

嫦娥六号月球样品最新研究成果公布

揭开月球背面演化的神秘面纱

日前,中国科学院召开新闻发布会,发布嫦娥六号月球样品最新研究成果,并回顾了自接收嫦娥六号月球样品一年来,中国科学院联合相关单位开展协同攻关的科研历程。中国科学院地质与地球物理研究所、中国科学院国家天文台与南京大学等科研团队,利用嫦娥六号采回的月球背面样品取得四项研究成果,分别揭示了月背岩浆活动、月球古磁场、月幔水含量及月幔演化特征,首次为人类揭开了月球背面的演化历史。

校准“月背时钟”

>> 首次揭示月背约42亿年前和28亿年前存在火山活动

2024年11月15日,中国科学院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,同日分别刊登在国际学术期刊《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背岩浆活动42亿年前就存在,至少持续了14亿年。这些研究为人们了解月球演化提供了关键的科学证据。

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。因此嫦娥六号返回样品研究的首要任务就是确定玄武岩岩屑的年龄和岩浆源区性质。

在发表于《自然》的研究中,中国科学院院士、中国科学院地质与地球物理研究所研究员李献华和研究员李秋立,与来自中国科学院国家天文台的研究团队根据5克月壤中分选出大于300微米的108颗玄武岩岩屑定年研究的结果,揭示嫦娥六号着陆点28(28.07±

0.03)亿年前存在火山活动,且岩浆来自亏损克里普物质(KREEP,富集钾、稀土、磷等元素的物质)的源区;其中一颗高铝玄武岩岩屑揭示42亿年前存在来自富集克里普物质源区的火山活动。

综合来看,月球背面火山活动至少持续了14亿年,且月幔源区经历了从克里普物质富集到亏损的转变。此外,同位素定年结果与撞击坑统计定年结果基本一致,指示了月球正面和背面遭受陨石撞击的概率相当。



科研团队向超导磁力仪中放置月壤样品
中国科学院地质与地球物理研究所供图

发现“撞击化石”

>> 揭示月幔“超亏损”特征

“尽管我们对月球的认识不断更新,但仍有很多问题有待解答。”中国科学院院士吴福元介绍,通过嫦娥六号带回的月背样品,我国科学家首先在样品中发现了月球上一种新类型的岩石“月球南极-艾特肯撞击熔岩”,并据此确定了月球南极-艾特肯盆地的形成时间为42.5亿年前;然后还发现这种大型撞击事件可能造成月幔“超干、超亏损、超还原”等系列特征,使人类对月球的了解向前迈了一大步。

研究团队对嫦娥六号返回样品中距今约28亿年的玄武岩屑进行了详细分析,包括观察岩石结构、矿物成分和同位素分析。结果发现,形成这些玄武岩的“初始原料”,即被称为月幔源区的月球内部物质,其状态极其“贫瘠”,科学上称为“超亏损”。这意味着它非常缺乏那些容易熔融、随岩浆上涌的“不相容”元素。

为了解释这种极端的“超亏损”特性是如何形成的,研究团队提出了两种可能的模型。

一是“先天贫瘠”。月球形成的主要假说认为,月球在形成初期是一个巨大的岩浆洋。岩浆洋在冷却结晶时,重的矿物沉到底部,形成下月幔;轻的矿物浮到顶部,形成月壳。在这个过程中,不容易进入早期结晶矿物的“不相容”元素被带走了,留在深部的残余物质本身就非常“贫瘠”。

研究团队认为,如果这

一模型成立,意味着嫦娥六号玄武岩可能来自这种深部、未受后期事件显著扰动的、由岩浆洋直接结晶形成的超亏损月幔,这种超亏损状态是月球形成初期就“天生”具有的特征。

二是“后天改造”。这一模型认为,形成南极-艾特肯盆地的巨型撞击事件引发的后期强烈火山活动,可以影响并改造相对较浅的月幔区域,相当于做了一次“大抽血”——大量岩浆(熔体)被抽取出来并喷发到表面或侵入到月亮壳中。被抽走岩浆后剩下的月幔物质,其“不相容”元素几乎被榨干了,变得极度“贫瘠”,形成了现在的超亏损状态。

