



# 月球上真的有水！

科学家通过装在波音客机上的天文观测台，终于检测到了属于水分子的光谱，明地证实了月球上存在水。

在太空探索时代开始后的大部分时间里，我们都很难确定月球存在水。直到2009年，一项研究根据光谱数据给出了月球可能存在水的证据。不过，当时使用光谱测量手段获得的数据并不能消除部分疑虑，例如羟基也能产生一样的光谱信号。不过现在，NASA科学家通过装在波音客机上的天文观测台，终于检测到了属于水分子的光谱，明地证实了月球上存在水。



对于想要探索月球的人类来说，水是一种非常珍贵的资源。它不仅能供宇航员饮用，还能够裂解成氢气和氧气，这两种气体对于火箭燃料制备和人类呼吸有着很大意义。如果月球存在大量可使用的水，我们就不再需要在探月时花费大量的金钱和空间从地球运输水资源。

早在2009年，NASA就利用印度“月船1号”探测器携带的“月球矿物绘图仪”(Moon Mineralogy Mapper，简称M3)对月球陨石坑进行成像。当时，M3意外在克拉维斯环形山检测到了3微米红外波段的信号，符合这一条件的，一种可能性是水，另一种则是羟基。

但是科学家曾检测过阿波罗任务带回来的月岩，它们实在是太干燥了，几乎检测不到水分子的存在，大家也一直都在争论这种红外光信号到底是否是水产生的。为此，M3小组还曾请求NASA的“深度撞击”号在经过月球时打开光谱仪进行一次检测。“深度撞击”号返回的数据确认了M3团队的结果。他们在综合了更早在1999年“卡西尼”号执行任务时的光谱数据后，确认了月球真的有可能存在水或者羟基。

当时的研究称，“深度撞击”号发现水/羟基的信号会大约在表面来回持续数天，这说明很有可能是与月球表面岩石结合很松的水造成的，而不仅仅只是结合紧密的羟基获得的结果。这些研究也在当年登上了《科学》杂志。

## 月球一定有水

为了排除羟基产生的信号可能，NASA戈达德航天中心的科学家决定再次对光谱数据进行重复检测。这一次，为了更精确地保证红外吸收光谱数据是水产生的，他们决定检测6微米红外波段信号，这一红外波段信号，只可能是两个氢原子和一个氧原子产生的，也被称作H-O-H弯曲振动。

但是，想要检测到这种红外波段非常困难，因为目前的月球探测器上都没有装载能检测6微米红外波段的光谱仪。而如果想要在地面来对其检测也是不现实的，地球的大气层中的水蒸气会隔绝这部分波段的光，因此地面观测器也无能为力。

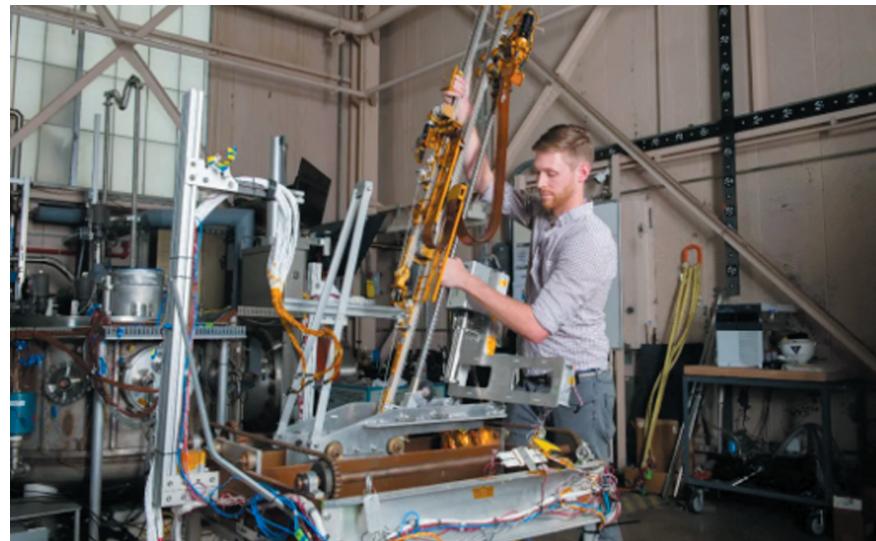
不过，还有另外一种出路，那就是让飞机带着光谱仪飞到合适的高度进行检测，以此来克服大气层给出的难题。现实中，我们的确已经拥有了这种工具——平流层红外天文观测台(SOFIA)，它实际上是一架改装过的波音747SP喷气客机，这架客机携带了一台直径100英寸(约为2.54米)的望远镜，用红外光来观察宇宙用于研究附近的星系、黑洞、彗星等。

