

用1克月壤找到氦-3提取的“秘密”

中青报·中青网记者 蒋雨彤

月壤安安静静地“躺”在一个小小的玻璃瓶里，被一个特殊的真空罩罩起来。那么小小一团，甚至没有铺满小玻璃瓶的瓶底，重量仅有1克，看上去“有点儿像一团灰”“毫不起眼”的月壤，却可能会改变整个地球未来的能源走向。

嫦娥五号从月球带回的月壤，被分给一些科研机构做研究。中科院宁波材料所作为中国空间技术研究院的联合研究单位，借用了1克月壤，他们的研究，就是寻找月壤中氦-3的提取方法。

近日，中科院宁波材料所、航天五院钱学森实验室、中科院物理所和南京大学等联合团队，在学术期刊《材料未来》(Materials Futures)上发表论文，宣布发现月壤中钛铁矿颗粒表面都存在一层非晶玻璃。玻璃态材料特殊的无序原子堆积结构具有极高的稳定性，比如玻璃态琥珀可以将生物标本保存上亿年、氧化物玻璃可以将核废料储存上千年。这项工作表明钛铁矿玻璃也具有极高的稳定性，在月球上捕获并保存了丰富的氦-3资源。

氦-3作为氦(元素周期表中第二个元素)的一种同位素，在能源、科学研究和国防安全等领域具有重要应用价值。比如，作为一种可控核聚变的燃料，氦-3核聚变产生的能量是开采所需能量的250倍，是铀-235核裂变反应(约为20)的12.5倍。100吨氦-3核聚变产生的能量即可供应全球使用1年，且氦-3核聚变过程无中子二次辐射危险，更加清洁和可控。另外，氦-3是获得极低温环境的关键制冷剂，是超导、量子计算、拓扑绝缘体等前沿研究领域的必需物质。然而，地球上氦元素主要是氦-4，氦-3储量只有0.5吨左右，远远无法满足现有需求。

在地球上稀缺的氦-3，在月球上却是储量惊人。因为氦-3是太阳风的重要成分，月球常年受太阳风的辐照，储存了大量氦-3。探索月球资源，特别是氦-3的含量、分布和开采，已经成为当前国际深空探测的必然趋势和主要任务。因此，从20世纪末开始，科技界掀起了新一轮的月球“淘金热”，使探月工程和科学研究达到新的高潮。但是如何原位、高效开采氦-3还是科学和技术难题。

以往研究认为，氦-3溶解在月壤颗粒中，提取氦-3受扩散速率限制，需要700℃以上的高温，不但耗能较高，而且速度慢，不利于在月球上原位开采。因此，探明月壤中氦-3的储藏形式，对未来认识月球是如何捕获氦-3，如何开发利用氦-3资源至关重要。

这次，中国研究人员通过高分辨透射电镜结合电子能量损失谱法，在玻璃层中观测到了大量的氦气泡，直径大约为5-25纳米(1毫米等于1000微米，1微米等于1000纳米——记者注)，且大部分气泡都位于玻璃层与晶体的界面附近。而在颗粒内部晶体中，基本没有氦气泡。

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。

研究表明，通过机械破碎方法有望在常温下提取以气泡形式储存的氦-3，不需要加热至高温。而且，钛铁矿具有弱磁性，可以通过磁筛选与其他月壤颗粒分开，便于在月球上原位开采。根据估算，月球上的氦-3如果全部用于核聚变，可以满足全球2600年的能源需求。

中青报·中青网记者采访得知，中科院宁波材料所的这个研究团队，是一支年轻的科研团队。12位老师都是80后，学生有20人左右。团队负责人王军强研究员说，兴趣和坚持是科研成功之路的关键。

王军强大学毕业时，决定考取中科院物理所的研究生，这是中国物理研究水平最高的地方之

一。王军强读博期间，经常做通宵实验，所以第一年下来，导师说他是实验花销最多的学生，但导师并不是在抱怨，而是以一种愉悦的口气在跟他说。这次，为了完成月壤研究任务，团队也是经常通宵做实验和分析数据。最终，功夫不负有心人，他们获得了一些关键性的成果。

因为仅有 1 克月壤，每一次实验都要精心设计和计算。研究者要使用特制的手套箱来实现月壤样品的取用，“从那一小团灰里来取一点点小颗粒”，要经过大量筛选，才能找到成功的样品。目前团队在研究过程中，也正在利用自主研发的具有国际领先水平的超高温核磁共振设备，研究高温下月壤样品的玻璃转变和相变，为未来原位 3D 打印月壤，建立月球基地奠定基础。

研究工作有时候是很难看到明晰的方向或者结果的，许多颠覆性的、创新的研究，需要等上几年甚至几十年才能发挥作用。

“研究工作很有挑战性，幸运的是我们走上了一条成功的路。”团队成员、中科院宁波材料所副研究员许巍说。