
月背火山活动“面纱”首次揭开

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30385.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！

月背火山活动“面纱”首次揭开。11月15日，中国科学家采用嫦娥六号采回的月球背面样品做出的首批两项独立研究成果，同时刊登在国际顶尖学术期刊《自然》与《科学》杂志。两项研究首次揭示月球背面约28亿年前仍存在年轻的岩浆活动，这一年龄填补了月球玄武岩样品在该时期的记录空白。其中一项研究表明月球背面43亿年前就存在岩浆活动，因此月背岩浆活动至少持续了14亿年。

两刊国际审稿人认为嫦娥六号样本首批研究成果令人兴奋，相关研究结论新颖，为人们了解月球演化历史提供了独特的视角与关键的科学证据，将广泛引起读者的兴趣。

揭秘月之暗面

岩浆活动是了解月球热演化的重要依据，岩浆活动停止表明月球失去了内动力，即地质意义上的死亡。

国际科学界通过阿波罗任务、Luna任务等认识到月球正面最古老的月海火山活动可以追溯至40亿年前。2021年以来，中国科学家通过嫦娥五号返回的月壤样本证明，月球正面20亿年前仍然存在较大规模的岩浆活动，并利用嫦娥五号样品中的火山玻璃珠揭示了月球正面甚至在1.2亿年前还存在小规模火山活动。

月球背面的火山活动情况如何？这是科学家长期以来希望回答的问题。

由于月球具有二分性，其正面和背面在形貌、成分、月壳厚度、岩浆活动等方面存在显著差异。至今，这些差异的形成机制仍然悬而未决，是月球科学研究中亟待解决的关键问题。

众所周知，因为潮汐锁定，月背对地球而言始终不可见。过去，科学界对于月球背面的认识主要基于遥感研究。2024年6月，嫦娥六号月球探测器在人类历史上首次携带1935.3克月球背面样品返回地球，为厘清月球正面和背面物质组成的差异、破解月球二分性之谜提供了机遇。

嫦娥六号样品采集自月球背面的南极-艾特肯盆地，该盆地是月球上最大、最深、最古老的盆地，由小天体直接撞击形成，直径约2500公里，深度约13公里，可追溯到约43亿年前，是月球演化历史中的关键事件。这些特征使它成为洞察月球背面科学问题的重要突破口。

作为国家战略科技力量，中国科学院的科学家们在今年8月拿到样品后，就迫不及待地与时间赛跑。在短短的三个月里，他们就揭开了月之暗面的面纱，揭示了月背物质特性、岩浆活动等特征

，为探索月球二分性成因提供了重要信息。

定年是个首要任务

月海玄武岩由月幔发生部分熔融产生的岩浆上升喷发至月表形成，是探索月球内部物质组成和热演化的重要窗口。嫦娥六号返回样品研究首要的任务就是确定玄武岩岩屑的年龄和岩浆源区性质。中国科学院地质与地球物理研究所研究员李秋立对《中国科学报》说。

