

大洋铁锰结壳不同赋存状态 Sr 的同位素组成特征

符亚洲¹, 王峥嵘²

1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

2. 耶鲁大学地质与地球物理系, 纽黑文 06511

广泛产出于大洋海山的铁锰结壳富含 Co、Ce、Pt 等多种金属元素, 是一种潜在的战略资源(Hein et al., 2013)。铁锰结壳具有典型的层状构造, 最常见的为水成成因, 也有热液成因及水成-热液混合成因等类型(Halbach and Puteanus, 1984; Hein, 2008; Hein and Koschinsky, 2013)。水成铁锰结壳生长速率缓慢(<10 mm/Ma), 在其形成过程中从海水中不断吸收 Co、Ni 等多种金属元素, 因此铁锰结壳不仅能够记录自身成矿机制与成矿物质来源的信息, 而且能够记录其生长历史中的海洋化学、大洋环流、古气候等演化信息(Ling et al., 1997; Banakar and Hein, 2000; Hein and Koschinsky, 2013)。Sr 同位素作为良好的地球化学示踪剂和海相地层的年代学工具而得到广泛应用(Richter et al., 1992; Edmond, 1992; McArthur et al., 2012)。然而, 前人在对铁锰结壳进行 Sr 同位素研究时认为结壳并不能完好的保存其生长时期的海水 Sr 同位素组成(VonderHaar et al., 1995), 从而制约了 Sr 同位素在结壳年代学及古海洋学等方面的应用。本文通过对铁锰结壳不同赋存状态 Sr 的同位素进行研究, 获得更详实准确的结壳 Sr 同位素信息, 以便 Sr 同位素在结壳成矿物质来源、磷酸盐化、同位素地层年代学及古海洋环境演化等方面能够发挥应用优势。

经过多次尝试并改进前人实验方法(Chester and Hughes, 1967; Tessier et al., 1979; VonderHaar et al., 1995), 我们建立了多步逐级化学淋洗流程对采自中太平洋莱恩海山的铁锰结壳 MP2D06 生长剖面中不同壳层样品进行了淋洗实验。化学试剂分别选用 1M 醋酸铵、不同浓度的醋酸、0.04M 盐酸羟胺的 25%醋酸溶液、不同浓度盐酸, 淋洗获得铁锰结壳中离子交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物及氢氧化物结合态、剩余铁氢氧化物及磷酸盐混合态、残渣态等相态。对不同相态样品进行化学处理然后通过阴离子交换树脂 AG1-X8 和阳离子交换树脂 AG50W-X8 进行分离纯化并收集 Sr, 样品的 Sr 同位素组成在 MC-ICP-MS 上完成。

实验结果显示:1) Sr 在铁锰结壳中主要以铁锰氧化物及氢氧化物结合态形式存在, 其次为碳酸盐结合态, 其余相态所占比例相对较少, 表明结壳在生长过程中锰氧化物和铁氢氧化物从海水中吸附 Sr 是其富集的主要原因。2) 铁锰结壳同一壳层样品不同相态 Sr 同位素组成不同。表层样品的离子交换态、碳酸盐结合态和铁锰氧化物及氢氧化物结合态的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值均为 0.709 2, 与现代海水的 Sr 同位素组成一致, 而剩余铁氢氧化物及磷酸盐混合态 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.710 7; 结壳下部磷酸盐化壳层各相态 Sr 同位素组成均不相同。3) 结壳剖面中不同壳层同一相态 Sr 同位素组成具有明显的变化规律。剖面各壳层离子交换态 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值均为 0.709 2; 上部壳层碳酸盐结合态 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值均一, 亦为 0.7092, 而下部壳层有较大变化, 但均小于上部壳层; 铁锰氧化物及氢氧化物结合态的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值变化较大, 从顶部到底部呈现有规律的变化趋势, 与 80 Ma 以来海水的 Sr 同位素演化曲线总体相似。4) 结壳中部疏松层样品的铁锰氧化物及氢氧化物结合态 Sr 同位素组成偏离海水 Sr 同位素演化曲线, 已不能代表其生长时期的海水 Sr 同位素组分, 原因应归结于疏松多孔的中部疏松层在结壳漫长的生长历史中长期与周围海水发生了不同程度的 Sr 同位素交换。5) 铁锰结壳上部壳层的铁锰氧化物及氢氧化物结合态的 Sr 同位素组成能够代表铁锰氧化物沉淀时的海水 Sr 同位素组成, 可以在示踪和定年等方面发挥重要作用。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41173020, 41376080)

作者简介: 符亚洲(1978—), 副研究员, 主要从事同位素地球化学研究, E-mail: fuyazhou@mail.gyig.ac.cn。