

# 我国铅锌矿区的重金属污染现状及治理

郑奎, 李林\* (湖南农业大学, 湖南长沙 410128)

**摘要** 综述了我国铅锌矿区重金属污染的现状及治理措施, 并从当前我国铅锌矿区的重金属污染治理中存在的问题出发, 提出了今后铅锌矿区重金属污染治理发展方向。

**关键词** 矿区; 重金属污染; 污染治理; Pb; Zn

**中图分类号** X53 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)30-14837-02

## The Status of Heavy Metal Pollution and Its Control in the Pb and Zn Mining Districts of China

ZHENG Kui et al (Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

**Abstract** The distribution and utilization of mineral resources, heavy metal pollution and its control in the mining area of Pb and Zn of China were reviewed, and the problems and further research direction of pollution control in mining area of Pb and Zn were put forward.

**Key words** Mining district; Heavy metal pollution; Pollution control; Pb; Zn

我国是世界上重要的重金属矿区之一, 分布着大量的优质重金属矿。丰富的重金属资源为我国国民经济的健康稳定发展奠定了物资基础。然而, 长期以来在重金属矿区开采的过程中, 技术、资金缺乏及管理不善等原因, 给矿区周围的土壤与环境造成了严重影响, 从而引发了一系列的生态环境问题。如大量的尾矿、废渣占用了大量的农田土地, 给当地自然生态环境、社会经济生活带来了较大的负面影响。同时, 重金属尾矿中含有大量重金属, 这些重金属通过地表生物地球化学作用释放和迁移到土壤及河流中。而这些受重金属污染的水又通过灌溉方式进入农田, 并通过食物链进入人体, 从而对矿区附近居民的健康和生存环境构成严重威胁。因而, 矿区环境质量监测及生态恢复等问题不可忽视<sup>[1-3]</sup>。

铅锌矿区重金属污染治理一直以来是我国研究的热点和难点, 众多学者在该方面作了大量的探索和研究, 但由于重金属元素在环境中具有相对稳定性和难降解性<sup>[4-5]</sup>, 至今仍未找到可供大面积应用的重金属污染治理方法。为此, 笔者通过对我国铅锌矿产资源分布和利用状况、铅锌矿区重金属污染现状及治理等方面进行分析, 指出当前我国铅锌矿区重金属污染治理中存在的问题和今后的发展方向。

### 1 我国铅锌矿资源的分布现状及特点

我国国土辽阔, 重金属矿产资源多, 其中铅锌矿产资源丰富, 在全国 27 个省、区、市发现并勘查了铅锌矿储量。铅矿保有储量多的有 10 个省、区, 依次为云南、广东、内蒙古、甘肃、江西、湖南、四川、广西、陕西、青海, 这 10 个省、区的合计储量占全国铅储量的 80%; 锌矿储量多的有 13 省、区, 依次为云南、内蒙古、甘肃、广西、广东、湖南、四川、河北、江西、陕西、青海、浙江、福建, 这 13 个省、区的合计储量占全国锌储量的 90%。依据铅锌矿产地的分布和建设条件, 经 40 多年来的发展、建设, 现已形成东北、湖南、两广、滇川、西北 5 大铅锌采选冶和加工配套的生产基地, 其铅产量占全国总产量的 85% 以上, 锌产量占全国总产量的 95%。

中国铅锌矿产资源有以下主要特点: ①矿产地分布广泛, 但储量主要相对集中在几个省、区。目前, 已有 27 个省、

区、市发现并勘查了铅锌资源, 但从富集程度和现保有储量来看, 主要集中于 6 个省、区。②成矿区域和成矿期也相对较集中。③大中型矿床储量多, 矿石类型复杂。矿石类型多样, 主要矿石类型有硫化铅矿、硫化锌矿、氧化铅矿、氧化锌矿、硫化铅锌矿、氧化铅锌矿以及混合铅锌矿等。以锌为主的铅锌矿床和铜锌矿床较多, 而铅为主的铅锌矿床不多, 单铅矿床更少。④铅锌矿床物质成分复杂, 共伴生组分多, 综合利用价值大。⑤贫矿多、富矿少, 结构构造和矿物组成复杂的多、简单的少。铅锌平均品位 3.74%, 锌高于铅, 铅锌比为 1:2.5, 国外多为 1:1.2。矿石组分复杂, 有的入选矿石达 30 多种矿物, 不少矿石嵌布粒度细微, 结构构造复杂, 属难选矿石类型, 给选矿带来了困难。

