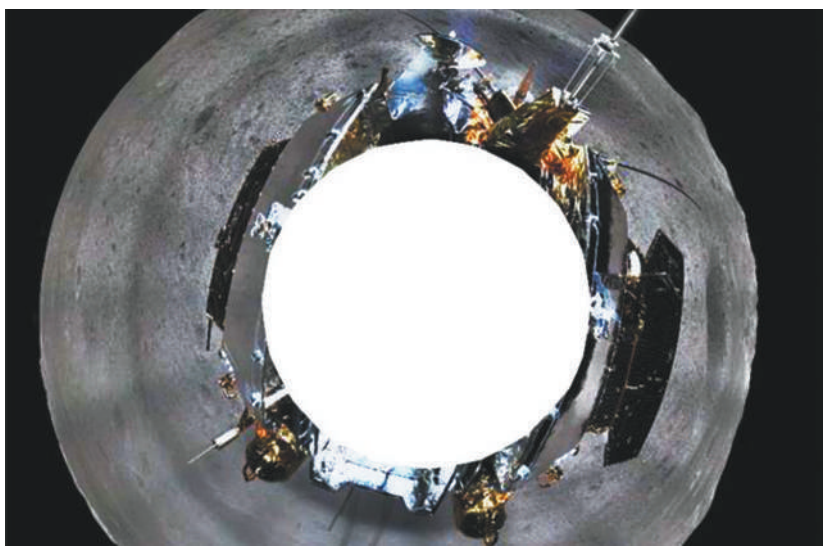
一起去发现“月背”的秘密

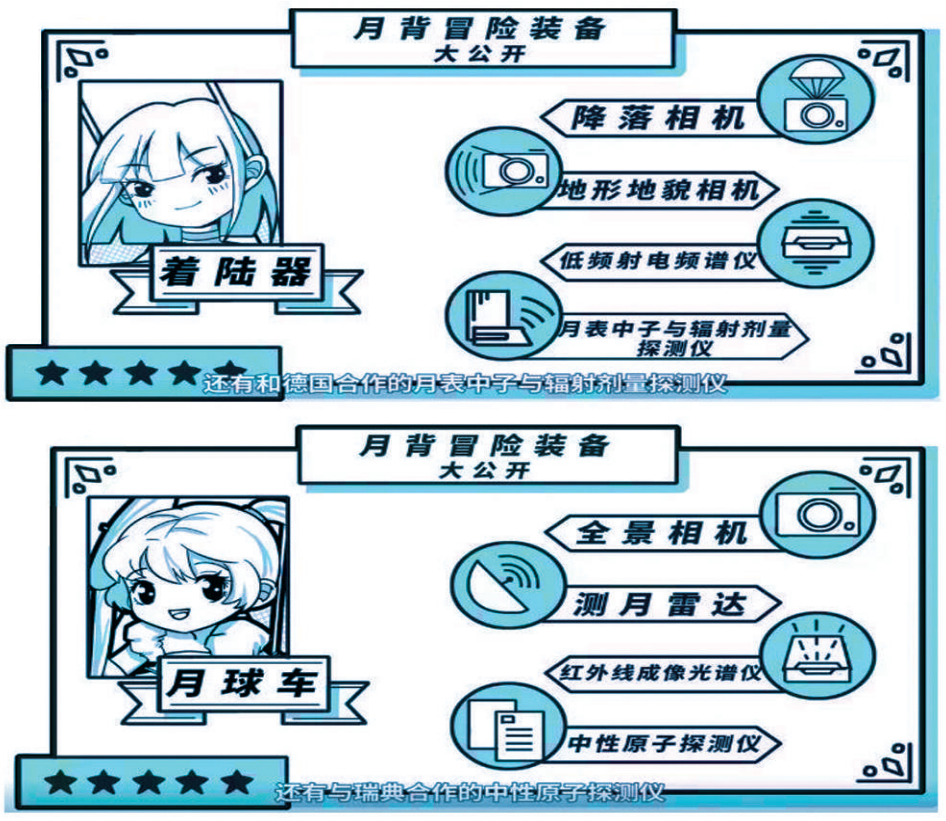
经济日报·中国经济网记者 姜天骄

热点追踪

1月3日，嫦娥四号探测器首次实现人类探测器在月球背面软着陆。随后，“嫦娥四号”着陆器与巡视器顺利分离，“玉兔二号”巡视器驶抵月球表面。1月10日，“玉兔二号”巡视器结束“午休”被成功唤醒，继续展开对月球背面的巡视探测。在此之前，这场前所未有的太空之旅已经历了30多个日夜



