

地质地球所揭示隐藏于弧下地幔的高 $\delta^{18}\text{O}$ 储库

文章来源：地质与地球物理研究所

发布时间：2014-03-18

【字号：小 中 大】

俯冲作用是地球物质循环的重要方式，它将地壳物质携带至软流圈地幔乃至下地幔底部的核幔边界。地幔楔受到俯冲板片释放的流体或熔体交代后发生熔融形成岛弧岩浆。通过研究岛弧火山岩的元素和同位素组成可以有效地示踪发生在俯冲带的物质迁移和传递过程。

由于地幔橄榄岩与俯冲地壳物质的氧同位素组成之间存在非常大的差异，因此是研究俯冲物质循环的重要手段。大量的研究表明上地幔具有均一的氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}=5.18\pm 0.28\%$)，而俯冲的低温蚀变洋壳的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+6\%\sim +12\%$ ，其上方覆盖的不同类型沉积物的氧同位素组成则为 $+12\%\sim +25\%$ 。对岛弧岩浆及其橄榄石斑晶的氧同位素研究表明部分岛弧（如Mariana, Vanuatu和New Caledonia）岩浆的 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显高于地幔，表明其地幔源区可能遭受了地壳物质的改造。然而，俯冲带橄榄岩包体的氧同位素组成与正常上地幔值并无差异。其原因一方面可能是现有的俯冲带橄榄岩包体并不完全代表受俯冲物质交代的地幔，另一方面则可能是俯冲板片释放的流体或熔体在交代地幔楔之前已经与地幔达到了氧同位素平衡。相对于俯冲板片释放的流体或熔体而言，地幔是更大的氧同位素储库，其氧同位素具有很大的缓冲能力，因此少量的流体或熔体并不能明显改变地幔的氧同位素组成。

针对俯冲带是否存在高 $\delta^{18}\text{O}$ 值的地幔这一科学问题，中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化研究室副研究员刘传周利用二次离子探针对西藏赛利普中新世超钾质火山岩所携带的9个橄榄岩包体中的橄榄石进行了氧同位素研究。在印度与欧亚板块碰撞后，整个青藏高原发育有大面积的钾质-超钾质火山岩。其中，在藏南的赛利普地区（图1），中新世超钾质火山岩携带有个体非常小的橄榄岩包体。他们之前的研究表明这些橄榄岩包体来自于大陆岩石圈地幔，并遭受了强烈的俯冲物质的交代作用（详见Liu et al., 2011, *Geology*, 39(10): 923-926）。这些俯冲物质的来源可能为消亡的新特提斯洋壳及其上覆的深海沉积物或者风化剥蚀后搬运至洋壳的印度陆壳物质。

他们的研究表明，同一个样品中不同颗粒橄榄石颗粒具有均一的氧同位素组成。其中8个样品的橄榄石的氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}=5.27\pm 0.27\%$) 与上地幔值一致，而另外一个样品（SLP105）中橄榄石的氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}=8.03\pm 0.28\%$) 则明显高于上地幔值（图2）。结合这些包体的其它矿物地球化学资料，他们排除了样品SLP105中橄榄石的高 $\delta^{18}\text{O}$ 值是由于寄主岩浆的扩散作用和熔岩反应这两种可能性造成的，认为其高 $\delta^{18}\text{O}$ 值反映了其来源的岩石圈地幔的特征。

单斜辉石和斜方辉石的微量元素资料（图3）表明具有正常氧同位素组成的赛利普包体可能遭受了俯冲熔体的交代作用，但这些俯冲熔体在交代作用发生之前已经与周边地幔达到了氧同位素平衡，因此交代作用只是改变了赛利普地幔包体的微量元素组成，而并没有影响其氧同位素组成。具有高氧同位素的样品SLP105则是遭受了俯冲流体的交代作用，这些流体在交代作用之前并没有与地幔达到氧同位素平衡，因此仍保留有高 $\delta^{18}\text{O}$ 值，从而导致样品SLP105在遭受交代作用后，橄榄石的 $\delta^{18}\text{O}$ 出现明显的升高。这种流体可能是从板片释放出来直接进入到了上覆的岩石圈地幔。在正常俯冲体制下，地幔楔的存在使得俯冲流体或熔体在进入到了上覆的岩石圈地幔之前往往在运移过程中与橄榄岩达到平衡而具有正常地幔的氧同位素值。而在平板俯冲过程中，俯冲板片与上覆岩石圈地幔之间并不存在大规模的地幔楔，因此俯冲板片释放出的流体或熔体可以快速进入到上覆的岩石圈地幔，从而保存其高 $\delta^{18}\text{O}$ 的特征。