### 2 我国铅锌矿区重金属污染状况

矿山的开采使深埋地下的重金属矿物暴露于地表, 通过选矿和冶炼, 使矿物的化学组成和物理状态发生改变, 并使部分重金属元素向生态环境释放和迁移。由于技术、管理及效益差等原因的影响, 我国资源开发中的生态环境问题严重。随着时间的推移, 矿区环境中重金属不断积累, 使矿区重金属污染日趋严重。

矿区土壤是重金属污染的最重要的环境介质, 土壤重金属污染是一种不可逆的污染过程。重金属污染不仅对植物的生长造成影响, 其还通过食物链在人体内富集, 引发各种疾病, 影响人体健康。

截至目前, 我国许多学者对我国铅锌矿区的重金属污染进行了大量的调查研究, 发现铅锌矿区的重金属污染情况十分严重。常青山等对福建尤溪铅锌矿、连城锰矿、连城铅锌矿矿区的调查发现: 福建重金属矿区 Mn、Zn、Pb、Cd 的最高质量分数分别达到  $9.2546 \times 10^{-2}$ 、 $2.7454 \times 10^{-2}$ 、 $2.3792 \times 10^{-2}$ 、 $2.4819 \times 10^{-4}$ , 高出对照土壤的几倍甚至几十倍。根据国家土壤环境质量 3 级标准, 按照重金属单项污染指数进行评价, Zn、Pb、Cd 3 种元素均达到单元元素重度污染。根据综合污染指数评价标准, 连城铅锌矿、连城锰矿、尤溪铅锌矿 3 个地区的综合污染指数平均值分别高于重度污染临界标准的 16.54、10.63 和 53.57 倍, 达到重度污染<sup>[6]</sup>。姚斌等在废弃柴河铅锌矿区选择 3 个取样点, 即在尾矿库、尾矿库附近山地和矿床远离区的李地沟, 发现尾矿区土壤中含 Cu

