

■月球表面陨石撞击、太阳风辐照等空间活动示意图。

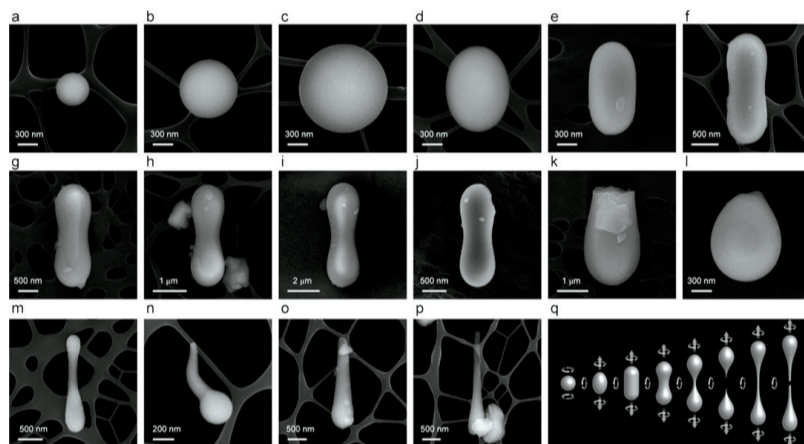
## 月球上有玻璃!

- 中国科学家在月壤中发现天然玻璃纤维
- 为就地取材建造月球基地提供了可行性

你知道月球上也有玻璃吗?通过对嫦娥五号月壤样品开展系统的物质科学研究,中国科学院物理研究所的科研人员发现了多种类型、不同起源的月球玻璃物质。更重要的是,他们还在嫦娥五号月壤中首次发现了天然玻璃纤维。相关研究成果近期发表于《国家科学评论》。

在荒凉贫瘠的月球表面,存在着由火山喷发、地质运动、陨石撞击等活动产生的丰富的玻璃物质。许多月球上的玻璃可以稳定地存在亿万年。月球玻璃是探索月球奥秘的重要材料,不仅保存了古老的月球物质,还记录着其形成时的环境信息。

此次,研究人员综合分析了嫦娥五号月壤样品中玻璃物质的形态、成分、微观结构和形成机制。他们发现,月球表面存在着固、液、气多种转变路径的玻璃起源。月球表面频繁遭受的陨石及微陨石撞击导致的矿物熔化和快速冷却,产生了各种形态的玻璃物质,包括球状、椭球状、哑铃状等旋转形状的玻璃珠,气



■嫦娥五号月壤中球状、椭球状、哑铃状等旋转特征的玻璃珠。

孔构造的胶结质,流体形态的溅射物等。

尤其值得关注的是,研究人员在嫦娥五号月壤中首次发现了天然玻璃纤维。这些具有超高长径比的玻璃纤维来源于撞击过程中黏稠液体的热塑成型。和低长径比的玻璃珠相比,形成这些玻璃纤维的液体黏度要更高,意味着对应的撞击温度和撞击速率更

低。这反映了月球表面较为温和的微撞击事件。

“这些天然的玻璃纤维证明,月壤具有良好的玻璃形成能力和优异的加工成型特性,肯定了月球表面就地取材利用月壤加工生产玻璃建材的可行性,将为未来月球基地建设提供重要支撑。”中科院物理所副研究员沈来权说道。

## 如何以月壤为核心原料建造月球科研站?

北京理工大学日前正式接收由国家航天局审批通过的500毫克月球样品,本次样品由嫦娥五号带回,将用于面向月球科研站建设的月壤材料特性分析与增材制造关键技术研究。

北京理工大学机械与车辆学院教授沈俊介绍,其团队将聚焦月球科研站建设开展预先研究。具体研究如何开展?沈俊说,该团队的研究分两步走:首先,研究分析月壤的基础物理特性,包括外观形态、光学特性、电磁特性等;第二步,基于分析结果,重点开展月壤颗粒表面性能分析,获得提高月壤基原料及工艺稳定性的最优配方方案,也就是寻找与月壤混合后能够成型的其他最佳材料,并探索相应的3D打印最优技术方案,为建造以月壤为核心原料的月球科研站寻找理想路径。

