

2020年11月24日,我国嫦娥五号探测器发射入轨。经历地月转移、近月制动、在轨分离、平稳落月、钻表取样、月面起飞、交会对接及样品转移、环月等待、月地转移、再入回收等阶段,在轨工作23天,返回器携带月球样品于12月17日在内蒙古四子王旗预定区域着陆。此后,嫦娥五号返

回器安全运抵北京,完成开舱及相关处理工作,科研人员顺利取出月球样品容器。这是人类时隔44年再次迎来月球样品。12月19日上午,国家航天局在京举行探月工程嫦娥五号任务月球样品交接仪式,与部分参研参试单位一道,共同见证样品移交至任务地面应用系统。这标志着嫦娥五号任务由工程实施阶段正式转入科学研究阶段,我国首次地外天体样品储存、分析和研究拉开序幕。经初步测量,嫦娥五号任务采集月球样品约1731克。这包珍贵的月球样品,吸引着世人目光。

交至任务地面应用系统。这标志着嫦娥五号任务由工程实施阶段正式转入科学研究阶段,我国首次地外天体样品储存、分析和研究拉开序幕。经初步测量,嫦娥五号任务采集月球样品约1731克。这包珍贵的月球样品,吸引着世人目光。

# 「嫦娥」带回的月球「土特产」有何妙用

徐璐媛 殷向荣



## 进一步确认月球定年体系

众所周知,月球形成于约45亿年前。但是,月球具体在第几亿年里发生了什么事,人们至今并没有搞清楚。关于其相对年龄,人们有直观而朴素的认知:形成年代越早的区域,累积被撞击的撞击坑就越多。也就是说,一片撞击坑密度更高的区域,往往比撞击坑密度低的区域更古老。要搞清楚其绝对年龄,就不一样了。因为这需要把不同区域统计的撞击坑密度与一些已知年龄的区域建立起联系,用后者来为前者定标。以前,阿波罗和月球号采集的样品,起到了这样的桥梁作用。科研人员对这些样品进行放射性定年,可获知采样区表面的绝对年龄,再和这些区域的撞击坑密度一比对,一套覆盖月球45亿年的定年体系基本完成。以这套撞击坑定年体系为工具,人们可以进一步确定月球上那些没有样品和绝对定年的区域年龄。然而,这套定年体系始终是令人疑虑的。用来定标的阿波罗和月球号样品大多来自月球正面中低纬度的月海区域,形成年龄集中在42-32亿年前。目前这个范围之外的月球地质事件所对应的时间,全部是以此前锚点外推得来的。尤其是30-10亿年前这段漫长的历史,几乎是空白。按照目前的撞击坑定年体系估算,嫦娥五号的采样区表面非常年轻,年龄在10亿年出头。如果嫦娥五号带回的样品的放射性定年结果表明为这个年龄,那就有力地证明了当前的定年体系是可靠的;如果差别很大,则表明之前的定年体系需要作大幅修正。不过,无论是哪种结果,都会让人们对于月球45亿年的历史有更准确的认识。

## 查寻月球晚期火山活动和热历史

如今的月球,寒冷孤寂。除了时不时被小行星、彗星撞一撞之外,几乎没有“热闹”的地质活动。月球太小了,内部的热量太容易散失。但曾经的月球,也是“热闹”过的。三四十亿年前的月球上,活跃火山活动喷出了大量玄武岩。这些岩浆填充了月面低洼区域,塑造出如今月面上广阔的暗黑色月海。月球上的火山活动到底持续了多久,这取决于月球内部“炎热”了多久。阿波罗和月球号带回的样品,只体现了

40-30亿年前这段时期的火山活动。但通过撞击坑统计估算,月球上火山活动持续的时期远比这悠长:从40亿年前到近期(即地质学上的十亿年前)都有。嫦娥五号的采样区,就是一片极年轻的玄武岩区域。这里的样品有望告诉人们:月球近期火山活动是怎样的?月球内部“热”了多久?这颗小星球内部在这段无可避免的“失温之路”上可能经历了什么?

## 揭开月球正面诸多未知之谜

月球上,月海分布很不均匀,基本上都在正面。这是因为月球正面地下岩浆比较多吗?这些月海区域原本大多是大型撞击留下的低洼盆地,然后被玄武岩趁低而入,大块大块地填满。这是因为月球正面的撞击盆地更多更大,有更多低地容纳月海玄武岩吗?这些月海聚集的区域,大多对应着月亮壳比较薄的地方。这是因为月球正面的月亮壳更薄,火山熔岩更容易喷发涌出吗?还有一个要素不容忽视:这些月海聚集的区域,也和月球上一种特殊的岩石单元分布高度吻合,那就是克里普岩。这类岩石富含钾、稀土元素、磷以及铀、钍等放射性元素。许多研究推测,这些现象能不能都串连起来?会不会是因为月球某些地方富含放射性元素,所以那些地方就特别热,导致地下产生的岩浆更多,月亮壳也更薄——这些都有利于月海的形成。更热的地方,形成的撞击盆地也会更大,导致月球正面最终形成更多巨大的盆地……风暴洋,是月球上克里普岩和放射性元素最集中的地方。着陆在风暴洋东北部的嫦娥五号,有可能采集到克里普岩的样品。这些富含放射性元素的岩石是怎么形成的?为什么刚好在月球正面富集?它们是风暴洋中晚期火山活动的热量来源吗?对克里普岩样品进行直接研究,有望让人们距离诸多月球之谜的答案更进一步。