截至一月十一日八时，嫦娥四号着陆器、玉兔二号巡视器和『鹊桥』中继星状态稳定。着陆器上配置的地形地貌相机完成了环拍，图为嫦娥四号着陆器地形地貌相机环拍全景图（方位投影）。



漫画来自“中国科普博览”公众号（ID:kepubolan）

带着人类的无限神往，嫦娥四号翩然降落月背，并如期开展工作。嫦娥四号任务自开展以来，中国在太空探索领域取得的进步也引起世界关注。特别是此次嫦娥四号开展的科学探测是由多个国家和组织共同参与的，除探测器上的德国和瑞典载荷之外，中继星上还配置了荷兰低频射电探测仪，这些外国科学载荷与中国载荷一起在陌生的月背“并肩作战”，它们会发现怎样的秘密，全世界都在期待。

在月球上看万物生长

月面微型生态圈科普实验载荷是由重庆大学提出的，中国航天科技集团五院负责科普载荷的整机工程化。这个载荷将一个由植物和动物构成的生物组合，通过嫦娥四号运载至月球，以开展科普展示为主要目标，通过对载荷内动物、植物的一些重要生命活动的监测，如温度、气压、照片或视频等，将在月面首次向全人类展示一些重要的生命现象。

这一科普实验载荷有着许多特殊需求。

其中包括：要有专门适合生物生存的生物舱，可供植物生长、动物活动；还能够将月面自然光照引入载荷内部，并将光散射供给植物开展光合作用；可以对植物进行水释放动作，供植物发芽生长；可进行热控，在低温时加热，高温时制冷，保证生物生存所需的温度环境；具备密封性，能够密封一个大气压的空气，保证生物生存所需的压力环境与空气环境；可采集载荷内部温度、气压及控制电路电压等数据，并具备拍照功能；可实现数据传输，将监测及拍照数据通过总线与着陆器相连并传到地面；设备内部具备防潮功能，相机镜头具备防结雾功能等。

其实，该科普载荷相当于把一个微型生态圈搬到月球上，集众多功能于一身，涉及机械、电子、计算机、生物等众多学科，具有体积小、功耗低、功能多、技术新、难度大等特点。

科学家认为，从设备的功能及集成度来说，这一设备不亚于一颗卫星。麻雀虽小五脏俱全，除了卫星上的姿控分系统和测控分系统，科普载荷具备了卫星上所有分系统功能，并且比卫星多了生物分系统、水保持及释放装置分系统及密封防潮分系统，是一个工程实施领域典型的小身材多面手。

为保证科普载荷安全可靠地完成任务目标，科学家们做了大量工作。就拿电源分系统来说，前期要求在飞行过程、落月后月昼期和月夜期供电，由于设备体积和重量限制，需要选用能量密度高的蓄电池，并进行充放电控制及温度控制。科学家们调研了国内外很多电池厂家，并与着陆器总体多次协调接口安全性等一系列问题。在控制分系统方面，由于搭载生物的生存需要特定环境温度，科学家们为此设计了相应被动的保温措施，以及主动的加热和制冷控制措施，通过被动热控和主动热控的结合，达到了控温目的。

为载人登月做准备

“月表中子与辐射剂量探测仪”的载荷由中国科学院国家空间科学中心与德国基尔大学联合完成。这台仪器能够探测着陆区的辐射剂量，为未来载人登月的危险度开展前期评估，提供相应辐射防护的依据。

众所周知，紫外线是一种能够让皮肤变黑的辐射。然而，过多的紫外线进入人体可就不是把我们晒黑那么简单了——严重时，它甚至危害到我们的身体健康。不过，与宇宙中的高能粒子辐射相比，紫外线算是相当“温和”了。

