

R 瞰前沿·大国重器

海南三亚，鹿回头半岛。中国科学院深海科学与工程研究所坐落于此，科学家们以科研为舟，探秘深海。

新西兰，普里斯哥海沟。今年年初，中国自主研发的载人潜水器“奋斗者”号满载一批宝贵的生物样品上浮。日前，我国科学家对在马里亚纳海沟、雅浦海沟等科考航次中获得的深渊钩虾样本进行研究，相关成果

发表于国际期刊《细胞》。

从国内自主研发到国际科考合作，“深海勇士”号、“奋斗者”号等载人潜水器在“探索”系列科考船的搭载下，向更深更远的大海进发。让我们在同潜航员与科学家的对话中，了解载人潜水器纵横深海的绝技。

——编者

闯深海，载人潜水器有啥绝技

海洋不仅蕴含丰富资源，也藏着地球演化与生命起源的线索。作为人类潜向深海的交通工具，载人潜水器需要应对无光、高压、低温等多重考验。

从“蛟龙”号7000米级载人潜水器入海，到国产化率达到95%的“深海勇士”号4500米级载人潜水器的成功研发，再到“奋斗者”号全海深载人潜水器实现极限深潜……向万米深海逐步“跳跃”，载人潜水器可谓“身怀绝技”：除了“沉下去”“浮起来”，还“看得清”“可通话”，要在沉浮之间听声辨位，完成采集岩石、文物、生物样品等任务，为深海研究带回一手资料。

【专家看点】

王硕（中国科学院深海科学与工程研究所高级工程师）：

多深算“深海”？海洋生物领域将透光层以下的区域定义为深海，深度一般在200米以下；对海洋工程及资源勘探开发而言，一般将水深1000米以下的区域作为深海。万米海底，压强极大，每平方米要承担1.1万吨左右的压力，这要求载人潜水器进化出高强本领。

和无人型潜水器相比，载人潜水器最大的特点在于拥有一套生命支持系统。以“奋斗

者”号为例，研制耐高压的载人球舱是一大技术难点。经过反复试验，科学家们选择了强度与韧性均衡、相对轻、耐腐蚀的新型钛合金材料，最终制成能够应对深海巨大水压、搭载3名潜航员的载人球舱。

“奋斗者”号如何实现“沉下去”“浮起来”？除了应用固体浮力材料，“奋斗者”号上还装配有两组压载铁。通过携带与抛离，“奋斗者”号可以控制自身所受浮力与重力的关系，实现无动力的下潜与上浮。除此之外，载人潜水器还有自己的“鱼鳔”——浮力调节系统。在海底作业时，通过海水泵进行小范围的浮力调节，使潜水器能够轻松完成一定深度范围内的航行。科学家们设计的神经网络优化算法，让“奋斗者”号能够在海底复杂地形巡航、定点航行以及悬停定位，其水平面和垂直面航行控制性能指标均达到国际先进水平。

不仅如此，在海底，“奋斗者”号还“看得清”“可通话”。“奋斗者”号装有视频灯光系统，能照亮周围十几米的海底景象，并实时记录、存储影像；兼具定时和实时信息交互功能的水声通信系统，每100秒会与科考母船交流数据信息，可以随时发送语音，实现海底通话。

探遗址，“深海勇士”号显身手

今年下半年，“深海勇士”号载人潜水器预计将搭乘“探索”系列科考船在南海开展深海考古等工作。此前，“深海勇士”号已在南海西北陆坡一号、二号沉船遗址考古调查中“立功”。依托“深海勇士”号，历经3个阶段的深海考古调查已确认一号沉船遗物数量超10万件，共提取文物900余件套。

【专家看点】

陈传绪（中国科学院深海科学与工程研究所研究员）：

茫茫大海，我们如何确定沉船与文物的位置？尽管“靠运气”偶有所得，但主要还是通过文献资料确定大致范围后，利用无人型潜水器进行扫测，最后由“深海勇士”号等载人潜水器大展身手，进行调查与文物提取工作。