**作者简介** 郑奎(1984-), 男, 湖南临湘人, 硕士研究生, 研究方向: 生态。\* 通讯作者, 教授。

**收稿日期** 2009-06-22

(103.31 ± 9.46) mg/kg, Cd (50.46 ± 5.68) mg/kg, Pb (1100.54 ± 98.2) mg/kg, Zn (591.24 ± 48.25) mg/kg; 尾矿库附近山地土壤中含 Cu (31.24 ± 1.12) mg/kg, Cd (25.23 ± 2.14) mg/kg, Pb (546.25 ± 46.38) mg/kg, Zn (381.24 ± 23.68) mg/kg; 矿床远离区的李地沟土壤中含 Cu (29.93 ± 2.54) mg/kg, Cd (14.64 ± 1.25) mg/kg, Pb (339.54 ± 32.65) mg/kg, Zn (223.62 ± 30.28) mg/kg。同时, 调查研究结果表明, 柴河铅锌尾矿区复垦土壤的微生物区系发生明显变化<sup>[7]</sup>。张汉波等分别调查和评价了堆积时间在10、20和近100年的铅锌矿渣堆埋深在10、30、60 cm的重金属含量变化情况, 结果表明, 由于雨水的淋溶作用和酸化, 矿渣堆表层的重金属含量随堆积时间延长而减少。在100年的矿渣堆中, 表层的铅含量仅有575.51 mg/kg, 但下层含量却达到5144.57 mg/kg。在这些矿渣堆中, 可活性铅的含量也较高, 最高达到了453.48 mg/kg, 而堆积20和10年的矿渣中表层的重金属含量减少的程度较小, 可活性铅含量也相对小, 最高含量分别为197.0、50.0 mg/kg<sup>[8]</sup>。滕应等通过现场采样及室内培养分析, 研究了浙江省天台铅锌银尾矿污染区土壤微生物区系组成及主要生理类群, 发现尾矿污染区土壤几种重金属含量比非矿区土壤明显增加<sup>[9]</sup>。刘国锋对福建铅锌矿区铅污染进行了调查, 发现福建连城铅锌矿不同片区Pb含量是对照的23.71~142.85倍; 连城锰矿不同片区Pb含量是对照的13.53~48.97倍; 尤溪铅锌矿不同片区的Pb含量是对照的59.04~152.82倍<sup>[10]</sup>; 这说明福建重要金属矿区土壤已受到严重的铅污染。郭建平等通过对临湘铅锌矿尾矿库区的沙、土、水环境状况进行调查与评价, 了解到铅锌矿尾砂粒径小, 为细砂和粉粒, 缺磷无氮, 有机质含量低, 阳离子代换量低, 保水保肥能力较弱, 不宜于直接耕作和植树; 尾砂中Pb、Cd、Hg、Zn、Cu等含量较高, 已对周边地区土壤和水体造成轻度污染<sup>[11]</sup>。吴燕红等分析铅锌矿区环境中水体、沉积物、土壤3种不同环境介质中Cd、Cu、Mn、Pb、Zn的含量及其分布特征, 结果表明, 不同重金属元素的含量相差较大, 各元素在不同采样点表现出浓度变化较大等特点。3种介质中, 沉积物中重金属含量最高, 其最大值达到 $3.5016 \times 10^4$  mg/kg; 5种重金属中, Pb和Zn浓度最高, 占到各采样点重金属总浓度的80%<sup>[12]</sup>。水体、沉积物、土壤中重金属元素的组成及其分布规律的相似性表明了其来源的一致性, 也说明矿山开采和冶炼对于其周边环境介质存在严重影响, 如若处理不当会造成严重的污染问题, 从而威胁人类的生存和发展。

### 3 我国铅锌矿区重金属治理现状

长期以来国内外学者对铅锌矿区重金属污染治理进行了大量研究, 并取得了一定的效果<sup>[13-16]</sup>。目前, 我国对矿山金属污染治理的方法主要有物理方法、化学方法及玻璃化、土壤冲洗、电动修复等。但这些方法存在较多缺点, 如工程量大, 投资昂贵, 修复成本极高, 影响土壤结构, 治理面积小, 难以大面积推广与运用。近年来, 对环境扰动少、修复成本低且能大面积推广应用的植物修复技术应运而生, 为重金属污染治理提供了新途径。植物修复就是利用植物提取、吸收、分解、转化或固定土壤、沉积物、污泥或地表、地下水中有毒有害的污染物的技术的总称。

杨肖娥等在浙江省衢州市铅锌矿区调查时发现, 东南景天对土壤中高含量Zn有很强的忍耐、吸收和积累能力, 地上部Zn含量为4134~5000 mg/kg, 平均为4515 mg/kg, 并且具有易繁殖、适于刈割、生物量大等特点<sup>[17-18]</sup>。张志权等在为Zn尾矿上定居的双穗雀稗、白背黄花稔和银合欢对Pb的吸收进行研究发现, 双穗雀稗和黄花稔所吸收的Pb较多地被转移到便于收获移走的地上部分, 因而具有较强的植物修复潜力, 木本植物银合欢所吸收的重金属Pb总量的80%以上是积累在根、茎的皮和木质部及枝条部分, 只有15%左右分布在叶片中<sup>[19]</sup>。聂俊华等用砂培和土培的方法, 对生长于铅锌尾矿区的36种植物进行了筛选, 以叶片叶绿素含量、株高、植株含Pb量为Pb富集物的筛选指标, 筛选出6个富集Pb的植物品种, 分别是香根草、绿叶苋菜、裂叶荆芥、羽叶鬼针草、紫穗槐和苍耳<sup>[20]</sup>。