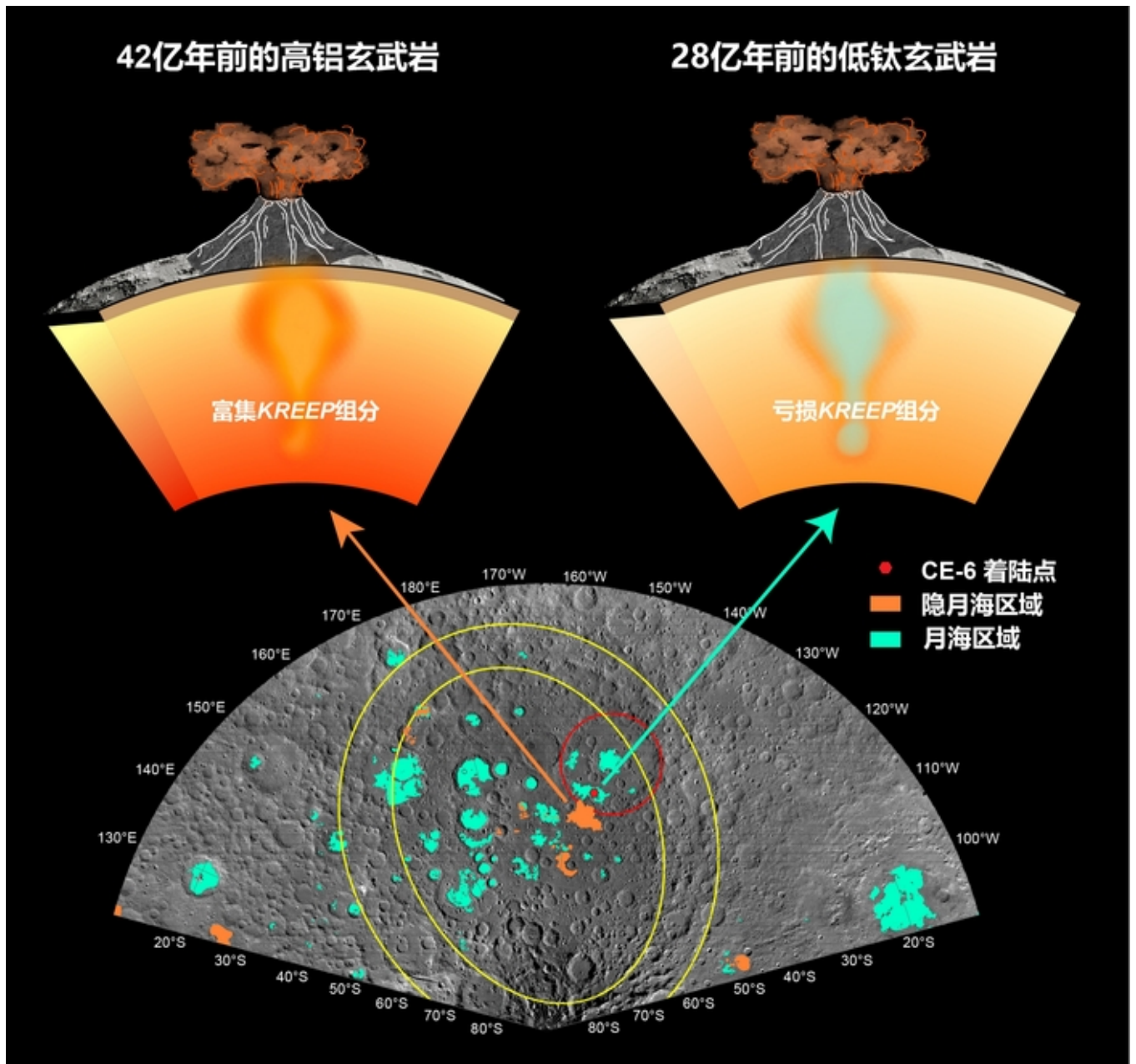
在发表于《自然》的研究中，李秋立与中国科学院院士李献华以及来自中国科学院国家天文台的合作者对5克月背样品进行了深度挖掘。他们从中分选出108颗大于300微米的玄武岩岩屑。Pb同位素分析显示，其中有107颗岩屑来自同一火山喷发时期，揭示了嫦娥六号着陆点28亿年前存在火山活动。

