



视觉中国供图

嫦娥五号采样大戏奏序曲

到外星去“挖土”，真人和机器谁更强

本报记者 付毅飞

11月17日，长征五号遥五运载火箭和嫦娥五号探测器已垂直转运至发射区，国人期盼已久的月球采样大戏已奏响序曲，即将揭开大幕。

据国家航天局介绍，嫦娥五号任务是中国探

月工程第六次任务，计划实现月面自动采样返回，是我国航天领域迄今最复杂、难度最大的任务之一。

国际上开展过哪些外星“挖土”的尝试？有人采集和无人采集哪种方式更好？航天专家向科技日报记者进行了介绍。

装备越好宇航员采集样品越丰厚

半个世纪前，美国通过阿波罗计划，率先从月球带回了共计381.7千克的月岩样品。

1969年7月，阿波罗11号飞船降落在月球赤道附近的宁静之海。完成人类首次登月壮举的宇航员阿姆斯特朗和奥尔德林，用装在一根杆子顶端的采样袋采集土壤，并将装满的采样袋揣在“裤兜”里，又用铲子和带有机械爪的探杆拾取岩石。奥尔德林还抄起钻杆和锤子，取到了2根岩芯。二人在月球表面待了2小时32分钟，累计行动了约1公里，直到地面警告他们代谢率过高，才依依不舍地回到飞船上。这次，他们一共得到了21.55千克月球样品。

阿波罗12号和14号，也降落在月球赤道上，宇航员采集样品的劲头越来越足，采回的数量也

越来越多。到阿波罗15号任务时，宇航员的装备“鸟枪换炮”，携带了一辆由波音公司研制的月球车，宇航员艾文也成为首位在月球上开车的人。交通工具的出现，让登月宇航员的活动范围大大增加，阿波罗16号宇航员约翰·杨还飙出了时速11公里的月球纪录。同时他们采集的样品相比前几次任务也成倍增长。

在阿波罗17号飞船上，出现了一名特殊的宇航员，他就是整个阿波罗计划中唯一一名地质学家施密特。他的加入，将月球“挖土”事业推上了巅峰。如痴如狂的施密特带着指令长塞尔南奋力挖掘，3次月面活动总计工作了22小时，带回了总重111千克的741个样本，其中包括一根深钻3米取得的岩芯。

无人探测采样活动五花八门

作为登月竞赛中的对手，苏联由于载人登月计划受挫，转而开始了无人月球采样的探索，并成为该技术途径的先行者。利用月球16号、20号、24号探测器苏联共在月球采集到了300多克样品。

随着航天技术发展，人类探索的目标不再局限于月球，开展了五花八门的无人外星“挖土”活动。

1999年2月，美国发射了星尘号彗星探测器，主要任务是飞往怀尔德2号彗星，在穿过彗尾过程中采集尘埃及气体样本，并送回地球。

2004年1月2日，星尘号与怀尔德2号交会，遭到数百万彗星微粒的撞击。其间，星尘号伸出一个类似网球拍的“气凝胶尘埃收集器”，收集彗星的尘埃微粒。全国空间探测技术首席科学传

播专家庞之浩介绍，这个全球独一无二的“气凝胶尘埃收集器”，由美籍华人科学家邹哲设计。当粒子撞上气凝胶时，会立即把自己“埋”在里面。采集工作完成后，收集器折叠收入羽毛球状返回舱，将样品贮存于容器中，返回地面后，科学家再从中寻找彗星尘埃。

2001年8月，美国起源号探测器升空，飞行4个月后抵达地拉格朗日1点，并在该位置工作850天，采集了10到20微克太阳风粒子。

起源号上的收集设备非常纯净。庞之浩介绍，起源号看上去像一块打开的腕表，采样返回舱安装在平台顶部。采样罐内装有太阳风粒子采集器阵列和离子集中器，利用中心旋转机械装置展开采集器阵列。不过，2004年9月该探测器在返回下降过程中，由于加速度计安装错误，导

致主降落伞没能按程序打开，返回舱以每小时32公里的速度撞向地面而遭到损坏，最终研究人员只收回了部分太阳风粒子。

这并非人类第一次尝试获取太阳样本，实际上从阿波罗11号飞船开始，阿波罗计划也开展了太阳风成分实验。庞之浩说，阿波罗任务是利用飞船表面的一块铝箔，在地月空间收集太阳样本。不过，科学家很难分辨采集到的物质究竟是来自太阳还是铝箔本身。