### 4 问题与展望

目前, 我国铅锌矿区重金属污染治理中还是存在一些问题, 如矿区采用物理化学、化学和工程方法修复矿山重金属污染方法具有一定局限性, 难以被大规模运用到矿区重金属污染治理中, 并且能导致一系列的负面影响, 如导致土壤结构破坏、土壤中生物活性下降和土壤肥力退化。植物修复技术治理矿区重金属污染正被广泛地应用。其具有以下优点: ①治理成本较低, 经济有效, 处理费用只占物理或化学方法的10%~50%; ②美化环境, 绿色净化; ③污染物能被植物吸收, 而不产生移动污染, 从而减少二次污染; ④重金属被超富集植物吸收后可再循环和回收, 具有很大的经济潜力。但植物修复矿区重金属技术也存在一些不足: ①因吸收重金属超富植物是在重金属胁迫环境中长期诱导和驯化下形成的适应性突变体, 其生长缓慢, 植株矮小、生物量小、修复效率低; ②超富植物的分布具有严格的区域性, 从而对气候、环境及温湿水等条件要求比较严格, 使其引种受到限制; ③超富植物具有很强的专一性, 往往只对某些特定重金属表现出超富集能力, 对其他重金属没有超富集能力。

鉴于我国铅锌矿区重金属污染治理中存在的问题, 根据铅锌矿区重金属污染现状, 今后应加强以下几方面研究。

(1) 控制矿区污染源, 加强对矿区污染源的治理。在采矿过程中, 要尽可能地应用新技术、新工艺, 清洁生产, 降低在采矿、选矿过程中污染物的产生和排放; 加强尾矿库的管理, 避免尾矿库塌坝事件及其酸性废水的排放; 矿区污水必须处理后达标排放, 避免污染物的扩散。

(2) 筛选与培育重金属超富集植物。筛选和培育吸收能力强、生物量大的植物是采用生物修复的关键。因此, 可通过应用分子生物学和基因工程技术, 将筛选、培育出的超富集植物和微生物的基因导入生物量大、生长速度快、适应性强的植物中。

(3) 开展矿区复垦和尾矿综合利用研究。采矿、排石和存放尾矿占用大量的耕地。同时, 矿山开采会产生大量的尾矿和废石, 除了回收其中有用组分外, 还可以将其作为铺路材料、井下充填料以及生产建筑材料, 这方面的开发也是重金属矿区重金属污染治理的方向。

表1 不同施药方法间黄连木果实虫果率

Table 1 Fruit damage rate of *Eurytoma plotnikovi* Nikolskaya with different pesticide application methods

方法 Method	虫果率//% Fruit damage rate										差异显著性 Difference significance	
	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5	处理6	处理7	处理8	处理9	均值	5%	1%
注干 Injecting trunk	9.3	4.7	6.1	18.0	16.3	22.7	18.7	34.7	26.7	17.47	a	A
灌根 Root irrigation	35.7	58.7	29.7	54.0	40.3	34.0	30.3	17.0	73.3	41.44	b	B
喷雾 Spray	19.7	37.1	49.7	28.3	23.0	25.0	38.7	50.7	27.0	33.24	b	B
CK										42.18	b	B

表2 注干法不同药剂处理间黄连木果实虫果率

Table 2 Fruit damage rate of *Eurytoma plotnikovi* Nikolskaya with different medicaments of injecting trunk

药剂 Medicament	虫果率 Fruit damage rate //%				差异显著性 Difference significance	
	处理1	处理2	处理3	均值	5%	1%
吡虫啉 Imidacloprid	9.3	4.7	6.1	6.70	a	A
啶虫脒 Acetamiprid	18.0	16.3	22.7	19.00	b	B
乐斯本 Lorsban	18.7	34.7	26.7	26.70	b	B
CK				42.18	c	C

### 3 结论与讨论

黄连木野生条件下多生长于立地条件较差的山地和丘陵地区,其病虫害受地形等因素的影响防治起来较为困难。黄连木种子小蜂在果实内完成整个幼虫期,这也给防治造成较大的困难。因此,选择合适的施药方法及有效的防治药剂十分重要。

