值)	0.00005	0.01	0.001	0.01	0.05	0.01	0.05
平均超标倍数	13.06	195.61	1.03	0.19	1.64	7.71	1.86

表 2 山外河水重金属平均超标倍数

Table 2 Average standard-exceeding multiples of heavy metals in rivers water

河流名称/样品个数	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn
双桥河/28	12.73	68.07	0.49	0.13	3.03	1.68	0.14
潼河/20	0.14	0.29	—	—	0.28	—	—

3.2 河流底泥重金属污染现状

河流底泥中重金属含量常被用于判别水环境质量的重要参考指标[15]。在采集河水的同地点, 采集河床底泥样品, 分析底泥中的重金属含量。由于目前国家没有河流底泥中重金属含量限制标准, 本文采用与本区地质环境类似而受人为活动影响较弱的西邻地区 4 件河流底泥重金属含量均值作为对比评价的依据。采用单项累积污染评价法进行对比评价。结果表明, 所有样品中 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 含量全部超过对照区(表 3)。河流底泥重金属污染程度排序为 Pb> Hg> Cd> Cu> Zn> Cr> As。多金属元素综合污染指数表明, 太峪底泥受污最重, 潼峪相对较轻, 但污染依然严重。

表 4 显示, 西峪河流底泥中重金属元素总量平均含量高出河水 975~167482.8 倍, 可见底泥成为河水的二次污染源。用西峪污水灌溉后的农田, 表面可见 2cm 厚的灰白色尾矿沙, 土壤 Hg 超标倍数为 40, 同地点小麦籽粒中 Hg、Pb、Cd 分别超过国家卫生限量标准的 1.4 倍, 1.7 倍和 3.1 倍。

3.3 村民饮用井水污染现状

依据 GB/T14848《地下水水质标准》, 42 口村民饮用井水中, 5 口井水的 Hg、Pb 污染超过了地下水饮用标准的 0.2~9 倍, 村民饮水安全受到威胁。

3.4 农田土壤重金属污染评价

在研究区 300km^2 的农业区内, 按网格法采集耕作层(0~20cm) 133 件土壤样品, 其重金属元素含量及其特征值见表 5。依据 GB15618-1995《土壤环境质量二级标准》的旱田土壤重金属含量限值进行单项污染超标倍数评价。结果表明, 农田土壤受到了 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 元素的污染。Hg 是最主要的污染元素, 样本超

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　山区、山外河流底泥中重金属累积超标倍数平均值

Table 3　Average cumulative polluted standard-exceeding multiples of heavy metals in bed sediment of rivers

河流	单项污染超标倍数							综合污染指数
	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn	
西峪	182.29	3180.13	7.49	—	—	15.81	2.30	124.26
东桐峪	81.02	60.46	17.49	0.21	0.06	50.89	5.47	92.15
善车峪	39.25	48.25	18.22	0.03	—	6.35	5.83	40.08
太 峪	373.84	217.45	149.80	0.04	—	23.10	48.62	283.62
麻 峪	125.91	37.46	3.48	0.09	—	14.24	0.83	95.79
蒿岔峪	146.18	89.55	11.20	0.12	—	10.26	3.15	114.51
潼 峪	18.25	17.70	3.79	—	—	5.66	2.75	34.87
双桥河	65.28	50.81	10.00	0.0046	0.05	16.63	2.51	46.7
潼 河	60.50	33.99	4.32	0.06	—	7.42	2.07	45.06
平均值	121.39	415.09	25.09	0.06	0.01	16.71	8.17	97.45

表 4　西峪河流底泥、河水中重金属元素平均含量及比值

Table 4　Average contents of heavy metals and their ratios in bed sediment and water of the Xiyu river

	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn
底泥中的平均含量(mg/kg) A	48.57	5424.23	2.37	43.19	4.01	478.31	297.38
河水中的平均含量(mg/kg) B	0.00029	2.97	0.0024	0.01	0.0022	0.11	0.11
A/B	167482.8	1826.3	975	4319.0	1822.7	4348.3	2703.5

表 5　土壤重金属含量及其主要特征值

Table 5　Contents of heavy metals and their main characteristic values in soil

	Hg	Pb	Cd	Cr	As	Cu	Zn
含量范围(mg/kg)	0.04~61.2	22~3470	0.00~45.2	31.5~69.8	3.15~35.7	31.0~600	46~781
含量均值(mg/kg)	2.75	216.93	0.55	44.72	14.04	54.13	118.06
平均超标倍数	4.71	2.02	16.17	—	0.43	1.42	0.51
样本超标率	43.61%	12.8%	2.25%	0	0.75%	7.52%	3.01%

