

· 环境污染及其控制原理与技术 ·

## 矿区土壤-植物体系中 Sb、As 的活动性研究

李玲<sup>1</sup>, 张国平<sup>1</sup>, 刘虹<sup>1</sup>, 项萌<sup>1,2</sup>, 魏晓飞<sup>1,2</sup>, 李海霞<sup>3</sup>

1. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049;

3. 天津师范大学, 天津 300387

矿山开采产生的尾矿废渣、矿山废石等, 通常含有大量有毒有害元素(如 Hg, Pb, Cu, Zn, As, Sb, Tl 等), 这类毒害元素大多赋存在硫化物矿物中, 在长期暴露于地表的自然堆放环境下, 其有害元素在环境中的释放迁移主要表现为: 当氧气与水进入矿渣时, 硫化物矿物在氧化作用下产生酸以及释放出溶解态的有害元素, 这些有害元素以吸附等形式附着在矿渣中各种固体颗粒的表面, 一旦矿渣环境的理化条件(如 pH, Eh)、矿渣中固体颗粒的表面形态、微生物、有机质等发生变化, 经过雨水或者径流的淋滤, 就会导致大量有毒有害元素释放并扩散进入到周围环境中, 对矿区及其周边环境造成严重危害, 由此引发的矿山环境问题在近年来不断受到社会关注, 同时有关矿山环境污染的基础研究亦成为学术界的热点之一。

锑与砷是含硫化物矿山尾矿中常见的有毒有害元素, 含 Sb 硫化物主要有辉锑矿( $Sb_2S_3$ ), 含 As 硫化物主要有毒砂( $FeAsS$ )、雄黄( $As_2S_3$ )、雌黄( $As_2S_3$ )等。Sb、As 作为环境中共存的元素, 二者具有某些相似的化学与毒理学性质。近年来, 有关环境中高 Sb、高 As 污染现象的发现, 迫使人们意识到研究 Sb、As 环境地球化学行为特征的重要性, 矿山环境作为 Sb、As 的一个重要来源, 因此, 对 Sb、As 在矿山环境中释放迁移特征的认识成为有效预防和治理相关矿山环境问题的基础与关键。

本研究以广西大厂多金属矿区为例, 选择 3 个典型的矿渣堆, 对其中的土壤(含矿渣)和植物进行样品采集, 同时采集了部分选矿尾砂样品, 分析

了各样品中 Sb、As 等重金属含量的分布特征, 并对矿山土壤和选矿尾砂样品分别进行水溶态浸提实验。其中, 水溶态浸提研究结果显示, Sb 通常具有比其它有害元素更高的活动性。几种有害元素的浸提率大小为:  $Sb > (Zn, Cu, As) > Pb$ 。通常 pH 值是决定矿渣中有害元素是否易于淋滤扩散的重要因素。本研究通过对矿渣堆土壤及选矿尾砂样品中水溶态的有害元素与其各样品 pH 值的关系分析表明, 弱碱性至碱性环境有利于 Sb、As 从尾矿渣中释放出来, 并且 pH 值越高, 土壤中 Sb、As 的活动性越高; 与之相反, Pb、Cu、Zn 等重金属在酸性条件下易于从尾矿渣中释放。

此外, 本研究一共选取了四种植物作为研究对象, 分别是: 蜈蚣草(*Pteris vittata*)、斑茅(*Saccharum arundinaceum*)、五节芒(*Miscanthus floridulus*)和粽叶芦(*Thysanolaena maxima*)。其中, 蜈蚣草具有明显吸收 Sb 和 As 的特征, 其植物各部分对 Sb、As 的吸收特征均表现为: 根>叶>茎。通过植物对 Sb、As 的转运能力的研究结果, 表明五节芒、粽叶芦具有相对较强的将 Sb 从根部向地上部转运的能力, 而蜈蚣草、斑茅则表现出相对较强的将 As 从根部向地上部转运的能力。总的来说, 植物对 Sb 的转运能力弱于 As。植物地上部与其根部 As 含量呈现显著的正相关关系( $r = 0.91$ ), 并且其叶片部与其根部的 As 含量也表现出明显的正相关关系( $r = 0.83$ ), 表明植物叶片部中的 As 大多数是来自其根部向地上部的转运。根据超富集植物的选择条件, 本研究并未发现 Sb 的超富集植物。