



新闻动态

您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 研究亮点

- 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

## 杨晶等-GCA: 太阳系早期炽热小行星之间的撞击作用

2019-10-08 | 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

在太阳系早期,类地行星、月球和小行星上发生的撞击作用是非常普遍又极其重要的地质过程。撞击过程产生的巨大能量曾被认为是行星和小行星进行熔融分异的主要热源之一。但是,对来自小行星的陨石研究却发现:陨石(例如,普通球粒陨石)即使遭受高达60 GPa以上的强烈冲击,也只产生微米至毫米级宽度的熔脉或熔融囊,这些冲击熔体只占到陨石体积极小的一部分。模型计算也显示,当设定小行星温度为100-300 K时,在撞击程度不足以粉碎小行星的前提下,撞击产生的熔融只有约 $10^{-4}$ 体积。因此,当小行星处于低温时,冲击并不能有效熔融小行星的岩石。

太阳系形成最初的20 Ma内,由于灭绝核素衰变释放的能量,小行星被加热,其内部经历热变质作用(950-1300 K)甚至发生熔融分异(>1300 K),保持在一种高温状态。由于岩石的物理性质与温度具有密切的关系,因而高温靶岩和低温靶岩的冲击效应可能有很大的差异,并导致对小行星早期热演化的不同影响。但是,对高温靶岩冲击效应的研究鲜有报道,也缺乏热状态下小行星发生强烈撞击的证据。中科院地质与地球物理研究所地球与行星物理重点实验室杨晶博士后与合作导师林杨挺研究员等,通过对未分群无球粒陨石Northwest Africa (NWA) 7325的研究,发现该陨石是小行星母体仍处于高温状态时,通过撞击作用部分熔融形成,并提出了炽热小行星的撞击变质模型以及撞击对早期小行星热演化的影响。

NWA 7325是呈堆晶结构的橄榄辉长岩,选择该陨石作为研究对象的考虑是:(1)结晶年龄非常古老,约为4563 Ma,距太阳系形成仅4 Ma;(2)岩矿特征表明经历了加热和部分熔融,但是否为冲击熔融尚待确认;(3)与辉石接触的长石颗粒边界以及长石内部分布有大量的亚微米至微米级尺度的微晶(图1),这一特殊的岩相学特征未在其他陨石中有过报道。他们以这些微晶的组成、结构和成因为切入,采用FIB-TEM联用技术,同时结合岩相学和矿物化学的分析,取得了以下新的发现:

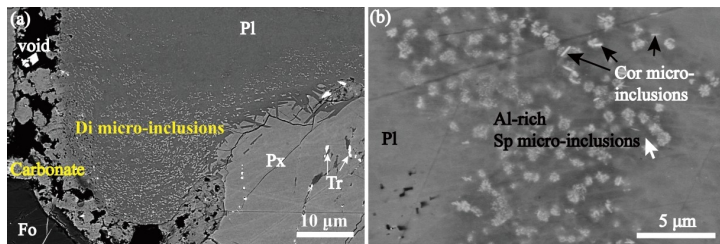


图1 NWA7325中在与辉石(Px)接触的长石(P1)颗粒边界分布的透辉石(Di)微晶,以及在长石颗粒内部分布的大量富铝尖晶石(Sp)微晶和少量的针状刚玉(Cor)微晶

(1) NWA 7325发生了高程度的部分熔融,使全部长石颗粒完全熔融,这是小行星撞击导致熔融的证据之一;

(2) 与长石颗粒相邻的透辉石、以及可能的橄榄石边缘发生部分熔融,并且与长石熔体发生扩散混合,形成一个组成不均一的熔体,其Mg含量剖面呈边缘高而中央低的特点(图2)。该熔体不同位置快速结晶形成不同的微晶组合,长石颗粒边缘区域多为富铝透辉石,含少量橄榄石微晶;向内出现大量亚微米级富铝尖晶石微晶(图3),极少量刚玉针状微晶与尖晶石微晶分布在长石颗粒中部(图4)。同时,尖晶石的Mg/Al比值也由外向内趋于降低;

(3) 基于Mg在长石熔体的扩散,得到1300 °C时熔体的冷却速率约为500-650 °C/h,进一步证明是冲击熔融。根据冲击模型的能量计算,文章认为NWA 7325的小行星母体在温度约为1000-1100 °C条件下,发生了这一撞击部分熔融事件。

