中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8501 期　2024 年 5 月 9 日　星期四　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

潜行者徐芑南

■本报记者 张楠

“我对大海是有感情的，我的一生都与大海紧密相连。”这是中国工程院院士、“蛟龙号”总设计师徐芑南最爱说的一句话。

作为我国深潜技术的开拓者、业内公认的载人深潜领路人，他为我国深潜技术和工程的发展，载人／无人多种潜水器设计、建造和应用作出了突出贡献。他用一生的执着，书写着新时代“老人与海”的故事。

等待一生的机会

“这里是‘蛟龙’，这里是‘蛟龙’。我们已经坐底 7020 米！”2012 年 6 月 24 日，太平洋马里亚纳海沟海区，海试母船“向阳红 09”船（以下简称“向九”）指挥室里一阵沸腾。

“蛟龙号”最终下潜深度达 7062 米。这是当时中国载人深潜新纪录，也是当时世界同类型载人潜水器的最大下潜深度。

中国独立自主研制的大深度载人潜水器能够在深海遨游，是徐芑南一生的梦想。然而，徐芑南曾经以为“梦想实现不了了”。

我国载人深潜项目最早于 1992 年提出，可项目论证整整持续了 10 年。徐芑南未能在工作岗位上等到项目通过的那一天。1996 年，60 岁的他在遗憾中办理了退休手续。

直到 2001 年，载人深潜器项目初步通过。这个消息让徐芑南激动不已。曾亲自参与设计载人／无人、有缆／无缆等几乎所有类型的潜水器，先后担任 4 个项目总设计师的徐芑南，非常希望能为 7000 米载人潜水器项目建设做些顾问工作。

几乎在同时，徐芑南接到中国工程院院士、中国船舶重工集团公司第七〇二研究所（又称中国船舶科学研究中心）原所长吴有生打来的电话：“老伙计，我们想来想去，还是要请你出山，7000 米载人潜水器总设计师非你莫属！”

这位向来沉稳镇定的老人，一下子激动起来：“从 1992 年开始，我就参加了 7000 米载人潜水器研制立项的准备工作。我想我应该可以实现自己的愿望，为祖国贡献力量。这是我等待一生的机会。”

最终，徐芑南于 66 岁时出任我国第一台大深度载人潜水器“蛟龙号”的总设计师。

徐芑南在设备调试现场。

中国船舶科学研究中心供图

“国之所需，我之所向”

深潜器研发是世界级科技难题。很长一段时间里，我国“上天”“入地”均有收获，但“下海”却进展缓慢。

按照项目目标，“蛟龙号”最大工作设计深度为 7000 米，工作范围覆盖全球 99.8%的海洋区域。然而在此之前，我国研制的载人潜水器最深工作设计深度只有 600 米。

要知道，水下深度每增加 100 米，就会增加 10 个大气压，从 600 米深到 7000 米深的技术跨越难度可想而知。

首先要面对的是复杂的海洋环境。在 7000 米的深海区，载人潜水器上所有设备都须承受相当于 70 兆帕的深海压力，还要经得住海水腐蚀。其次，容纳潜航员的关键部件——载人球舱，不仅要能承受深海的高水压，而且要保障舱内恒定的 1 个大气常压，让潜航员身处舱内就像在陆地上一样。同时，生命支持系统要保障舱内 17%~23%的氧气浓度、低于 0.5%的二氧化碳浓度。此外，还要有通信、语音、文字和画面传输的技术，在深潜器内部配备完善的水声通信系统、水声定位系统和视频系统。

作为一项大科学工程，“蛟龙号”的研制涉及多个领域的前沿技术。统筹这些复杂技术就是总设计师的工作。徐芑南用 16 个字概括了设计理念：丰富继承、重点突破、集成创新、整体跨越。

对于“蛟龙号”，徐芑南心中的设想是——“像一条鲸鱼，流线型的，既要它直航稳定，又要它机动灵活，下得去、能干活，上得来、保安全……”

