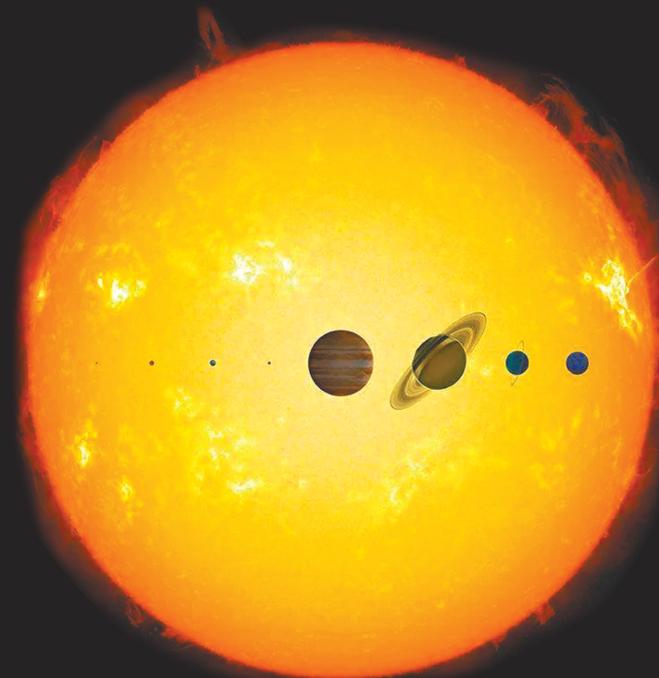


# 天外 来客

## 讲述太阳系 “童年”故事



地球



太阳系

研究人员提出,原行星盘气体的外流像一双“看不见的手”,参与了早期太阳系的塑造,影响了小天体和行星的形成。他们从陨石同位素含量两极化的现象入手,推演太阳系形成之初的500万年间发生的故事,并据此构建出早期太阳系天体形成的新模型。

5月31日,我们迎来了武仙座流星雨。一颗颗流星划过夜空,带给我们一场视觉盛宴。但其实流星的背后,还可能包含着解开太阳系身世之谜的种种线索。在天文学家眼中,流星是来自太空的信使,帮助好奇的人类了解宇宙的奥秘。他们试图从陨石中捕捉各种蛛丝马迹,揭开藏在太阳系漫长演化历程中的种种谜团。

近日,《科学·进展》杂志刊登了浙江大学物理学院研究员刘倍贝与丹麦哥本哈根大学、瑞典隆德大学学者的联合研究成果——从陨石同位素含量两极化的现象入手,推演太阳系形成之初500万年间发生的故事。

他们提出,原行星盘气体的外流像一双“看不见的手”,参与了早期太阳系的塑造,影响了小天体和行星的形成。据此,他们构建出早期太阳系天体形成的新模型。

### 陨石成分不均是关键线索

让我们将时间线推回到太阳系诞生后的500万年间,彼时的太阳系正处“童年期”,太阳周围环绕着一个扁平的气体圆盘。这个气体圆盘被称为原行星盘,它就像是行星们的共同“摇篮”,其中漂浮的固体颗粒可被成长中的行星所吸积。

太阳系里的小行星、彗星或行星撞击后产生的碎片即陨石,它们的母体也形成于同一时期、同一“摇篮”——原行星盘。科学家可以通过对陨石进行研究,探索早期太阳系形成和演化的过程。

按照物质成分,陨石可分为碳质陨石和非碳质陨石。碳质陨石含有更多的挥发性物质,包括含碳有机物和水等;而非碳质陨石则含有更多的难熔性金属元素。

学界认为,这种差异源于陨石的母体形成时的位置。“原行星盘越靠近太阳的位置,温度就越高,挥发性物质含量就越低,主要物质是非碳质固体物质;越远离太阳的位置,温度越低,主要物质是碳质物质。”刘倍贝指出,这两类陨石的同位素含量也大相径庭。

刘倍贝介绍,根据同位素测年法,陨石的形成时间横跨整个原行星盘存在的阶段(约为太阳系诞生之初的500万年间),它们吸积的固体物质通常而言是流通的,因此它们在组分上应该呈现出一定的连续性。然而真实的观测结果则是这两类陨石的同位素呈现出两极

