

两阶段地幔熔融过程导致大陆板内玄武岩 Zn-Sr-Nd 同位素的解耦

徐荣^{1*} 刘勇胜²

1 中国科学院地球化学研究所 贵阳 550081; 2 中国地质大学 (武汉) 武汉 430074

一般情况下, Zn 同位素组成高于亏损地幔 (DMM) 或洋中脊玄武岩 (MORB) 的洋岛玄武岩 (OIB) 同时也会具有富集的 Sr-Nd 同位素特征 (即, 耦合的 Zn-Sr-Nd 同位素组成), 这表明 OIB 源区含有再循环的碳酸盐化榴辉岩组分。相反, 具有高 Zn 同位素比值的大陆板内玄武岩通常却表现出亏损的 Sr-Nd 同位素特征 (即, Zn-Sr-Nd 同位素解耦)。为了阐明大陆板内玄武岩 Zn-Sr-Nd 同位素组成解耦的原因, 我们对同时包含耦合和解耦 Zn-Sr-Nd 同位素特征的浙江新生代玄武岩进行了研究。这些玄武岩的地球化学组成随着时间-空间具有系统变化: 早期内陆的低硅玄武岩具有中等富集的 Sr-Nd 同位素特征和高的 $\delta^{66}\text{Zn}$ (耦合的 Zn-Sr-Nd 同位素组成, 类似于 OIB); 晚期沿海的高硅玄武岩随着 SiO₂ 和 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ 的增加以及随着碱含量和 $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ 的降低, $\delta^{66}\text{Zn}$ 逐渐显著降低 (解耦的 Zn-Sr-Nd 同位素组成)。这些玄武岩的地球化学组成随时间和空间的变化可以用两阶段地幔熔融过程来解释:

(1) 早期的低硅岩浆作用主要发生在内陆, 是由含碳酸盐化榴辉岩的软流圈地幔在高压下发生部分熔融的产物。由于较厚的岩石圈限制了亏损地幔的熔融程度, 因此具有富集 Zn-Sr-Nd 同位素特征且更易熔的碳酸盐化榴辉岩组分的地球化学信号得以保存。(2) 晚期岩浆作用大多发生在岩石圈较薄的沿海地区。软流圈进一步减压熔融到更浅深度, 导致亏损橄榄岩基质的贡献逐渐增加, 从而稀释了易熔组分富集的同位素和微量元素地球化学信号。进一步的减压熔融以及随后岩石圈地幔的原地熔融可以解释晚期高硅玄武岩 Zn-Sr-Nd 同位素的解耦以及主-微量元素含量的变化。我们进一步提出岩石圈厚度变化诱发的小尺度地幔对流可能是软流圈减压熔融得以发生的动力学机制。我们的研究强调了含碳酸盐化榴辉岩的软流圈减压熔融以及随后的岩石圈原地熔融不仅对板内玄武岩地幔源区中富集组分地球化学信号的保存和破坏起到了重要作用, 也合理解释了大陆板内玄武岩 Zn-Sr-Nd 同位素信号的解耦。

参考文献

Rong Xu, Yongsheng Liu, Sarah Lambart, Kaj Hoernle, Yangtao Zhu, Zongqi Zou, Junbo Zhang, Zaicong Wang, Ming Li, Frédéric Moynier, Keqing Zong, Haihong Chen, Zhaochu Hu: Decoupled Zn-Sr-Nd isotopes of continental intraplate basalts caused by two-stage melting process. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2022; 324: 240-261