

· (微)生物地球化学过程与物质循环 ·

不同风化程度的黄铁矿表面形貌及成分特征

李 娟, 陆建军, 陆现彩, 徐兆文

南京大学 地球科学与工程学院 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室 南京 210093

自生黄铁矿是还原环境中常见的硫化物。黄铁矿的风化表面常常是天然条件下化学风化和生物风化等综合作用的产物。研究黄铁矿不同的风化类型和风化程度对硫化物矿床的成因及对环境的影响有着重要的意义。

本文样品采自安徽铜陵狮子山铜金矿废石堆, 黄铁矿的沉积物为浅灰、灰绿、灰褐及黄褐色粉砂质黏土或黏土质粉砂。根据黄铁矿风化程度来看, 风化较弱的黄铁矿其风化过程可能在氧化条件不强的环境中进行, 因此黄铁矿反映的是 Fe^{2+} 的色调: 浅灰—灰白色; 当风化作用较强时, 黄铁矿表现出的主要是 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的混合色, 即黄绿色—黄褐色。

在扫描电子显微镜下对黄铁矿的表面进行微形貌观察。黄铁矿多数与石英相伴生。风化程度较弱的黄铁矿的产出形态主要有两种: 1) 草莓状黄铁矿的莓球体: 由多个微晶紧密堆积组成的直径为几个 μm 的似球状集合体, 黄铁矿单晶直径只有几百个 nm , 呈浑圆状或不规则多面体; 2) 块状或碎屑状, 直径从几个 μm 到几十个 μm , 大小不一。有些黄铁矿单晶晶型较好, 呈八面体或立方体, 表面比较平整; 有些黄铁矿表面附着了一些絮状沉淀物。风化程度较强的黄铁矿在扫描电镜下自形程度低, 呈它形, 多数已风化成块状铁氧化物及蜂窝状铁氧化物。

样品 X 射线能谱仪分析结果表明, 风化较弱的黄铁矿化学成分中, 元素 Fe 和元素 S 的比例从 1:1 到 1:2 不等。说明 Fe 和 S 以 FeS_2 和亚稳定态的 FeS 形式存在, 亚稳定态的 FeS 不能长期存在, 通过多硫化物等路径转变成成为黄铁矿。样品表面均有 O 元素, 说明黄铁矿在自然风化过程中被部分氧化。同时存在少量的 Zn、Au 等金属阳离子, 偶见少量的 Al、Mg 和 Ca。风化较强的黄铁矿中元素 Fe^{2+} 、O 的含量增高, 而元素 S 含量降低, 说明在风化后期, 黄铁矿可能已经被氧化为赤铁矿、针铁矿等铁的氧化物, S 主要以硫酸盐形式存在, 并在风化过程中被溶解、沉积。

对不同风化程度的黄铁矿表面微形貌观察和成分测定得知, 黄铁矿产生的各种晶体形态、自形程度和晶体粒度并非由某单一的化学风化条件或化学变量所控制, 只有在微生物参与风化的微环境条件下, 黄铁矿的风化作用比较随机, 才可能形成晶体形态、自形程度和晶体粒度等方面的高度多样化。同时晶体表面高浓度的 C 和 N 也可能来自黄铁矿表面的微生物。微生物 *Acidithiobacillus ferrooxidans* 和 *Leptospirillum ferrooxidans* 等能催化硫化物矿物的氧化已为许多研究所证实。所以在富含黄铁矿的废石堆中, 位于氧化带的黄铁矿的自然风化与微生物的作用密切相关。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2007CB815603); 国家自然科学基金(40573001)资助