以一个8小时的潜次为例，其中要进行遗

址调查与文物提取。下潜之前，潜航员会就提取文物的数量、潜次调查范围等同考古专家团队沟通，确定方案。下潜后，“深海勇士”号通过长基线定位系统导航，确保向既定位置移动。此外，三维激光扫描仪和高清相机也有用武之地，实时记录沉船遗址的全景图与文物的相应位置，避免文物提取后遗失相关位置信息。3个玻璃观察窗，便于考古人员进行现场记录。

“深海勇士”号在深海进行考古，离不开灵巧的“手”：经过改造的柔性材料机械手抗高压、自由度高，关节能够灵活运动，最远端的负载能力达到65公斤，可在不损害文物表面纹饰的前提下，将文物采集到潜水器中。未来，应用人工智能也将助力海底文物的识别、统计与提取，提高深海考古效率。

▼探索二号科考船。
孔 秀绘

►海葵群落。

►冷水珊瑚。

▼深渊钩虾。

以上图片除署名外，均为中国科学院深海科学与工程研究所提供

R 链接

“蛙人”如何接送载人潜水器

孔 秀

什么是“蛙人”？“蛙人”并非电影中有特异功能的人。“奋斗者”号等载人潜水器，在布放和回收时需要有经过专业训练、没有下潜任务的潜航员在海面上协助作业，他们就是“蛙人”。

科考母船甲板上的A型吊架（以下简称“A架”）用于布放或回收潜水器。当潜水器准备进行下潜作业时，A架便会将潜水器吊到海面上，这时，“蛙人”就身着潜水服、头戴安全帽，乘坐小艇来到潜水器的旁边。

在摇晃的海浪中，“蛙人”需要瞅准时机，从小艇跳到潜水器上，抓住潜水器上的扶手，尽可能快地将主吊缆解开，再匍匐到潜水器前端将拖曳缆解开，最后跳回小艇上，这就是一次布放。

当潜水器在海底作业结束、需要回归母船时，“蛙人”再次出现，用钩子钩住从母船上放下来的拖曳缆，找机会将其挂到潜水器上。母船通过拖曳缆将潜水器拖到A架的下方后，“蛙人”再跳到潜水器上，将主吊缆挂

上。随后，主吊缆将会把潜水器吊回到甲板上，这就是一次回收。

工作听起来简单，实际上充满挑战。海面时常涌浪不断，“深海勇士”号和“奋斗者”号的布放回收条件分别是4级和5级海况（4级海况浪高1.25—2.5米，5级海况浪高2.5—4.0米）。在海况恶劣、风浪较大时，小艇和潜水器在海面剧烈摇晃，这时，“蛙人”往往也跟着潜水器没于水面之下，除了用手紧紧抓住潜水器扶手之外，身体没有其他着力点，只能悬在水里。万一没抓好，就可能被涌浪冲走。在作业中被海浪淹没的“蛙人”有时甚至要在水下憋气长达几十秒。

（作者为中国科学院深海科学与工程研究所科普宣传专员，本报记者董泽扬采访整理）

挑战不止风浪。2022年12月，“奋斗者”



入深渊，“奋斗者”号作“捕手”

在由中国科学院牵头的“全球深渊深潜探索计划”支持下，科学家围绕深渊的生命起源、地质演化等重大科学问题，对全球主要海沟深渊进行载人深潜科考，创造了多项世界载人深潜作业纪录，取得一系列原创性科学发现。其中，我国科学家利用“奋斗者”号载人潜水器等设备，对马里亚纳海沟、雅浦海沟等科考航次中获得的深渊钩虾样本进行研究，相关成果近期发表在国际学术期刊《细胞》上。