为了实现这个目标，2002 年起，徐芑南夫妇把家安在了地处无锡的中国船舶重工集团公司第七〇二研究所招待所，一住就是十多年。他带领着中国大洋矿产资源研究开发协会、中国科学院沈阳自动化研究所、中国科学院声学研究所等国内 50 多家单位的科技人才，组成攻关队伍开拓创新，突破了载人潜水器整体抗压、坐底方法等多项关键难点，顺利完成了潜水器设计、总装建造和水池试验。

2009 年 8 月，“蛟龙号”第一次下海试验。那年，徐芑南已经 73 岁了。

徐芑南拖着装满药品以及氧气机、血压计等医疗器械的拉杆箱，和大家一同登上海试母船“向九”，和年轻人一样，在船上坚守了 3 个多月。海试刚结束，同事们发现徐芑南躺在舱室内，他心绞痛又犯了。

在任“蛟龙号”总设计师期间，即便床边竖着氧气瓶、每天吃十几种药，徐芑南也不愿离开让人热血沸腾的中国载人深潜事业，日复一日坚守在科研一线。他说：“国之所需，我之所向。”

此后，我国载人潜水器的海试一年一个新深度，1000 米、3000 米、5000 米、7000 米，每一次下潜，“蛟龙号”都有相应的技术改进。

2012 年 6 月 24 日，“蛟龙号”7000 米海试成功。当天，3 名潜航员与“天宫一号”3 名航天员成功实现“海天对话”。那一刻，徐芑南热泪盈眶。

乘风破浪，“潜行”人生

全球领先的近底自动航行、悬停定位、高速水声通信等功能，让中国“蛟龙”乘风破浪，遨游深海。

然而，就在实现坐底两天后，“蛟龙号”却遇到了前所未有的险情。（下转第 2 版）

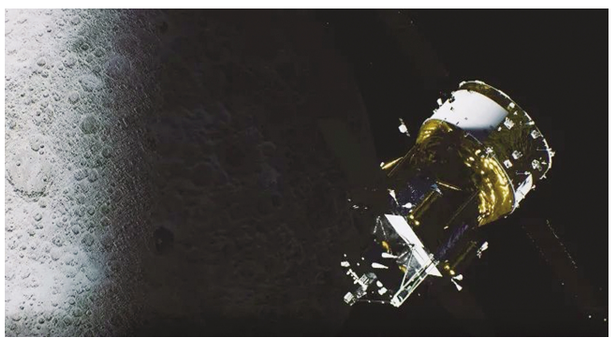
大国工程 使命担当

嫦娥六号进入环月轨道飞行

本报讯（记者甘晓 通讯员张未）记者从国家航天局获悉，北京时间 5 月 8 日 10 时 12 分，在北京航天飞行控制中心的精确控制下，嫦娥六号探测器成功实施近月制动，顺利进入环月轨道飞行。

近月制动是嫦娥六号探测器在飞行过程中的一次关键轨道控制。嫦娥六号探测器飞临月球附近时，实施“刹车”制动，使其相对速度低于月球逃逸速度，从而被月球引力捕获，实现绕月飞行。

后续，在鹊桥二号中继星的支持下，嫦娥六号探测器将调整环月轨道高度和倾角，择机实施轨道器返回器组合体与着陆器上升器组合体分离。之后，着陆器上升器组合体实施月球背面南极－艾特肯盆地软着陆，按计划开展月球背面采样返回任务。