2003年，日本率先开展了小行星采样尝试。是年5月，世界首个小行星采样返回探测器隼鸟1号发射，于2005年9月飞抵系小行星20公里高度轨道。隼鸟1号通过在小行星着陆，吸入飞溅粉尘的方式采集样品，不过任务期间它出现故障，直到2010年6月才返回地球。虽然任务完成得一波三折，但它仍使日本成为全球首个实现小行星采样返回的国家，目

有人采集和无人采集各有千秋

回顾人类的外星“挖土”史可以看出，除了阿波罗计划采用有人采集方式，其余的均为无人采集。两种方式孰优孰劣？人与机器相比，“挖土”哪家强？

庞之浩表示，从采样数量上看，有人采集无疑占优。阿波罗计划共带回约380千克样品，相比同时期苏联实施的无人采集任务，样品重量超出上千倍。这些样品至今都没有研究完，大部分还封存在实验室里。

中国航天科工集团二院研究员杨宇光认为，有人采集更大的优点，是可以在任务中随机应变，处置不同的情况。

航天器的装载容量有限，所采集样品有多大意义，取决于其代表性和特殊性。杨宇光说，例如阿波罗17号任务中，施密特捡到了一块橙色月球岩石，极为特别。这样的稀有样品，只有靠宇航员仔细寻找才能得到，通过无人采样方式几乎不可能获取。

然而，宇航员的参与，使得航天任务的难度和成本大大增加。

杨宇光说，一艘阿波罗飞船重约45吨，而苏联的“月球”系列无人采样探测器重量不足6吨，我国嫦娥五号探测器重8吨多。同时，载

前已确认探测器在系小行星表面获取了1500粒样品。

2014年12月，日本发射了更先进的隼鸟2号，对龙宫小行星进行了探测。该探测器的采样方式是先向小行星发射金属弹，然后在撞击坑处着陆，吸收飞溅碎片后迅速飞离。隼鸟2号先后实施了3次采样，共采到20克以上样品。其预计在2020年底将样品送回地球。

最近的一次小行星采样活动，发生在今年10月20日——美国冥王星探测器使用采样机械臂末端的采样器，从贝努小行星表面采集了60克以上的风化层样品。该探测器计划在2023年9月将采样返回舱送回地球。

此外，美国还于今年7月30日发射了毅力号火星探测器，计划让其探索火星杰泽罗陨坑并采集样品。这些样品将被毅力号保存，在2031年美欧联合实施的太空任务中带回地球。

人飞行任务对安全性、可靠性，以及生命保障系统等要求很高，这些都直接影响着工程规模及成本。

庞之浩进一步解释，一艘阿波罗登月飞船比等重黄金贵十多倍，而发射阿波罗飞船所用的土星五号火箭，造价高达5亿美元。阿波罗计划历时11年，耗资255亿美元，为实施该计划，美国国家航空航天局(NASA)每年预算占到美国政府总预算的4.5%左右，平均每个美国家庭要负担400多美元。

而无人采集不仅工程规模较小、成本较低，而且无需考虑生保、补给等问题，任务周期可达数十年之久，探测距离也达到数亿公里。杨宇光认为，至少在未来十几年里，无人采集方式都将是外星“挖土”的主流。

不过，有人采集也不是全无用武之地。杨宇光说，对于一些情况复杂、目的性较强的特殊任务，例如发现一颗很有意思的小行星，要去采集一些特别的样本，就要依靠人来完成了。这种情况下，付出多一些成本和时间，也是值得的。

到更远的未来，如果人类在月球建立永久基地，产生了更多科学与工程上的需求，那么也需要宇航员长期驻扎，开展更大范围的考察活动。

超级涂层为户外设备披上“防寒服”

本报记者 陈曦 通讯员 焦德芳

天气日渐寒冷，人们穿上了防寒服御寒保暖。但是像飞机、风力涡轮机、输电线路和公路等基础设施如果也怕冷该怎么办？记者11月17日从天津大学获悉，该校化工学院张雷教授团队成功研发“超级涂层”。这种新型涂层能够为户外、高空、高寒环境下的仪器设备穿上“防寒服”，实现高效率、低能耗、无损伤防冰除冰。相关成果已发表于国际权威期刊《化学工程杂志》。

传统方法除冰效率低耗能高

在高空高寒环境下，飞机、输电线路等设备表面结冰常常带来重大经济损失，甚至造成灾难性事故。目前主流除冰方法有电热除冰、热风除冰、机械除冰等。但这些技术方法通常效率低且耗能高。其他基于化学试剂(如喷洒盐溶液)的除冰方法可以降低水的凝固点、减少设备表面的积雪，但对环境有害且对金属设备表面有腐蚀作用。