【专家看点】

张海滨（中国科学院深海科学与工程研究所深海生物学研究室主任、研究员）：

深渊，是指水深超过6000米的深海区域，具有超高静水压力、黑暗、低温、营养来源匮乏等特点，是地球上最极端的海洋环境。而深渊钩虾却自得其乐，呈现出显著的优势种群特征，生物量占主导地位。深渊生态系统中，深渊钩虾有着双重角色：既是分解者——以海洋动物尸体等腐殖质为

主要食物来源，又是能量传递者——是深渊狮子鱼等掠食者的主要猎物。对深渊钩虾这一物种开展研究，能为深入理解生命如何适应深渊环境提供新的见解。

要研究深渊钩虾，先要“抓”。一种抓法，是用携有笼状或桶状诱捕装置的深渊着陆器，在海底放置十几个小时来获得大量深渊钩虾样本；另一种抓法是，“奋斗者”号作“捕手”，用机械手布放诱捕装置，虽然采集数量相对较少，但用时更短。

同文物一样，生物样本的提取与保存也有一定要求。网笼、亚克力桶、采水瓶……装置不断升级，采集的深渊钩虾质量也不断提升。未来，我们会制造深渊动物保真采集和培养装置，在保温保压的前提下，将生物活体从海底转移到实验室，更好地助力深渊生物研究。

研究获得的深渊钩虾基因组是全球已发表的“最深”的动物基因组，为探究深渊生态系统提供了宝贵的数据资源。

号在克马德克海沟海域下潜和回收时，还多次遇到鲨鱼在周围游荡。

夜潜时，科考船甲板与潜水器的灯光将一片海水照得透亮，灯光吸引了众多海洋趋光生物，常有飞鱼腾空，“蛙人”的作业也宛若一场追光灯下的舞台剧。

“蛙人”的作业需要多部门调度：开船员和船尾指挥员在船舶航向上要相互配合，A架操纵手要和“蛙人”在放置主吊缆、挂拖曳缆的时机选择上协作……正是靠着团结协作，载人潜水器才能一次次出发、凯旋。

（作者为中国科学院深海科学与工程研究所科普宣传专员，本报记者董泽扬采访整理）

R 嘴『科』

海量数据是构建人工智能大模型的基础，目前全球数据量呈指数级增长。硬盘、磁带、U盘等硅基存储介质，存在寿命短、能耗高、占用空间大等问题，无法满足日益增长的数据存储需求。怎么办？这就要发展新型数据存储技术。

DNA是天然的数据信息编码存储材料。它的密度高，是现有存储介质的10¹²倍；寿命长，低温下可稳定保存数千万年；能耗低，是解决大数据存储困境的“优解”。

目前，绝大多数DNA存储技术采用类似“雕版印刷”的设计策略，主要思路是“读”（直接测序）和“写”（依序合成）。具体而言，是根据一定的编码映射原则，将0—1二进制计算机数据文件编码转换为A—T—C—G四进制DNA编码，并进一步合成写入DNA，进行存储；当需要时，这些存储数据的DNA“文件夹”可以利用高通量测序等手段解码。不过，如同“雕版印刷”的使用，这种DNA存储是一次性的，使用一次、合成一次，成本高、时间长。

受我国古代“活字印刷术”启发，科研人员提出“DNA活字存储”设计思路。“DNA活字”由预制的DNA片段构成，可编码1字节的信息。根据需要打印的文件内容，我们可以自由调用“DNA活字”，按需组合，再通过一步多级连接形成“DNA活字块”，最终构成完整的DNA存储文件。

打印过程如何实现呢？科研人员开发了“DNA活字”喷墨打印及印刷一体机“毕昇一号”，实现“DNA活字”存储流程的自动化。“毕昇一号”配备了数百个预制的“DNA活字”溶液，可根据排版打印的文件需求，按照电脑程序指令自动选择所需的“活字”，并全自动组装连接成“DNA活字块”。

“DNA活字存储”拥有类似于活字印刷的复用性和灵活性，展现出明显的成本和效率优势。科研人员测算，“毕昇一号”装配的一个“DNA活字”可打印1万次，存储成本大幅降低。借助古人的智慧和现代科研人员的努力，“DNA活字存储”也将为大数据时代的海量存储需求提供一种新的解决思路。

