新闻热线：010—58884108
E-mail：liangyx@stdaily.com
科技日報
■责编 梁彦晓
2020年12月18日 星期五

作业深度超200米，“禹龙”号成大坝体检新利器

本报记者 唐 婷

突破100米级深水大坝安全保障技术壁垒，研制一款小型化载人潜水作业平台为大坝做水下“体检”，是国家重点研发计划“重大水利工程大坝深水检测及突发事件监测预警与应急处置”项目的目标之一。

“我们先后完成了‘禹龙’号大坝深水检测载人潜水器的方案设计、总装建造、联合调试和水池试验，并在3个不同坝型的水库进行了示范性应用试验。其中，在锦屏一级水电站进行的试验中，最大下潜作业深度超过200米。”“禹龙”号项目负责人、南京水利科学研究院原副院长蔡跃波介绍。

12月初，在雅砻江锦屏一级水电站召开的专家咨询会上，以中国工程院院士张建云为组长的专家组一致认为，“禹龙”号的研制，首次实现了水利水电行业深水复杂环境载人潜水检测装备从0到1的突破，攻克了大坝深水检测载人潜水器多项关键技术，为高坝大库安全维护与处治决策提供了装备技术保障。

大坝水下检测经常会碰到的一个难题是，无人潜水器或者潜水员下潜拍回的照片，不一定是大坝工程师真正需要的，而懂大坝的工程师往往又不会潜水。

“如果能有载人潜水设备搭载大坝工程师去大坝水下进行现场诊断，将有助于相关问题的解决。”国家能源局大坝监察中心总工张秀丽说。

而由南京水利科学研究院牵头联合中国船舶集团第七O二研究所等共同研发的“禹龙”号潜水器就解决了这个难题。它长4.7米，宽度和高度都在2.4米左右，总重6.6吨，可搭载两位成员，设计最大潜水深度为300米。

“‘禹龙’号具有90度开角的大直径球冠型观察窗，极大提高了观察视野及检测效率，搭载有专用的清洗及示踪工具，同时可模块化搭载三维成像、三维激光测距等作业工具，非常适合进行高坝大库的检测等工作。”“禹龙”号总设计师、中国船舶集团第七O二研究所研究员王磊介绍。

然而，搭载工程师近距离“问诊”大坝并没有那么简单。蔡跃波指出，大坝深水环境下能见度极低，潜水器作业时还面临着高速水流冲击的挑战，要在确保不碰撞坝体的前提下实现精准水下定位，是“禹龙”号研制过程中首先要解决的技术难题。

蔡跃波介绍说，由于水库大坝建筑物会对声音产生强烈反射，仅靠传统的声学定位方式难以满足大坝深水检测载人潜水器的定位需求。为破解大坝深水环境下的定位难题，“禹龙”号潜水器项目团队采用惯导、声学定位、浮标定位与物理标定相结合的多信息融合技术，形成一套组合式定位装置，实现精确定位。

在真实水库环境条件下检验潜水器全系统及设备功能和人员操作适应性，是“禹龙”号潜水器研制过程中的重要一环。

位于浙江绍兴的汤浦水库是“禹龙”号进行水库试验的第一站。汤浦水库大坝是一座面板坝，即用面板作防渗体设在上游坝面的土石坝。蔡跃波介绍，项目团队在汤浦水库进行了动力、姿态、导航、声呐探测、水下清理及缺陷探测示踪等多功能、多性能试验，试验结果达到预期目标。

顺利完成水库试验“首秀”后，“禹龙”号在浙江新安江水电站开展了基于重力坝的潜水器水下作业试验。2020年11月，“禹龙”号迎来了更大的挑战，在雅砻江锦屏一级水电站开展大深度示范性应用试验。锦屏一级水电站大坝最大坝高305米，是目前世界上最高的双曲薄拱坝，蓄水深度超过200米。

“11月12日，我和主驾驶员、高级工程师沈丹一起，搭乘‘禹龙’号下潜至200.7米深度，基本达到所在坝段的最底部，在该深度处完成了水下定位、附着物清理、喷墨示踪、激光测距等作业任务。继面板坝、重力坝试验之后，又完成特高拱坝示范应用，充分表明‘禹龙’号适应能力广、作业能力强。”蔡跃波介绍。