如何制备出一种高效、节能、环保且适用于高

空高寒环境的防冰、除冰涂层成为科学家面临的重要挑战。

“目前比较前沿的涂层材料往往成本较高，或鲁棒性比较差，也就是说不够持久结实，容易被破坏损伤。”研发团队青年教师杨静说，“这些设备可能都在户外环境中，有些还处在比较极端的环境，会遭遇风沙侵袭等，如果涂层的鲁棒性与稳定性不好，就会影响长期除冰的效果。”

新材料为防结冰上了“三保险”

张雷团队另辟蹊径，利用新型两性亲性材料结合光热碳纤维，研发出一种利用太阳光产热的“超级涂层”。这种超级涂层融合了可降低冰点的亲水链段PVP、低表面能材料PDMS，可吸收太阳能的光热碳纤维，为防止设备表面不结冰上了“三重保险”。

张雷解释，设备表面结冰，往往是水先附着在材料的表面而后冻成冰。“我们使用了亲水链段，它可以束缚水分子，降低水的冰点，相当于延迟了这个过程。”

低表面能材料PDMS具有很低的附着能力，能降低冰雪附着。就像不粘锅因为具有低表面能材料的涂层，所以炒菜的时候能达到不粘的效果一样。

“我们把亲水链段和低表面能材料融合，制作成为一种新型两性亲性涂料。”杨静介绍，这两种材料一个亲水一个疏水，我们都知道亲水材料和疏水材料是不能互相融合的，就像水和油不能融合一样。为此，我们将低表面能疏水链段两端接上亲水链段，形成两性亲性嵌段高分子，而后再把这种两性亲性高分子“编织”到低表面能材料的交联网络中。由于新链段中有低表面能链段，因此很容易与交联网络融合。亲水链段会迁移到涂层表面，使这种新型涂层同时具备了降低冰点和附着力两种性能。

而后张雷团队又把这种两性亲性高分子材料与纳米碳纤维结合，纳米碳纤维的加入不仅可以吸收太阳光产热除冰，更由于它的疏水性而进一步降低了PDMS基涂层表面的附着力。“新型涂层在太阳光照下，表面温度可以达到46℃。既可以发热融冰，又极大降低了冰附着，仅依靠风力、重

力等自然条件，就能使设备表面的覆冰轻松脱落。”杨静说。

工艺简单成本低稳定性高

实验结果表明，这种新型涂层稳定性良好，经过30次的循环抗冰测试，冰附着强度都没有明显的变化。而且可经受酸雨、落沙的冲刷，甚至可耐受200次砂纸摩擦。杨静介绍，由于这种新型涂层利用的都是材料本身固有的物理化学性质，而非依赖涂层表面上制备微结构或涂有润滑油等工艺方法，因此涂层抗冰性能更加稳定，鲁棒性更突出。

“这种新型涂层利用了创新性的想法和设计，对于涂层的原料配比和制作工艺还有待优化。”张雷介绍，涂层利用的3种材料成本都不高，制作工艺也更适宜于产业化，因此未来实际应用的前景可期，有望成为高空、户外等环境下各类大型设备、精密仪器的“防寒服”。“下一步，我们将致力于开发出更极端、恶劣环境下可以维持抗冰效果的涂层，相关工作正在研究过程中。”

万物有科学

还在讨论 iPhone 塑料蓝？ 这个用光涂的蓝才是高级蓝

比邻星

你一定知道有种蓝色的玫瑰名为蓝色妖姬，据说十分珍贵。不过，世间本没有蓝色玫瑰，染得色多了也便成了蓝色妖姬。蓝色妖姬是一种人工制造的玫瑰品种，通过白玫瑰的转基因外加染色处理而成。

纵观整个植物界，蓝色的花的确是稀有物种，它们所占的比重不到10%，而且有很多都不是呈现纯蓝色，而是花青素在碱性条件下发出的蓝紫色。而另一个事实是，据一项研究统计，全世界最受人们喜爱的颜色是蓝色。蓝色这么好看，为什么不长在花上？花当然不会按照人类的喜好来开，它们的一切都是为了生存。

要想解答为什么蓝色的花少见，首先要解答一个初中生物课的经典问题：叶子为什么是绿色的？

因为叶绿素。这是个标准答案，可为什么偏偏是叶绿素，而不是叶黄素呢？叶绿素可以帮助叶片吸收阳光，特别是红橙光和蓝紫光，它们不喜欢绿光，所以绿色光被反射出去，叶片因此呈现出绿色。关键就在这里，叶绿素喜欢吸收蓝色光，是因为蓝色光含有的能量更高。对于植物来说，吸收更高能量的光线可以提高能量的吸收效率，它们没有理由放弃这样的光。

