

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-GCA: 全球性地幔亏损始于何时

2021-11-29 | 【大】 【中】 【小】 【打印】 【关闭】

地球形成最初的十亿年是地质历史上最为扑朔迷离的一个时期。地球早期的高温环境，强烈的陨石轰击，以及复杂的变质变形作用的叠加，使得诸多关键地质记录残缺不全。而与此相关的早期地壳-地幔的性质、地球早期的构造体制等问题仍然是现今地球科学领域的基础问题。从地球化学角度来看，硅酸盐地球由原始地幔、亏损地幔和陆壳三个储库组成，其中亏损地幔是原始地幔部分熔融、熔体抽取形成地壳之后的残余。如果地球早期确实有大量陆壳的存在，那么势必会造成地幔的强烈亏损。近十年来，不同学者依据不同的地球化学指标推测，相当于现今大陆地壳40%-100%的规模在38亿年前就已经形成，但是奇怪的是，38亿年前的锆石记录中并未发现有可信的Lu-Hf同位素亏损的证据，即从锆石Lu-Hf同位素角度来看，地球早期的地幔仍呈原始地幔的特征，这也意味着，地球早期不可能有大量陆壳的存在。为解决上述矛盾，中科院地质与地球物理研究所岩圈演化国家重点实验室刘鹏副研究员及其合作者郭敬辉、Ross Mitchell、李献华、翟明国等对华北克拉通东部的曹庄锆云母石英岩进行了锆石的U-Pb年龄与Hf-O同位素的研究。