## “窥探”月球内部化学成分

月海玄武岩,“前世”是诞生于月球深处的岩浆。尽管经历了再冷却、结晶、固化的“重塑”,加之月幔物质在上涌的过程中本身也会不断演化,最终形成的月海玄武岩,并不能等同于月幔成分。但这依然是人们了解月球内部化学成分

的重要依据。遥感光谱探测告诉人们,不同时期喷发的玄武岩成分是有差异的,其中一个常用的指标是铁和钛的含量。不同铁、钛含量的玄武岩意味着什么?是来自月球不同深度的地方;或是月球内部的岩浆也在经历演化,不同时期喷发的岩浆反映了月球内部不同时期的化学演化产物?或许,嫦娥五号带回的月球样品能为人们提供新的线索。

## 探索太阳系撞击历史和生命演化

更年轻的月球样品,可帮助人们修正月球乃至整个太阳系的“编年史”。这是因为,更古老或更年轻的表面就意味着更多或更少的小天体撞击,而更多或更少的小天体撞击则是太阳系动荡历史的体现。月球被撞得多的时期,地球、火星也不可能好到哪里去。因为被撞“不分你我”,星球们都是“命运共同体”。太阳系经历了怎样的撞击历史?太阳系早期的撞击非常频繁,火星那么大的天体撞上地球也未必罕见。不过,幸运的是,随着撞击体慢慢变小,太阳系也随之趋于宁静。或许正是更温和的撞击环境,给了地球生命繁衍的机会。但这些撞击体是如何随着时间的推移而变小和减少的?对此人们一直缺少近30亿年内的可靠证据。另外,十几亿、二十亿年前的地球生命会经历些什么?是一个和如今差不多温和的撞击环境,还是一个频繁被撞的“hard模式”?嫦娥五号带回的更年轻的月球样品,有望帮助人们填补这段撞击历史的空白,了解近30亿年里的撞击事件是如何影响地球生命的,甚至是如何影响太阳系中其他星球可能诞生生命的。除了这些,样品可做的科学研究还有许许多多。例如,表取和钻取的样品对比,可以告诉人们:表层和次表层物质有什么区别,空间风化对月球表面物质有什么影响,是否可为遥感光谱探测定标。样品磁场的测量,可以告诉人们:月球磁场的强度和样品被磁化的时间,进而得知约束月核的演化和产生月球磁场的内部“发电机”……当然,诸多的“月球谜题”,不可能仅仅通过某一次探测或者对某一次样品的研究就轻易获得答案。探月的道路注定充满曲折,唯有通过不懈的求索,才能最终找到答案。

上图:北京时间2020年12月17日凌晨,嫦娥五号历时23天“奔月之旅”,顺利从月球挖土而归。汪江波摄

# 解码古籍:浪漫畅想变为现实

## 新看点

中国古人对星空、对宇宙、对未知世界有很多瑰丽而浪漫的想象,并把它们诉诸笔端,留下无数脍炙人口的佳句。沧海桑田,我们蓦然回首,竟发现有的畅想已变为现实……



古人:明月在云间,迢迢不可得。——谢灵运(南北朝)  
今人:谁说明月不可得?安排!

2004年,中国正式开展月球探测工程,并命名为“嫦娥工程”,取自中国古代传说嫦娥奔月。2020年12月17日,嫦娥五号携月壤成功返回地球。云间明月不再迢迢不可得。



古人:玉兔何年上月宫,夜间捣药特无踪。——王珪(宋)  
今人:想看玉兔上月宫?安排!

2013年12月15日,嫦娥三号顺利驶抵月球表面,古代神话中的一幕“嫦娥抱兔”成为现实。而且,广寒宫的坐标也被国际天文学联合会确定,“玉兔号”月球车活动的地方,被命名为“广寒宫”。



古人:一道鹊桥横渺渺,千声玉佩过玲玲。——徐凝(唐)  
今人:想看“鹊桥”飞天地月相连?安排!

2018年5月21日,嫦娥四号中继星“鹊桥”号发射升空,嫦娥四号的科学数据能够第一时间传回地球。鹊桥“架”、“地月传书”成为现实。



古人:九天之际,安放安属?隅限多有,谁知其数?——屈原(战国)  
今人:屈原大夫发出《天问》,想读懂星星的秘密?安排!

2020年7月23日,我国首次火星探测任务“天问一号”发射升空。“天问”问天,探秘浩瀚星空!



古人:萼府孤城落日斜,每依北斗望京华。——杜甫(唐)  
今人:想随时定向不迷航?“北斗”,走起!

