零距离

为什么要到空间站做实验

中青报·中青网记者 张 茜

2020年8月9日，贵州省仁怀市科技馆内，小朋友戴上VR眼镜，体验宇航员在空间站里的情景。 视觉中国供图（资料图片）

暑期常与作业相伴。最近，正在中国空间站“出差”的航天员陈冬、刘洋和蔡旭哲，就收到了火箭“快递”来的一份特殊作业——中国空间站首个科学实验舱问天舱相关实验任务。

7月24日，长征五号B运载火箭托举问天舱进入太空，这个和一节地铁车厢大小相近的太空实验室，随后成功和中国空间站天和核心舱交会对接。7月25日10时03分，陈冬、刘洋和蔡旭哲开启问天实验舱，这是中国航天员第一次在轨进入科学实验舱。

地球上的实验室比比皆是，为何要费大力气将20吨级的问天舱送到空间站去做实验？

“太空拥有一系列特殊环境条件，比如微重力、强辐射、高真空、超洁净等，而人类梦想走出地球、步入深空，首先就需要开展一系列空间生命科学实验。”中国科学院空间应用中心集成技术中心副主任、中国空间科学实验柜总体主任设计师张璐说。在太空环境中，人类能否种出粮食？太空辐射，会让细胞变异吗？地球生物体，又能否在太空世代繁衍？空间生命科学实验可以帮助人们寻找答案。

天然的研究场所

张璐介绍，近期发射的问天舱，其任务是以空间生命科学和生物技术的研究为主，在生命科学和生物技术微重力、物理空间材料科学、空间应用新技术等4个应用领域，部署了十余项研究主题。

“通过这些科学项目的实施，我们要研究多种空间环境要素下的基本科学规律机理，关注并深入研究空间环境各因素，对生命从分子到组织器官各层次的影响和作用机理，探索认知生命体的太空生长发育与繁衍规律，以及人类太空长期生存面临的主要健康保障问题等。”张璐说。

空间站所能提供的特殊空间环境，为以上实验任务提供了天然的研究场所。中国科学院空间应用中心研究员、应用发展中心主任张伟介绍，空间站实验舱可以提供四大优势实验条件。

第一个特别之处在于，空间站“能提供长期的微重力、辐射等特殊研究环境”。

“长期”二字不可小觑。张伟说，在地球上，生命体和物质受到重力的作用，某些本质规律会被掩盖，而在长期的微重力条件下，“我们有希望发现被重力掩盖的物质本质规律”。

比如在微重力条件下，会产生一些神奇的物理效应：微重力效应可以使得浮力对流极大幅度地减小；也可以让沉淀和分层现象基本消失；还可以使得压力梯度极大幅度地减小。这些不同于地球环境的物理特性，或许会给我们司空见惯的实验带来新的惊喜。

此外，不同于此前短暂送上太空的实验装置和材料，张伟说，载人空间站的另一大优势就是“有人的参与”，更便于进行实验操作、实验模块更换和维修维护。

同时，载人空间站可以进行天地往返运输，能够实现实验样品返回。比如在轨开展的生命、材料等科学实验，就有必要将实验后的样品送回地球，回到地面再进行进一步研究。

张伟还表示，空间站特定的轨道高度，便于进行天文、地球观测和空间物理研究。以天文观测为例，由于大气的吸收和干扰，在地面无法对宇宙中的伽马射线、X射线、紫外线、红外线等进行有效观测，相关谱段的天文观测，往往需要发射探测器到太空中开展观测。

与得天独厚的实验条件对应，中国空间站还配备了丰富的实验资源。张伟透露，空间站建造完成后，将在轨运行10年以上。空间站已研制了密封舱内的先进科学实验柜、巡天空间望远镜和舱外暴露实验装置等。此外，密封舱外有独立载荷接口和大型挂点，在应用与发展阶段规划了数十个舱外载荷项目。

太空养鱼体验别样生存挑战

正如张伟所说，为了完成预期实验任务，问天舱可谓大搞“精装修”，部署了生命生态实验柜、生物技术实验柜、科学手套箱与低温存储柜、变重力科学实验柜，以及舱外暴露试验装置等科学实验设施。

其中生命生态实验柜备受关注，它的重要功能之一，是为植物、水生生物、小型模式动物等多类别生物样品提供培养环境与生命保障。斑马鱼就是即将开展实验的生物样品之一，它们将作为水生生物代表，体验太空生存挑战。

