

我国科学家在月壤中首次发现分子水

有望助力未来月球资源的开发与利用

月球上究竟有没有水？中国科学家给出了最新判断。记者昨天从中国科学院获悉，中国科学家在嫦娥五号带回的月球样本中，发现了月球上一种富含水分子和铍的未知矿物晶体——ULM-1。这标志着科学家首次在月壤中发现分子水，揭示了水分子和铍在月球上的真实存在形式。该研究成果近日在国际学术期刊《自然-天文学》在线发表。

1 此前未发现水分子存在证据

月球上是否存在水，对于月球演化研究和资源开发至关重要。对1969年至1972年采集的阿波罗样品的研究表明，月壤中未发现任何含水矿物。此后，月球不含水成为月球科学的基本假设，这对认识月球火山演化、月地起源等问题产生了重要影响。

1994年，研究人员通过克莱门汀探测器对月球两极进行观测，提出极区永久阴影区的月壤中可能存在水冰。2009年，月船一号搭载的月球矿物绘图光谱仪发现，月球表面存在太阳风导致的羟基和/或水分子信号。同年，月球观测和传感卫星以2.5公里/秒的速度撞击了月球永久阴影区，而对撞击尘埃的遥感测量显示了水的信号。

近年来，一系列遥感任务在月球两极的永久阴影区和部分月球光照区，发现了月球水存在的证据。运用高灵敏度的表征技术，人们陆续在部分阿波罗样品中发现了PPM（百万分之一）量级的“水”（羟基OH-）。截至目前，返回的月壤中依然没有发现水分子存在的确凿证据。分子水在月表的存在形式也一直不为人知。

2 水分子在样品中的质量比高达41%

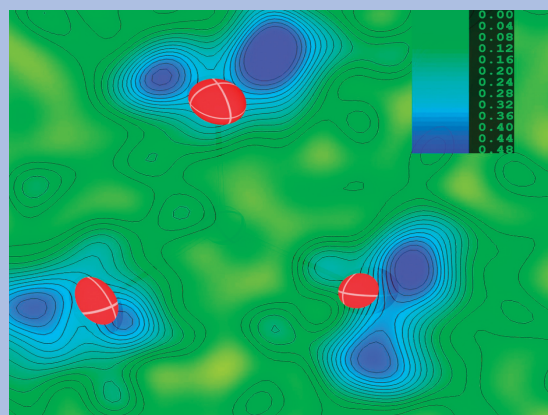
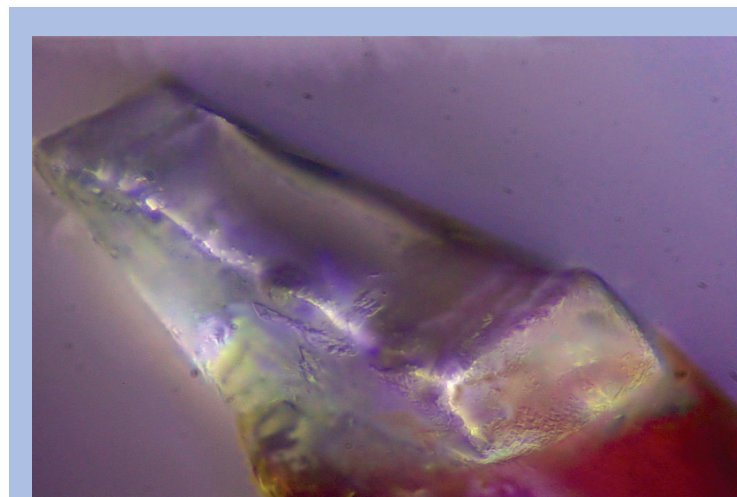
我国嫦娥五号采集的月壤样品属于最年轻的玄武岩，是迄今为止纬度最高的月球样品，为月球水的研究提供了新机遇。中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心科研人员联合北京科技大学、天津大学、中国科学院青海盐湖研究所、郑州大学等单位的科研人员，在嫦娥五号带回的月球样本中，发现了月球上一种富含水分子和铍的未知矿物晶体——ULM-1。这标志着科学家首次在返回的月壤中发现了分子水，揭示了水分子和铍在月球上的真实存在形式。

ULM-1是如何被发现的？中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心副研究员金士锋说，科研人员在1.5克细如尘埃的月壤中筛选了数千个晶体颗粒，绝大多数是已知矿物。ULM-1晶粒大小和月壤里大部分颗粒大小差不多，直径仅有零点几毫米。科研人员在挑选样品时发现，ULM-1质地非常软且外观透明，猜测其中含有水。

研究基于单晶衍射和化学分析发现，这些月球水和铍以一种成分为 $\text{NH}_4\text{MgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的水合矿物形式出现。该矿物分子式中含有多达六个结晶水，水分子在样品中的质量比高达41%。红外光谱和拉曼光谱上均可以清晰地观察到源于水分子和铍的特征振动峰。晶体的电荷密度可以清晰地看到水分子中的氢。

ULM-1的晶体结构和组成与地球上近年来发现的一种稀有火山口矿物相似。地球上，该矿物是由热玄武岩与富含水和氨的火山气体相互作用形成。这为月球上的水和氨的来源提供了新线索。

“我们认为，ULM-1是月火山喷发的产物，其中的水是月球本身的水。”金士锋说，目前认为月球“水”的来源主要有几种可能：一是太阳风粒子与月表物质相互作用产生的羟基物质；二是撞击月球的彗星或陨石带来的水和含羟基物质；三是月球原生水。科研人员推测，几十亿年前，月球火山喷发时，喷出的水蒸气、氨、氯化氢等气体和月壤反应，形成了ULM-1。



↑月球含水矿物晶体照片。

←电荷密度中可清晰看到水分子。

3 新发现有望助力月球资源开发

为了确保这一发现的准确性，这项研究进行了严格的化学和氯同位素分析。纳米二次离子质谱数据表明，该矿物的氯同位素组成和地球矿物显著不同，与月球上的矿物相符。研究人员对该矿物化学成分和形成条件进行分析，进一步排除了地球污染或火箭尾气作为这种水合物的来源。

水合矿物ULM-1的存在为月球火山气体的组成给出了重要的约束。热力学分析显示，当时月球火山气体中水的含量下限与目前地球中最为干燥的伦盖火山相当。这揭示了复杂的月球火山脱气历史，对探讨月球的演化过程具有重要意义。

ULM-1属于水合盐，它的发现揭示了月球上水分子可能以水合盐的形式存在。金士锋说，月球上高温真空的环境，使液态水和水冰很难存在。与易挥发的水冰不同，这种水合物在月球高纬度地区（嫦娥五号采样点）非常稳定。这意味着，即使在广阔的月球阳光照射区，也可能存在稳定的水合盐。这为未来月球资源的开发和利用提供了新的可能性。

水是生命的源泉。金士锋说，如果未来人类要在月球上建设基地，只要将ULM-1晶体加热到几十度，就可以把水蒸气收集起来。作为植物的肥料，铍也很具利用价值。

同时，ULM-1和火山成因有相关性，可以指导人们在月球上寻找该矿物的富集区域，进行资源探矿。“ULM-1在低于50摄氏度时非常稳定，所以在月球高纬度地区和火山口，可以尝试寻找水的信号。”

综合新华社、央视新闻、新京报、中国青年报

↓月球表面含水矿物形成效果图。