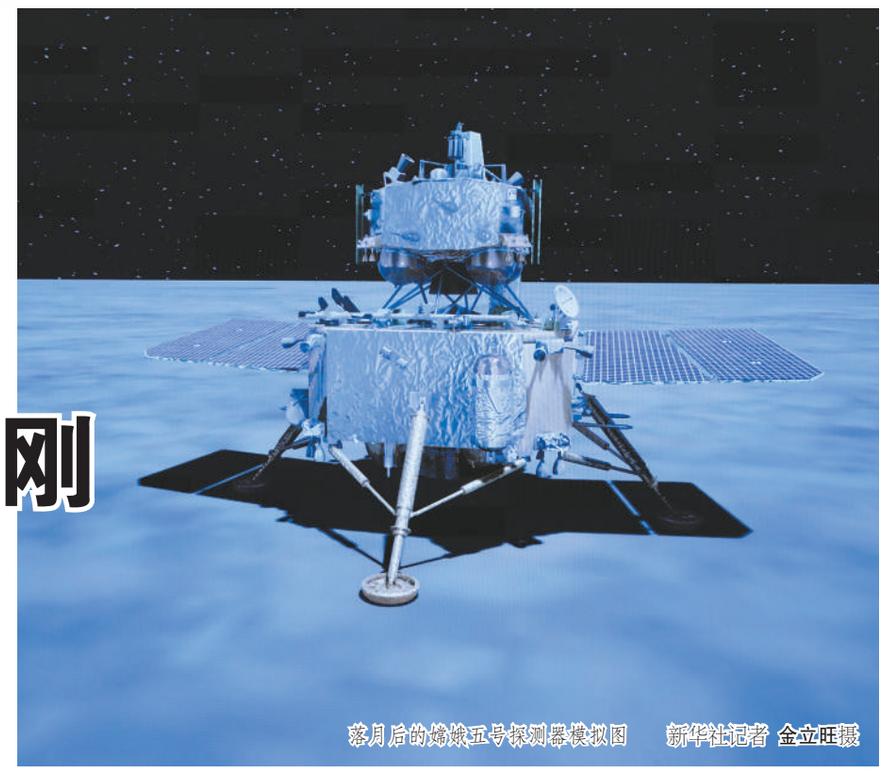
嫦娥五号返回地球时，进入大气层后高速摩擦将使探测器表面温度高达3000℃以上，而这样的温度下几乎连金刚石都会熔化，那么——

什么样的外衣 让“嫦娥”比钻石还刚

方 洲 左小彪 高小方
本报记者 陈 瑜

嫦娥五号任务是我国探月工程“绕、落、回”三步走的收官之战，如果把整个任务比作一场接力跑，那么嫦娥五号返回地球就是最后的一棒。

据介绍，此次嫦娥五号返回器回到地球，是以第二宇宙速度——11.2公里/秒进入大气层，高速摩擦将在探测器表面产生3000℃以上的高温。如果高温被传导到返回器内部，将对携带的月球“土特产”产生影响。为此，科学家们设计了一系列措施保证嫦娥五号返回器平安回家。



落月后的嫦娥五号探测器模拟图 新华社记者 金立旺摄

因各部位防热需求不同而穿“拼接款”

我们所熟知的流星，就是太空中的尘埃和固体块等物质由于地球引力进入大气层，与大气高速摩擦燃烧所产生的天文现象。在这个过程中，大部分物质都被烧毁了，极少有物质能够到达地面形成陨石。

航天器在飞行过程中也会与大气层发生剧烈摩擦，从而在航天器表面产生超高温，如果不使用防热材料，在高温作用下，航天器表面材料很快就会出现变形、熔化和消失的现象（也称烧蚀后退），最后像流星一样消失在天际。

防热材料，顾名思义，作用就是防止产品内部的结构被外界的高温所熔化，航天器的防热材料需要在耐高温的同时发挥其结构承载性能，是航天器的“骨骼”。

据介绍，由于航天器不同的部位对防热材料的需求不同，需要选择不同耐热温度的材料。比如，环氧树脂基复合材料可耐受120℃左右的温度，使用范围比较广泛，可以应用于火箭整流罩、卫星结构件等；双马树脂基复合材料可以耐受200℃以上的温度，主要应用于火箭防热底板、仪器舱舱段等；而聚酰亚胺基复合材料则可耐受500℃左右的高温，可应用于火箭及航天器的耐高温部件。

对于高速穿越大气层的航天器来说，轻装上阵能飞得更远，例如火箭末级每减轻1千克重量，就能增加1千克的有效载荷，或是增加15千米左右的射程。中国运载火箭技术研究院航天材料及工艺研究所专项主任工程师梁馨说，降低材料密度本身并不很难，但要让材料的密度低，同时又能耐高温、强隔热，难度就非常大了。