亘古以来，地球上包括人类在内的生物，被两层“保护伞”保护着，一层是地球磁场，另一层是地球大气层。大部分宇宙高能粒子在磁层中被偏转、束缚，即便逃脱了磁层束缚，还要面临大气层的抵挡减速，并被分裂成更小的粒子。然而，月球上的辐射环境可没有地球上这么安全，宇宙中的高能粒子时刻都会对人体或仪器设备造成伤害。

月球上没有“保护伞”，深空中的太阳宇宙射线会直接打到月球表面。将来我们的航空器或航天员登陆月球，必然会遭受高能粒子带来的辐射损伤。为此，就要做到知己知彼，有备无患。然而，目前国际上关于月球辐射情况的有效数据几乎是一片空白。

这一次，中德联合研制了“月表中子与辐射剂量探测仪”，主要目的正是评估月球表面的辐射危害。这是近几十年国际上首次对月表辐射剂量开展测量，获得的第一手月表粒子辐射测量数据对国家探月工程来说，将是非常宝贵的数据资源。为充分利用搭载机会，这个载荷还具备其他本领——在评估辐射危害的同时，月表中子与辐射剂量探测仪还将对太阳风暴的具体情况开展科学研究。

太阳风暴是太阳上的剧烈爆发活动，及其在日地空间引发的一系列强烈扰动，对人类卫星、无线电通信和地面技术系统会造成影响，是科学家一直努力研究的对象。而月球摆脱了地球磁场的影响，能够更直接地探测到来自太阳的粒子信息，是研究太阳风暴的重要地点之一。在月球上，我们可以直接探测到太阳高能粒子的能谱，研究太阳风暴的起因，高能粒子传播规律，等等。

除评估辐射危害和开展太阳风暴相关研究，科研人员还为这台仪器设计了两个附加目标——在月球上寻找水冰和铁矿。美国宇航局于1998年和2009年分别发射了“月球探测器”和“月球勘探轨道器”，曾对月球水冰含量开展过探测，但两者在水冰含量的数值结果上存有出入。这次，科研人员可以在一个具体着陆点上观测获得更加精确的数据。同时，他们还希望能够在南极艾特肯盆地着陆点位置探测氧化铁的含量。

到外太空开展天文观测

此次随嫦娥四号升空的低频射电探测仪将进行低频射电天文观测，由中国和荷兰共同开展。射电天文学是天文学的一个分支——通过电磁波频谱以无线电频率研究天体。1930年，美国无线电工程师卡尔·央斯基在短波高频波段偶然收到来自地球外的天体辐射，开启了射电天文的大门。自此，电磁波成为天文学家观测天体辐射的核心手段之一。

射电天文学以无线电接收技术为观测手段，观测对象遍及所有天体：从近处的太阳系天体到银河系中的各种对象，直到极其遥远的银河系以外目标。射电天文波段的无线电技术，到20世纪40年代才真正发展起来，对于历史悠久的天文学而言，射电天文使用的是一种崭新的手段，为天文学开拓了新天地。

迄今为止，人类仍然使用短波和中波进行通信，这是由于地球空间存在比较浓密的反射电磁波的电离层，使得电磁波无法逃出地球范围。同时，来自地球以外的中波和短波波段的电磁辐射也无法透过地球电离层到达地面，因此，人类地面射电天文观测都是在更高频段开展。科学家认为，地球电离层在保护生物圈和为人类提供通信便利的同时，也关闭了这个波段天文观测的窗口。

自1990年开始，射电天文学家们就在论证突破这一限制，到外太空开展低频射电天文观测的可能途径。然而，在躲开电离层的屏蔽之后，还要躲开来自地球人造卫星的低频无线电辐射的噪声，并进一步通过月球的遮挡躲开来自太阳的辐射，才有机会更好地在这个波段看见来自太阳系以外天体的低频射电辐射。他们期望未来能够在10MHz以下电磁波谱频带的月基大规模组阵低频射电天文观测，逐步解决一些重大科学问题，如宇宙的暗黑时代以及黎明时期，探索与暗物质、暗能量、高能宇宙射线起源关联的问题等，揭示不同尺度宇宙天体的起源与演化规律。

这一次，嫦娥四号月球着陆探测提供了在月球背面和月球空间开展低频射电天文的绝佳起步机会。作为协同工作的选择，中国与荷兰联合团队选择了借助鹊桥通信卫星的平台，远离来自地球空间的干扰，在月球所属区域开展低频射电天文的观测。

