

## 锑矿山固体废弃物地球化学特征及其环境风险

宁增平<sup>1</sup>, 肖唐付<sup>1</sup>, 贾彦龙<sup>1,2</sup>, 杨菲<sup>1,2</sup>, 姜涛<sup>1,2</sup>, 刘意章<sup>1,2</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 100039

锑(Sb)是一种应用广泛的金属,也是一种典型的毒害重金属元素。随着锑矿资源的开发利用,产生了大量的含锑废石和尾矿等固体废弃物。它们不仅占用大量的土地;而且在大气、水体和微生物作用下,向表生环境释放大量的酸、Sb及其它毒害金属,对矿区居民的身体健康构成潜在危害。

为了查明锑矿山固体废弃物地球化学特征并评估其环境风险,本研究采集了贵州省独山县某锑矿山 21 个固体废弃物样品(14 个废石样和 7 个尾矿砂样品),采用酸碱估算法(Acid-Base Account, ABA)和净产酸量估算法(Net Acid Generation, NAG)评估固体废弃物的产酸潜力;并运用 ICP-MS、ICP-OES 和 XRF 等分析方法系统研究了固体废弃物的元素地球化学特征。

产酸潜力评估表明:所有的废矿石样品都具有较强的产酸潜力,极可能造成周边水体酸化。围岩样品的产酸潜力则取决于采样点;尾矿砂样品则不产酸,这可能是因为在破碎、浮选过程中加入石灰处理,尾矿库内水体及其渗滤水 pH 值为 7.77~8.12,进一步证实尾矿砂不产酸。

元素地球化学特征研究结果表明:废石中锑的含量仍很高,甚至达到矿石级别,但变化范围大,为 49~21372 mg/kg,平均值 5688 mg/kg。尾矿砂中 Sb 的含量相对于矿石有明显降低,但仍保持较

高水平,达到 1290~4870 mg/kg,平均值为 3005 mg/kg。此外,废石和尾矿砂中 As、Cr、Pb、Cd、Ba、Tl 等也有不同程度的富集。对尾矿库剖面中元素分布特征研究表明:Sb、As、Cr、Pb、Ba 等元素在中层(24~40 cm,过渡层)相对富集,表层(0~20 cm,次氧化层)次之,底层(40~60 cm,近还原层)最低。这与 Fe、Al 分布特征相似,其中 Sb 与 Fe、Al 存在显著正相关关系,相关系数分别为 0.96 ( $p<0.01$ )和 0.91 ( $p<0.01$ ),表明 Fe、Al(氢)氧化物矿物强烈吸附或束缚尾矿库中 Sb 等微量元素,控制着尾矿库中 Sb 等毒害元素的迁移与扩散。

显然,锑矿山固体废弃物富集大量 Sb 等毒害元素。在大气、雨水和微生物等作用下,Sb 等毒害元素极可能向周边表生环境扩散释放,造成土壤、水体的严重污染。在废石堆场周边,土壤中 Sb 含量高达 748~2666 mg/kg;而水体流经废水堆场后,水体中 Sb 含量迅速从 87.8  $\mu\text{g/L}$  增加到 1263  $\mu\text{g/L}$ 。尾矿库周边土壤亦富集 Sb, Sb 含量达到 267~728 mg/kg,尾矿库水体 Sb 含量为 751.4~2229  $\mu\text{g/L}$ 。可见,锑矿区表生环境遭受严重的 Sb 污染,然而当地种植的农作物是否会从土壤、水体中摄入并富集 Sb,是否会通过食物链对当地居民身体健康产生风险,还有待进一步深入研究。