“如果把月壤比作水泥,我们就

是要先研究清楚水泥的特性,再找到适合与水泥混合的沙子、粘合剂等,最后确保还要有技术能把水泥沙子做成砖块儿。这听起来很容易,但要真正获得可靠的月壤成型技术,需要解决原料相容性、浆料稳定性、工艺可靠性等挑战。”沈俊补充说。

对于科研团队而言,每一粒月壤都极为珍贵。500毫克月壤无法用于建造实验本身,科研团队利用地面已有物质模拟出月壤材料,再结合对真实月壤的分析数据,不断优化原料制备方式及建造工艺参数。

“北理工将充分利用这500毫克宝贵的月球样品,希望能为未来月球科研站建设任务提供理论依据和技术支撑。”中国工程院院士、北京理工大学党委书记张军说,学校将与有关单位聚智、集合力,共同致力于筑起科学研究、人才培养、交流合作三座“高楼”。

## 月壤里“挖”出了这些宝

据悉,经国家航天局批准,自2021年7月12日发放首批月球科研样品以来,已经向98个科研团队发放五批样品,共计发放198份65.1克,已有60多项成果在国内外重要学术期刊发表,包括揭示月球年轻火山成因之谜、发现高含量的太阳风成因水、发现新矿物等。

### ●“嫦娥石”

我国科学家首次发现月球上的新矿物并命名为“嫦娥石”,该矿物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发现月球上新矿物的国家。“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。

### ●清洁聚变资源氦-3

我国科学家还首次成功获得嫦娥五号月壤样品中氦-3的含量和提取参数。氦-3一直被视为未来重要的清洁聚变资源之一。以氦-3为原料的聚变过程不会产生有害物质,并且反应释放的能量更大,堪称是未来的完美能源。氦-3在地球上储量极低,月球则是储存氦-3的天然“仓库”。探月工程首任首席科学家、中国科学院院士欧阳自远曾估算,月壤中的氦-3含量可满足长达万年的地球能源需求。

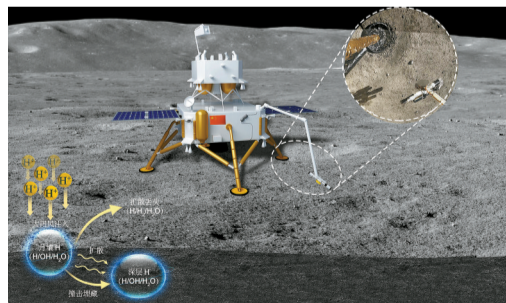
### ●四次火山岩浆喷发

一项对嫦娥五号月球样品的研究表明,嫦娥五号着陆区至少经历了四次火山岩浆喷发,并且该地区的岩浆喷发通量在月球火山活动晚期有显著增强。该成果有利于进一步增进对于月球火山活动与内部热演化历史的认识。

### ●月球“水库”

中英科研人员从嫦娥五号带回的月球样品中发现,撞击玻璃珠可以储存月球上大量太阳风中氢离子注入形成的水,而且“这种储存在撞击玻璃珠中的水似乎很容易提取”。此次研究认为,月壤中的撞击玻璃珠是一个储水宝库,它们可以维持月球表面的水循环。

嫦娥五号带回的月球土壤样本中就存在大量撞击玻璃珠。这些撞击玻璃珠的平均含水量达0.05%。测算表明,月球表面上可能储存着多达2700亿吨水。



■这是太阳风氢的注入、保存与扩散丢失模型图。

### ●太阳风成因水

中国科学家对嫦娥五号样品的研究显示,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。

研究结果证实,嫦娥五号月壤样品矿物表层中存在大量的太阳风成因水,月壤颗粒的最表层0.1微米中的含水量达到0.7%。这些水都是由太阳风高速注入月球表面的。