

## • 微量物质在环境中的迁移及影响 •

## 富硒土壤中硒形态的XAFS研究

秦海波<sup>1</sup>, 朱建明<sup>1\*</sup>, 梁良<sup>1</sup>, Takahashi Yoshio<sup>2</sup>, 郑黎荣<sup>3</sup>, 苏惠<sup>4</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. 日本广岛大学地球与行星系统科学系, 广岛 739-8526; 3. 中国科学院高能物理研究所, 北京 100049; 4. 湖北省恩施州卫生防疫站, 恩施 445000

硒的形态控制着自然环境中硒的迁移、转化、生物可利用性及毒性。连续化学提取和基于同步辐射的X射线吸收精细结构谱(X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy, XAFS)技术是环境样品中硒形态研究的两类主要分析方法,前者能给出硒的结合态和生物可利用信息,后者能在不破坏样品的情况下对硒的形态进行原位直接测定。然而,XAFS技术对样品中硒浓度要求较高,且必须基于同步辐射光源,限制了其在国内硒环境地球化学研究中的应用。本研究利用XAFS技术对比分析了硒连续化学提取态和残渣态中硒的形态,系统调查了恩施富硒土壤中硒的形态。研究表明:连续化学

提取液中硒的形态与XAFS研究结果基本一致,即水溶态硒以六价硒为主,可交换态和有机结合态硒以四价硒为主,元素态硒以零价硒为主,硫化物结合态硒以硒化物和四价硒为主,残渣态硒以四价硒为主。XAFS结果表明恩施富硒土壤中硒主要以四价硒(70%以上)的形式存在,与连续化学提取方法中有机结合态是土壤硒主要存在形式的结果一致。该项研究为XAFS技术在环境地球化学中的应用提供了范例。

基金项目:国家自然科学基金创新群体项目(40721002);国家自然科学基金项目(40973085, 41273029)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-JC101)联合资助

## • 微量物质在环境中的迁移及影响 •

## 黑色岩系中钼的连续提取方案研究

梁良<sup>1,2</sup>, 朱建明<sup>1\*</sup>, 秦海波<sup>1</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. 中国科学院大学, 北京 100049

钼是过渡元素中较为特殊的一个元素。在大陆壳中属于微量元素,平均含量约1.2 ppm,但在海洋中却是最为富集的过渡元素,其含量高达10.3 ppm。黑色岩系风化过程中氧化还原条件的变化、溶解与颗粒有机质的形成,以及铁锰氧化物的发育等都影响着钼的形态转化与释放。使用连续化学提取方案研究的钼结合态,是为了解黑色岩系风化过程中钼的释放、迁移、转化、和生物有效性等地球化学信息。本研究在传统方案(Tessier和BCR)的基础上,优化改进了针对碳质岩石中钼的连续提取方法,并对湖北恩施富钼碳质岩石中的钼结合态进行了初步研究。优化的钼连续提取方案为:可交换态(包括水溶态)(F1, 0.1 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{HPO}_4$ , pH=7.0)、有机结合态(F2, 0.1 M NaOH)、铁锰氧化物及碳酸盐结合态(F3, 1 M HCl)、硫化物态(F4, 30%的 $\text{H}_2\text{O}_2$ )和残渣态(F5,  $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{H}_2\text{O}_2$ 混合消解液)。该方案与BCR方案(四步)相比能够提供更多的

钼结合态信息;与Tessier方案相比所选择的提取剂使钼结合态的结果更易控制,并且实验过程简单易操作。

碳质岩石各结合态钼加和与总钼间有着良好的一致性,平均回收率96.9%,平行样品间变

异系数低于10%(表1)。从表1可以看出,碳质岩石中不同结合态钼占总钼的比例不尽相同,揭示了样品中钼不同的氧化还原过程。如随着碳质岩石风化程度增加其可交换态钼比例逐渐增加,而硫化物结合态钼比例显著降低,可以根据不同结合态钼的变化来指示样品的风化程度。

该方案简单易行,能准确地揭示黑色岩系样品中钼的结合态分布,揭示自然界中生物可利用性钼来源,为研究区域中钼的来源、迁移、转化和生物可利用性提供更多的地球化学信息,也可以将该方案应用于土壤和其他沉积物样品。

基金项目:国家自然科学基金项目(41073017)