

探索与发现

科技与新知

光纤、水泥、扁虫、蛋白质
上过太空，它们有了“超能力”

■张佳欣

我们有幸生活在地球上，这是一个有大气保护、中等温度且有所谓“相对正常”的重力水平的地方。如果我们到一个条件不同的地方，日子可能不会这么好过。

例如在太空中。太空中几乎没有重力，人们的骨骼会变得脆弱，甚至不知道自己是否饿了，因为人们在没有重力的情况下无法感觉到自己的身体正在发生什么变化。因此，零重力对人类来说并不友好。然而，这并不意味着一切都会在失重状态下“宕机”。事实上，有些东西反而变得更强大。

缺陷更少的光纤材料
“超纯氟化物”(ZBLAN)是一种特殊光纤材料，主要用于医疗产品、光纤激光器和近红外等领域。长期以来一直被认为是太空制造业的杰出产品。

根据美国国家航空航天局(NASA)的研究，在微重力环境下制造的ZBLAN，比在地球重力作用下制造的更加光滑、清晰，还可能防止缺陷的出现。

据太空新闻网2月23日最新消息，美国硅谷初创公司“缺陷光子”两周内在国际空间站(ISS)上生产了超过5公里的ZBLAN，其目标是利用ZBLAN制造海底光缆。ZBLAN比二氧化硅(海底通信光缆中的光纤玻璃)透明得多，透明度的提高意味着信号衰减更少。未来，该公司计划在太空中利用微重力继续制造更多的预成型件。

更加坚固的微重力水泥
水泥是人们建房所必需的最基本材料。据2019年发表在《天文学杂志》上的论文，ISS的宇航员首次在微重力环境中成功地混合了水泥。结果出人意料：与地球上加工的水泥相比，空间站上加工的水泥样品的微观结构发生了很大变化。

研究人员将水泥的基本成分送到ISS，然后将水和水泥的主要矿物成分氧化钙在袋中混合，通过水化过程使其硬化42天。结果表明，微重力混合的水泥确实能在地球上一样固化。

地球上的水泥由于重力作用具有分层结构，而ISS缺乏重力，因此混合水泥的密度非常均匀，这意味着太空水泥更加坚固。同时，太空水泥存在着更多的空隙，孔隙率也会明显影响水泥材料的性能。这一结果标志着人类向“在月球上就地建房”这一目标迈出的重要一步。

“异形”再生的双头扁虫
第一批被送上太空的动物并不是名叫“莱卡”的流浪狗，而是一群果

蝇。1947年2月20日，果蝇搭乘V-2火箭登上了临界太空，然后返回并存活下来。科学家试图探索太空的辐射环境对有机体的影响，因此选择了在基因上与人类相似的果蝇。今天，人们仍然用火箭运送简单的无脊椎动物，只是为了看看会发生什么。

据ISS美国国家实验室官方网站介绍，2015年1月10日，15条扁虫通过SpaceX-5商业补给任务发射升空。这些扁虫被切掉头部和尾部，安置在一个一半充满空气、一半充满水的管子里，然后在ISS待了5周。扁虫是种具有很强断肢再生能力的动物，将一只扁虫腰斩，断肢能分别发育成两个完整的个体。然而返回地球后，它们发生了神奇的变化，直接从一个躯干长出了两个头。

惶恐的科学家把扁虫的两个头都切掉后，结果两个头又长了出来。太空永久地改变了这些扁虫。科学家希望通过研究扁虫上天前后的变化，了解太空环境对人体的影响。

性能更强的“太空蛋白质”
当人们在太空中制造药物时，药物性能也会变得更强大。

蛋白质晶体生长实验是太空飞行活动中的重要项目。在地面上，受重力影响，单一纯净的蛋白质晶体很难制成，而太空中独特的微重力环境能让蛋白质更加舒展、充分地结合，更好地过滤杂质，最终形成纳米级、高纯度、高均匀度的蛋白质晶体。

NASA一直致力于ISS的蛋白质晶体生长实验。截至2021年，制药公司和学术研究团队已在ISS进行了500多项蛋白质晶体生长实验，这是迄今为止在空间站进行的最大的单一类别实验。他们对蛋白质晶体进行了修改，促进了一种治疗结核病的新药的发现，同时还找到了新的抗癌药物输送机制。

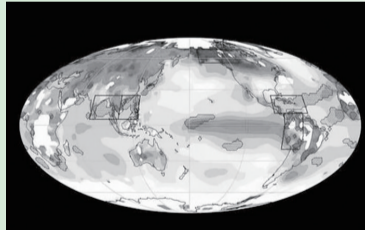
日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)也是活跃于微重力蛋白质晶体生长研究的机构之一。其中一项研究检查了与杜氏肌营养不良症相关的蛋白质的晶体结构。微重力结晶研究产生了几种有前途的化合物，包括一种名为TAS-205的分子。