（作者为中国科学院北京基因组研究所（国家生物信息中心）研究员）

科学家发现太阳系外“超级地球”

本报电（记者张驰）近日，由中国科学院云南天文台牵头的国际研究团队在系外行星探测方面取得重要突破：科研人员在一顆类似太阳的恒星周围发现了一颗位于宜居带的“超级地球”开普勒-725c。这也是在国际上首次利用凌星中间时刻变化（TTV）反演技术，在类太阳恒星的宜居带发现此类行星。相关成果发表在国际期刊《自然·天文》上。

这颗新发现的“超级地球”围绕一顆名为开普勒-725的G9V型宿主恒星运行。该宿主恒星的光谱型与太阳相似，但比太阳“年轻”许多，只有16亿年，表面的磁场活动更为剧烈。开普勒-725c的质量大约是地球质量的10倍。“超级地球”所处的宜居带是一个适合液态水存在的区域，这被认为是类地生命诞生的关键条件。”中国科学院云南天文台研究员顾盛宏说。

顾盛宏介绍，起初这颗行星并没有被开普勒太空望远镜发现。研究团队通过观察开普勒-725行星系统中另一颗行星穿过宿主恒星表面的时刻对公转轨道周期的微小偏移，采用TTV反演技术成功推断出它的存在。研究团队成员孙磊磊介绍，这项研究为中国科研团队未来寻找“地球2.0”打开一个新的通道。

相关研究结果将为未来中国空间天文任务提供新的观测目标和探测技术支持。研究团队计划将TTV反演技术应用于更多的系外行星系统，从而寻找“隐藏”在类太阳恒星和红矮星宜居带中的系外行星。

“本源坤元”完成第五次技术迭代

本报电（记者徐靖）近日，记者从安徽省量子计算芯片重点实验室获悉：本源科仪（成都）科技有限公司（以下简称“本源科仪”）完全自主研发的国产量子芯片设计工业软件QEDA“本源坤元”完成第五次技术迭代。

此次迭代突破了大规模量子芯片设计的技术瓶颈，为我國量子芯片自主研发及产业化进程注入新动能。芯片设计高度依赖EDA软件，QEDA作为量子芯片设计的重要工具，其自主研发已成为抢占产业先机的关键。以72比特量子芯片设计为例，第五次迭代后的“本源坤元”在工艺设计套件支持下，已实现自动化一站式快速版图生成——仅需6分56秒即可完成72比特芯片的完整版图绘制。

“设计量子芯片就像建造房屋，既要精心规划空间布局（量子芯片结构设计），又要优化关键的‘水电布线’（量子比特连接）。”本源科仪总经理李舒啸说，“本源坤元”第五版重要突破在于布线灵活性的全面升级——创新实现了空间极限场景下的全自动布线功能，并灵活提供多种半自动修线工具，兼顾了设计效率与操作自由度。

操纵斯格明子新方法有助研发下一代智能设备

据新华社电（记者王卓伦、冯国勇）以色列研究人员参与的国际团队近日在英国《自然·一通讯》杂志上发表论文，报告操纵斯格明子的新方法，表示这有助于研发下一代智能设备。

据介绍，斯格明子是一种纳米尺度的磁涡旋结构，由于只需很少能量就能操纵斯格明子，它近年来成为开发下一代低功耗存储器和计算系统的重要研究对象。

最新研究发现，通过向二锡化三铁材料施加电流，可以激发出斯格明子的两种共振模式：一种被称为“呼吸模式”，即像呼吸时肺部那样有规律扩张与收缩；另一种则是旋转模式。此外，研究还发现上述材料中存在自旋极化电流等特点。

这些发现不仅揭示了与斯格明子相关的一些深层物理机制，也在数据存储、传感器技术等领域具有应用潜力。

DNA存储，从“雕版印刷”走向“活字印刷”

本报记者 孔 秀