中科院上海技术物理研究所空间生命科学仪器研制团队负责人、问天舱生物技术科学实验系统主任设计师张涛介绍，斑马鱼实验将在小型受控生命生态实验模块开展。他说：“这个实验设备支持鱼、藻类和微生物形成的一个相对明确的生态系统，能够在外太空，在外界资源支持很有限的情况下，形成一个自给的循环。”

太空养鱼的“神器”究竟长什么样？中科院上海技物所结构工程师田清说，直观看来，相比于我们普通的鱼缸，它多了许多管线和传感器。

“在这个系统里，有鱼、有藻类、有微生物。”田清解释：“由于太空中鱼食无法下沉水底，我们专门设计了一个喂食单元；还设计了专门的营养液供给设备，为藻类提供营养。实验过程中，藻类通过光合作用产生的氧气，供鱼类消耗；鱼类呼出来的二氧化碳，供藻类进行光合作用；鱼类的排泄物，则可以作为藻类的营养供给。”

在小型受控生命生态实验模块中，藻类的光合作用还需要照明系统，加之整个系统都需要实时监控，因此整个装置还配备了照明和摄像设备。田清说：“鱼生长得比较好了之后，就会产卵，因此还需要一个比较复杂的系统，进行鱼卵的收集，将来鱼卵由航天员带回地面。”

为应对紧急情况，这套设备还配备了紧急供氧系统、水质置换系统等。张涛表示，这个实验，就是要在我国空间站实现小型受控水生生态系统的构建。

太空核酸检测有看点

在为生物样品提供生命保障的同时，问天舱的生命生态实验柜还肩负对实验系统微生物安全监测的重任。

小小微生物，也有大来头。中科院上海技物所副研究员、问天实验舱生物技术科学实验系统副主任设计师刘方武介绍，航天器长期在轨有氧密闭运行过程中，微生物污染问题必须引起重视。

他举例说，1986年到2001年在轨运行的和平号空间站，就曾出现过108种细菌和126种真菌引发的微生物污染问题。其中不乏对人体健康有害，以及能够引起飞船材料降解、腐蚀设备的微生物。

刘方武说，为了预防微生物污染，“我们现阶段对生命生态和生物技术实验系统里的微生物安全监测，提供了两种技术手段，一种是培养法，另一个就是我们应对新冠所采取的方法——核酸检测”。

要对实验系统里微生物进行检测，首先需要航天员手动对实验系统环境进行采样，并将样品放入生命生态实验系统的微生物检测模块。接下来有两个方法可以使用，一个是观察培养法，通过加入培养基培养后，设备会对培养基上的菌落进行自动成像，地面科学家根据远程传输回来的图像和数据对微生物的种类进行鉴定；另一个是核酸扩增检测法，在样品放入检测模块后启动核酸检测流程，从而测出是否含有特定微生物及其含量。

值得一提的是，刘方武介绍，此前国际空间站检测微生物是采用“在轨抗原+采集返回地面进行检测”的方式，而中国空间站直接在轨进行培养和核酸检测的技术方案，更具看点。

随着人类探索太空疆域的不断拓展，未来，搭建月球基地、星际旅行、外星移民都将有望成为现实。空间科学实验，对人类未来如何在太空长期生存至关重要。今年晚些时候，我国空间站第2个实验舱——梦天舱也将发射，我国空间科学实验实力将进一步增强。

科学闪光者

金旭：用纳米科技为国找油是件很酷的事

中青报·中青网记者 张 渺

今年7月，一份名为“可再生能源制氢——点燃百年冬奥第一支绿色氢能火炬”的项目，斩获金砖国家可持续发展目标解决方案大赛杰出作品奖。这个源于北京冬奥会绿氢火炬的作品，有金旭博士及其团队的一份功劳。

金旭是一名80后，作为中国石油勘探开发研究院（以下简称“勘探院”）新能源研究中心副主任，他始终致力于纳米技术的跨领域应用以及新型能源纳米材料的创新开发，是中国石油将新兴纳米技术融入传统石油工程交叉创新的代表人物。

