

中国科学院物理研究所供图  
月球表面含水矿物形成效果图。

记者23日从中国科学院物理研究所获悉,我国科研团队在嫦娥五号月球样品中,发现了一种富含水分子和铵的未知矿物晶体——ULM-1。这是科学家首次在月壤中发现分子水。相关成果日前在国际学术期刊《自然·天文学》在线发表。

# 我国首次在月壤中 发现分子水

这一重大发现为未来月球资源开发利用提供新的可能性

## 月球无水 长久以来的科学假设

月球上是否存在水,一直是月球科学研究的热点。自1969年至1972年间阿波罗任务采集的月球样品中,科学家们并未发现任何含水矿物的踪迹。这一发现使得“月球不含水”成为了月球科学的基本假设,这一假设在月球科学界占据了主导地位,并对月球火山演化、月地起源等问题的理解产生了深远影响。科学家们基于这一假设,构建了月球演化的一系列理论模型。

然而,随着科技的进步和研究的深入,这一假设开始受到挑战。1994年,克莱门汀探测器的观测结果显示,月球两极的永久阴影区可能存在水冰。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。这一发现打破了月球无水的传统观念,引发了科学界对月球水存在形式的新一轮探讨。近年来,遥感数据表明月球光照区有水分子存在的迹象。针对当年采集的阿波罗月球样品,科学家运用高灵敏度的表征技术,在部分玻璃和矿物中发现了百万分之一量级的“水”(H<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup>或H<sub>2</sub>O),但没有水分子存在的确凿证据。

## 突破性发现 未知矿物晶体ULM-1

近年来,我国嫦娥5号任务采集的月壤样品为月球水的研究带来了新突破。这些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。科学家们对这些样品进行了深入而细致的研究,运用了高灵敏度的表征技术,以期发现月球上水的存在。

在经过反复的实验和分析后,科学家们发现了一种富含水分子和铵的未知矿物晶体——ULM-1。这一发现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

分子和铵在月球上的真实存在形式。通过单晶衍射和化学分析,科学家们进一步揭示了这些月球水和铵的存在形式。它们以一种特殊的水合矿物形式出现。这种矿物分子式中含有多达6个结晶水,水分子在样品中的质量比高达41%,这是月球上水存在的一种重要形式。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铵的特征振动峰,进一步证实了这一发现的准确性。

为了确保这一发现的准确性,科学家们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Cl同位素组成和地球矿物显著不同,与月球上的矿物相符。这一结果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的可能性,证实了这种水合物确实来源于月球本身。

## 月球水合盐 未来资源开发的新希望

ULM-1矿物的发现不仅揭示了月球上水分子可能存在的一种新形式——水合盐,还为月球资源的开发和利用带来了新的可能性。与易挥发的水冰不同,这种水合物在月球高纬度地区(如嫦娥5号采样点)表现出极高的稳定性。这意味着,即使在广阔的月球阳光照射区,也可能存在这种稳定的水合盐,为月球上的水资源开发提供了新的前景。

此外,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,这为月球上的水和氨的来源提供了新线索。科学家们推测,月球上的水和氨可能来源于热玄武岩与富含水和氨的火山气体的相互作用,这一推测为月球的地质演化研究提供了新的思路。

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。这一结果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。科学家们认为,这一发现将有助于更深入地了解月球的地质演化历程,以及月球上火山活动的特点和规律。

/ 延伸 /

## 更多月球奥秘正在被揭开

近日,中国探月工程嫦娥六号任务圆满成功,实现世界首次月球背面采样返回,带回月背样品1935.3克。

6月28日,探月工程嫦娥六号任

务月球样品交接仪式在北京举行,国家航天局向中国科学院移交了嫦娥六号样品容器,交接了样品证书。这标志着嫦娥六号任务由工程实施阶段正式转入科学研究新阶段。

## 月球“土特产”被如何管理?

其实,这有章可循。2021年,国家航天局发布《月球样品管理办法》,规范月球样品的保存、管理和使用,以发挥其科研价值与社会效益。原则上,月球样品分为永久存储、备份永久存储、研究和公益四种基础用途。

月球样品实验室,便是“第一站”。无论是嫦娥五号月球样品,还是嫦娥六号月球样品,都要在这里解封、存储和分发。

月球样品实验室由外及里,共分为三个房间。第一间用来解封样品,第二间存储了嫦娥五号月球样品,而第三间便是为嫦娥六号月球样品所准备的。

在实验室,工作人员以“是否接

触过大气”为标准,对已有的嫦娥五号月球样品进行分类存储。嫦娥六号探测任务地面应用系统副总设计师周琴介绍,接触过大气的月球样品分为两部分,一部分是当时挑出来的一些岩块样品,另外一部分是对外发布的一些返还样品。而没有接触过大气的原始月球样品,会被存放在一个充氮密封手套箱里。

此外,周琴还介绍了树脂包裹的保存方法——将小的岩屑颗粒或月壤做成树脂光片的形式,科研人员就可以直接用这些光片去做同位素、化学成分的分析。采用这种方法能保持样品颗粒的原始形态,方便研究,同时在封存状态下,样品不易破碎,利于长期保存使用。

## 发现月球第6种新矿物“嫦娥石”

此前,国家航天局已向国内131个研究团队发放了7批次共85.48克嫦娥五号月球样品。国家航天局副局长卞志刚透露,从嫦娥五号月球样品中,中国科学家发现了月球的第6种新矿物“嫦娥石”;研究还证明,月球在19.6亿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。月球样品进入“嫦娥时代”,极大丰富了人类对月球乃至宇宙的认知。

随着对嫦娥五号月球样品研究的深入,更多月球奥秘正被揭开。

全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩表示,根据任务计划,嫦娥六号的主要科学任务集中在寻

找新矿物和岩石、寻找月球深部物质、寻找古老物质、揭开苏长岩成因之谜等方面。想要揭秘,还需等待科研人员完成对样品的分析和研究,但不妨展望一二——嫦娥六号月球样品中或许含有以下成分:岩石碎片,这些碎片来自月球表面的岩石;矿物颗粒,包括长石、辉石、钛铁矿等,是月表的主要组成部分;玻璃物质,由撞击熔融形成;微量元素,如铜、金等,对研究月球形成和演化很有帮助;氦-3,一种潜在的核聚变燃料……

月球古老神秘,人类求索不停。从一抔月壤开始,对未来,我们充满期待。

本版稿件据新华社、央视新闻、人民日报