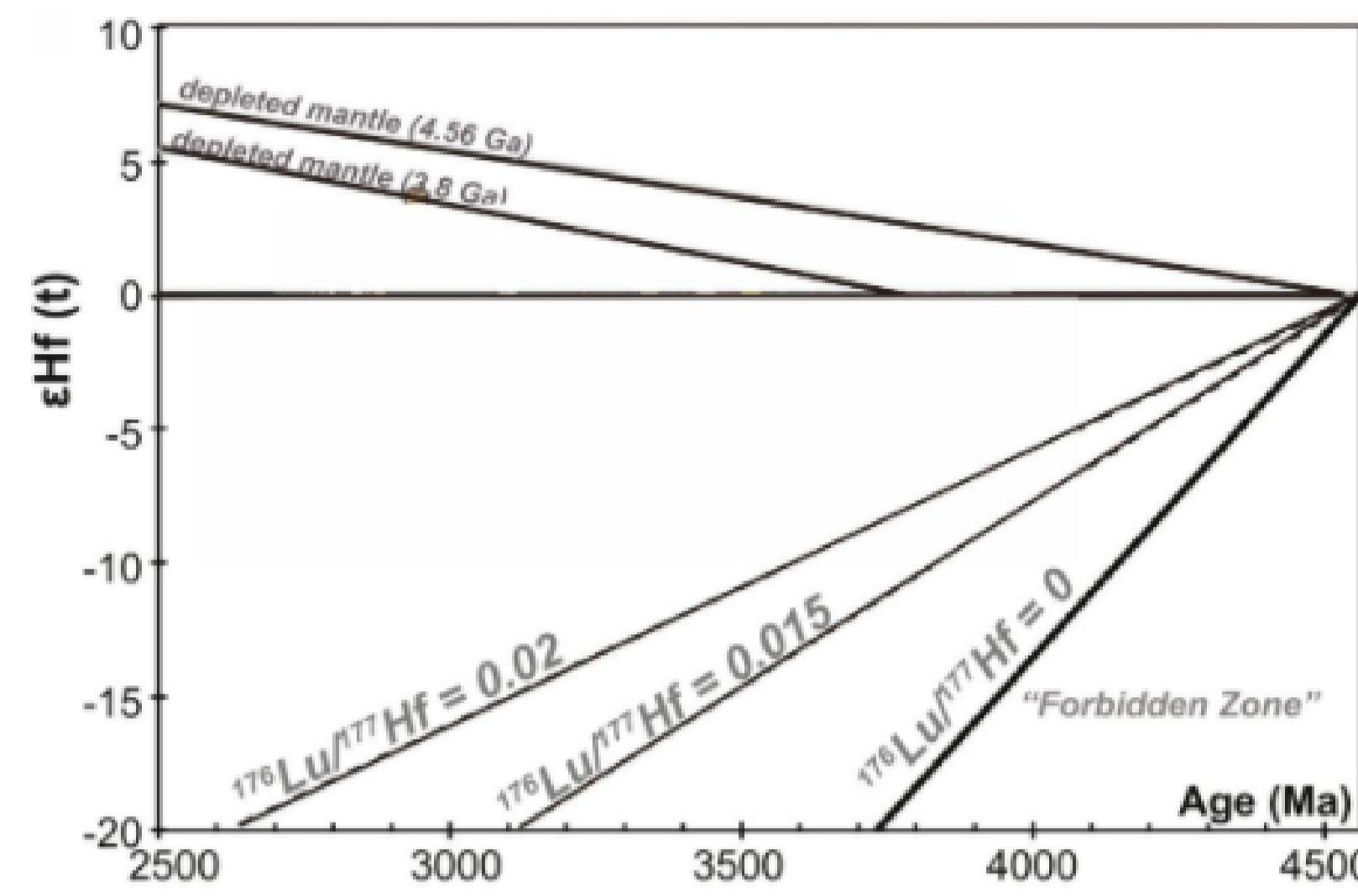


图1 全球性地幔亏损始于何时仍有争议。近些年来Christopher Fisher, Jeffrey Verwoort等认为亏损地幔演化的起点在3.8Ga

研究人员发现，在经严格筛选得到的碎屑锆石中，约37%具有高于球粒陨石的Hf同位素组成，但在总体上仍大致分布于球粒陨石演化线两侧。这与全球古老锆石的Hf同位素成分类似，似乎表明锆石Hf同位素的确实不支持地球早期有亏损地幔的存在。可是需要注意的是，尽管锆石长久以来被视为示踪早期地壳演化的最可靠的矿物，但过去的研究中即便以最完美的锆石为研究对象，仍不可避免地忽视了锆石自身所带来的偏差和早期构造环境的影响。

绝大多数始太古代-冥古宙的锆石都是来自于TTG (英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩) 岩石。地球化学和实验岩石学证据表明，TTG通常由富集的镁铁质源区分离而来，那么利用这些锆石所得到的地幔源区的成分也自然应该是富集地幔的特征。实际上，对全球TTG的微量元素和同位素数据的统计也证实了这一点：即TTG的原岩所对应的地幔源区也应是未分异的。亏损源区不容易形成TTG，自然不容易被TTG中的锆石所记录。

此外，基于锆石Hf同位素反演地幔源区的同位素特征，其中的一个重要假设是，这些锆石所赋存的地壳具有非常短的居留年龄，即岩浆从地幔分离出来之后，其Lu-Hf同位素未经长期演化，就很快被锆石记录下来。但是不同于现今壳幔强烈相互作用的俯冲构造体制，在迟滞盖层体制主导的冥古宙-始太古代，镁铁质岩石常常可以在封闭体系下保存几亿年，甚至超过10亿年，如果采用平均镁铁质地壳成分 ($^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}=0.022$) 来计算，其 ϵ_{Hf} 值平均每一亿年会低估0.8 ϵ 。因此，始太古代-冥古宙大多数锆石所反映的球粒陨石特征，应当被视作是地幔源区的最小值，即地幔真实值应该普遍高于球粒陨石。