北京冬奥会开幕前一个月，勘探院接到“利用光伏电解水制备的绿氢，为冬奥火炬提供清洁燃料”的紧急任务。金旭临危受命，带领绿氢火炬保障供应团队长驻廊坊，成功利用自主研发的制氢催化剂材料和改进的新型电解槽，点燃了百年冬奥历史上的首支绿氢火炬，践行了“绿色冬奥、低碳环保”的理念。

其实，早在2016年，时任纳米油气工作室负责人的金旭，就提前洞察到能源转型发展态势，“拿下”了中国石油第一个绿氢制备和储能新材料领域的科研项目，带领团队着手攻关新能源领域关键材料设计与装备开发，厚积薄发，才成就了如今的科研成果和冬奥贡献。

金旭本科毕业于北京大学化学与分子工程学院，2006年赴加拿大滑铁卢大学理学院继续深造，主要从事特殊结构碳纳米管的设计制备与改性应用研究。在加拿大留学期间，他有幸聆听了中国工程院院士王玉普关于中国油气工业发展历程和未来趋势的交流报告，当听到纳米技术在石油工程领域也将有广泛应用后大受震撼，从此萌生了投身能源行业的念头。

2010年，金旭回国加入勘探院，从此踏上非常规油气地质和采油工程新材料研究工作的征程。

石油和天然气等化石能源的利用，在地球上已有数千年的历史，而纳米技术这个概念，诞生在世界上还不到100年。入职后的金旭，一直在寻找纳米技术在石油领域的研究切入点。

2008年，北美页岩气革命爆发，主要储集在微纳米孔隙中的非常规油气，就此成为业界研究热点。2012年，一直关注纳米实验技术的金旭，被调入石油地质实验研究中心，同年7月，他在院领导的支持下，组建了中国石油首个纳米油气研究团队，开始尝试解读纳米和油气两个词相加之后的未知可能。

为了尽快解开这个“密码”，金旭积极学习石油地质基础知识，经常奔赴油田现场学习交流，聆听专家讲座培训，尽可能掌握更多国内外石油行业最新技术动态，寻求新的技术思路。他在美国工程院院士Amos Nur的一场报告交流会上深受启发，结合页岩油气储集空间和资源量难以准确评价这一难题，梳理出岩石信息数字化和纳米人造岩心物理模拟两个可行的创新点。

金旭借鉴材料科学的微观表征方法，开发了纳米级页岩储层表征与页岩油气运移模拟系列实验技术。他通过建立多尺度数字岩石综合评价平台，将岩心表征分辨率从传统的厘米尺度跨越8个数量级，下探到了亚纳米尺度，全景多角度探视并量化评价油气赋存方式、油水定量分布、储层三维结构展布等，获取储层非均质性、孔隙有效连通性、流体微观流动规律、剩余油分布机制等重要信息。

为了解决我国页岩油地质资源量和经济可采储量评价这个问题，金旭首次将自主合成的微纳米多孔材料，应用于页岩油充注物理模拟和孔径下限获取中，首次提出的鄂尔多斯盆地长7轻质页岩油的充注和可自由进出的孔径下限，突破了经典油气储层理论孔喉下限。

他主持编制的非常规油气储层多尺度综合表征技术手册，在鄂尔多斯、四川、准噶尔、塔里木等盆地不同类型储层成功应用，累计分析超150口井次、超4000块岩样，获取近8000组数据，支撑了复杂储层类型判识、资源赋存空间描述、流体微观流动特征等研究，降低了非常规油气勘探风险。

这就像给地质学家们配备了“透视镜”和“放大镜”，让隐蔽在地下数千米纳米级孔隙的非常规油气资源“无处遁逃”，直接呈现在了地质学家们眼前。

2020年，金旭出任勘探院新能源研究中心副主任，他将攻关重点锁定为可再生能源规模存储与转化、绿氢规模制备与固体氧化物燃料电池系统集成开发等业务方向，带领团队研发低能耗电解水和高效光解水绿氢制备催化剂材料，还开发出全天候高功率锂电负极材料，获得国际发明专利12项，在Advanced Materials等国际顶级期刊发表论文10余篇。今年40岁的他，已成为我国油气上游领域青年科研工作者的优秀代表。

在科学研究之外，金旭也时刻关注着团队建设与发展。

“对于团队中的每一个人，工作中的能力优势我都了解，生活中的困惑难处我更清楚。”他会引导成员们不断学习、探索，也经常和大家一起进行户外活动，鼓励成员们彼此了解，在工作中形成宽松和谐的科研氛围。