通过对同种药剂的不同施药方法的防治效果进行比较发现,注干法为最佳防治方法,平均果实虫果率为17.47%,与其他施药方法及对照相比存在极显著差异。对注干法不

同药剂处理间防治效果进行比较发现,10%吡虫啉(千红)防治效果最好,平均果实虫果率仅为6.70%,与其他药剂相比均存在极显著差异。因此,使用10%吡虫啉(千红),采用注干法进行防治为黄连木种子小蜂的最佳化学防治措施。

### 参考文献

- [1] 高步衢. 森林植物检疫[M]. 北京:中国科学技术出版社,1986.
- [2] 田士波,靳杏蕊,赵淑娥. 黄连木种子小蜂幼虫为害特点与防治[J]. 植物保护,1994,20(2):15-16.
- [3] 福建农林大学,2006.
- [11] 郭建平,吴甫成,谢淑容,等. 湖南临湘铅锌矿尾矿库环境状况及开发利用研究[J]. 土壤通报,2007,38(3):553-557.
- [12] 吴燕红,曹斌,夏建新. 铅锌矿区环境中重金属含量及其分布特征[J]. 科技导报,2008,26(8):56-62.
- [13] 朱继保,陈繁荣,卢龙,等. 广东凡口Pb、Zn尾矿中重金属的表生地球化学行为及其对矿山环境修复的启示[J]. 环境科学学报,2005,25(3):414-422.
- [14] 沈楼燕. 香根草在尾矿库闭库工程中的应用评述[J]. 有色冶金设计与研究,2001,22(3):58-60.
- [15] 雷梅,岳庆岭,陈同斌,等. 湖南柿竹园矿区土壤重金属含量及植物吸收特征[J]. 生态学报,2005,25(5):1146-1151.
- [16] 朱盛林. 尾矿库坝坡网状植被的尝试[J]. 江西有色金属,1993(1):47.
- [17] 杨肖娥,龙新究,倪吾钟,等. 东南景天(*Sedum alfredii* H.)——一种新的锌超富集植物[J]. 科学通报,2002,47(13):1003-1006.
- [18] 杨肖娥,龙新究,倪吾钟,等. 古老铅锌矿山生态型东南景天对锌耐性及超积累特性的研究[J]. 植物生态学报,2001,25(6):665-672.
- [19] 张志权,束文圣,蓝崇钰,等. 土壤种子库与矿业废弃地植被恢复研究:定居植物对重金属的吸收和再分配[J]. 植物生态学报,2001,25(3):306-311.
- [20] 聂俊华,刘秀梅,王庆仁. Pb(铅)富集植物品种的筛选[J]. 农业工程学报,2004,20(4):255-258.
- [1] JUNG M C, THORNTON I. Heavy metal contamination of soils and ants in the vicinity of a lead-zinc mine, Korea[J]. Applied Geochemistry, 1996, 11(1/3):53-59.
- [2] 李玉臣,吉日格拉. 矿区废弃地的生态恢复研究[J]. 生态学报,1995,15(3):339-343.
- [3] 谭凯旋,王岳军,郭锋,等. 湘西金矿尾矿-水相互作用:环境地球化学效应[J]. 矿物学报,2001,21(1):53-58.
- [4] 蔡美芳,党志,文震,等. 矿区周围土壤中重金属危害性评估研究[J]. 生态环境,2004,13(1):6-8.
- [5] 宋书巧,梁利芳,周永章,等. 广西刁江沿岸农田受矿山重金属污染现状与治理对策[J]. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(3):152-155.
- [6] 常青山. 重金属超富集植物的筛选与螯合吸附研究[D]. 福州:福建农林大学,2005.
- [7] 姚斌,尚鹤,刘成志. 废弃柴河铅锌矿区土壤微生物特征调查研究[J]. 林业科学研究,2006,19(3):400-403.
- [8] 张汉波,段昌群,胡斌,等. 不同年代废弃的铅锌矿渣堆中重金属的动态变化[J]. 农业环境科学学报,2003,22(1):67-69.
- [9] 滕应,黄昌勇,龙健. 姚槐应铅锌银尾矿污染区土壤微生物区系及主要生理类群研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(4):408-411.
- [10] 刘国锋. 重金属矿区铅污染特征及铅富集植物的筛选研究[D]. 福州:

(上接第14838页)

### 参考文献