有趣的是，有一颗岩屑显得非常与众不同。它是一颗具有嵌晶结构的高铝玄武岩岩屑，精确定年显示其喷发时代为距今约42亿年前，是迄今为止返回样品中发现的最老玄武岩样品。

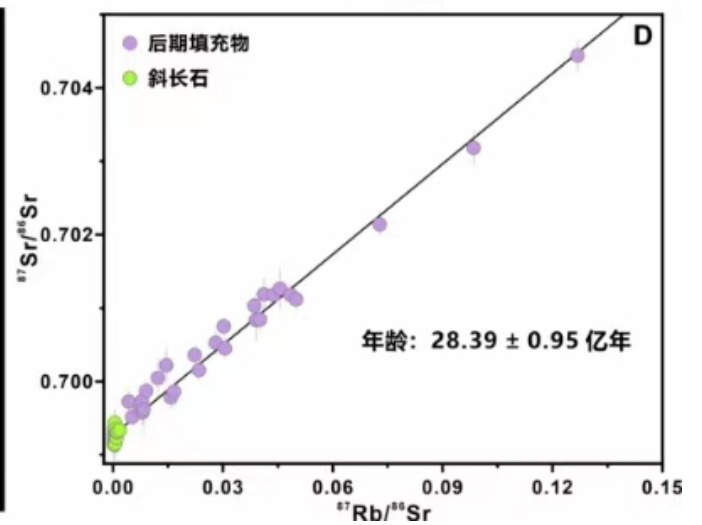
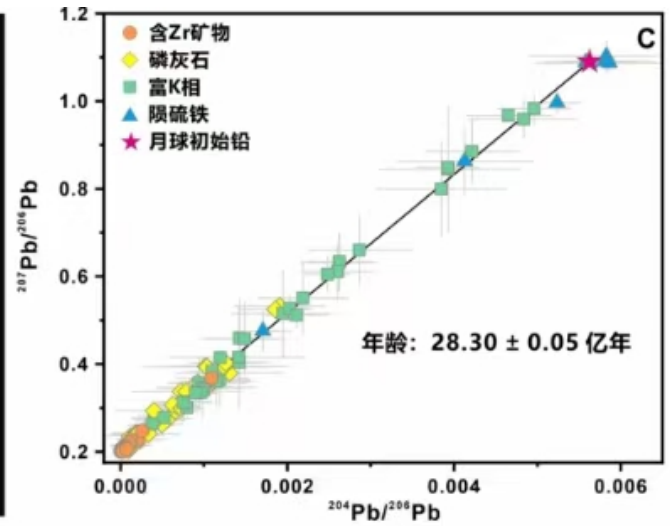
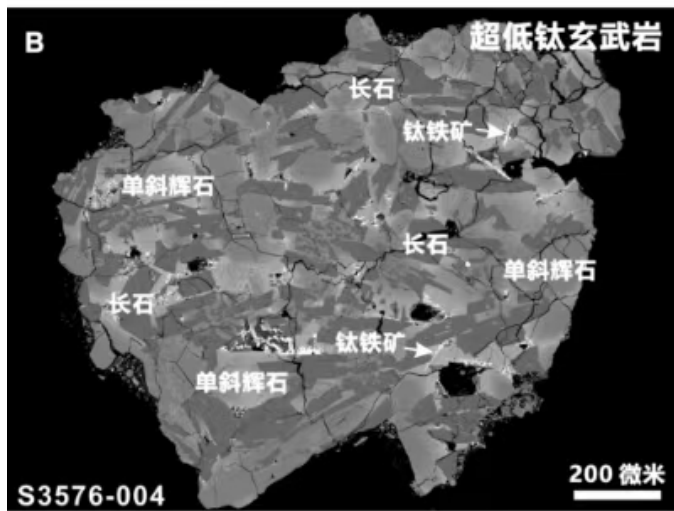
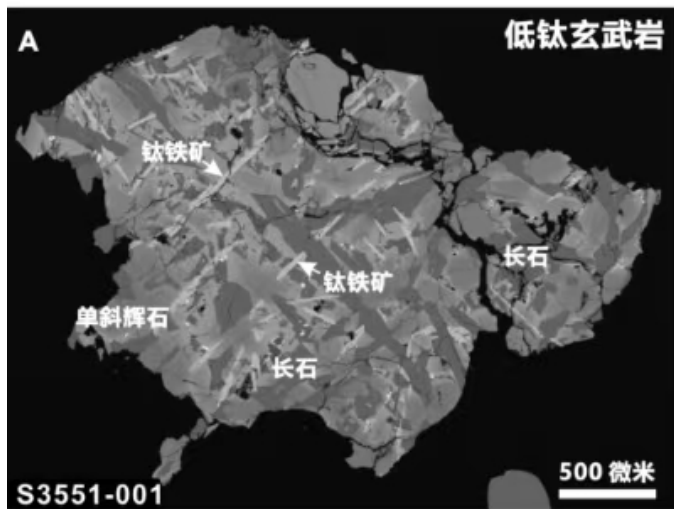
综合来看，月球背面火山活动至少持续了14亿年以上。李秋立说。

在发表于《科学》的研究中，中国科学院院士、中国科学院广州地球化学研究所研究员徐义刚和高级工程师张乐领衔的团队，通过对3.5克月壤样本玄武岩屑中微小含锆矿物（<5微米）以及斜长石和晚期填隙物开展同位素分析，标定嫦娥六号低钛玄武岩形成于距今28.3亿年前的火山喷发。