在能源转型的大趋势之下，金旭将继续探索中国石油向高质量发展和低碳绿色能源转型发展的科研创新模式和团队构建理念。

“如果纳米技术在能源领域有更广阔的用武之地，既能够帮助国家找到并采出更多的油气资源，也能够推动能源的清洁化利用，这将是一件多么酷的事情。这才是值得一辈子从事的事业！”他踌躇满志地说。

这是金旭当年选择加入这个领域的初心，也是他面向未来的坚持。

从“墨子号”到“济南一号”

解密世界首颗量子微纳卫星的前世今生

通讯员 林 梅
中青报·中青网记者 王 磊 王海涵

近日，世界首颗量子微纳卫星“济南一号”搭载中国科学院“力箭一号”运载火箭成功发射。目前，“济南一号”已进入既定轨道，太阳能帆板成功打开，即将开展在轨测试和星地联试工作。

“济南一号”的上天，有望让我国实现基于微纳卫星和小型化地面站之间的实时星地量子密钥分发，构建低成本、实用化的天地一体化量子保密通信网络。这意味着，作为国际上率先开展下一代空间量子科学实验研究的国家，我国在该领域的领先地位得以保持。

2016年8月16日，“济南一号”的前辈——世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”在酒泉卫星发射中心发射。它升空后第一个发布的成果，就获得了美国科学促进会的“克利夫兰奖”。这是该奖项设立90多年来，我国本土的成果首次获得这一殊荣。

此后，“墨子号”又首次实现了星地量子密钥分发、洲际量子密钥分发等一系列空间量子科学实验，并与地面光纤量子密钥分发干线，构成天地一体化广域量子保密通信网络雏形，开展了一系列应用验证。截至目前，原定使用寿命两年的“墨子号”仍在超期服役。

但就是这样厉害又勤劳的“墨子号”也有局限性，它作为一颗低轨卫星，经过一个地面站的时间只有6分钟左右，仅能覆盖直径1000公里的范围，而且只能在地影区工作，还时不时被天气影响。

“‘墨子号’只是一个起点，从实用的角度来说，必须要构建由高、中、低轨道卫星组成的量子星座，建立覆盖全球的量子通信网络。”中国科学院院士王建宇表示，“目前，我们至少领先国际水平5年，如果基于中高轨的万公里量子通信卫星顺利发射，我们将至少领先10年。”

“领先”，也意味着在该领域我国没有任何先例可供参考。为了顺利完成科研攻关，产学研共同联手。2020年5月，中科院量子信息与量子科技创新研究院牵头立项微纳量子卫星项目。

“科研团队突破了多项关键技术，这才有了‘济南一号’的诞生。”卫星项目负责人之一、中国科学技术大学教授廖胜凯告诉记者。“济南一号”量子密钥分发载荷只有23公斤，即使算上整星，也只有98公斤，仅是“墨子号”的六分之一，尺寸、功耗大大减小，研发成本和发射成本远低于“墨子号”。

与“济南一号”配合的地面站，在小型化方面也取得突破性进展，其重量由12吨左右降至100公斤以下，安装部署时间由数月降低至数小时。起源于中国科大的产业主体——科大国盾量子技术股份有限公司参与“济南一号”地面应用系统、小型化地面站的研制、建设和运行。

据科大国盾量子副总裁唐世彪介绍，“济南一号”可以实时地进行密钥提取和成码，时效性比“墨子号”提升了2-3个数量级。

“济南一号”由多家科研单位联合产业力量共同完成，科研团队成员平均年龄仅30岁左右。就是这样一支年轻团队，在研发过程中还经历了一次特殊考验。

今年3月，在完成量子载荷的研制之后，团队紧锣密鼓地投入到整星的联调联试中。当时，上海正遭遇新冠肺炎疫情，这座国际大都市进入全域静态管理状态。时间紧、任务重，人手又严重不足。在无法进行人员交换的情况下，位于中国科学院微小卫星创新研究院临港园区的科研团队，靠着仅有的10余人，日夜轮班、相互打气，终于在6月8日完成整星所有调试工作，将其运送酒泉，保证了发射任务的顺利进行。