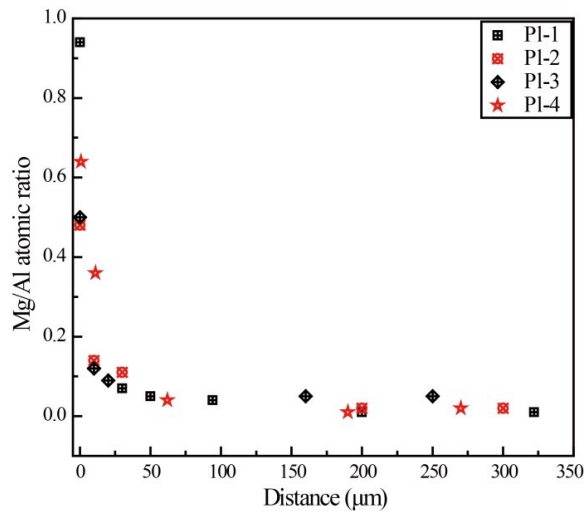


图2 NWA 7325长石颗粒不同区域的Mg/Al比值与其距边界距离之间的关系

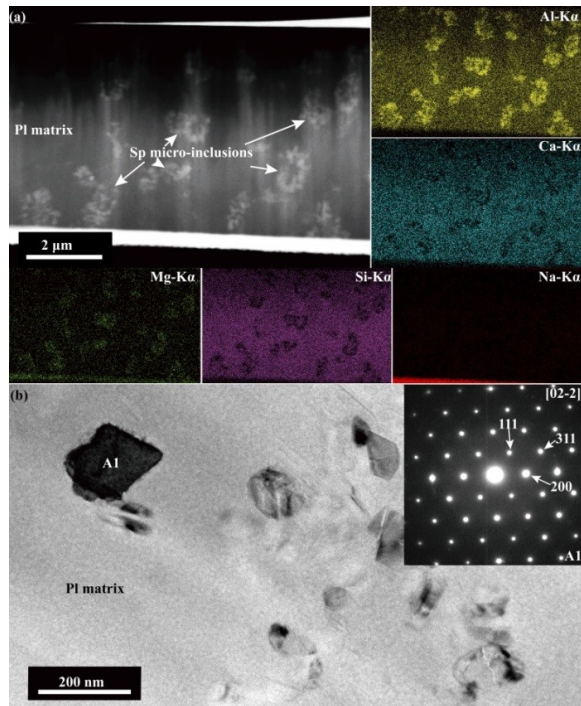


图3 长石颗粒内部富Al尖晶石 (Sp) 微晶的TEM图像

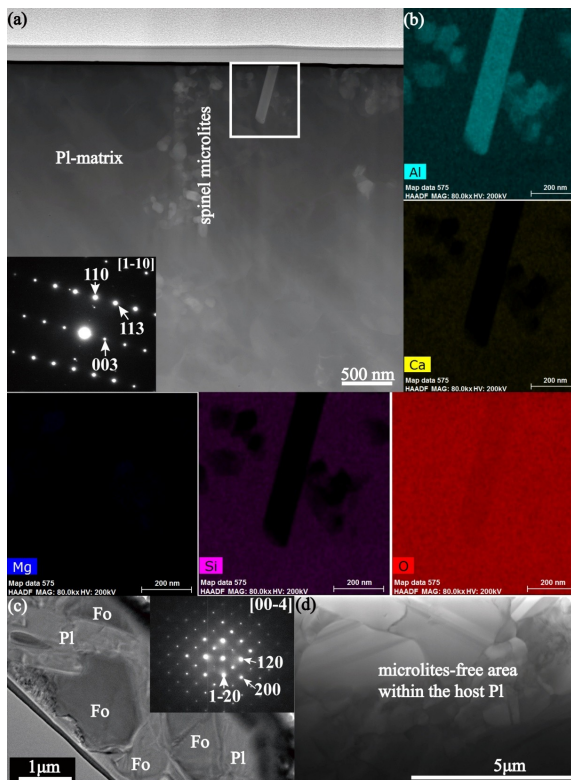


图4 长石颗粒内部与尖晶石微晶共生的针状刚玉微晶的TEM图像

此项工作的研究意义在于：

(1) 通过对未分群无球粒陨石NWA 7325长石颗粒中微晶的化学组成和矿物结构的分析，确定了这些从未在其他陨石中有过报道的特殊微晶的成因。以微晶成因作为切入点，构建小行星撞击模型，计算撞击时小行星母体的温度，证实太阳系早期小行星在高温状态下发生强烈的冲击作用；

(2) 首次证明了在小行星撞击过程中，高温靶岩与低温靶岩的冲击效应存在显著差异。当撞击强度不足以粉碎小行星时，低温岩石多是只产生微米级宽度的熔脉或熔融囊，而高温岩石会出现大范围的熔融，并从冲击熔体中结晶新的矿物；

(3) 太阳系早期（20 Ma内）小行星处于高温状态，并且星子间的撞击也最为频繁。因此，本研究表明冲击作用能够有效的熔融小行星的壳层岩石，是太阳系早期小行星（壳）进行熔融分异的重要热源。

研究成果发表于*Geochimica et Cosmochimica Acta*. (Yang J, Zhang C, Miyahara M, Tang X, Gu L X, Lin Y T\*. Evidence for early impact on a hot differentiated planetesimal from Al-rich micro-inclusions in ungrouped achondrite Northwest Africa 7325 [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2019, 258: 310-335. DOI: 10.1016/j.gca.2019.03.010)

(原文链接)