月背样品定年意味着什么呢？张乐告诉《中国科学报》，这不仅意味着月球背面与月球正面一样，同样存在着年轻的岩浆活动；同时新的地质年代学数据还弥补了月球撞击历史研究在距今约32亿~20亿年间缺乏样品标定的空白，更新了行星地质学领域广泛使用的撞击坑统计定年曲线。新获取的定年曲线显示月球在经历早期高频率的小天体撞击后，撞击频率快速下降，在28.3亿年前已达到整体稳定的状态。



嫦娥六号返回月壤样品中记录的两期玄武质火山活动及其月幔源区性质示意图。地质地球所供图



嫦娥六号月壤中含有两套月海玄武岩，其中低钛玄武岩形成于28亿年，极低钛玄武岩的形成年龄未知。徐义刚团队供图

克里普中的秘密

除了给样品定年，两个研究团队还揭示了月背样品中克里普的物质特性，并推测了其对月背火山活动及月海玄武岩的潜在影响。

克里普物质以富含钾（K）、稀土（REE）和磷（P）为主要特征，元素符号拼在一起为‘KREEP’，即克里普。李秋立向《中国科学报》解释说。

据介绍，现有的月球形成和演化理论认为，月球形成之初，曾被深达数百千米的岩浆洋覆盖，克里普被认为是岩浆洋冷却到最后阶段（>99%）剩下的残余熔体，它高度富集不相容元素，如铀、钍、钾、稀土、磷等，并最终固结于月壳和月幔之间。根据月面钍含量分布图，克里普物质在全月的分布可能并不均匀。

在《自然》论文中，李秋立与合作者发现，107颗年轻的岩屑来自克里普物质非常亏损的源区；只有那颗与众不同的古老岩屑来自克里普物质富集的源区，他们推测它或是一个外来物，来自着陆点南侧隐月海单元。

基于此，研究者认为，月背在经历了形成南极-艾特肯盆地的大撞击事件之后，仍存在较富集克里普物质的月幔源区，演化到28亿年前时，已经非常亏损克里普物质的月幔源区仍可以产出岩浆活动。这暗示月背较小规模的岩浆活动与亏损克里普物质并不直接相关，可能较厚的月壳厚度是导致月背玄武质火山活动分布较少的更主要原因。

徐义刚与合作者也发现，嫦娥六号低钛玄武岩具有一个克里普物质十分亏损的月幔源区。不过，他们认为，这样的月幔源区与月背的火山喷发以及月海玄武岩的分布存在相关性。

月海是月球上比较低洼的平原，肉眼遥望时就像月球上的黑暗色斑块，其表层覆盖着月海玄武岩。月海及月海玄武岩大多分布在月球正面，月球背面则极少分布，这也是月球二分性的一个重要体现。

传统观点认为，月球背面的月壳较厚，抑制了月海玄武岩喷发，导致月球正面和背面的月海分布不对称。徐义刚说，但这始终不能解释为什么南极-艾特肯盆地月壳很薄，月海玄武岩却依然稀少。

我们的研究表明，月海玄武岩的分布除受月壳厚度影响外，月幔源区的物质组成也是重要的控制因素。克里普物质的月幔源区难以发生显著规模的熔融及相应的玄武岩火山活动，并最终导致了南极-艾特肯盆地内缺乏大规模的月海玄武岩。他补充说。

徐义刚等推测，南极-艾特肯盆地之所以成为一个十分亏损的月幔源区，是因为它在约43亿年前左右经历的重大行星撞击事件，导致大量背面物质被撞至正面。从那时起，月球背面的演化就与正面呈现了不一样的面貌。

月背克里普富集与亏损成因究竟是什么？它们对月背火山活动和月海玄武岩形成究竟有何影响？随着对嫦娥六号样品的进一步深入研究，科学家将对这些问题给出更精确的答案，为破解月球二分性之谜提供进一步的启示。（来源：中国科学报 冯丽妃 胡珉琦 蒲雅杰）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08382-0>

<https://doi.org/10.1126/science.adt1093>

作者：李秋立等 来源：《自然》

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](https://www.iikx.com)转发