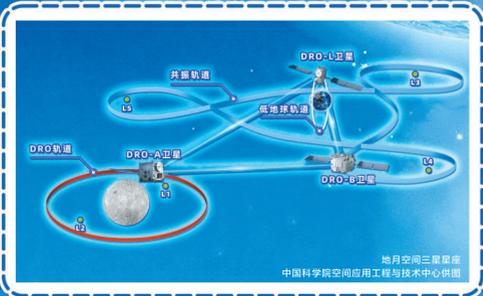


我国开启地月空间探索新纪元

中国人首次点亮“地月灯塔”



地月空间三星星座 中国科学院空间应用工程与技术中心供图

点亮“地月灯塔”

2025年3月底，DRO-B卫星离开DRO，三颗卫星进一步建成更大空间尺度的“地月灯塔”。截至4月15日，地月空间三星星座已在轨道稳定运行200多天，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的基础。

三星互联

2024年8月28日，DRO-A/B双星组合体在DRO成功分离。8月30日，DRO-A、DRO-B两颗卫星和此前发射成功的DRO-L卫星，两两之间成功构建K频段微波星间通信链路，首次验证了地月空间尺度三星互联通信网络通信。全球首个基于DRO的地月空间三星星座成功在轨部署。

抵达目的地

2024年7月15日，成功实施DRO入轨机动，“负伤”的DRO-A/B双星组合体，在科研团队的补救下成功入轨。组合体历经123天飞行，4次经过地球附近，3次经过月球附近，航程约850万公里，终于进入预定轨道。

太空掠影

2024年4月9日，DRO-A卫星的星载相机从太空捕获了日全食的壮观景象，以其独特的视角记录了日全食移动与地球自转的完美契合，弥补了国内无法直接观测这一奇观的遗憾。

跨越“死亡线”

2024年3月18日、23日，科研团队成功实施两次近地点轨道机动补救控制，DRO-A/B双星组合体的高度被相继抬高到24万公里、38万公里，越过“死亡线”。4月2日，实施关键变轨机动，“加速”成功，卫星进入预设低能地月转移轨道，先后经过月球引力和太阳引力助力，飞向月球。

太空救援

2024年3月13日23时07分，重达581公斤的双星组合体以每秒超过2000米的速度疯狂翻滚，离心力足以将太阳能电池板像纸片般撕碎。工程总会会同卫星系统、载荷系统和测控系统迅速制定应急处置措施。

发射异常

2024年3月13日20时51分，我国在西昌卫星发射中心使用长征二号丙运载火箭/远征一号S上面级发射DRO-A/B双星组合体，运载火箭一级二飞正常，上面级飞行异常，卫星未准确进入预定轨道。

本报北京4月15日电(中青报·中青网记者邱晨辉)在距离地球38万公里外的深邃太空，中国人点亮了人类探索宇宙的新坐标。

记者今天在北京举行的“地月空间DRO探索研究学术研讨会”上获悉，由中国科学院A类战略性先导专项“地月空间DRO探索研究”部署研制的DRO-A、DRO-B与DRO-L卫星，在地月空间成功构建大尺度的星间通信链路，标志着我国首个基于远地轨道的地月空间三星星座正式组网运行，在浩瀚星海点亮了“地月灯塔”。

“随着三星互联组网，我国成功验证了卫星跟踪的天基测量定轨新体制。”地月空间DRO探索研究“专项工程总体单位——中国科学院空间应用工程与技术中心研究员王文彬告诉中青报·中青网记者，当前随着月球及深空探测任务增多，地基跟踪测量压力日益增大，测控资源占用

紧张。如今，这一技术突破显著提升了地月空间航天器的测定轨效率和自主性，为航天器高效运行开辟了新路。

DRO是地月空间中一类十分独特的有界周期轨道族，也是连接地球、月球和深空的交通枢纽。中国科学院空间应用工程与技术中心副主任、研究员王文彬介绍，DRO有望成为空间科学探索的新高地、部署空间应用基础设施的新高地、服务空间飞行器运行的新基地、支持载人深空探索的新高地。