嫦娥六号成功实施近月制动。　国家航天局供图

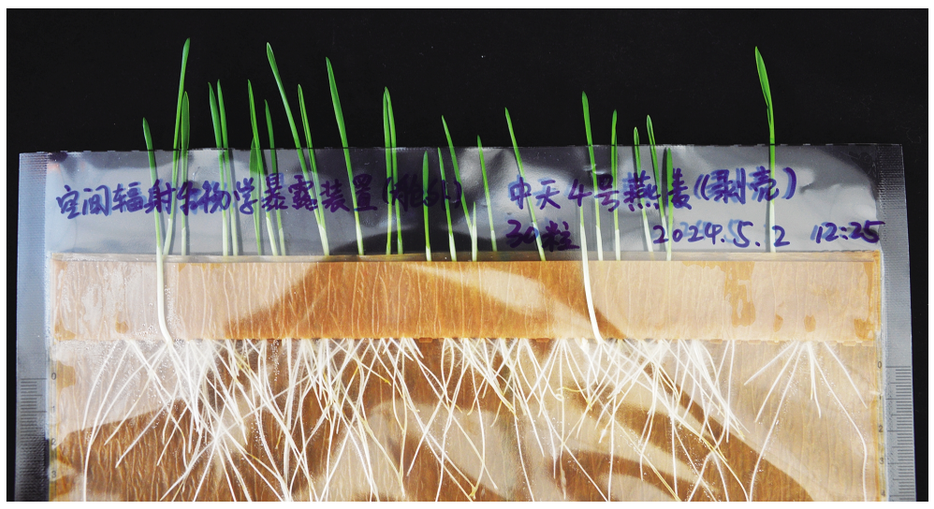
“太空种子”发芽了

本报讯（见习记者叶满山）5 月 7 日，记者从中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所（以下简称兰州牧药所）获悉，其提供的中天系列苜蓿和燕麦种子材料，在搭乘神舟十七号载人飞船返回舱返回地球后，已在兰州牧药所抗逆牧草育种与利用创新团队实验室成功发芽。

据悉，其提供的中天系列苜蓿和燕麦等 5 份牧草种子材料在天宫空间站的空间辐射生物学暴露装置中经历了长达 11 个月的舱外辐射。

此次实验依托中国科学院空间应用工程与技术中心完成搭载，旨在研究空间辐射对植物种子的影响，以及筛选出具有更强抗逆性的牧草品种。经过空间辐射处理的种子返回地球后，在兰州牧药所科研人员精心培育下，最终实现了发芽生长。

据介绍，航天育种是一种前沿科研手段，能够提供原创、安全、具有自主知识产权的育种材料和种质基因源。这一切都源自于太空独特的环境——高真空、微重力和空间射线，通过航天诱变，有机会获得罕见的、具有突破性的优异新种质。



成功发芽的燕麦种子。　符金钟／摄

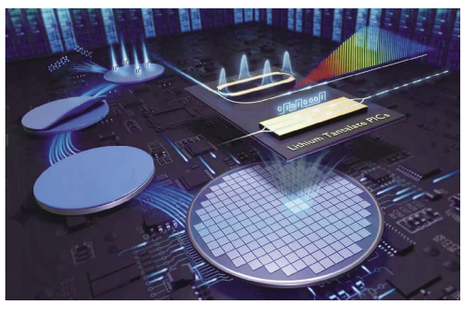
研究人员开发新型光学“硅”与芯片技术

本报讯（见习记者江庆龄）中国科学院上海微系统与信息技术研究所研究员欧欣团队联合瑞士洛桑联邦理工学院的托比亚斯·基彭贝格团队，在钽酸锂异质集成晶圆及高性能光子芯片制备领域取得突破性进展。相关成果 5 月 8 日发表于《自然》。

近年来，铌酸锂受到广泛关注，有“光学硅”之称，美国哈佛大学等国外高校和研究机构甚至提出仿照“硅谷”模式建设新一代“铌酸锂谷”的方案。

欧欣团队与合作者通过研究发现，相比于铌酸锂，单晶钽酸锂薄膜不仅具有类似的优异电光转换特性，并且在双折射、透明窗口范围、抗光折变、频率梳产生等方面更具优势。此外，钽酸锂薄膜可实现低成本和规模化制造，具有极高的应用价值。

欧欣团队采用基于“万能离子刀”的异质集成技术，通过氢离子注入结合晶圆键合的方法，制备了高质量硅基钽酸锂单晶薄膜异质晶圆。他们还与合作团队联合开发了超低损耗钽酸锂光子器件微纳加工方法，对应器件的光学损耗普遍低于已报道晶圆级工艺下的铌酸锂波导损耗值。



钽酸锂异质集成晶圆及高性能光子芯片示意图。

中国科学院上海微系统与信息技术研究所供图

钽酸锂光子芯片展现出与铌酸锂薄膜相当的电光调制效率，同时研究团队首次在 X 切型电光平台中成功产生了孤子光学频率梳，结合其电光可调谐性质，有望在激光雷达、精密测量等方面实现应用。目前，研究团队在攻关 8 英寸晶圆制备技术，以为更大规模的国产光电集成芯片和移动终端射频滤波器芯片的发展奠定核心材料基础。

