
科学家发现月球“迷你水库”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/22596.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家发现月球“迷你水库”。

过去二十年，科学家在月表发现了许多存在水的痕迹。有科学家猜想，月壤深入存在含水层，驱动着整个月球的水循环。那么，月球上的水从哪里来？储存在何处？

现在，中国科学院地质与地球物理研究所(以下简称地质地球所)研究员胡森、南京大学地球科学与工程学院教授惠鹤九等国内外科学家合作发现，撞击玻璃珠可能是月球的迷你水库——一吨玻璃珠中平均可含一斤水。相关研究3月28日发表于《自然—地球科学》。

我们的研究证明撞击玻璃珠可能是一个新的月球储水物质，支持了月表水循环的猜想，也解释了像月球一样没有大气的小行星上水的潜在来源。论文通讯作者胡森对《中国科学报》说。

随着对月球探测的日益推进，研究者认为，未来通过大量玻璃珠提取水前景可期。

一个意外的发现

2021年冬季的一天，地质地球所地球与行星物理重点实验室博士生何会存用纳米离子探针检测嫦娥五号月壤样品中的撞击玻璃珠时发现：珠内的水丰度从外至内逐渐递减，形成环带特征。

她把这个结果提交给导师胡森。胡森的第一反应是不敢相信。

很快，胡森把电话打给了论文另一位共同通讯作者惠鹤九。尽管对月球样品都很熟悉，但这位合作伙伴的反应和他一样：会不会是实验错了？

从月球到火星乃至更遥远的其他行星探测，寻找与水相关的线索一直是科学家研究行星历史和生命宜居性的一个出发点。

目前，科学家对月球的探测次数是所有行星之最，研究表明月表虽然有水，但含量低，且呈动态变化。

例如，月表水含量仅为10~1000ppm(即一吨月壤中含有0.01千克~1千克水)。同时，其高纬地区明显比低纬水含量高，极区可能存在水冰；月表水含量还呈现出与月球昼夜相关的变化，相同的位置晨昏时刻的水含量明显比中午时刻高。

尽管月球几乎没有大气，但月表或同样存在水循环现象。

美国宇航局(NASA)月球大气与尘埃环境探测任务曾检测到，月球空间环境中的水分子逃逸时间与流星雨事件相关。但经计算流星雨的输入水量明显小于月球空间的水逃逸量，NASA科学家推测流星雨撞击月球时会把月壤中储存的一部分水蒸发到月球空间导致逃逸，并提出了月表水循环猜想。该猜想认为，月表10厘米到3米区域或存在未被发现的储水层。

然而，近年来，包括胡森在内的国内外很多研究人员对月球不同矿物或组分的研究都不支持这一假设。这些矿物中的水含量极少。胡森对《中国科学报》说，此前他与合作者发现嫦娥五号月球玄武岩中的全岩水含量仅为62~133 ppm。

那么，月表水循环猜想究竟是否成立？月壤中是否存在未被发现的储水物质？

胡森与合作者想用撞击玻璃珠尝试回答这个问题。撞击玻璃珠是太空中的陨石、小行星等撞击月球后熔融月表的土壤和岩石，熔体溅射形成液滴冷却后形成的。它们有的内部成分单一，有的则含有气泡、金属、硫化物等不同成分。嫦娥五号和阿波罗任务中返回的月壤中含有岩石、矿物碎片、火山玻璃珠、撞击玻璃珠等不同成分，此前撞击玻璃珠中的水丰度尚未被详细研究。

初步的结果完全超出了他们的预期：玻璃珠内水丰度的环带特征说明它很可能来自太阳风。

为了验证这一结果，他们一遍遍反复实验，接连从110多个月壤玻璃珠中选取表面光滑、化学成分与月球玄武岩一致的32个玻璃珠，通过扫描电子显微镜、离子探针和拉曼光谱等多种方式进行测试后发现，结果和最初一致。

