

黔中瓮安早震旦世磷块岩的形成环境

肖加飞, 杨海英, 许建斌

(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, 贵州 贵阳 550081)

新元古代末期, 地球环境出现重要变革。南华纪发生了“雪球地球”事件, 随后, 在震旦纪气候变暖, 出现了海洋的大氧化事件, 首次形成了大规模的海相磷酸盐沉积。

贵州中部的瓮安磷矿为一著名的超大型矿床, 其大塘矿区发育有完整的陡山沱组含磷岩系剖面, 其自下而上由 4 个段组成: 下白云岩段 (厚约 8.5m); 下磷矿段 (俗称“A 层矿”, 厚约 5.5m); 上白云岩段 (厚约 1m); 上磷矿段 (俗称“B 层矿”, 厚约 16m)。

1. 地球化学特征

(1) 常量元素: 下白云岩段、A 层矿、上白云岩段、B 层矿的 P_2O_5 含量分别为 0.07%、30%、0.88%、19.7%; MgO 的含量分别为 17.55%、0.34%、16.2%、10.25%。可以看出 A 层矿的 P_2O_5 含量明显高于 B 层矿, 但 A 层矿的 MgO 含量则明显低于 B 层矿。

(2) 微量元素: A 层矿的大部分微量元素含量高于 B 层矿, 例如: V、Co、Ni、Cu、Pb、As、Sr、Mo、Ba、Th、U 等, 而且 V、Co、Ni、Cu、Ba 的含量高于现代海底磷块岩。

(3) 稀土元素: A 层矿的 ΣREE 平均为 155×10^{-6} , 具弱的负 Ce 异常, Eu 不具异常; B 层矿的 ΣREE 平均为 45×10^{-6} 左右, 具负 Ce 异常, Eu 具有负异常到不具异常的变化特点; 磷矿层经北美页岩标准化的稀土配分曲线, 主体具有中稀土富集的“帽型”特点。

(4) 碳氧同位素: A 层矿从下向上 $\delta^{13}C$ 值呈强烈下降, 从 -2‰ 降到 -4.3‰; 而 B 层矿的 $\delta^{13}C$ 值虽有波动, 但总体向上增高 ($\delta^{13}C$ 值变化于 -5.5‰ 至 2.2‰ 之间); 两层矿的氧同位素变化趋势与碳同位素相似。

2. 古环境条件

(1) 古气候: Mg/Ca 比值对古气候的变化比较敏感。A 层矿的 Mg/Ca 比值平均为 0.02 左右, 而 B 层矿的 Mg/Ca 比值平均达 0.25 左右, 表明 B 层矿较 A 层矿形成于较干旱的气候条件下。Sr 含量高低也具有指示气候的作用。A 层矿的 Sr 含量约为 930×10^{-1} , 而 B 层矿的 Sr 含量平均值约为 500×10^{-6} 。表明 A 层矿形成在较温湿气候条件下, 而 B 层矿则为干旱炎热条件下形成。

(2) 古盐度: 利用碳氧同位素组成判别沉积介质盐度 (Z 值) 经验公式, 算出的 Z 值情况为: 下白云岩段由下至上 Z 值逐渐增高 (从 117 增至 125, 平均值为 122), 而 A 层矿的 Z 值又下降至 115 左右, B 层矿 Z 值有波动, 变化在 110-130 之间, 平均为 124。Z 值的变化表明, 下白云岩段和 B 层矿形成的盐度大致相近, 而 A 层矿的形成盐度较低。氧同位素反映的海水盐度与前述情况一致。

(3) 古海洋氧化还原状态: 沉积物中的 Ce 异常可以较好地反映沉积环境的氧化还原状态。A 层矿以及下白云岩段和上白云岩段的 δCe 都大于 -0.1, 而 B 层矿以及上覆灯影组白云岩的 δCe 小于 -0.1。表明 A 层矿及其上下的白云岩段都形成于还原环境, 而 B 层矿以及上覆灯影组白云岩形成于氧化环境。

V、Mo、U 是氧化还原的敏感元素, 其富集与亏损特征, 通常被用来指示沉积环境的氧化还原条件。A 层矿的 V、Mo、U 的含量比 B 层矿高 2-3 倍, 并且 A 层矿的 V 含量较现代海底磷块岩高, 这些都表明 A 层矿形成环境的还原性强于 B 层矿。

综上, 赋存于瓮安陡山沱组中的两层磷矿 (A 层矿和 B 层矿) 的特征存在差异, 它们所反映的环境条件也不一样。A 层矿形成于弱干旱-温湿气候条件下, 环境的盐度较低, 并且呈还原状态; B 层矿形成于较干旱炎热的气候条件下, 环境的盐度较高, 并且呈氧化状态。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (U1812402); 贵州省基金项目 (黔科合基础[2017]1194)

作者简介: 肖加飞, 男, 1961 年生, 博士, 主要从事沉积矿产研究. E-mail: xiaojiafei@vip.gyig.ac.cn