

专题27: 早期地球的形成与演化

Murchison陨石中草莓状磁铁矿的成因及意义

任旭¹, 唐红¹, 李阳¹, 郭壮^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所, 月球与行星科学研究中心, 贵阳 550002; 2. 西北大学, 西安 710069

太阳系形成早期原始小行星上存在广泛的流体活动, 这对矿物及有机物的形成有着重要的意义。然而对于这些流体的化学成分、氧化还原条件以及小行星表面环境还不是很清楚。所以, 针对上述问题, 我们通过对 Murchison 陨石中草莓状磁铁矿成因和意义的研究予以解决。我们研究发现, 随着 Murchison 母体小行星上流体活动的演化, 水溶液变得越来越碱性, 溶液化学成分从富硫变得富氧。

Murchison 陨石于 1969 年降落在澳大利亚, 属于降落型 CM2 型陨石。样品分析采用 FEI Scios 双束扫描电子显微镜, 对样品研究区域进行 FIB 切片, 然后用透射电镜进行分析。

磁铁矿是太阳早期碳质球粒陨石母体表面典型的水活动产物, 在 Murchison 陨石的基质中发现了几种不同类型的纳米级磁铁矿颗粒。其中一种的集合体呈草莓状, 磁铁矿颗粒的晶型与黄铁矿一致, 而不同于一般的磁铁矿, 其成分为磁铁矿成分, 所以我们认为这是一种交代假象结构。交代结构是一种典型的流体活动产物, 先形成的草莓状黄铁矿被后形成的磁铁矿交代, 从而形成草莓状的磁铁矿。我们从 3 个方面来分析草莓状磁铁矿的成因: 物质来源、草莓状黄铁矿的形成过程以及磁铁矿的交代过程。

前人研究表明在太阳系环境中, 陨硫铁经过一系列反应可以转变成黄铁矿, 这为草莓状黄铁矿的形成提供了物质来源。Wilkin 和 Barnes(1997)认为草莓状黄铁矿可能经历了 4 个连续的过程: (1) 硫化亚铁的微晶晶核形成; (2) 晶核形成胶黄铁(Fe_3S_4); (3) 胶黄铁矿微晶聚集在一起形成球形的草莓体; (4) 胶黄铁矿草莓体转变为草莓状黄铁矿。随着草莓状黄铁矿的形成, 溶液中 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 首先沉淀, 溶液相对富集铁离子, 溶液 pH 值逐渐增大, 溶液逐渐变碱性, 这样的溶液条件有利于磁铁矿的形成。另一方面, 当水升华之后, 溶液中的硫被带出从而被氧取代, 这使得后来的溶液变得富氧。这两个条件使得溶液条件从有利于黄铁矿形成转变成有利于磁铁矿形成。因此, 溶液的化学成分从黄铁矿成分变成了磁铁矿成分, 导致了草莓状磁铁矿的形成。

讨论: 溶液性质发生变化是可以肯定的, 但是促使溶液从富硫转变成富氧的原因还不太清楚, 因为很难把硫从溶液中完全去除。目前合理解释是水升华之后, 溶液中的硫被带出从而被氧取代。但若是这种情况, 黄铁矿颗粒的晶型不会被完美地保存下来, 其内部会由于铁从内向外的扩散作用出现空洞以及形成氢氧化物, 但是我们未在切面发现空洞和铁的氢氧化物, 所以这个问题还需要进一步的研究。