欧欣介绍：“相较于薄膜铌酸锂，薄膜钽酸锂更易制备，且制备效率更高。同时，钽酸锂薄膜具有更宽的透明窗口、强电光调制、弱双折射、更强的抗光折变特性，这种先天的材料优势极大地拓展了钽酸锂平台的光学设计自由度。”

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-024-07369-1

菲律宾金色稻米种植“黄了”

寰球眼

本报讯 经法院裁决，菲律宾政府颁发的金色稻米种植许可证近日被撤销。这可能影响当地其他转基因作物的研究与种植。

据《科学》报道，维生素 A 缺乏在一些发展中国家是颇为棘手的问题，可能致人失明甚至死亡。为了解决上述问题，几十年前，研究人员研发出一个富含胡萝卜素和维生素 A 的转基因水稻品种——金色稻米。不过，由于有人反对转基因作物，因此金色稻米只能囿于实验室和试验用地中。

据统计，菲律宾 15%的婴儿和儿童缺乏维生素 A。因此，2021 年，菲律宾政府批准了金色稻米的商业化种植和食用，并为金色稻米商业化种植颁发许可证。获批的 Malusog Rice，是一种适合当地种植条件和当地人口味的金色稻米品种。

2022 年，菲律宾农民开始种植金色稻米，但数量有限。同年，菲律宾农业部下属的菲律宾水稻研究所（PhilRice）表示，将在一些省优先实施大规模种植金色稻米的计划。官员们希望在 8 年内让该品种产量达到菲律宾水稻产量的 10%，以满足维生素 A 缺乏症的家庭的需求。

然而，就在 2022 年，相关国际组织就金色稻米的种植对菲律宾政府提起诉讼。今年 4 月 17 日，菲律宾上诉法院（CA）撤销了上述许可证，扩产计划也戛然而止。

法院得出结论：根据国家宪法规定的预警原则，在金色稻米对人类和环境的安全性缺乏科学共识的情况下，政府不应批准商业化种植。此外，政府没有建立相应的金色稻米种植和消费安全机制。因此，在监测方案到位前，法院禁止人们在温室或开阔地进行金色稻米新的田间试验。

而这一决定可能影响 PhilRice 正在进行的富含锌和铁的转基因水稻品种的研发，甚至阻碍菲律宾大学洛斯巴洛斯分校（UPLB）开发的转基因抗虫作物的种植。

“法院的裁决对菲律宾和其他地区的金色稻米来说是一场灾难。”植物生物技术学家 Ingo Potrykus 说。

UPLB 政治学家 Antonio Contreras 认为，法院的裁决是在对预警原则的误读下作出的。预警原则要求有令人信服的证据证明某种解决问题的办法具有成本效率，且对环境无害，而 Malusog Rice 符合这一标准。

但法院认为，政府辩护律师提供的关于金色稻米安全性的证据不具有说服力。

菲律宾政府将提出上诉，要求法院全部或部分重新考虑其决定，但情况可能并不乐观。政府的另一个选择是向最高法院提起上诉，但这一过程可能至少需要两年。（徐锐）

『死磕』研究多年·只为『挖一口深井』

■本报记者 张双虎

“赶巧了，实际上这两项工作我们‘磨’了很多年了。”近日接受《中国科学报》采访时，提及一个月内在《细胞》和《自然》连发论文，中国科学院分子植物科学卓越创新中心研究员张余一语道出科研背后的艰辛。

过去十几年，张余带领团队以噬菌体、细菌、酵母和植物细胞核与细胞器为研究对象，探索了转录在基因表达、脱氧核糖核酸（DNA）修复等过程中的多项重要功能和机制。近年来，该团队每年都会收获一两篇 CNS（《细胞》《自然》《科学》）论文。对此，张余认为，从事基础研究应专注领域做“单项冠军”，沉下心“挖一口深井”。