中国科学院国家天文台研究员、国际载荷（中—荷）低频射电探测仪中方首席专家平劲松表示，低频射电探测仪上中荷两国的载荷有所不同，从工作模式上看，中方载荷需要太阳能供电，因此在着陆区是白天时主要开展工作；当着陆区是夜晚时，荷兰载荷则开展工作。另外两台载荷的探测目标上也不一样：中方载荷屏蔽了地球干扰，可以探测到一些距离较远的目标；荷兰载荷则飞行在“鹊桥”中继星上，仍会受到地球辐射影响，可以探测到来自地球两极的射电爆发。

针对嫦娥四号月基低频射电天文观测研究的科学目标，科学家为嫦娥四号新研制了低频射电频谱仪。这是一台我国自主研制的科学载荷，安装在着陆器上，利用月球背面没有地球电磁波干扰、天然“洁净”的环境，在月昼期间对太阳低频射电特征进行探测，并对月表低频辐射环境进行探测，研究太阳爆发、着陆区上空的月球空间环境。该载荷也可以对来自太阳系行星的低频射电场开展观测，并“聆听”来自宇宙更深处的“声音”。

通力合作各显神通

月球车上携带的中性原子探测仪，对解决太阳风与月表相互作用机制等关键科学问题有着重要意义。而安装在着陆器上的中性粒子辐射剂量探测仪，能探测着陆区的辐射剂量，有助于科学家们对月表辐射环境进行评估，提供相应辐射防护的依据。

与月表中子和辐射剂量探测仪的探测目标有所不同，中性原子探测仪测量的是太阳风和月球表面相互作用后产生的中性原子。中国科学院国家空间科学中心研究员、国际（中—瑞典）载荷中性原子探测仪中方首席专家张爱兵表示，该仪器由瑞典负责研制，中方参与设备测试，双方共同拥有科学数据，开展科学研究。这次嫦娥四号的中性原子探测仪放在月表巡视器上，是国际首次在月表开展中性原子探测，探测数据将用于研究太阳风和月表微观相互作用、月表溅射在月球逃逸层形成和维持中的作用，等等。

嫦娥四号还搭载了和嫦娥三号一样的5台载荷，即降落相机、全景相机、地形地貌相机、测月雷达、红外成像光谱仪。其中，降落相机在降落过程中对整个着陆区地形地貌进行连续拍摄，全景相机和地形地貌相机则主要对着陆区周边地形地貌进行拍摄。测月雷达旨在对巡视路线上月球表层进行探测。

嫦娥三号就是依靠测月雷达开展了“边走边探”的工作，完成了首幅月球地质剖面图，揭示了嫦娥三号着陆区的地质结构和地质演化过程，并发现了一种新的岩石类型。根据巡视就位探测研究，中国科学家发现，在探测区域曾经发生了至少3次玄武岩喷发事件。基于这些发现，中国科学家提出了这一区域火山作用历史的新理论模型。此外，红外光成像谱仪搭载在月球车上，主要用于获取月表信息，可以同时获取巡视区图像和整个太阳反射波段的光谱信息，其科学数据可用于月球表面物质成分分析，对我国月球环境探测与研究具有重要作用。

对月表开展“面部识别”

在嫦娥四号月球车上，还有一个神奇的小器件——它可以识别月球的面貌，帮助嫦娥四号月球车轻松避开月面的凹凸不平，这样，月球车就可以在月面上尽情“撒欢”了。

这个小器件叫作“激光点阵器”，是嫦娥四号巡视器GNC（导航制导与控制系统）分系统的重要单机，安装于巡视器围栏的正前方，与身旁的国旗相伴。

其实，这项技术早已应用在我们的日常生活中，最典型的就是手机中的人脸识别。手机通过近红外激光器，将具有一定结构特征的光线投射到人脸，再由专门的红外摄像头进行拍照，生成带有光斑的图像。照射到人脸的光线，会因我们不同的面貌形成不同的激光光斑分布，从而获取人脸的三维结构，用于后续人脸识别。而且，与传统二维识别相比，基于三维结构光的方案更为可靠。