标率达到了 43.61%, 平均超标倍数 4.71, 受 Hg 污染的农田面积已达 145.37km^2, 占到农业生产区的 54%。

4　矿区环境重金属污染的效应分析

4.1　农作物中重金属响应

在环境污染调查基础上, 对比采集了土壤污染区及未污染区小麦、玉米籽粒, 依据食品卫生限量标准(GB15201－94, GB14961－9, GB2762－94, GB14935－94, GB4810－94, GB15199－94, GB13106－91) 进行污染评价。结果表明小麦中 Hg、Pb、Cd 超标最为严重, 样本超标率分别为 86.67%、60%和 33.33%, 平均超标倍数为 1.35, 1.43 和 0.97。2005 年小麦中 Hg 含量是 1990 年的 46 倍。土壤清洁区内小麦中 Hg 没有超标。土壤污染区小麦籽粒中 Hg、Pb、Cd 含量分别高出土壤未污染区的 5.1、5.7 和 5.1 倍。污染区内玉米中 Pb、Cd、Cr 明显较未污染区累积, 但仅有 Hg 超过国家标准, 超标倍数为 0.5~1.6, 样本超标率 15.15%。同一地点, 小麦籽粒中存在 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 5 种元素超标情况, 而玉米中只有 Hg 超标, 表明小麦籽粒可能比玉米更易吸收累积重金属。

土壤污染区内叶菜中 Hg 含量超过国家食品卫生限量标准的 13~134 倍。水果中 Hg 平均超标倍数 30.83, 其中苹果、柿子和葡萄中 Hg 超标倍数分别为 20, 25 和 91。鸡内脏 Hg、Cd 和 Cr 超标倍数分别为 3.2, 3.9 和 3.05。Hg 污染程度为: 叶菜类> 水果类> 果实类> 块茎类。可见, 污染区内蔬菜、小麦污染最为严重, Hg 是特征污染物。

4.2　环境污染对人体健康的危害

人体头发中重金属含量是指示环境污染对人体健康影响的一个重要指标[16~17]。2005 年在灵宝市某镇某村(多环境介质污染严重区) 进行人群头发抽样分析, 所有样品中 Hg、Pb、Cd 含量明显高于对照区(潼关县西北角某村)。成年男性头发中 Hg、Pb 和 Cd 分别高出对照区 7.86, 33.63 和 13.6 倍; 成年女性 Hg、Pb 高出对照区 16.23 和 6.53 倍。人发中 Hg、Pb 是最主要的污染元素。职业暴露或低水平长期接触是污染区人群头发中重金属含量显著增高的主要原因, 直接从事提金活动的人群头发中的重金属含量明显高于低水平

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

暴露人群。

据不完全统计, 2003 年至今, 该村 3850 人中, 脑血管死亡 10 人, 癌症死亡 5 人, 白血症 1 人、心脏病 1 人。死亡年龄小于 60 岁的人占到了 53%。潼关县某村 1300 口人, 20% 人患有高血压、偏瘫、脑血管病。2005 年该村死亡 5 人, 4 人的年龄在 45~ 48 岁, 癌症死亡趋于年青化。这两个村庄均处于河流、土壤、小麦、蔬菜等多环境介质的污染区内。潼关上述某村周边小麦、蔬菜和村民饮用井水中, Hg 平均含量分别为 45, 306, 0. 06μg/ kg, 若按每人每天食用面粉 (小麦) 0. 5kg、蔬菜 0. 5kg、饮用水 1kg 估算, 则每人每天从小麦、蔬菜和井水中摄入的总 Hg 量为 22. 5, 153, 0. 06μg, 合计 175. 56μg, 是国际估算值人体每天摄入总 Hg 阈值 10μg/d 的 17. 56 倍, 这还不包括村民每天从该区域大气环境中吸入的 Hg 含量以及其它重金属元素, 显然村民健康已受到危害。

5 结语与建议

(1) 矿坑废水、选矿尾矿浆、矿石冶炼废气随意排放是矿区水土环境最主要的污染原因。

(2) 因污染严重, 山区河流丧失了水源地功能, 山外河流丧失了农田灌溉功能。部分民用井水受到了 Hg、Pb 污染。

(3) 农田土壤受到了 Hg、Pb、Cd、Cu、Zn 元素污染。Hg 污染最为严重, 样本超标率达 43. 61%, 超标倍数平均为 4. 71, 受 Hg 污染的农田面积已达 145. 37km^2。

(4) 土壤污染区内小麦、蔬菜和水果中 Hg、Pb、Cd 污染明显, Hg 是最主要的污染元素。

(5) 环境重污染村庄人群头发中, Hg、Pb、Cd 明显高于对照区, 环境污染已危害人群健康。

(6) 建议尽快制定小秦岭金矿区环境保护与综合治理规划, 建立省县联动机制, 从严执法, 从根本上遏制 2 省 4 县环境不断恶化的局面。实施关停排污源、清理掩埋尾矿渣、清理河道淤泥、修复污染农田、调整农作物种植结构, 避免环境重金属污染对人群健康的严重危害。

参考文献:

[1] 王庆仁, 刘秀梅, 崔岩山, 等. 我国几个工矿与污灌区土壤重金属污染状况及原因探讨[J] . 环境科学学报, 2002, 22(3) : 354- 358.

[2] 丁振华. 贵州万山汞矿区汞的环境污染及对生态系统的影响[J] . 环境科学, 2004, 25(2) : 111- 114.

[3] 顾继光, 林秋奇, 胡韧, 等. 矿区重金属在土壤- 作物系统迁移行为的研究: 以辽宁省青城子铅锌矿为例[J] . 农业环境科学学报, 2006, 24(4) : 634- 637.

