

月亮上有啥？ 85.48克月壤告诉你这些奥秘

嫦娥六号已经回到地球，大家对它采集的月壤样品充满期待。而嫦娥五号带回的月壤样品，3年多来研究情况怎么样？

截至目前，国家航天局已向国内131个研究团队发放7批次共85.48克科研样品，70余项多个领域研究成果在中外重要学术期刊发表。通过研究月壤，许多月球奥秘正在揭开。

6月25日，完成月球背面采样的嫦娥六号带着“月球包裹”抵达地球，首次月背采样返回之旅结束。

而在2020年12月17日，嫦娥五号从月球带回1731克月壤样品，这是人类首次获得的月表年轻火山岩区样品，也是中国科学家第一次拥有属于自己的地外天体返回样品。

3年多来，国家航天局已向国内131个研究团队发放7批次共85.48克科研样品，第一批国际申请已完成专家评审。目前共产出105篇科技论文，尤其发现了月球第六种新矿物“嫦娥石”，通过样品的地质定年将月球火山活动结束时间推迟了约8亿年，创新发现太阳风成因机制等科学成果；在国家元首会见时，向俄罗斯、法国各赠送1.5克科研样品；在国家博物馆、党史展览馆等场馆长期展出，赴港澳等地公开巡展，充分发挥月球公益样品科普价值。

专家表示，虽然发放月壤样品仅占采回样品的5%左右，但取得的科学研究成就涵盖了月球形成、演化、太空风化作用与机制以及资源利用等多个领域，推动了我国行星科学的发展，培养了行星科学研究的人才队伍，初步形成科学、技术、工程融合创新发展。



中国科学院科研人员在用月壤样品做实验。

新华社记者 金立旺 摄



月壤样品。

新华社记者 金立旺 摄

1 测定月壤样品形成年份，将月球火山活动结束时间推迟约8亿年

专家介绍，嫦娥五号月壤样品来自月球的玄武岩单元，这些玄武岩是月幔形成的岩浆溢流到月表固化而成的岩石，它们记录着月球演化的密码。

“嫦娥五号着陆区是月球最年轻的玄武岩单元之一，此前研究推测这一区域的年龄为10亿至30亿年，但这种推测方法存在极大的不确定性。”中国科学院地质与地球物理研究所研究员贺怀宇介绍，利用自主研发的超高分辨定年技术，我国研究团队测定嫦娥五号月壤样品玄武岩形成于20亿年前，将月球火山活动的结束时间推迟了约8亿

年，并为撞击坑定年曲线提供了关键锚点，大幅提高了内太阳系星球表面撞击坑定年的准确度。

除了月球岩浆活动停止的确切时间外，月球最晚期岩浆活动的成因也一直是未解之谜。以前科学界存在两种可能的解释：岩浆中富含放射性元素以提供热源，或富含水以降低熔点。

然而，我国对月壤的最新研究却排除了这两种主流观点。

研究人员发现，嫦娥五号月壤样品中的玄武岩初始熔融时并没有富集钾、稀土元素、磷的“克里普物质”，这一结果否定了初始岩浆

熔融热来自放射性生热元素的假说。

对于岩浆是否富含水，研究发现，月幔的水含量仅为1—5微克/克，也就是说，月幔非常“干”。

基于以上研究，我国科学家提出新的年轻火山形成机制和月球热演化模型，并对未来的月球探测和研究提出了新的方向和启示。国际学术期刊《自然》发表评述文章指出，“嫦娥五号任务在过去从未涉足的月球表面，带回了迄今为止采集到的最年轻火山岩样品，这些岩石的研究结果表明非常有必要修正已有的月球热演化模型”。

2 研究月表水成因，太阳风为月球带来可利用的水

近10年来，诸多探测器和观测结果都表明月表普遍存在水（OH/H₂O），两极含量高、赤道含量低，极区甚至有水冰，且随日照时间发生动态变化。科学家认为，太阳风、火山喷发、小行星和彗星都有可能为月表上水的重要来源。但是，由于缺乏直接的样品分析证据，月表水的成因和分布一直存在争议。