此外，大型制药公司也越来越重视微重力环境下晶体生长为药物研发带来的益处。例如，默沙东公司的PD-1药物就源于ISS的蛋白质纯化与结晶试验。早在2019年，默沙东就发表研究报告称，微重力条件下的蛋白质结晶提高了其肿瘤药物Keytruda的效力。据今年2月最新消息，该药物2023年销售额已超过修美乐，成为全球新晋“药王”。

(据《科技日报》)

厄尔尼诺将使今年全球气温破纪录

■徐锐



2024年强厄尔尼诺现象下的异常地表温度预测图。
图片来源:《科学报告》

一个气候模型预测，由于持续的厄尔尼诺现象，加勒比海、孟加拉湾、中国南海以及阿拉斯加和亚马孙部分地区今年将迎来有记录以来最热的12个月。相关研究近日发表于《科学报告》。

“这些地方出现极端情况的风险会增加。”美国国家海洋和大气管理局(NOAA)太平洋海洋环境实验室团队成员Michael McPhaden说，“它们会危害人类健康，增加野火风险。而在海洋中，它们增加了海洋热浪风险，会损害海洋生态系统、破坏渔业、破坏珊瑚。”

目前全球大部分地区地表温度都处于历史最高水平。造成这种情况的主要原因是化石燃料燃烧产生的碳排放。除此之外，始于2023年年中的强厄尔尼诺现象进一步使气温走高。厄尔尼诺现象使温暖的海水从太平洋表面向南美水域扩散。这片广阔的水域将大量海洋热量输送到大气中，导致地表温

度上升。
与厄尔尼诺现象相反的拉尼娜现象，则会逆转升温情况：冷水扩散到远离南美洲的太平洋表面，吸收大气中的热量，降低地表温度。这意味着全球平均地表温度通常在厄尔尼诺阶段达到创纪录的水平，然后在拉尼娜阶段下降。

McPhaden和同事建立了一个计算机模型，以预测世界上哪些地区将出现创纪录的高温天气。该模型考虑了气溶胶污染、火山爆发和厄尔尼诺现象。他们的预测关注了2023年7月至2024年6月间的平均地表温度。

研究小组考虑了强厄尔尼诺现象和较温和的厄尔尼诺现象两种情况。“但显然，现在我们正经历强厄尔尼诺现象。它很可能是自1950年以来最强的五大厄尔尼诺现象之一。”McPhaden说。

研究团队预测，在这种强厄尔尼诺现象下，2023年7月至2024年6月的全球平均地表温度将比1951年至1980年高1.1至1.2摄氏度。这相当于比1850年至1900年的平均地表温度高1.4至1.5摄氏度，后者被视为工业化前的基准。

一直在追踪极端温度的独立气候学家Maximiliano Herrera指出，在持续的厄尔尼诺现象期间，温度纪录已经被打破，尤其是在热带地区。“这是一个超级厄尔尼诺，创纪录高温的持续存在不可避免。”
(据《中国科学报》)



图片来源:IC photo

登月着陆究竟难在哪儿

■星球观察

1 探测器抵达月球要过四关

火箭之父、苏联科学家齐奥尔科夫斯基曾经说过：“地球是人类的摇篮，但人类不可能永远被束缚在摇篮里。”人类迈出地球摇篮，走向宇宙的第一站就是月球——月球是地球唯一的天然卫星，也是距离地球最近的自然天体。从地球到月球的距离，虽然在宇宙空间尺度中来看进一步之遥都谈不上，却是人类付出极大努力才有可能跨越的万仞之山，在此过程中还克服着多科学技术难题。

第一个难关是进入轨道。这需要拥有强有力的运载火箭将月球探测器送入合适的轨道，如果火箭能力不够强，入轨远地点高度无法达到约38万公里地月距离，那么就需要探测器自己变轨，逐渐抬高远地点来逼近月球，如此一来燃料和时间都会消耗得更多。而如果火箭能力较强，将探测器直接送到地月转移轨道，那么探测器就省劲多了。

第二个难关是奔向月球。要想探索月球，首先要能顺利到达月球、地月之间的天路是必须经过的一关。美国前9次月球探测任务中，只有第5次飞掠任务取得了部分成功，其余8次环绕和飞掠任务都失败了。苏联的起步方式有所不同，试图先撞击月球，但直到第6次才成功撞月。在奔月途中，探测器的初始入轨误差会不断累积，使得实

际飞行轨道逐渐偏离设计轨道，因此需要每隔一段时间进行一次轨道机动，就像开车的时候稍稍打一点方向盘来调整方向一样，消除轨道偏差才能确保探测器始终飞行在正确的轨道上。