最后一块拼图

3 月 1 日，《细胞》在线发表两篇关于叶绿体基因转录机制研究的论文。其中，来自中国科学家的论文被选为该期封面。

在这项研究中，张余团队和华中农业大学副教授周菲团队合作，解析了烟草叶绿体核糖核酸（RNA）聚合酶复合物的电镜结构，揭示了叶绿体基因转录机器的亚基组成、亚基组装方式、特殊功能和功能适应性演化。

“生物细胞中有 9 类 RNA 聚合酶备受关注，叶绿体 RNA 聚合酶的完整结构和功能机制迟迟未能解析，是‘最后一块拼图’。”张余解释说，“因此，该研究为进一步探索叶绿体基因转录机器的工作模式、了解叶绿体基因表达调控方式，以及改造叶绿体基因表达调控网络打下了基础。在合成生物学应用层面，该研究为植物叶绿体生物反应器的效率提高提供了着手点，能助力重组疫苗、重组蛋白药物和天然产物的生产。”

3 月 28 日凌晨，张余团队又在《自然》发表论文，解析了酵母细胞信使核糖核酸（mRNA）转录终止状态的复合物结构，揭示了核酸外切酶介导 mRNA 转录终止的分子机制，对进一步理解基因转录的工作机制具有重要意义。

“如果将 DNA 比作硬盘，那么存储在 DNA 上的遗传信息就可看作数据。遗传信息在基因上一条条整齐排布，聚合酶起作用时，像执行中央处理器的指令一样，准确识别‘硬盘’不同‘磁区’并将信息转录出来。上一条信息转录完成后，如果不能正常终止，就会干扰下游基因表达，影响基因组稳定等。”张余补充说，“因此，从基础研究层面弄清转录终止机制非常有价值。”

少人问津的重要问题

生物学研究中有个“中心法则”，它描述了从 DNA 到 RNA 的转录过程，以及从 RNA 到蛋白质的翻译过程。其中转录过程分为“起始”“延伸”和“终止”3 个步骤，过去数十年间，科学家对前两步的关注较多，相关机理也研究得比较清楚，但转录终止机制研究却少人问津。

“虽然有学者提出过多个转录终止机制模型，但尚存争议。”张余团队成员曾媛解释说，“可能转录终止机制研究相对复杂，研究起来困难重重，所以投身其中的人并不多。”

据介绍，转录终止是动态过程，它很快出现，又迅速消失，难以捕捉。此外，起转录作用的聚合酶是复合物，有多个蛋白一起发挥功能，因此“非常不稳定，研究难度很大”。

虽然困难重重，但转录终止研究非常重要。如果人们完全了解转录机制，就可以进行基因表达的控制，进而在合成生物学的应用中更好地设计基因线路、更精确地控制基因表达。比如，有些疾病可能和基因转录终止异常有关，了解转录终止机制，就有可能帮助诊断和治疗这类疾病。

纠结很久的生化实验

“这项研究中，我们用结构生物学方法搞清楚了转录终止的机制。”曾媛说，从 2020 年开始，团队就明确了研究方向，但实际研究过程中困难挺多。

该研究的亮点之一是“拿到”一种聚合酶复合物。其实，研究开始不久，团队就得到了这种聚合酶复合物，这让团队成员非常兴奋。

“我们的日常工作比较单调，开心时刻就是实验中验证了某个问题或得到了某种东西。”曾媛说，“刚得到这种聚合酶复合物的时候大家都挺高兴，但很快就发现这种结构的分辨率不高，想观察的地方观察不到。”

刚出现一线曙光，新问题就接踵而至。如何提高这种聚合酶复合物的分辨率成了团队要解决的头号难题。尝试了很久，研究团队才创造性地通过加入另一个蛋白，提高了复合物的稳定性。

得到稳定的聚合酶复合物后，团队还要通过实验证明这种复合结构的终止活性，从而验证该模型的有效性。

在进行复合物结构分析时要用到冷冻电镜，但实验室没有相关仪器，曾媛便数次从上海前往北京收集数据。有一次计划到北京做实验，但正好遇上台风。为躲避台风，研究人员不得不提前两天赶到北京，但因为中途出现意外，样品不过关，曾媛只得临时通知实验室的一个师弟重新送样品，但结果依然不理想。

（下转第 2 版）