

嫦娥六号开启月背“解码”新时代

月球是地球的邻居,人类从未停止过对月球的探索。在嫦娥六号成功发射之前,人类已有10次月球采样任务,包括美国的6次阿波罗计划、苏联的3次月球计划、中国的1次嫦娥五号任务,累计采集样品约384千克。截至2024年底,人类还收集到708块月球陨石,总重量超1750千克。

自20世纪60年代太空任务首次实现绕月飞行以来,人们已经解构出月球形成演化的基本框架——在太阳系46亿年前形成后的约3000万年,一颗火星大小的天体撞击原始地球,产生的碎片经旋转聚集,逐渐形成了地球与月球,构成地月系统。撞击的巨大能量使早期月球处于熔融状态,熔融岩浆冷却结晶,形成如今的月球。

由于引力和位置关系,月球永远只有一面正对着地球,另一面到底什么样,仍有大量未解之谜。在中国实施嫦娥六号任务之前,人类所有月球采样任务获得的样品均来自月球正面,科学界对于月球背面的认识主要基于遥感研究。嫦娥六号月球样品为科学家提供了首次对月球背面的“土壤密码”进行前所未有的“深度解析”的机会,也令人类有机会“重新”认识月球。



科研人员向离子探针中装检测样品
中国科学院地质与地球物理研究所供图



科研人员查看岩屑显微镜成像照片
中国科学院国家天文台供图

月球正反面为何大不同？背面样本是解谜钥匙

月球是地球唯一的天然卫星。由于潮汐锁定的效应,月球的自转周期与绕地公转周期保持一致,使得地球上始终只能看到月球近地一侧。然而,由于月球天平动现象(天文学中描述月面表观摆动的术语,表现为地面观测者可见的月面经度、纬度方向周期性移动),人们可以看到59%的月球表面。这部分可见的一侧被称为月球正面,而看不到的另一侧被称为月球背面。1959年苏联发射的Luna 3号月球探测器成功拍摄到了月球背面的第一张照片,人类开始真正认识月球背面的样貌。从这张模糊的照片中,人们意识到月球背面与想象中的有所不同,与月球正面不太一样。

在接下来的几十年里,人类通过多次探测任务陆续获取了月

球背面越来越清晰的地形和影像。这些高分辨率影像进一步加深了人类对全月球表面形貌的认识。此外,通过使用特定的科学仪器(如矿物光谱仪等),研究者们还获取了月球表面的矿物成分数据。

基于这些数据的解译与分析,研究者们发现,月球的正面和背面差异巨大。月球正面月海所占面积比例超过30%,而在月球背面这一比例不到3%,存在数量级的差异;正面相对平坦,有广阔的玄武岩平原;背面则高地遍布,月海稀少;而且相对于月球正面,月球背面的表面地貌更加粗糙,从月球背面的大部分区域可以分辨出更多更密的环形坑,这意味着这些区域经历了更长的撞击历史,所对应地表面单元的年龄更为

古老。

月球正面和背面之间存在如此巨大差异,科学家们提出了多种可能来解释这种“二分性”现象。比如月球形成早期岩浆洋(LMO)冷却结晶不均匀、月幔内部物质对流不对称,正背面巨型撞击作用的差异等。然而,过去所有的月球采样任务都只在月球正面进行,月球背面样本的缺乏使得背面深部月幔特征一直是未解之谜。

嫦娥六号在人类历史上首次携带1935.3克月球背面样品返回地球。这些样品采集于月球上最大、最深且最古老的撞击坑——南极-艾特肯盆地,为厘清月球正面和背面物质组成的差异、破解月球“二分性”之谜打开了一扇前所未有的窗口。

月球最大撞击“疤痕”形成于42.5亿年前

月球南极-艾特肯盆地是月球上最古老、最大的撞击遗迹,由小天体撞击月球背面产生。直到20世纪90年代中期,人类才真正确定了月球南极-艾特肯盆地的形态、大小和内部起伏情况。但由于没有样品,人们对它的了解十分有限。

今年3月,我国科研团队通过研究嫦娥六号月球样品,确定月球背面南极-艾特肯盆地形成于42.5亿年前,为太阳系早期大型撞击历史提供了初始锚点,对探索月球乃至太阳系早期演化历史具有重要科学意义。

此项研究由中国科学院地质与地球物理研究所研究员陈意带领团队完成,相关成果论文已在学术期刊《国家科学评论》发表。

据介绍,撞击作用是天体形成与演化过程中最重要的外部动力过程之一。月球表面遍布大小不一的陨石撞击坑,是太阳系撞

击的历史印记。其中,直径约为2500公里的南极-艾特肯盆地是月球最古老、最大的撞击“疤痕”。

“南极-艾特肯盆地的形成时间是月球演化历史的关键节点和撞击历史的起始锚点,可作为校准太阳系撞击史的‘黄金参照’,也可作为火星、水星等行星撞击坑建立统一年龄标尺,是珍贵的‘宇宙时钟’。”陈意说,精确限定南极-艾特肯盆地的形成时间,长期以来是国际深空探测领域的重要科学目标。

此前,科学界通常使用撞击坑统计定年法,或利用月球陨石样品和来自月球正面的样品推测南极-艾特肯盆地的形成时间。嫦娥六号任务首次从南极-艾特肯盆地取回了“第一现场”的样品,为精准确认盆地形成时间提供了条件。

此项研究中,团队从5克月球样品中分选出1600余颗大于

200微米的岩屑,并基于细致的岩石学分类,进一步挑选出20颗具有代表性的苏长岩颗粒,开展岩石学、地球化学和年代学研究,最终确定南极-艾特肯盆地形成于42.5亿年前。

“此项研究为月球撞击坑统计定年法提供了初始锚点,将更好开展月球乃至太阳系早期演化研究提供参考基点和科学依据。”陈意说。

“嫦娥六号样品的系列成果,首次系统揭示了南极-艾特肯盆地大型撞击效应。”中国科学院院士李献华表示,月球背面最重要的地质单元就是南极-艾特肯盆地,其形成时的撞击能量大约相当于原子弹爆炸的万亿倍。这种大型撞击到底对月球演化会造成怎样的影响,是未来月球科学研究的重要方向。

为验证月球岩浆洋假说 补上月背“拼图”

我国科学家还通过研究嫦娥六号月球样品中的玄武岩,验证了全月尺度月球岩浆洋假说。相关成果论文2025年2月28日在国际学术期刊《科学》发表。

据介绍,月球岩浆洋假说认为,月球形成之初,曾呈现为全月范围的岩浆海洋。随着岩浆洋冷却结晶,较轻的矿物上浮形成月亮,

较重的矿物下沉形成月幔,残余熔体形成月亮壳和月幔间的克里普物质层。此项研究使月球岩浆洋假说第一次有了“背面”证据。

此项研究还提出,形成月背南极-艾特肯盆地的巨大撞击可能改造了该区域的早期月幔,为探索月球起源和演化提供了关键科学依据。

从“跟跑”迈向“并跑”“领跑”

除了此次四项科学进展,一年来,中国科学院的科学家们利用嫦娥六号样品还取得了其他许多科学突破。此前,中国科学家利用嫦娥五号样品证明月球正面在20亿年前仍存在岩浆活动,使目前已知月球地

质寿命“延长”了10亿年,曾被国际同行评价为“改变了对月球演化历史的认知”,使得月球样品研究进入“嫦娥时代”。随着更多“一手数据”获取,中国行星科学将从“跟跑”迈向“并跑”,甚至在某些领域实现引领。

董敏炜 实习生 王琳 综合报道
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