

图1 Pilbara克拉通太古宙岩石样品高精度 $\mu^{182}\text{W}$ 分析结果。误差棒为95%置信区间 (Tusch et al., 2021)

对于地球古老样品中存在的 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常通常有两种解释。第一种解释与后增薄层模型 (Late Veneer) 有关。后增薄层假说认为在地球核幔分异结束后, 约有0.5%~1%地球质量的陨石物质加入到地幔成为地幔强亲铁元素的主要来源。这些加入的地外物质平均成分相当于球粒陨石, $\mu^{182}\text{W}$ 值约为-190 (Kleine et al., 2004), 远低于地幔值。现今地幔可被视为后增薄层物质添加前的地幔与后增薄层物质完全混合的结果, 因此如果地幔并未与后增薄层物质完全混合, 则其相对于现今地幔具有 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常且亏损强亲铁元素 (Willbold et al., 2011; Willbold et al., 2015)。第二种解释则与早期地幔分异过程有关。在灭绝核素 ^{182}Hf 衰变完全之前 (太阳系形成后的前90 Ma内) 发生的地幔分异事件产生的高Hf/W比值源区经 ^{182}Hf 衰变形成具有 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常的源区。值得注意的是该分异事件也会造成Sm-Nd分馏, 灭绝核素 ^{146}Sm 的衰变使得具有 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常的源区同时具有 $\mu^{142}\text{Nd}$ 正异常 (Touboul et al., 2012; Rizo et al., 2016)。

Pilbara克拉通最古老的幔源岩石与其它克拉通古老岩石一样具有 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常 (图2)。未受后期作用影响的具有 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常的样品相对于现代地幔亏损强亲铁元素, 且样品不具有 ^{142}Nd 异常。因此, Pilbara克拉通太古宙岩石样品中的 $\mu^{182}\text{W}$ 正异常源于早期地幔与后增薄层物质的不完全混合, 冥古宙形成的地幔储库在早期地幔对流中被保存了至少10亿年。因此, 文章认为太古宙地幔物质混合效率低下, 地幔对流规模较小, 对流环相对独立, 偶尔发生局部地幔在垂向上的均一化。Pilbara克拉通3.3 Ga到3.1 Ga样品 $\mu^{182}\text{W}$ 值降低表明太古宙地球存在一个由停滞盖 (stagnant lid) 构造体制向板块构造体制转换的过渡期。文章还强调该认识与前人基于太古宙岩石W同位素组成变化得出的地球在3.6-2.7Ga时经历了由地幔柱构造体制向板块构造体制转换的结论是一致的 (Mei et al., 2020)。

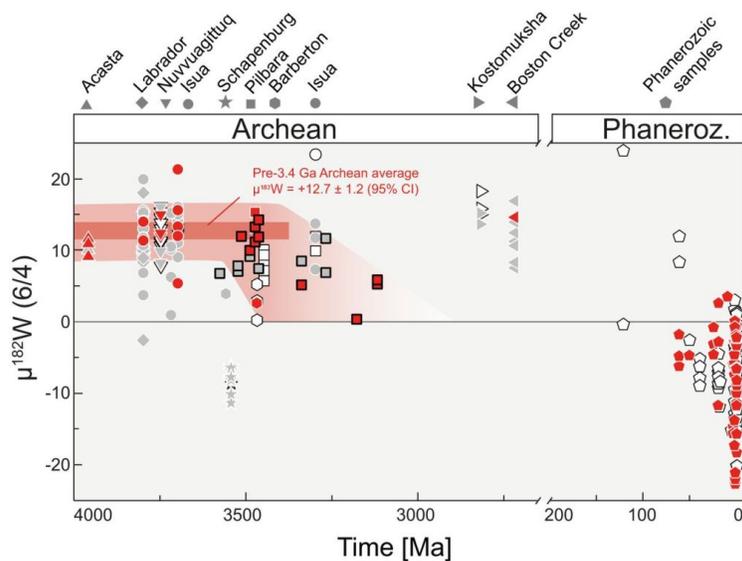


图2 地幔W同位素演化 (图中数据点仅包含幔源岩石) (Tusch et al., 2021)

主要参考文献

Kleine T, Mezger K, Münker C, et al. Hf-W isotope systematics of chondrites, eucrites, and martian meteorites: Chronology of core formation and early mantle differentiation in Vesta and Mars[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2004, 68(13): 2935 - 2946.

Mei Q F, Yang J H, Wang Y F, et al. Tungsten isotopic constraints on homogenization of the Archean silicate Earth: Implications for the transition of tectonic regimes[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2020, 278: 51 - 64. (见亮点报道《太古宙硅酸盐地球均一化的W同位素证据及对地球构造体制转换的制约》)

Rizo H, Walker R J, Carlson R W, et al. Early Earth differentiation investigated through ^{142}Nd , ^{182}W , and highly siderophile element abundances in samples from Isua, Greenland[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2016, 175: 319 - 336.

Touboul M, Puchtel I S and Walker R J. ^{182}W evidence for long-term preservation of early mantle differentiation products[J]. Science, 2012, 335: 1065-1069.

Tusch J, Münker C, Hasenstab E, et al. Convective isolation of Hadean mantle reservoirs through Archean time[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2021, 118(2): e2012626118. (原文链接)

Willbold M, Elliott T and Moorbath S. The tungsten isotopic composition of the Earth' s mantle before the terminal bombardment[J]. Nature, 2011, 477: 191-195.

Willbold M, Mojzsis S J, Chen H W, et al. Tungsten isotope composition of the Acasta Gneiss Complex[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2015, 419: 168-177.

(撰稿: 梅清风, 王浩/岩石圈室)



地址: 北京市朝阳区北土城西路19号 邮编:100029 电话: 010-82998001 传真: 010-62010846
版权所有© 2009-2021 中国科学院地质与地球物理研究所 京ICP备05029136号 京公网安备110402500032号

