

# 腐殖酸介质条件下方铅矿风化机制与环境影响评估

刘庆友, 金国恒

(中国科学院 地球化学研究所 地球内部物质高温高压科学院重点实验室, 贵州 贵阳 550081)

方铅矿作为一种最常见的含硫矿物, 在自然条件中极易风化, 形成更稳定的次生铅矿。自然地质环境中, 硫酸铅矿和白铅矿是方铅矿风化最常见的稳定的次生矿物 (Szczerba and Sawlowicz, 2009; Lara et al., 2011)。在方铅矿风化过程中, 有毒的重金属元素 Pb 和 Cr 等被释放到周围环境中并引起严重的环境问题。腐殖酸是自然界植物残体经腐烂分解后的产物, 是一种复杂的天然大分子有机质, 在自然界广泛存在。其分子内含有羧基、醇羟基和酚羟基等多种活性官能团, 这些官能团可以很容易地与金属离子结合, 进而可能控制金属转移和转化, 并因此影响环境中金属离子的流动性、毒性和生物可利用性 (Schulten and Schnitzer, 1997)。

方铅矿的风化本质上是个电化学过程, 因此, 本研究以腐殖酸介质条件下的方铅矿为对象, 借助电化学技术和表面观察手段, 考察方铅矿在不同酸度和浓度腐殖酸条件下的电化学腐蚀机制, 考察腐殖酸对方铅矿腐蚀和环境污染的影响, 丰富方铅矿在各种自然条件下的风化机制, 为方铅矿矿山环境污染产生和治理提供实验依据和策略。

研究表明: 酸性条件下, 随着溶液 pH 值降低, 即: 酸性增强, 方铅矿腐蚀电流密度增加, 原因在于方铅矿电极极化电阻的减少; 碱性条件下, 随着溶液 pH 值升高, 方铅矿电极腐蚀电流密度随之增加。交流阻抗谱揭示随着酸度减小, 双电层电荷转移电阻增大, 电容常数减小, 高电阻低电容反映出电荷在双电层转移困难; 与此同时, 方铅矿钝化膜电阻增大, 电容常数下降。碱度增大时, 方铅矿电极双电层电荷转移电阻减小, 电容常数增大, 低电阻高电容反映出电荷在双电层转移顺利; 同时膜电阻减小反映成膜难度增大。结合 Raman 和红外光谱分析确定腐殖酸介质条件下,  $Pb^{2+}$  和腐殖酸羟基基团以桥接方式络合, 方铅矿的风化机制如下:

阳极发生的反应:



阴极发生的反应:



## 参 考 文 献:

- Szczerba M, Sawlowicz Z. 2009. Remarks on the origin of cerussite in the upper silesian Zn-Pb deposits, Poland. *Mineralogia*, 40(1-4):54-64.  
 Lara R H, Briones R, Monroy M G, et al. 2011. Galena weathering under simulated calcareous conditions. *Sci total Environ*, 409(19):3971-3979.  
 Schulten H R, Schnitzer M. 1997. Chemical model structures for soil organic matter and soils. *Soil Sci*, 162(2):115-130.

基金项目: 中国科学院地球化学研究所“135”项目

作者简介: 刘庆友, 男, 1973 年生, 博士, 主要从事金属硫化物实验地球化学实验研究. E-mail: liuqingyou@vip.gyig.ac.cn