为减轻航天器载重负担，科研人员要确保嫦娥五号返回器防热材料每1克重量都用在刀刃上，最终他们根据各部位受热情况的不同，在大底迎风面、大底背风面、大底拐弯角环、侧壁迎风面、侧壁背风面、侧壁舱盖与边缘防热环、稳定翼七大部位分别应用了7种不同成分的防热烧蚀材料。

比如，气动加热最严重的大底结构，采用的是新型轻质低密度烧蚀防热材料，其密度约为每立方厘米0.5克，每平方米可承受6兆瓦（MW）的热流环境；拐角采用连续纤维增强中低密度结构材料；侧壁结构采用的是超轻质的蜂窝增强防热材料，密度约为每立方厘米0.36克，每平方米可承受1.5MW的热流环境。这7种材料相互配合、和谐相处，防热减重两不误。

防热外衣要扛住“大火爆炒”和“小火慢炖”

此次嫦娥五号返回器采用的是一个非常有特点的再入模式：半弹道跳跃式再入，形象地说就是打水漂式返回。让返回器先高速进入大气层，随后借助大气层提供的升力“跳”起来，再以第一宇宙速度重新进入大气层返回地面。

具体来说，在进入返回轨道时，返回器一开始是以第二宇宙速度，即每秒11.2公里的速度进入大气层，以这个速度从北京到上海耗时不到100秒。当以第二宇宙速度移动时，材料温度将达到3000℃以上。

进入大气层后没多久，为了减速，返回器会向上跳跃回到太空，这时外部温度是-120℃。接着又以每秒7.8公里的第一宇宙速度进入大气层，这时材料表面温度约为1800℃。

打个比喻，如果把返回器比喻成一口锅，那么上述过程相当于锅先经大火爆炒，然后被放进冰块里，再被从冰块里拿出来经历小火慢炖。因此，这次的防热材料不但要经历冷热交变，更要同时经受“大火爆炒”和“小火慢炖”的双重考验，对最外层的防热材料提出了极高的高温烧蚀强度要求。

“我国对空间探测防热材料的研究是从上世纪80年代开始的，但这么复杂的情况在我国的空间探测活动中属于首次。”梁馨说，为此，团队开展了集中攻关，最终创新性地研制了以碳为主的材料体系，并顺利解决了烧蚀后退等问题。

据了解，之前国际上最好的防热材料是改进后的Avcoat5026，这是阿波罗飞船所用的防热材料，也是此前唯一经历载人登月返回特殊严酷热环境的防热材料。改进后的Avcoat5026密度为每立方厘米0.56克左右，能够在热流作用下发生分解、熔化等变化，借质量消耗带走大量的热，以达到阻止再入大气层时的热流传入飞行器内部的目的。

但是这种防热材料的制造工艺复杂、周期非常长，以猎户座飞船大底为例，其防热材料需要整整6个月才能完成制造。而嫦娥五号探测器的防热材料密度为每立方厘米0.5克，成型周期是猎户座飞船大底的1/25。

鱼类能顶住深海压力，可不是因为心态好

万物有科学

叶沛沅

随着深潜器技术不断发展，人们逐渐发现，茫茫深海之中并非一片死寂，无数生物在这一片漆黑之处繁衍生息。

其中，生活在海面下大约8000米处的马里亚纳狮子鱼，是目前人们发现的“最深的深海鱼”。作为对比，人类潜水的深度一般都在10—20米以内，最极限的深度也不过300来米。要知道，在水下8000米处，静水压大约是800个大气压左右，差不多相当于一头成年公牛站在你的指甲盖上。要是没有深潜器，人类是绝无可能到达这么深的地方的。

那么，深海鱼类是如何承受住如此巨大的压力呢？

抗压从鱼鳔的断舍离开始

大家在游泳的时候可能有这样一种体验：当你潜入游泳池底部的时候，会觉得耳膜有一种压迫感，甚至是有轻微的疼痛。这是因为耳膜外部的水压明显大于内部的气压，导致耳膜受到一个向内的压力。从这个例子我们可以得出一个结论：随着水深的增加，水压会远远大于气压，导致周围的水开始向内挤压充气的物体。

而大部分的硬骨鱼某种意义上就是一个充气的物体，因为它们体内有一个充气的鱼鳔。对于生活在浅海的硬骨鱼类来说，鱼鳔是它们非常重要的一个结构，可以帮助调整浮力，从而实现上浮或者下潜。但是对于深海鱼来说，充满气的鱼鳔无异于一个脆弱的气球，外部巨大的水压会毫无保留地挤压、蹂躏这个“气球”，直到它炸成碎片为止。因此，很多深海鱼在进化的过程中舍弃了鱼鳔这个危险的结构，转而依靠某些脂类来提供浮力。