基于赛利普包体的研究结果，刘传周等人提出在岛弧下方的岩石圈地幔中存在有高 $\delta^{18}\text{O}$ 的储库。在正常的构造环境下，这些高 $\delta^{18}\text{O}$ 的地幔储库并不参与岛弧岩浆的形成。然而，在某些特殊的构造环境下，如岛弧拉张，软流圈上涌，会诱发这些高 $\delta^{18}\text{O}$ 地幔发生部分熔融，形成具有高 $\delta^{18}\text{O}$ 特征的岛弧岩浆。另一方面，地幔楔熔融形成的岛弧岩浆在上升喷发过程中，高 $\delta^{18}\text{O}$ 岩石圈地幔的混染作用可以导致岛弧岩浆具有高 $\delta^{18}\text{O}$ 的特征。

该研究成果于2月28日在线发表在Nature出版集团旗下在线出版期刊*Scientific Reports*上 (Liu et al. A 'hidden' ^{18}O -enriched reservoir in the sub-arc mantle. *Scientific Reports*, 2014, 4: 4232, DOI: 10.1038/srep04232)。该研究工作得到国家自然科学基金和中科院战略性先导专项 (B类) 资助。

[文章链接](#)

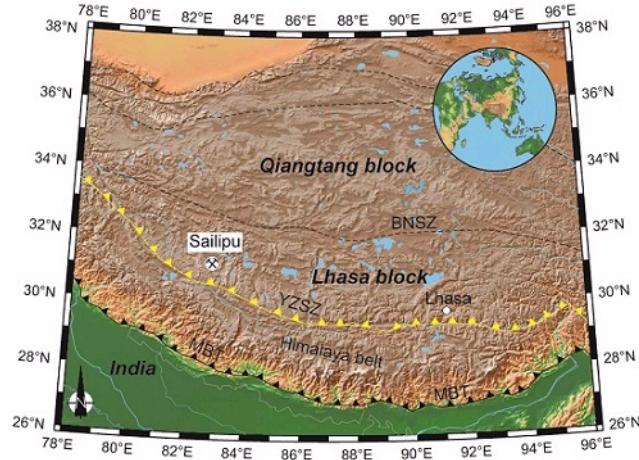


图1 赛利普地幔包体的采样位置

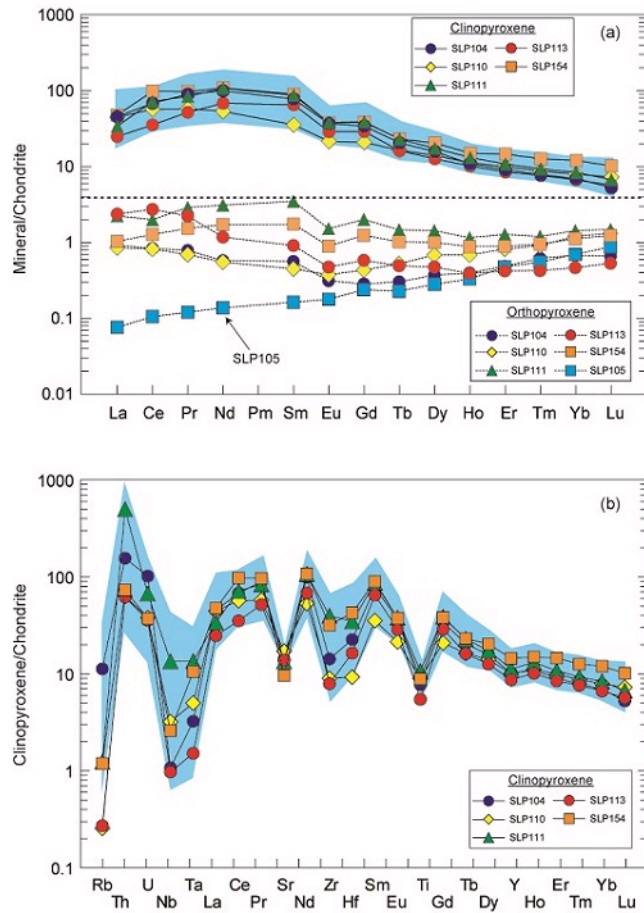


图2 赛利普地幔包体的氧同位素组成

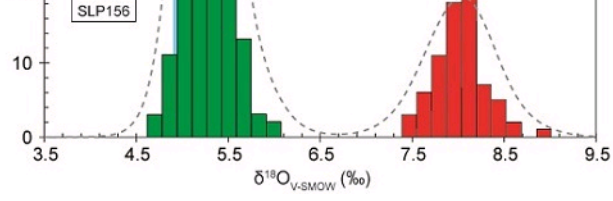


图3 赛利普地幔包体的单斜辉石和斜方辉石的微量元素组成

打印本页

关闭本页