第三个难关是环绕月球。探测器到达近月点后，需要“刹车”，也就是近月制动，把探测器速度从约2.5km/s降到1.7km/s，降速达到0.8km/s以上。“刹车”的力度需拿捏得刚刚好，刹猛了探测器会一头撞向月球，刹不够又无法被月球捕获，会离月球越来越远。

第四个难关就是近来备受关注的月面降落。月球上没有空气，不能用降落伞，探测器只能采用发动机反喷减速的方式下降。随着发动机的反喷工作，燃料不断消耗，探测器越来越轻，反喷推力也相应减小。反推力与重力的动态适应匹配是软着陆的关键，反推力大了落不下去，反推力小了则降得太快；反推力变化慢了减速不及时，反推力变化快了又会给探测器姿态带来突然干扰，可谓稍有不慎就会粉身碎骨。同时，还需要解决降落避障问题，避免落在石头上或坑里影响着陆安全。

除此之外，着陆月球表面的探测器必须针对大温差、低重力、月尘、宇宙辐射等特殊环境进行专门的防护设计，才能正常工作。

2 为何抵月“临门一脚”易落空

探索月球的第一个热潮出现在上世纪六七十年代，美苏两国进行太空竞赛，完成了数十次月球软着陆探测。随着2014年初我国嫦娥三号探测器成功着陆月球雨海北部，月球软着陆探测的第二轮热潮拉开序幕，特别是去年下半年以来，印度、俄罗斯、日本、美国的多个探测器纷纷尝试着陆月球，引起了全世界对于月球探索的高度关注。

2023年7月14日，经历两次推迟后，印度月船三号探测器(Chandrayaan-3)成功发射，后于8月23日成功着陆在月球表面。这标志着印度成为世界上第四个成功着陆月球的国家。

2023年8月11日，俄罗斯的月球-25号(Luna 25)探测器发射升空，计划在月球南极着陆，后坠毁于月面。调查显示，近月制动时的发动机点火运行84秒，实际却运行了127秒，加速度计未能在探测器达到预定速度时发出信号及时关闭推进系统，导致失败。

2023年9月7日，日本的月球探测器SLIM发射升空。后在月面降落过程中，探测器的一台发动机失去推力，导致它以发动机朝上的“倒栽葱”姿态着陆。

2024年1月8日，美国航天机器人技术公司开发的游隼月球着陆器发射升空后，因推进系统故障、推进剂泄露，最终重返地球大气层烧毁。

2024年2月15日，美国直觉机器公司的奥德修斯月球着陆器成功发射，进入环月轨道后发现激光测距系统无法正常工作，于是调用激光测距实验载荷用于着陆数据支持，2月22日探测器着陆月球表面时发生了侧翻。

纵观第二轮月球软着陆探测热潮，全世界一共实施了11次月球软着陆任

务，成功率却仅略超50%。月球着陆器状况频出，或指令优先级处理逻辑存在问题，或发动机喷管烧穿掉落，或推进剂发生泄漏，或激光测距仪安全开关忘记在发射前解锁等。目前只有我国的嫦娥三号、四号、五号和印度的月船三号任务取得了完全意义上的成功。

各国航天器抵达月面所面临的最大技术障碍就是反推发动机技术和着陆导航技术。

从反推发动机技术来看，只有中国和美国直觉机器公司研制出了推力可大范围调节的变推力发动机，利用发动机推力的受控变化来平衡不断变动的探测器重力。而其他探测器大多采用多台固定推力或可小范围调节推力的发动机组合，通过脉冲控制或切换组合的方式来实现重力抵消，这种反推力的突变容易对探测器姿态造成干扰。

从着陆导航技术来看，新近研制的印度月船三号与日本SLIM着陆器都应用了基于图像匹配技术的地形相对导航技术，实现了较高精度着陆。其中，印度月船三号的着陆位置偏差约360米，日本SLIM的着陆位置偏差约55米，为目前世界上最高的着陆精度。我国之前的嫦娥系列探测器采用的是微波/激光测距测速和机器视觉避障技术，具有很高的可靠性，后续嫦娥七号和八号探测器根据任务需求将实现更高精度的着陆。

所以，要想成功实现月球软着陆，不但要突破相应的关键技术，还要实现产品的高可靠性，两者缺一不可，否则就会跌跌撞撞、出师不捷。

4 月球驻留的时代已经来临

月球是宇宙海洋中离开地球这个陆地后的第一个岛屿，地月距离只有38万公里，是地球与火星距离的百分之一至千分之一。在人类当前掌握的科学技术下，利用火星仍然是遥远的展望，月球才是当下触手可及的现实，它不仅理想的科研基地，也是资源开发利用的宝库，更是去往更远深空的跳板和前哨站。

因此，如今世界各国又开始重新审视月球，将其当作新的战略空间开展探测任务。美国、中国与欧洲的一些航天大国纷纷提出了在月球上构建月球科研站或月球基地的建设规划，这标志着人类月球探测活动已经从“认识月球”转为“认识与利用并重”，进入了“探、登、驻”三大步中第三步“驻”的时代。

