



新闻动态

图片新闻

头条新闻

通知公告

学术活动

综合新闻

科研动态

研究亮点

学术前沿

您现在的位置：首页 > 新闻动态 > 研究亮点

刘鹏等-EPSL：太古宙大陆地壳可于低压下形成——来自Fe同位素的证据

2022-06-24 | 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

已知的大陆地壳组成中，早前寒武纪基底占据了地壳总量的75%以上。这些早前寒武纪基底主体由一套英云闪长岩（tonalite）、奥长花岗岩（trondhjemite）和花岗闪长岩（granodiorite）为代表的岩石组合构成。江博明等（1981）根据其首字母将这一岩石组合称为“TTG岩系”。TTG岩系占据了克拉通变质基底出露面积的80%以上，是太古宙大陆地壳形成与演化的关键性地质记录。研究太古宙时期的大陆地壳演化，很大程度上是研究TTG岩系的成因和演化。尽管目前学界对TTG的源岩成分和所指示的地球动力学背景仍有诸多分歧，但普遍认为，根据其微量元素特征，多数TTG都是含水镁铁质岩石在较高压力下部分熔融的产物。但实际上，对于大多数中性岩石而言，其微量元素组成很大程度上是由副矿物所决定的，而岩浆演化又是一个极其复杂的过程，已有多项研究表明，岩浆演化过程中各类副矿物的参与都极大影响了熔体的微量元素地球化学特征甚至是同位素特征。传统的Sm-Nd/Lu-Hf等同位素分析、微量元素地球化学模拟和相平衡模拟等方法并未考虑副矿物在岩浆演化过程中的复杂行为，因此在某种意义上来说，其结果并不可靠。

考虑到大多数岩石中副矿物本身含量极少，且大部分副矿物又都具有极低的Fe含量，因此副矿物的存在通常不会影响岩浆的Fe同位素特征。此外，不同的造岩矿物又通常具有不同的Fe同位素分馏系数。因此Fe同位素等非传统稳定同位素为限制TTG等花岗岩类的源区特征和演化过程提供了新的工具。