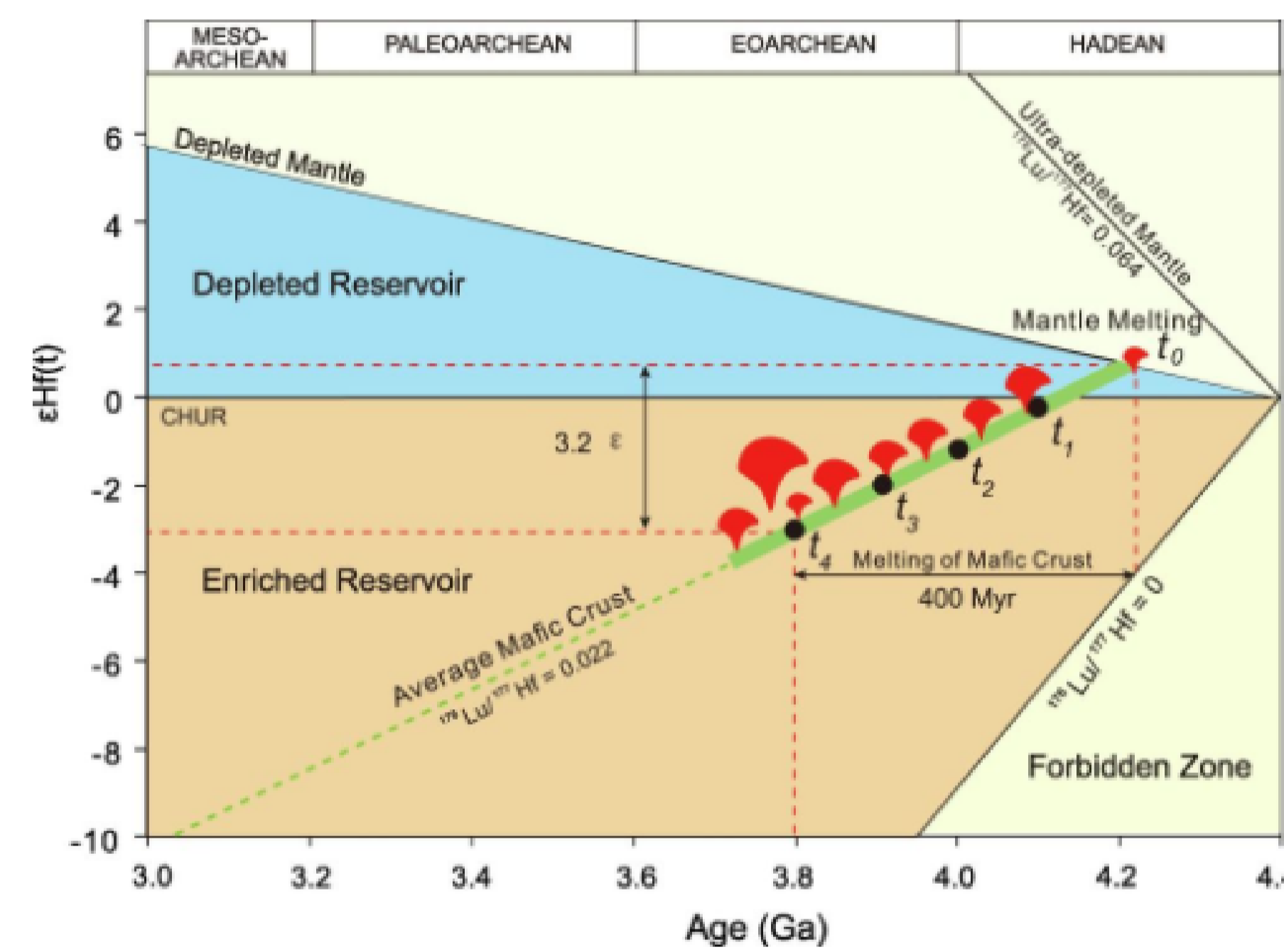


图2 不同于现今的俯冲构造体制，在冥古宙-始太古代，镁铁质岩石常可以保存几亿年，甚至超过10亿年，因而锆石 ϵ_{Hf} 会显著低估地幔的真实同位素组成

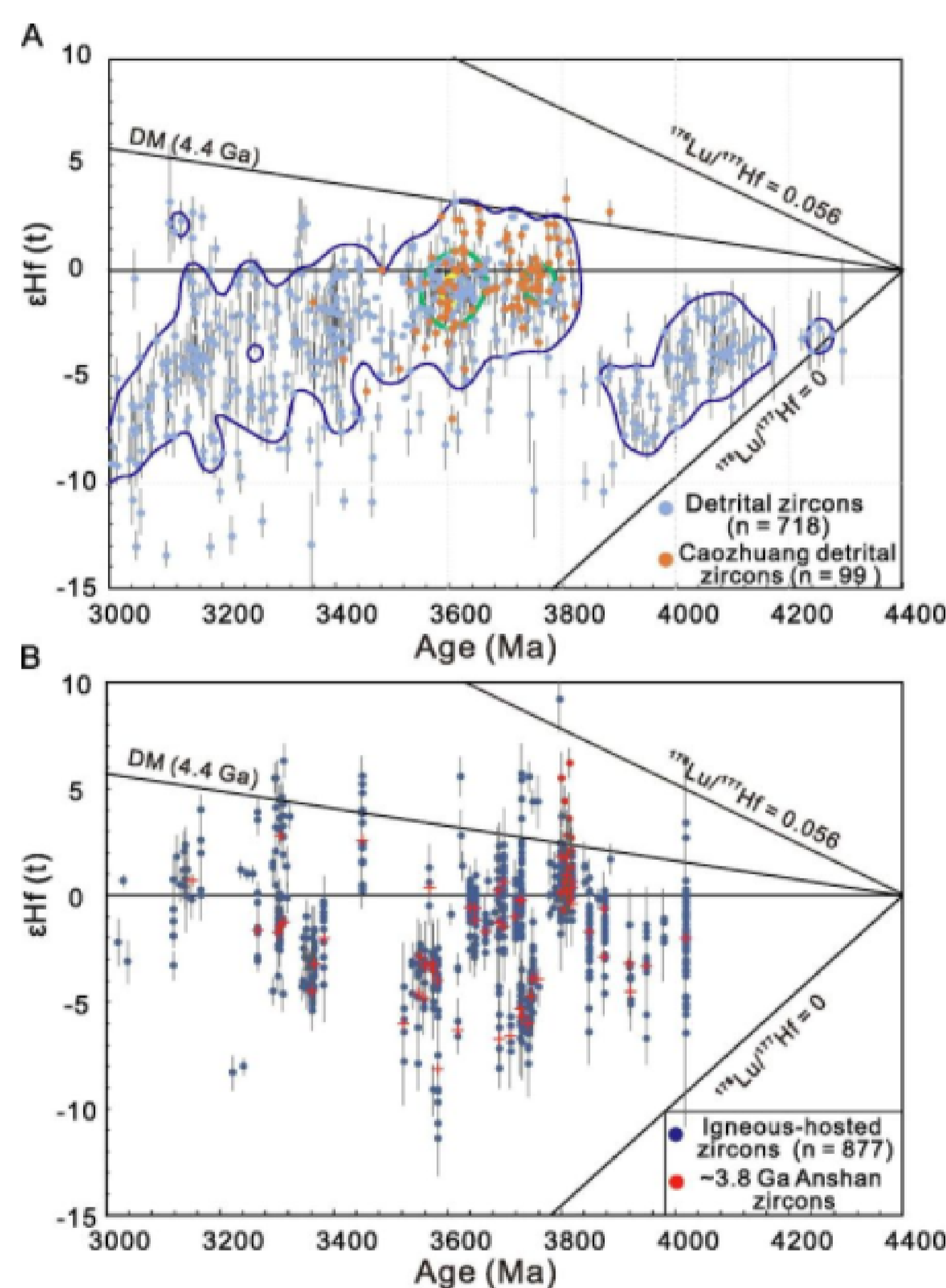


图3 全球锆石数据汇总显示锆石Hf同位素在3.8Ga前并未显示亏损特征，但考虑到锆石自身所带来的偏差和地球早期构造环境的影响，这反而意味着亏损地幔此时已广泛存在

更为直接的证据可能来自于镁铁质-超镁铁质岩石。西格陵兰和Isua绿岩带等古老地体均发育有亏损-超亏损的橄辉岩、玄武岩等岩石记录。而诸如 ^{142}Nd 同位素和 Mo 同位素等的研究则揭示了更早期的地幔不均一性的存在。综合这些岩石学和地球化学证据，以及本文的研究，研究人员得出结论：地球早期 (4.4-3.8Ga) 球粒陨石的锆石Hf同位素组成，反而意味着此时全球性地幔亏损已经普遍存在。

研究成果发表于地球化学领域国际学术期刊*Geochimica et Cosmochimica Acta* (刘鹏, 郭敬辉, Ross Mitchell, Christopher Spencer, 李献华, 翟明国, Noreen Evans, 李艳广, Bradley McDonald, 靳梦琪. Zirconium underestimate mantle depletion of early Earth [J] *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2021. DOI: 10.1016/j.gca.2021.11.015)。