研究团队认为,如果该模型成立,表明月球背面南极-艾特肯盆地形成时的巨型撞击事件不仅重新塑造了月球的表面形态,还深刻影响了月球内部的物质组成,这为理解太阳系内其他天体的早期演化提供了新的思路。

“无论嫦娥六号玄武岩源区是月球最初形成的‘先天状态’还是后期巨型撞击作用的‘改造结果’,南极-艾特肯盆地下方发现的这种‘超亏损’月幔,都是人类首次直接获取月球背面深部物质特性的关键证据,这为我们了解月球早期内部如何分层、冷却和演化提供了独一无二的信息。”中国科学院国家天文台研究员李春来说。

捕捉“月球心跳”

>> 首次获得月背古磁场信息

2024年12月20日,中国科学院科研人员利用“嫦娥六号”月背样品,分析发现月球磁场强度可能在28亿年前发生了反弹,不同于先前认为的月球磁场在约31亿年前急剧下降且一直处于低能量状态。这不仅是人类得到的首个月背古磁场信息,还为认识月球磁场演化过程提供了关键锚点,填补了月球磁场中晚期演化的数据空白,为研究月球磁场演化、探秘“月球磁场发电机”提供了重要依据。相关成果刊登在国际学术期刊《自然》杂志上。

“我们知道,地球磁场对我们

至关重要,它能够屏蔽宇宙射线,保护地球的大气和水等宜居要素,形成适合生命繁衍的环境。科学研究表明,是地球外核中的导电液体运动产生了地球磁场,这套机制就像‘磁场发电机’,它持续‘供电’,使地球磁场长期运行。”论文第一作者、中国科学院地质与地球物理研究所副研究员蔡书慧介绍。

卫星观测和月表实测结果都显示,现今月球已经没有全球偶极磁场。但研究表明,月球也曾有过与地球类似的“磁场发电机”。探秘“月球磁场发电机”的演化过程,对于揭示月球内部结

构、热历史以及表面环境演化等具有重要意义。

科学界此前认为,月球在42亿年至35亿年前,存在相对活跃的磁场,强度接近现今地球磁场水平。磁场在约31亿年前急剧下降,且此后一直处于低能量状态。但此前发表的月球古磁场强度数据主要集中在30亿年前,月球磁场中晚期演化数据长期缺乏。

而嫦娥六号月球样品记录的磁场信息来自约28亿年前,且来自月球背面,将大幅提升人类对月球古磁场时空分布的认知。

揭示“月幔沙漠”

>> 首次获得月球背面月幔的水含量

今年4月,我国科学家利用嫦娥六号月球样品,首次测得月球背面月幔的水含量小于2微克/克,表明月球背面月幔非常“干”。此项成果将为更好开展月球起源与演化相关研究提供有力支撑,相关论文已在国际学术期刊《自然》在线发表。

《自然》审稿人认为,此项研究首次测得月球背面月幔的水含量,具有高度的原创性,是该研究领域一项意义重大的发现。

据介绍,月幔处于月亮与月核之间,位于月球表面以下约60千米至1000千米处。月幔水含量在

揭示月球起源、岩浆活动、资源环境效应等方面具有重要意义。

“学术界普遍认为,约45亿年前,一颗火星大小的天体撞击原始地球,抛射出的物质经过重新吸积形成了月球。由于撞击过程伴随着极高的温度,月球‘理应’极度贫水。”中国科学院地质与地球物理研究所研究员胡森说,但近20年来,学术界一直存在月幔富水和贫水的争议。

嫦娥六号任务从月球南极-艾特肯盆地采回了人类第一份月背样品,为认识月幔水的时空演化提供了重要机遇。

“月球演化过程中,一部分月幔岩石通过熔融形成熔体,部分熔体被运移到月表形成玄武岩。因此,利用这些玄武岩,我们可以探究月幔的奥秘。”胡森介绍。

此项研究中,团队选取嫦娥六号月球样品中的玄武岩岩屑开展月幔源区水含量研究,结果显示,嫦娥六号玄武岩的月幔源区水含量仅为1微克/克至1.5微克/克,是已报道数据中的最低值,表明嫦娥六号玄武岩的月幔源区比月球正面月幔更“干”。

董敏炜 实习生 王琳 综合报道

素材来源:新华社、中国科学院地质与地球物理研究所、中国科学院广州地球化学研究所、中国科学院国家天文台