之前的人类探月任务，无论是我国的“绕、落、回”，还是美国的阿波罗计划、俄罗斯的Luna系列，都属于单次探测任务模式，即每次任务设定一个目标，配置相应

的科学载荷，任务周期相对短暂、任务之间缺少协同。而建设月球科研站这样中等规模、试验型的月面设施，转向相对集中建站、长期驻留、可持续探测的模式，任务之间的协同便会大大增强，模块之间的物质、信息、能源交换急剧增多，如同把分散的点连接成网络，必将为人类认识月球、利用月球提供更高效率、更有效益的方法。

按照科学家的设想，未来人类还将建设月球基地。月球基地可以长期自主运行，具有超强大脑的中枢机构指挥各式各样的机器人完成多种探测、搬运、布设、建造任务；指挥官、工程师、科学家、探险者、医生等多种职业的人类航天员也将来到月球基地进行短期驻留，指挥、控制机器人完成地质调查、科学研究、大型建造等复杂任务。这样的月球基地，包含了实验室、矿场、工厂、空港、旅馆等各种实用型月面设施，所获取的知识和物产都将服务于人类文明的延续和拓展。

通过全世界航天科技工作者的创新和实干，相信在不远的将来这些梦想会逐一变成现实，会有更多的地球人成为见证历史的月球访客。

(据《北京日报》作者为国家航天局探月与航天工程中心研究员、探月与航天工程中心工程师)

3 着陆南极缘何最受关注

迄今为止，月球着陆探测任务的着陆区主要集中在三大区域：月球正面、月球背面、月球南极。

月球正面总是朝向地球，对地通信条件好，具备大面积的月海，地势较为低洼平坦，工程实现难度相对较低，因此，世界各国的首次月球着陆任务通常都将着陆点选择在月球正面中低纬度区域。我国载人月球探测任务就计划在2030年前登陆月球正面，实现中国人的登月梦想。

月球背面总是背对地球，能够屏蔽地球上人类活动造成的无线电干扰、闪电和极光带来的无线电发射，因此被认为是开展低频射电天文学观测的绝佳地点。利用月球背面独特的无线电环境进行天文观测，可填补100kHz-1MHz频段的空白，有望获得宇宙“黑暗时代”方面的新认知。主体位于月球背面的南极-艾特肯盆地，不仅是月球上最大最古老的盆地，也是太阳系中最大的盆地，直径约2500公里，最深达12公里，是第一批留下记录的撞击构造，其喷发出的月球深层物质是其他区域所不具备的，所以被认为是研究月球内部结构和演化进程的窗口。此外，月球背面还保存着最古老的月壳岩石，其斜长岩高地可能形成于月球岩浆洋的分异结晶，这是月球形成的两大学说之一，对其探测有望获取月球早期演化历史的新认识。我国嫦娥四号探测器于2019年实现了人类首次月球背面软着陆和巡视探测，嫦娥六号探测器也将于今年上半年完成月球背面采样返回任务。

月球南极存在许多终年不见阳光的撞击坑——永久阴影坑，其中可能含有储量丰富的水冰。我国将于2026年前后实施的嫦娥七号任务的重要科学目标，就是通过现场探测证

认月球南极区域水冰的存在。如果在月球南极直接发现大量水，将为人類在月球上的长期驻留、更深远空间探测的燃料补给，以及月球其它资源的开发利用提供物质保障。此外，月球南极还存在一些具有长时间连续光照的特殊地点——永昼峰，这些地点光照时间占比最大可达80%，探测器通过小范围移动甚至可以实现连续不间断工作，为长期开展科学探测提供非常有利的条件。

鉴于潜在的水冰资源和特殊环境，月球南极是实现长期科研和资源开发的理想场所。为此，美国启动了规模宏大的阿尔忒弥斯计划，联合30多个国家拟在月球南极建立大本营，把宇航员送上月球并建立常态化驻留机制，为未来的火星载人登陆任务铺路。中国则提出了国际月球科研站大科学工程计划，联合国拟在月球南极构建国际月球科研站，通过长期无人自主、短期有人参与的形式，开展月球资源利用和月基建造等任务活动。

目前，我国正在实施的探月四期嫦娥七号任务，拟对月球南极永久阴影区内的月壤水冰和挥发份的赋存状态实施采样详查；嫦娥八号任务是着陆于月球南极构建国际月球科研站，通过嫦娥七号和八号任务的实施，构建月球科研站的基本型，将为后续开展月球资源原位利用新技术验证。通过嫦娥七号和八号任务的实施，构建月球科研站的规模构建与高效益运营奠定基础。



中国北京天文台射电天文望远镜
图片来源:IC photo