如此经济实惠的蓝色光，被植物毫不犹豫地吸收，蓝光反射不出来，自然进不了人的眼睛，这就是蓝色的植物很少见的原因。

不过动物界并不是这样的光景，蓝色的动物很多。通常来说，动物身体里的色素很多是依靠吃进去的食物来获取的。比如火烈鸟喜欢吃虾，所以它们的身体粉粉的，假如摄入的食物里胡萝卜素不足，它们看起来也就没那么“火烈”了，会呈现黯淡一些的灰色或白色。那么，世界上蓝色的植物这么少，大蓝闪蝶、炫彩孔雀等动物到底是从哪里“偷”来的蓝色呢？

是光。我们刚才提到的所有颜色，都是依靠色素呈现的，它们属于化学色。但大自然还有另一种策略，简单来说就是“用光染色”，通过表面精细的纳米结构使色光发生干涉和衍射，只保留特定波长的色光。这样的结构被称为“结构色”，又名“彩虹色”。从直观视觉上来说，结构色看起来闪着金属光泽，有点像时尚配色里的镭射色。而且在不同的角度观察时，会呈现出不同的色彩。

如果我们把蓝色大闪蝶的翅膀放在显微镜下。你首先会看到堆积在一起的鳞片。假如你徒手抓过蝴蝶，一定会在手指上留下一些粉末状的东西。那就是蝴蝶翅膀上的鳞片。显微镜下的鳞片排列得错落有致。

继续放大，你会发现鳞片并不是一个简单的薄片，它从侧面看就像是圣诞树，有好几层分叉。其实，每层分叉都是一层角质层，厚度在几十至几百纳米，这些角质层本身都是透明的，相邻的角质层之间隔着空气层。你可以把它想象成千层蛋糕。一层奶油一层薄脆薄饼，交替排列。

角质层产生的效应和肥皂泡类似。透明的肥皂泡在阳光下会呈现彩虹般的炫彩。这是因为肥皂泡表面的薄膜会发生薄膜干涉。阳光照到透明的薄膜时，一部分光直接在外表面被反射，我们叫它先头部队。还有一部分先射入薄膜，在内表面被反射，再折射出薄膜，我们叫它断后部队。射出薄膜时，先头部队和断后部队的两束光相遇，会发生干涉。此时，如果两束光走过的路程差是其波长的整数倍，光波就会叠加，信号会增强。

我们都知道，不同色光对应着不同的波长。所以经过了薄膜干涉，某种特定波长的色光将会变得明显。具体什么颜色，取决于薄膜的厚度和光线的人射角。薄膜较厚或者人射光线比较垂直时，泡泡偏蓝色；如果薄膜较薄或者光线斜射进入，泡泡呈暖黄色的。

肥皂泡虽有颜色，但并不强烈。可如果把好几个泡泡摆在一起呢？鳞片的“圣诞树”上，每一层角质层都相当于一个肥皂泡薄膜，当它们叠在一起时，薄膜的干涉效果就会显著增强，假如每一层经过干涉都产生了淡淡的蓝色，那么经过6-10层的累积，蓝光连续加剧，其余色光连续减弱，最终就能呈现出惊艳亮丽的炫彩蓝色了。当光从不同角度入射时，薄膜较厚或者人射光线比较垂直时，泡泡偏蓝色；如果薄膜较薄或者光线斜射进入，泡泡呈暖黄色的。

神奇吧，用光就能涂颜色。而且结构色最大的优势就是：不会有“年老色衰”的那一天。

色素分子会随着时间流逝而氧化褪色，但结构色的“颜料”就是光，只要结构不变，有光的地方总会有绚丽的色彩。所以大闪蝶的标本总是能保持新鲜，永不褪色。不过结构色也有弱点，只要结构发生一些变化，就可能看到一些奇奇怪怪的现象。比如，你可以试着向大闪蝶的翅膀上喷点酒精，原本是蓝色的翅膀瞬间就绿了。这不是什么神奇的化学反应，只是因为酒精填充到了角质层之间的空气中，由于酒精和空气对光的折射率不同，导致经过干涉后产生了绿色而非蓝色光。

从仿生学的角度，结构色算是目前很热门的一项技术。想想手机的炫彩背板，就是靠结构色的微纳结构做出来的。还有人直接在很小的一块玻璃上码了这些微纳结构，投射再现了名画《戴珍珠耳环的少女》。

(来源:《万物》杂志官方微信“把科学带回家”)



视觉中国供图