

新闻博览

首页 / 新闻博览 / 正文

© 2023年12月11日

中国科大在行星挥发份增生演化方面取得重要进展

近日，中国科学技术大学地球和空间科学学院王文忠特任教授与多位国际学者合作，研究类地行星增生演化过程中的同位素分馏，发现地球在早期吸积阶段就已经积累了足够多的挥发性元素，而吸积形成的星胚熔融挥发进一步重塑了地球的挥发份含量。相关成果以“Chalcogen isotopes reveal limited volatile contribution from late veneer to Earth”为题发表在《Science Advances》上。

挥发性元素，如碳、氢、硫和氮等，对生命至关重要。弄清地球如何增生这些挥发性元素，是理解类地行星形成和演化的关键，也是进一步理解地球如何演化成可宜居星球的基础。传统理论认为，形成地球的初始物质严重缺乏挥发份，而目前地球所具有的挥发份丰度主要是在增生晚期通过加入少量富含挥发份的外太阳系物质形成的。这一过程发生在地核形成之后，也被称为“后期增生模型（Late veneer）”，意味着构成生命的大多数元素是在地球形成之后才到达地球的。

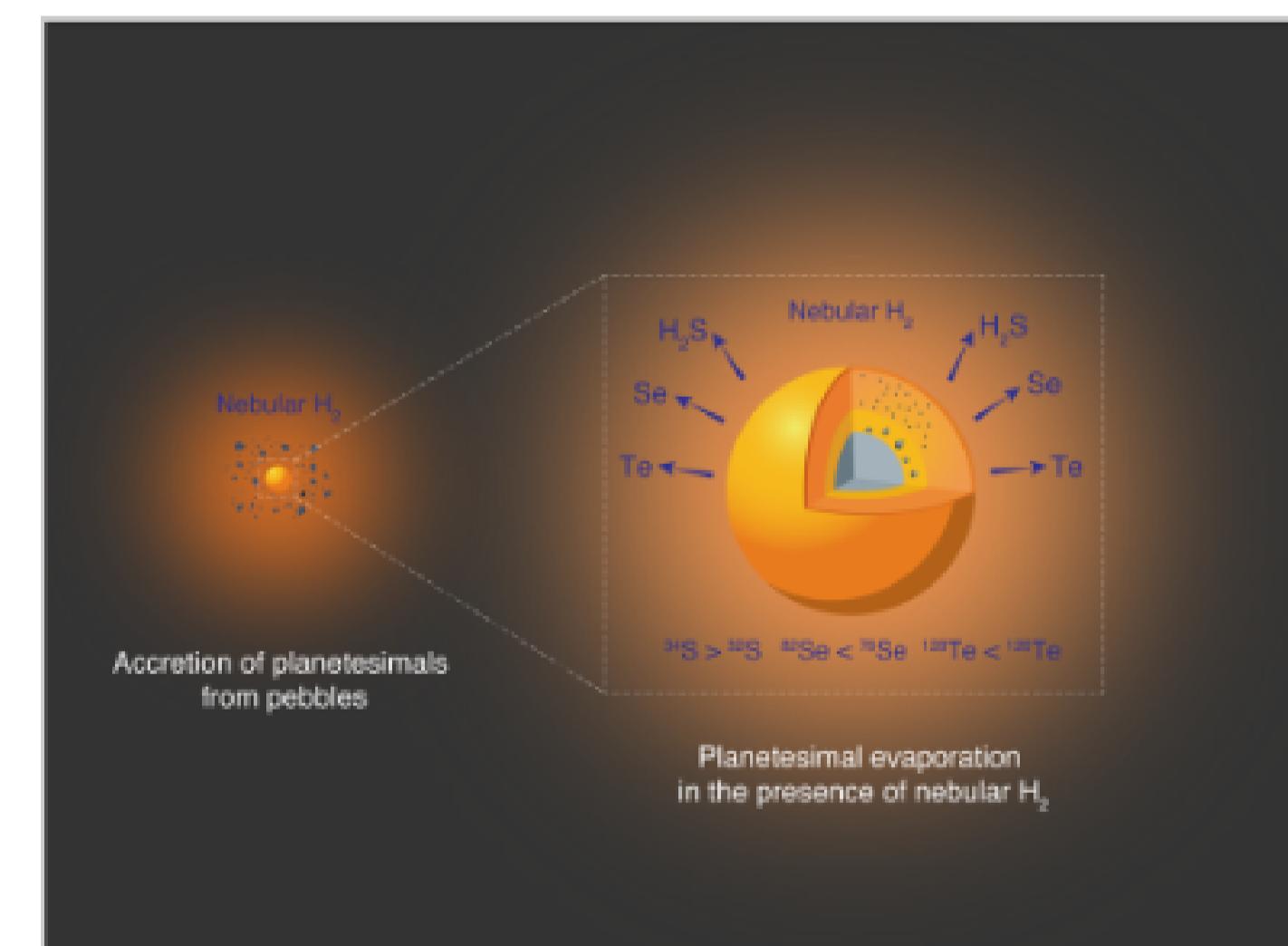
太阳系行星的吸积形成与演化发生在大约45多亿年前。挥发性元素的稳定同位素可以作为指纹来追踪这些过程，为了解类地行星挥发份的起源和演化提供了关键研究手段。通过对地球和球粒陨石（被认为是形成地球的初始物质）的挥发性元素同位素信息，可以进一步厘清地球挥发份的来源。这样的方法需要我们弄清地球增生演化过程中的同位素分馏。

然而，行星形成演化过程往往处于高温高压条件下，通过实验测定同位素分馏挑战很大。例如，地核的形成发生在超过3000 K和20万个大气压的条件下，后者相当于目前地球内部600公里的深度。王文忠等长期从事利用第一性原理计算研究极端条件下同位素平衡分馏系数，建立了可靠的理论计算方法预测星胚挥发和核幔分异过程中的同位素分馏。

研究团队关注了硫族元素（硫、硒和碲）的同位素。通过第一性原理计算发现，在早期太阳系星云气体未完全散去的情况下，星云物质凝聚形成星胚导致熔融挥发会使得星胚富集轻硫、重硒和重碲同位素；其初始物质具有偏轻的硫同位素组成，但具有偏重的硒和碲同位素组成。进一步模拟表明，星胚挥发丢失大约90%的硫、硒和碲可以同时定量解释地球的低硫同位素比值、高硒和碲同位素比值，而“后期增生”的作用可忽略不计。

这项研究结果表明，地球在吸积初始阶段就增生了大量的挥发性元素，后续的星胚演化过程重塑了地球的挥发份储库。这项结果挑战了传统的“后期增生”理论。这不仅改变了我们对行星演化的理解，也为进一步研究行星形成与宜居环境演化之间的关系提供了新的视角。

论文第一和通讯作者为王文忠特任教授，合作者包括英国伦敦大学学院John Brodholt教授、美国卡耐基科学研究所Michael Walter研究员、田纳西大学诺克斯维尔分校黄士春教授和哈佛大学Michail I. Petaev研究员。



图一 早期星胚熔融挥发过程中硫、硒和碲同位素分馏

该项研究得到了自然科学基金委和中国科学院的资助，部分理论计算在中国科学技术大学超算中心完成。

论文链接：<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh0670>

(地球和空间科学学院)