
新研究揭示磷在核幔分异过程中的分配机制

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37022.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

新研究揭示磷在核幔分异过程中的分配机制。在国家自然科学基金等项目资助下，中国科学院广州地球化学研究所博士研究生管世东在导师王煜研究员和杜治学研究员的指导下，携手美国普林斯顿大学邓杰团队，运用第一性原理分子动力学方法，成功揭示了磷在核幔分异过程中的分配机制。相关研究近日发表于《地球化学与宇宙化学学报》。

磷，作为DNA与RNA的关键构成元素，其地球化学行为在行星分异和生命演化研究中具有重要的指示意义。同时，磷属于典型的中等亲铁元素，其金属/硅酸盐分配系数对压力（P）和温度（T）极为敏感，是精确限定早期岩浆洋热力学条件的关键参数。现有的研究表明，硅酸盐地球（BSE，指地球中除了地核以外的部分）的磷丰度存在明显亏损现象，众多学者认为这一亏损机制与核幔分异过程紧密相关。

具体而言，在核幔分异阶段，磷在高压环境下展现出的亲铁性，使得大量磷进入地核。然而，在核幔分异所对应的高压条件下，磷的分配行为始终未能得到清晰厘定。并且，现有的低压（<20 GPa）实验数据显示，磷的拟合结果呈现出多种价态。这种价态分歧若外推至高压区间，会显著放大分配系数的不确定性，给研究带来极大困扰。

为攻克这一难题，研究人员采用第一性原理分子动力学方法，对10-135 GPa、3000-5000 K条件下三种价态（+5、+2、0价）磷的分配特征展开了系统考察。研究结果表明，各价态磷的分配系数均随压力升高呈现出明显的上升趋势。特别是在高压端元，磷的分配系数极高。这一发现意味着，在地球早期增生阶段进入地球的磷，几乎全部被地核吸纳，从而为核幔分异导致BSE磷亏损提供了直接且有利的证据。

在结合早期地球增生模型进行分析时，传统单阶段模型假设地球仅经历一次核幔分异。但模拟结果显示，在该模型对应的核幔分异压力下，磷的分配系数过高，与BSE的观测值存在明显不符。为使模拟结果与现阶段BSE中磷的观测值相契合，必须考虑多阶段增生模型，并引入末期大撞击的化学不平衡机制。

具体而言，地球经历了多次核幔分异过程，而最后数次巨型撞击由于规模巨大、混合时间短暂，其金属核无法与周围地幔充分达到平衡状态，便直接并入原始地核。进一步深入研究还表明，若末期撞击体已经发生分异，那么至少需要两次完全不平衡事件；若撞击体保持未分异状态，则单次质量约为地球6%的碳质球粒陨石胚胎撞击，即可满足BSE磷观测约束条件。

该研究首次将多价态磷在高压条件下的分配行为进行量化，为非平衡增生模型提供了重要证据，有望推动行星分异和生命演化研究迈向新的高度。（来源：中国科学报 朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.gca.2025.11.017>

作者：王煜等 来源：《地球化学与宇宙化学学报》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发