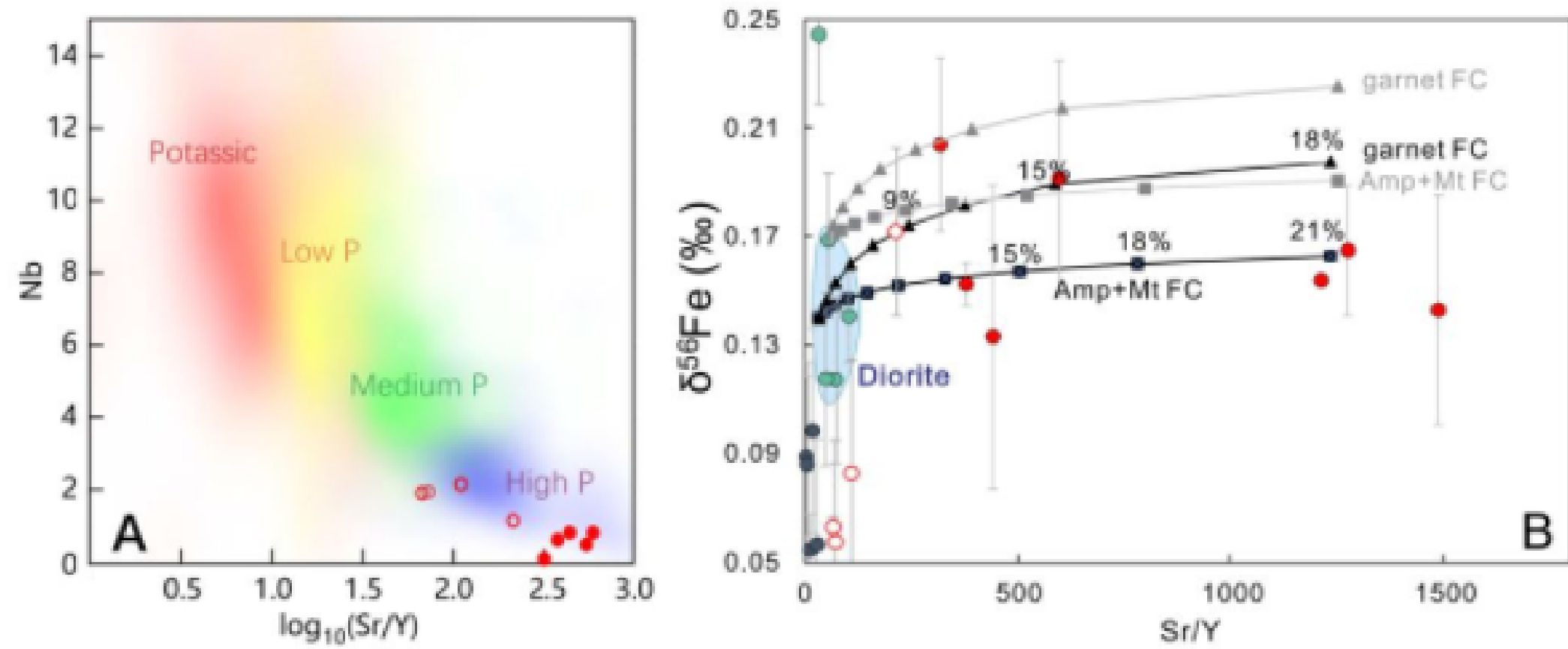


图1 本次研究的TTG均属于所谓的“高压”型，但多数TTG的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值符合低压角闪石分异过程中铁同位素分馏的演化趋势，少数TTG具有较低的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 特征，均非高压下形成

Fe有4个稳定同位素，分别是 ^{54}Fe （5.84%）、 ^{56}Fe （91.67%）、 ^{57}Fe （2.12%）和 ^{58}Fe （0.28%）。高温岩浆体系中不同矿物控制Fe同位素分馏的主要因素是价态和配位数。理论预测和实际观察表明，重的同位素倾向于集中在具有较低配位数和较高电价的矿物相中。由于 Fe^{3+} 通常具有低于 Fe^{2+} 的配位数和更强的Fe-O键强，因此在平衡条件下，自然界中富 Fe^{3+} 的矿物一般都具有比富 Fe^{2+} 矿物更重的Fe同位素特征，如：石榴子石相对富集 Fe^{2+} ，具有较轻的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 特征，因此在石榴子石主导的岩浆分异过程中，残余岩浆的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 通常会有升高的趋势；磁铁矿相对富集 Fe^{3+} ，具有较重的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 特征，因此在磁铁矿主导的岩浆分异阶段，残余岩浆的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 通常会有降低的趋势。而角闪石的 Fe^{3+} 含量和 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值则介于石榴子石和磁铁矿之间。

遵循上述思路，中科院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室刘鹏副研究员及其合作者郭敬辉研究员、翟明国研究员、Ross Mitchell研究员等，联合中国地质大学（武汉）汪在聪教授，对华北克拉通冀东地区的TTG岩系进行了Fe同位素研究。研究团队曾于2019年在该地区报道了一套由角闪石主导的结晶分异过程形成的TTG片麻岩系列，首次为TTG的低压分离结晶成因提供了明确证据（Liou and Guo, 2019），但仍然有部分TTG的微量元素特征指示其形成过程有石榴子石的参与，与野外地质证据相悖。而Fe同位素研究显示，多数TTG的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值偏高，与围岩闪长岩相近，符合低压下角闪石分异过程中铁同位素分馏的演化趋势。少数TTG的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值明显低于洋中脊玄武岩的平均值，因而也不可能是E-MORB和OIB等玄武岩在高压下部分熔融的产物。总之，该地区所发育的大多数TTG片麻岩，按照传统定义均属于高压型TTG，但Fe同位素证据表明它们的形成过程均没有石榴子石等高压矿物相的参与（图1），因而，所谓的“高压型”TTG完全可以在低压下形成。

此前的研究认为，大致有80%的太古宙TTG片麻岩属于高压型和中压型，这也就意味着80%的TTG形成过程中会存在有大量石榴石残余。如这一结论正确，那么同显生宙时期以花岗岩为主要岩性组成的大陆地壳相比，太古宙TTG应该具有系统性偏高的 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值。但统计结果显示，太古宙TTG和显生宙岩石的Fe同位素特征并无二致（图2），这可能指示太古宙大陆地壳的形成过程与现今一致。但这一对比建立在有限的TTG Fe同位素数据基础之上，未来仍然需要针对TTG进行更多的Fe同位素研究。