SOFIA飞行的区域，能远离大气层中99.9%的水蒸气，因此6微米红外光能穿越到其所在区域。而SOFIA装配的FORCAST光谱仪有能进行6微米红外光检测，并且能同时观测月球。至此，这架改装的波音客机就满足了所有的观测条件。

在发表于《自然一天文学》的一项研究中，



SOFIA



NASA将发射一个带有光谱仪的探冰钻头到月球表面。（图片来源：NASA）

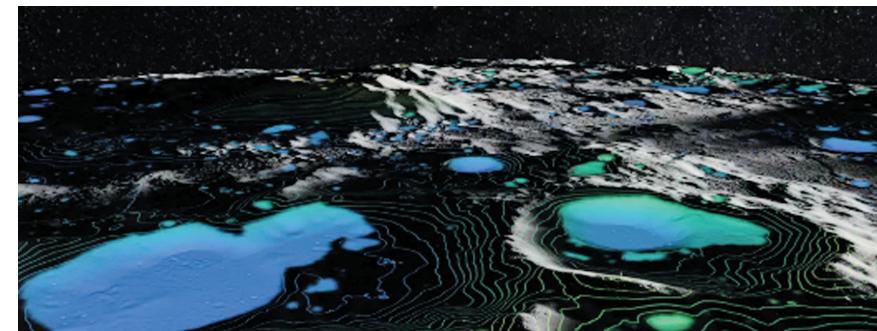
NASA的研究月球的科学家Casey Honniball和同事就利用SOFIA重新检测了2009年用3微米红外光检测的克拉维斯环形山。这一次，研究者仍然接收到清晰的6微米红外光的信号，他们确定在太阳的照射下，克拉维斯环形山中有一种分子在吸收了辐射后释放出了这一信号，而这一次研究者能肯定，月球上只可能是水分子做到了这一点。

“我们无法想到月球上除了水还会有什么物质能显示出6微米光谱的信号特征，”Honniball和她的同事在论文中写道。研究推测，这些水分子很有可能被储存在月球表面的玻璃中或者被夹在了微小的岩石之间。在这些地方，水分子能避免被高温和真空环境带走。

“我们认为水会在玻璃中，”Honniball表示，“当小陨石撞击月球时，会融化一些月球

物质，这些物质会急速冷却并形成玻璃。无论这些水是在撞击时产生的，还是小陨石带来的，它们都可能最后被储存在玻璃中了。”

究竟这些土壤能存有多少水？就SOFIA



可能藏有水的永久阴影区。（图片来源：NASA）

观测数据来看，水的丰度大约是100至400 ppm，也就是大约每千克的月球土壤中含有100~400毫克的水，就像一滴雨水撒在了月球大地上的感觉。

## 永久阴影区的“水库”？

与此同时，科罗拉多大学博尔德分校的研究者也在探索水分子在月球的另一处藏身点——位于月球极点永久阴影区的环形山。在高纬度条件下，高耸的环形山就能造就一处阳光永远照射不到的区域。在这些地方，温度永远不会高于-163摄氏度，为冰水的存在提供了条件。

利用NASA月球勘测轨道飞行器的数据，《自然一天文学》另一篇论文的研究者们计算了永久阴影区的面积，大约在40000平方千米左右，60%位于月球南极。无论水是来自陨石、彗星或者其他天体，任何出现在该区域的水分子都会被冻结到和岩石一样硬。即使阳光照射区域很难有水分子存在，但只要物体撞击月球表面时，水分子被冲击漂移到永久阴影区，那么这些水就会停留在月球上。

也就是说，这4万平方千米的月球表面都可能存在水分子。尽管这项研究并没有计算具体能存在多少水，但是研究者之一Paul Hayne表示想要在这个区域获得任何东西都不难。可能我们需要的只是一辆能出入永久阴影区挖掘冰岩的探测车，将冰岩带到太阳照射区域来就行了。

而就在上周，NASA刚宣布与Intuitive Machines公司签署了一份4700万的合同，在2023年将探冰钻头运送到月球。月球表面究竟有多少水可以供给人类使用？相信我们很快就能获得这些答案。就像Honniball说的，为了获得这些玻璃中的水，可能要花费大量燃料融化玻璃来提取。这些成本一定比从地球运输水的支出少吗？现在还无法确定。

但我们都期望有一天，月球基地旁边就有一块能开采水资源的区域，这也是敦促人类再次踏上月球的极大驱动力。

据蝌蚪五线谱