相比于浅海中的鱼类，深海鱼的骨骼和肌肉含量都比较少，而脂质和胶质则相对较多。此外，深海鱼骨骼中软骨的比例也远高于浅海鱼。对于深海鱼来说，这都是为了适应深海生活所作出的必要的妥协。相比于骨骼和肌肉，脂质和胶质能更好地帮助鱼类对抗巨大的压力。

同时这样的身体结构还有另外一个好处，较低比例的骨骼和肌肉能降低深海鱼的能量消耗，而高比例的脂质则同时能够储存更多的能量，这对于身处营养贫瘠、氧气稀薄的深海鱼类来说是至关重要的。

深入细胞膜的强大抗压能力

以上提到的并不是深海鱼的全部本领。

要知道，静水压是无孔不入的，无论是宏观结构还是微观结构都会受到它的攻击。

当我们把视线聚集到微观世界就会发现，高压环境下，细胞膜的流动性会降低。简单来说，在深海之中细胞的细胞膜会变得更硬，这绝非一件好事。细胞膜是控制物质进出细胞的重要关口，细胞膜变硬会导致物质进出细胞更加困难。一旦细胞外的营养物质无法进入细胞，细胞内产生的废物难以运出细胞，生物将无法生存下去。

科学家发现，相对于浅海鱼来说，深海鱼的细胞膜上有着更多的不饱和脂肪酸，这让它们的细胞膜能在高压环境下保持较高水平的流动性，提高物质运输的效率。

高比例的不饱和脂肪酸能让深海鱼即使身处高压环境仍然拥有柔软的细胞膜，但如果一条深海鱼被捕捞上岸，它的细胞结构就会随之破坏，因为当它身处低压环境中时，细胞膜的流动性就有些过强，细胞膜过软，导致细胞很容易坏掉。

细胞膜并不是唯一受到高压影响的物质，蛋白质也难以逃脱这无处不在的压力。正常来说，受到高压影响的蛋白质会发生结构的改变和功能的丧失，而蛋白质的正常工作对于生物的生存至关重要。

幸好对于这一点深海鱼也有相应的应对策略。它们的某些蛋白质特定位点的氨基酸会被其他氨基酸所替换，提高其对压力的抗性。此外，有些蛋白质中的化学键数目和种类也会发生一定变化。这种变化导致了蛋白质三级结构的改变，从而加强了蛋白质结构的刚性，也就提高了其对高压环境的适应性。

也有研究发现深海鱼体内氧化三甲胺的含量远高于浅海鱼。氧化三甲胺是一种非常重要的蛋白质稳定剂，它能够帮助变性的蛋白质恢复原来的结构，从而恢复其正常功能。深海鱼体内大量的氧化三甲胺能够帮助它们细胞内的蛋白质维持原有的结构和功能，从而保证细胞的活性。

（来源：科普中国）

新知

加拿大一枝黄花 为抢地盘苦练耐热本领

科技日报讯（记者**金凤**）作为入侵我国的一种外来植物，加拿大一枝黄花原产于北美温带地区。近年来，它广泛入侵欧洲和东亚等地区，并在中国亚热带季风气候区肆虐，造成严重的生态灾害。

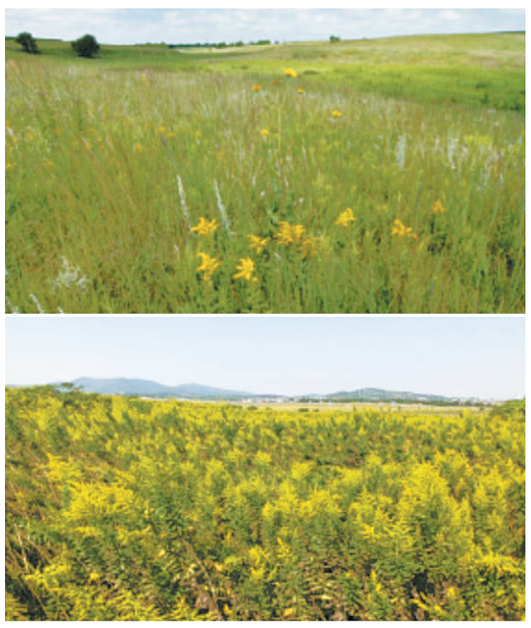
12月14日，记者从南京农业大学获悉，该校强胜教授团队联合美国、加拿大、德国的科研团队，对来自全球471个样点的2062份加拿大一枝黄花材料进行细胞地理学分析后，首次揭示入侵我国泛滥生长的加拿大一枝黄花之所以能够从温带向赤道扩张，是由于耐热性增强所导致的。这一成果近日由《生态学专论》在线发表。