### “时间隔绝”让陨石同位素两极化

会不会有一种力量,让原行星盘形成了彼此相互隔离的区域?有学者提出,这种力量或来自于太阳系中的“大兄长”——气态巨行星木星,即“木星开沟”理论,这一理论或许可以解释陨石成分两极化的现象。

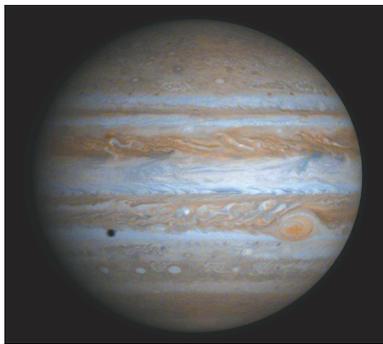
“木星开沟”理论提出,木星的固体核在太阳系诞生之初的100万年内形成,它凭借其巨大的质量和强大的引力,在气体盘中开了一个“深沟”,完全阻断了后续固体颗粒的内流,内外盘的固体物质自此隔绝。

刘倍贝对这一观点存在疑问,如果木星真在气体盘中开了一个“深沟”,完全阻断了后续固体颗粒的内流,那么内盘非碳质固体颗粒物会因快速迁移而消耗殆尽。这样一来,普通球粒陨石和顽火辉石球粒陨石的母体就没有可以吸积的非碳质固体颗粒物,也就无法长大。

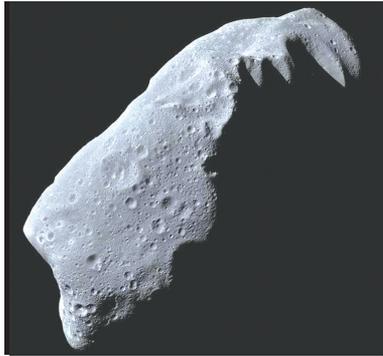
研究表明,这两种球粒陨石形成于太阳系诞生

化,这一现象今天文学界尤为惊讶。

刘倍贝解释道,这种两极化的现象意味着在原行星盘中,可能存在大尺度、长时间的物质隔离。



木星



小行星

### 勾勒太阳系 “童年期”的画像

根据此次研究中指出的原行星盘气体外流效应,3位研究人员重新“复盘”了太阳系“童年期”原行星盘内固体物质的演化:在太阳系诞生之际,原行星盘内的固体颗粒物分布呈现较为明显的两极化,靠近太阳位置的内盘以非碳质固体颗粒为主;远离太阳的外盘以碳质固体颗粒为主。在外盘的固体颗粒流入内盘之前,内盘非碳质(包括无球粒陨石、普通球粒陨石和顽火辉石球粒陨石)的母体们靠吸积耐火物质(熔点较高的难熔性物质)而形成。

与此同时,外盘的碳质球粒陨石母体靠吸积碳质固体颗粒逐渐长大。在约200万年至300万年之后,碳质颗粒最终迁移进入内盘。

“行星形成早期,位于内盘的火星和地球吸积的是非碳质固体颗粒。在约200万年至300万年之后,碳质固体颗粒最终迁移进入内盘。此后地球和火星吸积碳质固体颗粒成长,因而它们的同位素含量是两大类固体物质的混合。”刘倍贝说,这也解释了观测上的火星和地球同位素含量介于这两类陨石之间的现象。

刘倍贝说,从现有的观测出发,我们并不能对木星的形成时间给出更严格的限制。现今的木星位于距太阳5.2个日地距离处,木星形成的位置学界有两种假说:一种认为木星为原位形成,成长过程中没有大尺度的轨道迁移;另一种认为木星形成于外盘较远处,距太阳大于10个日地距离。

“我们的模型更支持后者。”刘倍贝说,因为木星大气中发现的诸多易挥发性元素如碳、磷、氮和氩,其含量均比太阳高出数倍之多,这一现象很难用原位形成理论解释。相反,如果木星内核形成于行星盘外部较冷的区域,以上易挥发性元素均以固态的形式存在,它们被木星内核吸积后可外溢进入木星的大气层,产生我们所观测到的元素增丰。

此外,木星质量增长之余也与原行星盘相互作用,产生向内的轨道迁移。木星内移的过程中,不断地通过引力散射作用将沿途的碳质陨石母体送入内盘,产生了现今太阳系小行星带特有的群体分布和轨道构型。

据科技日报 图据NASA