他们发现，玻璃珠的水丰度较之月壤岩屑更高，最高可达到近2000ppm。这相当于一吨样品中约有2公斤的水。胡森向《中国科学报》解释。

打通月球水循环链条

关于月表水的来源，科学家有很多猜想。例如，太阳风携带的氢离子注入月表矿物；月球早期形成时含水并保留至今；彗星和小行星撞击月球时携带而来。

事实上，无论是岩浆活动，还是撞击天体(携带水源)，都可能通过高温熔融形成撞击玻璃珠。研究者如何凭借环带特征确定撞击玻璃珠中的水来自太阳呢？

对此，惠鹤九向《中国科学报》解释：通常，通过高温熔融形成玻璃珠时‘水会向外跑’，因此玻璃珠内更可能出现水丰度‘里高外低’的情况。

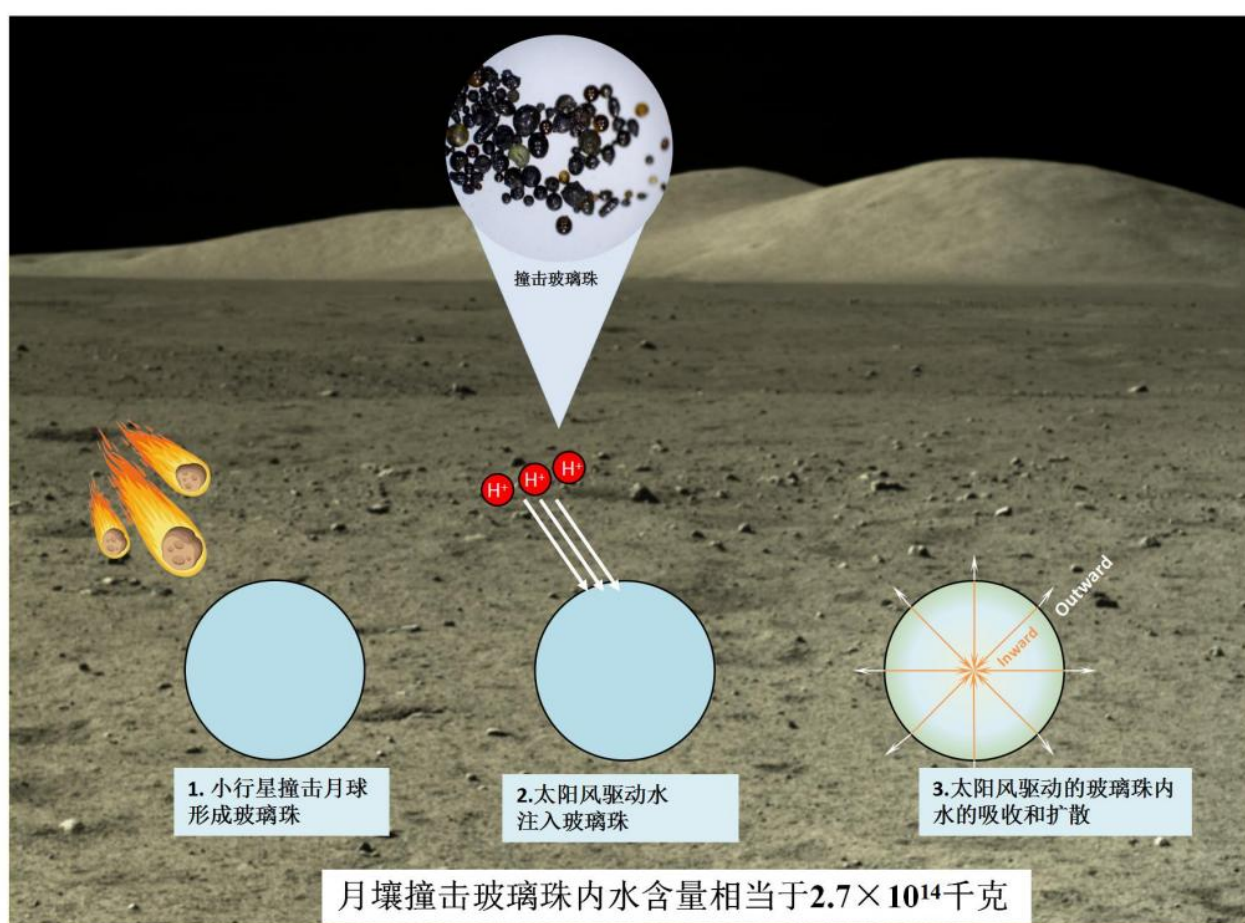
同时，作为元素周期表中质量最轻的氢，科学家可以通过鉴定其同位素(氕、氘、氚)特征识别其来源。通过对玻璃珠内氢同位素进行监测，研究人员发现其与太阳风的氢同位素组成一致，且为极端贫氘。

这些现象使得他们推测撞击玻璃珠或能验证月表水循环猜想：过去数十亿年的时间里，在陨石火小行星撞击作用在月表形成玻璃珠后，太阳风中的氢离子源源不断地到达月球注入表层的玻璃珠中，形成月球水的来源，并维持着月球表面的水循环。

撞击玻璃珠主要成分是硅酸盐，就像海绵一样，氢注入其中可能会与氧结合形成水，也可能在其他条件下被释放出来。胡森解释说，他们也发现有些玻璃珠甚至后期经历过一定程度的撞击或加热事件，导致水含量剖面叠加了一次去气过程。

数十亿年来太空天体撞击带来的翻耕作用让月壤中普遍存在撞击玻璃珠(含量约为3~5vol%)。研究者估计，月壤中撞击玻璃珠所承载的水量可达到 2.7×10^{14} 千克。这远比地球四大洋的水储量($\sim 1 \times 10^{21}$ 千克)低，但相对来说还是挺可观的。胡森说。

根据这些结果，他们认为，这些直径相当于头发丝粗细的撞击玻璃珠(约30~150微米)是月球表面土壤中的主要水库，但不包括月球两极的冰。



胡森等供图

玻璃珠取水前景可期

随着月球水研究的逐步推进，下一步如果宇航员常驻月球，是否可能直接就地取水呢？

惠鹤九表示，通过大量玻璃珠提取水具有前景，但这种水与地球上通常看到的水不同，玻璃珠中的水主要是以羟基(-OH)形式存在的，如何开发利用仍需进一步研究。

国际审稿人认为这项研究十分有趣，且提出了重要的新发现。1972年，阿波罗号撞击玻璃珠的一项研究曾报道了挥发性元素向内扩散的现象，但一直以来尚未报道过撞击玻璃珠内水的发现。作者进行了一组全面的分析，有力地证明了羟基存在的证据。一位审稿人写道。

另一位审稿人指出，嫦娥五号返回样品中玻璃珠强烈的氡亏损特征表明，其中水的是来自太阳风，而非彗星或从月球内部放出的气体，解决了几十年来的问题，即在太阳光照射下的月球表面发现的微量氢的起源。

此外，随着探测能力的提升，科学家已经发现越来越多的无大气天体表面可能存在水，例如灶神星、水星等。这些天体表面探测到的水含量虽远不如地球，但仍然吸粉无数。研究者表示，这项研究对于了解这些行星低纬度地区水的来源和成因也有重要启示。

后续更深入的精细研究，例如无大气天体表面水的来源、保存、迁移机制等细节，对未来深空探测任务原位水资源利用的方案设计和提取策略等都有重要参考价值。胡森说。（来源：中国科学报 冯丽妃）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41561-023-01159-6>

作者：胡森等 来源：《自然—地球科学》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发