激光点阵器的功能如同手机中提供结构光的光源，将两排激光点阵投射到月表，避障相机对月表成像，获取带激光点阵的图像，并识别激光点阵处的起伏，实现月表的“面部识别”。

“可不要小瞧这个小单机。虽然一般情况下，双相机也可以实现月表的识别和避障，但在没有光照时，这可就是唯一手段了。只要有它在，不论白天还是晚上，我们的嫦娥都可以自如地遨游月球。”嫦娥四号激光点阵器技术负责人王春辉说。

延伸阅读

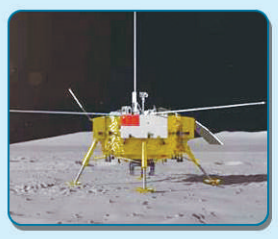
月球背后探测会给人类科研带来什么？

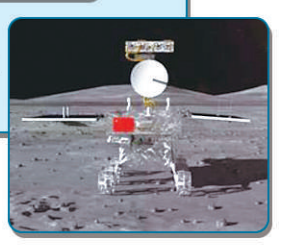
月球背面几乎全是环形山/陨石坑（97.5%），比正面多得多（69%），形成原因和目前的情况只有理论解释，缺乏实地验证，月球背后探测将实现实地验证

图源：NASA

月球背面南极-艾特肯盆地，是太阳系第二大超级陨石坑，早在1998年，美国航天航空局（NASA）的月球勘探者号就发现这里存在水冰，而且更接近月球最原始的情况，此次将对该盆地实现更精准探测

嫦娥四号实际着陆地点位于该区域中部的冯·卡门环形山，它以钱学森恩师的名字命名。这里经过了强烈碰撞，极可能曾经被熔岩淹没，各类物质含量丰富，或许留有月幔最原始的成分，保留了月球最深层的秘密，此次探测有望进一步揭秘谜团





嫦娥4号着陆器（上）和月球车（右）的模型

图源：航天科技集团

“月球上氦三能量开发可供人类能源需求数亿年”的说法流传已久。理论上，月球背面环境更容易产生氦三，此次探测有望一探究竟

月球背面有天然的“屏蔽”，没有任何来自地球的辐射干扰，这意味着它有着无比完美的安静环境做天文观测，引人期待

NASA的深空天气探测卫星在150万千米外日地拉格朗日点“定点”观察而来的月球掠过地球，可以明显看到月球只有一面对着地球

图源：NASA

可见，第一个实现月球背面着陆的探测器将会收获众多独特的科研成果，对世界航天和天文界将作出巨大贡献

国际合作大突破

嫦娥探月工程作为中国最具标志性大型科学研究项目之一，对于扩展中国航天国际影响力作用巨大。而嫦娥四号任务（本质上鹊桥号中继卫星也属于嫦娥四号任务的一部分）更为中国航天迈出了突破性的一步

嫦娥四号任务的火箭整流罩由众多国际机构参与完成，是个高度国际化的任务

光线照射形成的影子，也是着陆时判断地形的重要图像参考

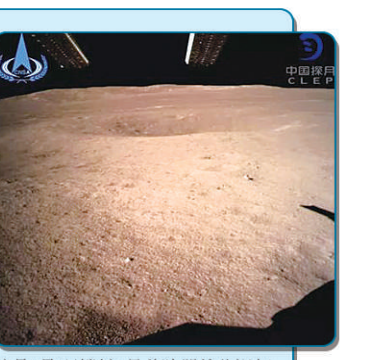
图源：NASA

在科研方面，嫦娥四号携带的低射频电探测仪是与荷兰合作完成；月表中子与辐射剂量探测仪是与德国合作完成；中性原子探测仪是与瑞典合作完成；月球小型光学成像探测仪是与沙特合作完成

月面微型生态圈，带有马铃薯、蚕、拟南芥和生命支撑系统

图源：重庆大学

任务成功后，嫦娥四号收集来的一手科研数据将会对外全部公开，欢迎全世界科学家共同研究。嫦娥工程是近些年中国航天在国际上的一张名片，是我国航天对外开放吸引合作的绝佳平台



这是1月3日嫦娥4号着陆器的监视相机C拍摄的着陆点南侧月球背面图像