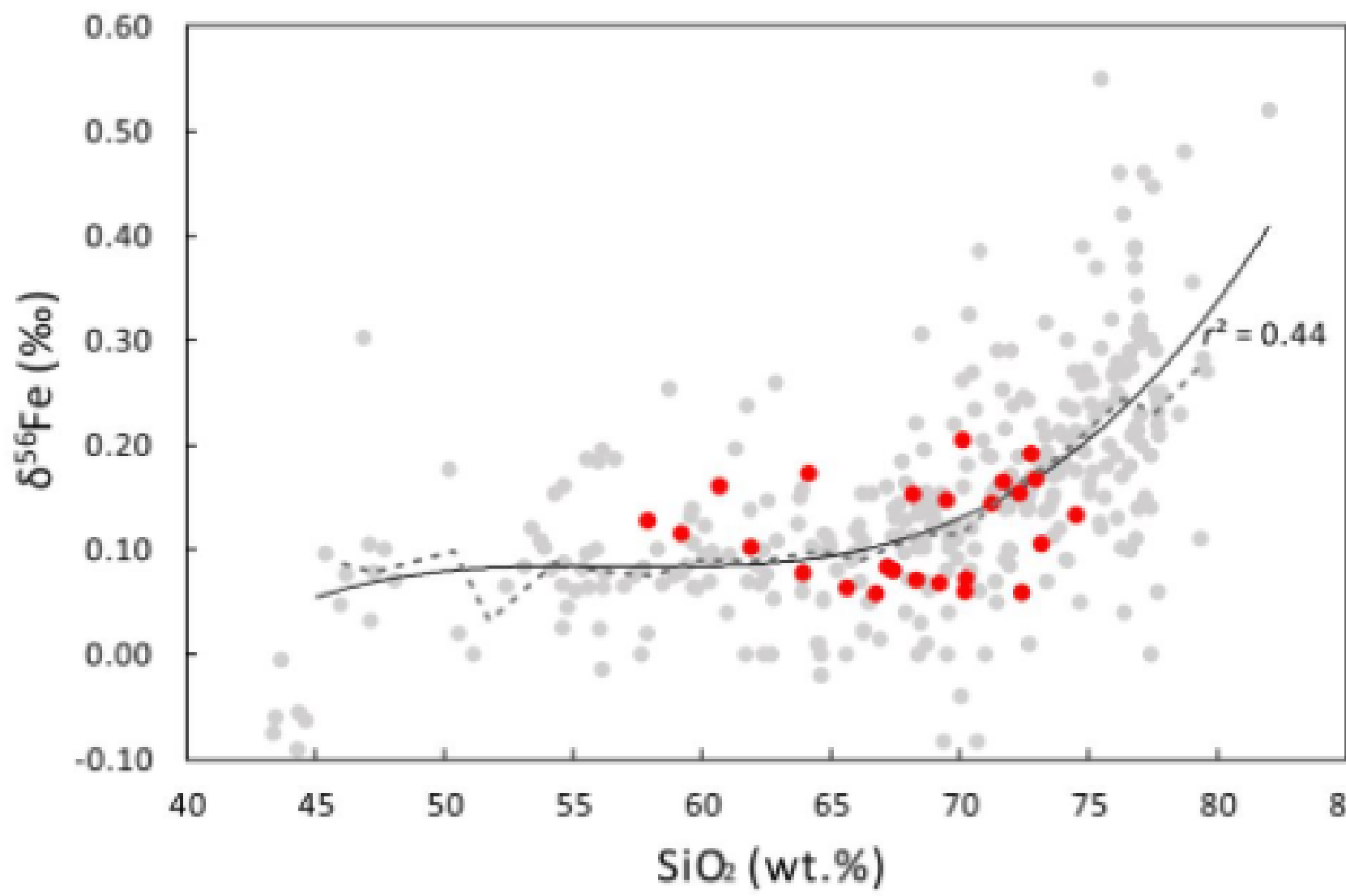


图2 根据有限数据得到的太古宙TTG的 Fe同位素特征同显生宙岩石相比并无太大区别

研究成果发表于国际学术期刊*Earth and Planetary Science Letters*（刘鹏，汪在聪，R. M. Mitchell, L. S. Doucet, 李明，郭敬辉，翟明国. Fe isotopic evidence that “high pressure” TTGs formed at low pressure[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2022, 592: 117645. DOI: 10.1016/j.epsl.2022.117645）。