[4] 西安地质矿产研究所. 潼关黄金产区环境影响评价及污染防治研究报告[R] . 1991.

[5] 张成渝, 张鑫, 常祖峰. 小秦岭金矿带混汞提金法中的汞污染及对策研究[J] . 地质灾害与环境保护, 1999, 10(2) : 18- 22.

[6] 戴前进, 冯新斌. 混汞法采金地区的汞污染研究进展[J] . 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(7) : 14- 17.

[7] 徐友宁, 柯海玲, 刘瑞萍, 等. 潼关金矿区农田土壤汞污染评价[J] . 黄金, 2006, 27(7) : 47- 50.

[8] 徐友宁, 柯海岭, 刘瑞萍, 等. 陕西潼关金矿区农田土壤 Hg 污染的环境效应[J] . 地质通报, 2006(11) : 1349- 1353.

[9] 徐友宁, 刘瑞平, 柯海岭, 等. 小秦岭某金矿区农田土壤重金属污染评价[J] . 土壤通报, 2007, 38(4) : 732- 736.

[10] 徐友宁, 刘瑞平, 柯海岭, 等. 金矿区农田土壤重金属污染环境效应分析[J] . 中国地质, 2007, 34(4) : 716- 722.

[11] 徐友宁, 张江华, 陈社斌, 等. 小秦岭金矿区不同污染方式土壤垂向土重金属含量特征[J] . 农业环境科学学报, 2008, 27(1) : 200- 206.

[12] 西安地质矿产研究所. 陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查报告[R] . 2006.

[13] 国家环境保护总局. GB3838- 2002 地表水环境质量标准[S] . 北京: 国家环境保护总局, 2002.

[14] NY/T395- 2000 农田土壤环境质量监测技术规范[S] . 北京: 中华人民共和国农业部, 2002.

[15] 李莲芳, 曾希柏, 李国学, 等. 北京市温榆河沉积物的重金属污染风险评价[J] . 环境科学学报, 2007, 27(2) : 289- 297.

[16] 秦俊发, 李境禧, 楼蔓藤, 等. 头发元素分析的科学意义及医学应用价值[J] . 广东微量元素科学, 2005, 12(5) : 1- 6.

[17] 黄家林. 头发重微量元素研究进展综述[J] . 安徽预防医学杂志, 2007, 13(1) : 41- 43.

(下转第 138 页)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Applicatin of EL in-place inclinmoter to landslide monitoring

LI Gang, WANG Gang, GAO You-long, XUE Xin-qiao
(*Center of Hydrogological and Environmental Geology, CGS, Baoding* 071051, *China*)

Abstract: EL in-place inclinometer is a sort of monitoring apparatus with the characteristics of high precision and high sensitivity. It can be used to collect the continuous data automatically. It is also an effective method to measure the direction and the speed of slip plane and to analysis the deep slip deformation status. This paper introduces the EL in-place inclinometer and combines with the EL in-place inclinometer running-case installed in the Xiangjiagou landslide. Application prospects of the apparatus in landslides in the deep deformation monitoring are also illustrated.

Key words: EL in-place inclinometer; monitoring of deep deformation; landslide

责任编辑: 汪美华

(上接第 134 页)

Water and soil contamination and environmental effect in a certain gold area in Xiaoqinling

XU You-ning, ZHANG Jiang-hua, ZHAO A-ning, KE Hai-ling
(*Xi' an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi' an* 710054, *China*)

Abstract: Surface water, groundwater, soil and food chain for people were polluted severely by Hg, Pb, Cd, Cu and Zn by virtue of waste water, waste residue and waste gas from gold mining, ore mill run and smelting in a certain gold mining area in Xiaoqinling. Seven mountainous rivers were polluted by heavy metals and cyanide, and the river water has lost the function as a waterhead. The water of the Shuangqiao River and the Tong River has lost the function for irrigation in the outside of the mountain. Five water wells were polluted to different degree by Cr, Hg and Pb. The area of Hg-polluted farmland soil was 145.37km^2. In vertical soil profiles of different types of pollution soil, the contents of different heavy metals exceeded the reference values, and the polluted depth was 60 cm. The area of high to very high hams on potential ecological risk of heavy metals in soil accounted for 74.54% in the total area. The total contribution ratios of Hg, Pb and Cd for RI are as high as 97.41%, and that of Hg reaches 84.37%. Hg, Pb and Cd pollution in wheat, corn, vegetable and fruit were obvious, and the fact that the contents of heavy metals in wheat and vegetable exceeded the national standard was very grievous. The contents of Hg, Pb and Cd in hair of residents in the polluted area exceeded obviously that of the reference residents. The main factor to heighten heavy metals contents in residents hair in the pollution area was the occupation exposure and long low-level contact. The incidences of cancers in the pollution area become more and more high. Aimed at severe environmental pollution problems in this gold mining area, this paper puts forward some suggestions for environmental prevention and cure.

Key words: heavy metals; cyanide; environment of water and soil; pollution effect; a gold mining area in Xiaoqinlin

责任编辑: 汪美华

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net