未来两年，“济南一号”将在星地之间完成与量子密钥分发有关的各项实验，还要承担其他科学实验任务。作为我国构建“量子星座”的首星，该卫星的发射成功，也意味着我国量子保密通信的商业化迈出重要一步。

2020年12月，济南量子技术研究院与科大国盾量子共同揭牌成立了“量子卫星小型地面站联合研发中心”。济南量子技术研究院副院长周飞告诉记者，按照规划，一个低成本、实用化的天地一体广域量子保密通信网络，应该是“中高轨量子卫星+低轨量子通信卫星星座+大规模地面光纤量子通信网络”的基本架构，三者相互配合，互为补充。

截至目前，在地面光纤方面，我国已建成“京沪干线”“武合干线”等量子保密通信骨干网络，以及北京、上海、济南、合肥等地城域网及行业接入网。基于这些网络，量子保密通信技术已服务于政务、金融、电力、能源等领域。

未来，一旦有更多的量子微纳卫星升空，我国“量子星座”将不断完善，并与光纤网络上的关键节点和可移动节点完成对接，无缝接入经典通信网络，成为一名忠诚的“信使”。

（“墨子沙龙”王佳对本文亦有贡献）

科学咖啡馆

天上一
太空用电
地上一
？

□ 苏 彬（中国电科太阳电池阵专家）

电是现代生活的生命线。飞船、卫星等航天飞行器的运转，同样离不开电能供给。正在中国空间站出差的“太空三人组”，他们的电从哪里来，他们的电够用吗？

答案就是靠航天器两边的太阳能“翅膀”。仔细观察会发现，太阳能“翅膀”由一片片半导体晶体组成，这些晶体经串联、并联后就组成了太阳电池阵，为航天器提供源源不断的能量。

可别小看太阳电池阵的威力，为空间站组合体供电的太阳电池阵，在天上连续工作一天的发电量，可抵得上一个普通家庭一年的用电量。

目前，为空间站组合体配备的太阳电池阵已经历了三代的跨越。神舟系列载人飞船采用了第一代刚性太阳电池阵技术，天舟系列货运飞船采用了第二代半刚性模块化太阳电池阵技术，空间站核心舱则是我国首次应用第三代柔性太阳电池阵技术。这三代电池阵产品各有特色，实现了同步迭代，可以完全满足空间站多系统的用电需求。

值得一提的是，今年我国空间站即将完成全面建造，对整舱的体积、重量，特别是功率提出了更高要求。为“寸土寸金”的核心舱提供的最新一代柔性太阳电池阵，如何实现“小体积”爆发“大能量”？中国电科在体积、发电量、环境适应性方面对电池进行了全面升级。

同样功率，体积减小一半，这是柔性电池的“秘密武器”。最新的柔性太阳电池阵采用了厚度不足1毫米的单体，整体重量较传统太阳电池阵减少了一半以上，而且每片都薄若蝉翼地压拢在一起，犹如古代奏章一样的形式，在空间站发射阶段，折叠收拢压紧于收藏箱内，到了太空以后再展开发电。

为确保空间站在轨寿命，中国电科研制团队持续开展高压柔性太阳电池阵发电试验，在完成8万余次高低温循环试验后，最终实现太阳电池光电转换效率突破30%，达到世界先进水平。现在空间站在轨的运行时间可延长至15年。

鲜为人知的是，想要电能源源不断，还得防御复杂太空环境的危险：每天在轨飞行的太阳电池阵都要经受十几次的高低温循环温度考验，遭受腐蚀性极强的原子氧的侵蚀和强紫外线照射等……

为了提高太阳电池阵耐受空间辐射等能力，技术人员在太阳电池片上设计了石英盖片，为太阳电池阵装上防御的“铠甲”。通过在透明的石英盖片表面涂抹减反射层，就可以吸收更多的光射到电池表面，提高太阳电池发电本领，降低工作温度。同时，有了石英盖片的保护，太阳电池还能免受空间辐射环境的影响，提高其耐受空间带电粒子辐射损伤的能力，减少太阳电池性能的衰降。

现在，我们的太空“发电站”在平均光电转换效率、发电能力等方面都达到了国际领先水平，即使面对太空复杂的供电环境，也能安稳续航，为空间站提供源源不断的能量。在天和、问天、梦天三舱组合后，柔性太阳电池阵总发电面积接近400平方米，功率将超过100千瓦。