强胜团队研究发现，目前入侵我国且猖獗的加拿大一枝黄花全部是多倍体（细胞中含有3组或3组以上染色体的个体）。“如果环境温度超过植物生长的适宜温度，温度胁迫会使植物细胞产生大量活性氧，进而对细胞大分子及细胞结构造成伤害，继而抑制植物生长甚至导致植物死亡。”强胜告诉科技日报记者，研究团队利用原产地和入侵地二、四、六倍体6种地理细胞型样本，分别在美国佐治亚和中国南京的同质园试验，最终发现一枝黄花多倍体的耐热“招数”——多倍体通过抗氧化酶高效清除活性氧，而二倍体则更多地依赖产生抗氧化剂应对热胁迫。

强胜说，在夏季高温气候条件下，加拿大一枝黄花二倍体会由于热胁迫导致胚胎败育，“花而不实”。但多倍体则可以耐受高温，使胚胎正常发育产生可育的种子，还能主动将花期调整到温度适宜的秋季，通过高温避让机制，在更适宜的气候条件下产生巨量的种子，随风飘移，迅速扩散蔓延。

研究团队深入研究发现，20℃—24℃等温线是一枝黄花二倍体和多倍体的入侵范围分化带，适合加拿大一枝黄花多倍体生长的范围，将随全球变暖持续扩张。

此外，该研究还为我国加强外来入侵植物加拿大一枝黄花管理提供了坚实的理论基础。强胜建议，人工种植的加拿大一枝黄花通称“黄莺花”的鲜切花是二倍体，花农选择二倍体种植的原因是开花早，鉴于它目前不会在24℃等温线以南地区导致入侵，可以被允许种植。但是，在20℃等温线以北的东北、华北北部、西北、西南以及其他有相似气候的地区种植具有逃逸风险，应被严格禁止。



加拿大一枝黄花在原产地北美（上图）和入侵地中国（下图）的生长状况对比 受访者供图

我学者对多种毒性有机污染物实现快速检测

科技日报讯（记者**吴长锋**）记者12月14日从中国科学院合肥研究院获悉，该院固体所纳米材料与器件技术研究部孟国文研究员课题组采用原位生长法制备了银纳米颗粒修饰的细菌纤维素柔性复合衬底，能够利用细菌纤维素的体积收缩特性进一步提高银颗粒密度和衬底的表面增强拉曼散射光谱（SERS）活性，实现对多种毒性有机污染物的快速检测。相关研究成果发表在《ACS应用材料与界面》上。

毒性有机污染物具有不易降解、生物累积性、迁移性和高毒性等特点，严重威胁人类健康和生态环境。传统的色谱、质谱检测技术所需设备复杂、检测周期长，难以实现环境中毒性有机污染物的临场快速检测。

SERS技术具有灵敏度高、响应速度快等特点，在环境污染物的临场快速检测方面有广泛的应用前景。设计和制备敏感性高、信号重复性好的SERS衬底是实现SERS检测技术应用的关键因素之一。由于检测环境复杂，环境中的有机污染物对SERS衬底的稳定性和机械柔韧性提出了更高的要求，因此研发柔性SERS衬底成为科研人员关注的焦点之一。

在该项目中，研究人员采用由细菌纳米纤维素组成的三维网络结构作为柔性载体，利用银镜反应在其表面原位布设均匀的银纳米颗粒，获得了高密度银纳米颗粒修饰的细菌纤维素柔性复合衬底，并利用细菌纤维素干燥时体积收缩的特性，进一步提高了银颗粒密度。

这种高密度的银颗粒之间产生大量均匀分布的高活性SERS“热点”，因此所制备的复合衬底表现出超高的SERS灵敏度和良好的信号重复性；与此同时，亲水的细菌纤维素具有良好的渗透性和吸附性，可将目标分子有效捕获到高SERS活性区域，从而进一步提高衬底的SERS检测灵敏度，实现了对多种毒性有机污染物的快速检测。

本报社址：北京市复兴路15号 邮政编码：100038 查询电话：58884031 总编室：58884048 58884050（传真） 策划运营中心：58884126 广告许可证：018号 本报激光照排 印刷：人民日报印刷厂 每月定价：33.00元 零售：每份2.00元