中国科学家对嫦娥五号月壤样品的最新研究显示，月表中纬度区域太阳风在月壤颗粒表层中注入的水比以往认为的更多，而月球高纬度区域可能含有大量具有利用价值

的水资源。

研究人员通过氢与氘的比值分析证明，嫦娥五号月壤颗粒的最表层的水都是由太阳风高速注入月球表面的。科研人员分析发现，从太阳发射出的氢离子平均速度达到每秒450公里，它们就像子弹一样打入月壤颗粒的表层。

通过红外光谱和纳米离子探针分析，中国科学院地球化学研究所科研团队发现，嫦娥五号矿物表层中存在大量的太阳风成因水，根据估算，太阳风质子注入为嫦娥五号月壤贡献的水含量至少为179ppm（浓度单位），相当于每吨

月壤中至少含有170克的水。

研究团队基于再加热实验分析结果，对不同温度下月壤颗粒中氢的保存开展了数值模拟，结果显示太阳风成因水可在月表中、高纬度地区得到较好保存。该研究证实了月表矿物是水的重要储库，为月表中纬度地区水的分布提供了重要参考。

专家表示，这一发现对于未来月球水资源的利用具有重要意义。中国计划在月球南极建科研站，研究表明月球南极区域的水含量，可能比人们以往认为的还要多，而且这些月壤中的水通过粒度分选和加热，比较容易开采利用。

3 研究月壤氦-3提取，为开发月球能源提供基础科学数据

作为潜在的核聚变燃料，氦-3被认为是一种未来的能源。有科学家估算，如果有100万吨的氦-3，就能为地球提供1万年的清洁能源支撑。

中核集团核工业北京地质研究院高级工程师李军杰介绍，氦-3在地球上储量极低，而月球上储量却极为丰富。通过对嫦娥五号月壤样品进行阶段升温提取氦-3的方式，科研人员确立了月壤氦-3的最佳萃取温度参数。这些关键科学数

据为我国今后月球氦-3资源总量估算，以及氦-3资源的勘探开发提供了基础支撑。

针对月球氦-3资源开采方法的研究，中国科学院宁波材料所、钱学森空间技术实验室等联合团队发现，月壤中钛铁矿颗粒表面都存在一层非晶玻璃。鉴于氦在钛铁矿中的高溶解度，研究人员认为氦原子首先由太阳风注入钛铁矿晶格中，之后在晶格的

沟道扩散效应下，氦会逐渐释放出来。而表层玻璃具有原子无序堆积结构，限制了氦原子的释放，氦原子被捕获并逐渐储存起来，形成了气泡。

基于这一发现，科研人员通过机械破碎方法在常温下提取以气泡形式储存的氦-3，这一方式不需要加热至高温，为今后在月球原位开采氦-3资源提供新的可能性。

4 发现“嫦娥石”，是人类在月球上发现的第六种新矿物

从嫦娥五号月壤中，中核集团核工业北京地质研究院科研人员还“挖”到了“嫦娥石”。“嫦娥石”是一种磷酸盐矿物，呈柱状晶体，存在于月球玄武岩颗粒中。

据介绍，中核集团核工业北京地质研究院月球样品研究团队，通过X射线衍射等一系列技术手段，在14万个月球样品颗粒中，分离出一颗粒径约10微米大小的单晶颗粒，并成功解析其晶体结构。经

国际矿物学会（IMA）新矿物命名及分类委员会（CNMNC）投票通过，确证为一种新矿物，并被命名为“嫦娥石”。

“嫦娥石”是人类在月球上发现的第六种新矿物，我国也成为世界上第三个在月球发现新矿物的国家。

专家介绍，嫦娥六号任务之前，人类共对月球进行了10次采样，均位于月球的正面。嫦娥六号

探测器着陆区位于月球背面的南极—艾特肯盆地区域内，这片区域是月球最古老、最大的陨石撞击坑。采集这里的样品并进行分析研究，将填补人类获取月球背面样本的空白，深化人类对月球成因和太阳系演化历史的认知。

受访科研人员表示，有嫦娥五号月壤研究的积累，他们对嫦娥六号样品研究充满期待，也满怀信心。据《人民日报》