2020年7月31日,北斗三号全球卫星导航系统正式建成开通,成为全球继GPS、GLONASS之后第三个成熟的卫星导航系统。除了定位、导航、授时服务,“北斗”特有的短报文通信能力,不仅为我们指方向,还为我们佑平安。



古人:大鹏一日同风起,扶摇直上九万里。——李白(唐)  
今人:安排!“鲲鹏”运-20,走起!

运-20,代号“鲲鹏”,是我国自主研发的新一代军用大型运输机。“鲲鹏”可在复杂气象条件下,执行各种物资和人员的长距离航空运输任务。



古人:日月行空从地转,蛟龙入海卷潮回。——廖燕(清)  
今人:想看蛟龙入海?跟我来!

蛟龙号,我国首艘深海载人潜水器,由中国自行设计、自主集成研制。2010年5月至7月,蛟龙号在中国南海进行了多次下潜任务,最大下潜深度达到了7020米。



古人:按周公制礼而有九数,九数之流,则《九章》是矣。——刘徽(魏晋时期)  
今人:这个“九章”有点牛!

我的200秒弹指一挥间,你的6亿年沧海变桑田!2020年12月4日,量子计算机“九章”问世,确立了我国在国际量子计算研究的第一方阵地位。

(文、图均来自央视新闻客户端,略有删改)

## 热点追踪

“嫦娥”带回的约1731克月球样品,是在月球正面风暴洋东北部吕姆克山一带采集到的。科研人员给嫦娥五号设计了两种“挖土”方式:一是钻取——通过钻具钻入月表下2米深,采集月球地下样品;二是表取——通过机械臂铲取月球表面样品。最终,两种方式的采样工作都非常顺利,原计划在48小时内完成的月面采样任务仅用时19个小时。据相关科研人员介绍,从月球带回的这些“土特产”,除了一部分用于科普和展示之外,“重头戏”是用于科学研究。

## 延伸阅读

### 先驱者阿波罗和月球号

1969年7月20日,NASA阿波罗11号登月舱带着2名宇航员——尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林,成功踏上月球正面的静海基地。这不仅是人类首次载人登陆月球,也让月球成为人类首个亲身探测过的地外天体。在总计2.5小时的月面出舱活动时间里,2名宇航员先后完成了3次月面采样,共采集21.6千克月球岩石和土壤样本,随后带回地球。此后的阿波罗12、14、15、16、17

号均成功实现了载人登月、月球岩石及土壤采样和返回,且一次比一次采得多。特别是1972年的阿波罗17号任务,宇航员们不仅在月面舱外活动了22个小时,采回110.5千克月球样品,同时还把地质学家送上了月球。苏联的月球16号,于1970年9月20日着陆在月球正面的丰富海,并采回101克月球样品。苏联的3次月球采样任务:月球16号、月球20号、月球24号均为无人采样,采回样品从几十克到一百多克不等。

### “捕捉”彗星的星尘号

1999年2月7日,NASA的星尘号探测器发射升空。它的目标之一,是在彗星“威尔德2号”彗发(即彗星周围围绕的尘埃和气体)中,采集尘埃及星际尘埃样品并带回地球。这是一颗公里级大小的彗星,每6.4年环绕太阳一周。在星尘号上,有一个使用二氧化硅气凝胶材质制作而成的网球拍大小的收集装置。当探测器从彗

星彗发飞过,星尘号就迎面展开这个收集装置,温柔无损地把被气凝胶拦住的尘埃收集起来。2006年1月15日,星尘号返回舱回到地球,共带回约100万颗尘埃颗粒,总质量约1毫克。尽管带回的“土特产”不多,但星尘号带回的彗星尘埃样品,至今仍是人类史上的独一份。

### 历经坎坷的隼鸟号

2003年,JAXA的隼鸟号探测器发

射升空,目标是前往近地直径不足1公里的小行星“丝川”展开探测并带回样品。隼鸟号的旅程并不顺利,还没飞抵目标就已故障不断。抵达“丝川”后,释放着陆器和着陆采样的计划也没能按预期实施,燃料泄漏、“满身伤病”,甚至长期陷入失联和“濒死状态”。但它还是克服了种种艰难困境,终于“起死回生”,在2010年6月奇迹般地来自“丝川”的约1500颗、总质量不到1毫克的尘埃样品送回地球。

### 隼鸟2号和冥王号

JAXA和NASA在10多年后,又相继推出隼鸟2号和冥王号,分别瞄准近地小行星——“龙宫”和“贝努”,沿用隼鸟号的采样法前往采样。隼鸟2号在2019年完成两次采样,分别采集了来自“龙宫”表面和地下两种样品。原本要采回100毫克样品,但按目前的“开箱”情况来看,实际带回的样品远超这个量级,而且还可能采集到了“龙宫”的气体物质。另一边,计划采集60克-2000克“贝努”样品的冥王号,也已在2020年10月顺利完成样品采集和封装。不过,它要在2023年才能将样品送回地球。(徐蒙)

# 除了“嫦娥”,还有谁带回太空“土特产”