2017年，中国科学院空间应用工程与技术中心科研团队，率先启动地月空间DRO的独特性和战略价值预先研究及关键技术攻关；2022年2月，中国科学院启动实施A类战略性先导专项“地月空间DRO探索研究”，提出自主创新地月空间大尺度三星星座方案；2024年2月3日，首颗卫星DRO-L，

成功进入太阳同步轨道，并正常开展相关实验；2024年3月13日，DRO-A/B双星组合体在西昌卫星发射中心升空，在发射异常情况下，工程团队成功实施了多次近地点轨道机动补救控制，组合体在历经约850万公里航程后，最终准确进入预定DRO轨道。2024年8月28日，DRO-A/B双星组合体在DRO成功分离。8月30日，DRO-A、DRO-B和DRO-L卫星成功构建K频段微波星间通信链路，首次验证了地月空间尺度三星互联通信网络通信。2025年3月底，DRO-B卫星离开DRO，三颗卫星进一步建成更大空间尺度的“地月灯塔”。

“三星互联组网成功后，已持续开展了多项前沿科学实验及新技术试验，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

布，中国科学院成都等地月空间大尺度三星星座，并开展三个“全球首次”重要试验。成果背后是一支平均年龄不到30岁的科研团队。他们历经发射异常、跨越“死亡线”、“加速”变轨等惊心动魄的一幕幕“生死时速”的惊险旅程。中青报·中青网记者独家采访了这支青年团队，讲述他们在深空探索征程中如何书写中国答卷。

地月大救援 青春在深空探测征程中书写耀眼的中国答案

中青报·中青网记者 邱晨辉

绝壁轨道

硬核的科技传奇，常藏于诗意的图景之中。眼前就是这样一番景象：在浩瀚的地月空间，红蓝交织的轨道线勾勒出莫比乌斯环般的轮廓，三颗卫星宛如音符律动，谱写神秘的引力乐章。

“我们的卫星已发射在轨一年有余，国际首个地月空间三星星座稳定运行200多天。在4月15日的‘地月空间DRO探索研究’专项工程总会上，38岁的中国科学院空间应用工程与技术中心研究员张皓指着幻灯片上的示意图说。

这是我国地月空间三星星座首次揭开神秘面纱。张皓的指尖悬停在泛着微光的轨道弧线上，仿佛触碰到了那段跌宕的时光。300多个昼夜，15万公里如过山车般起伏，此刻仍在科研团队的集体记忆中翻涌。

“这条轨道见证过我们的至暗时刻，也成为团队心中永不褪色的坐标。”张皓在接受中青报·中青网记者专访时说。这一年，他们见证并参与了一次史无前例的“太空救援”。

时针拨回2024年3月13日，北京航天飞行控制中心，张皓与数十名技术人员注视着屏幕，准备迎接一个历史性时刻——中国人将首次开启地月空间远地轨道运行。

这颗DRO卫星，搭载了Distant Retrograde Orbit，简称DRO。这颗卫星距离地球31万至45万公里，在地球、月球、深空的“十字路口”，是人类尚未开发利用的新疆域，也是支持载人深空探索的新起点。

没人料到，这次穿越星辰的远征，竟以一场惊心动魄的“太空救援”拉开序幕。

“卫星下落不明，生死未卜。”张皓说。

约40分钟后，测控系统捕获到失联的卫星信号。“它还活着。”中国科学院微小卫星创新研究院研究员张军说。

确切的消息传来——DRO-A/B双星组合体被“甩”入远地点13.4万公里、近地点1.3万公里的“绝壁轨道”——远低于预先设计的29.2万公里。

“就像眼前这风平浪静，手里却还握着最后的希望。”张军说。

“就像折翼的苍鹰，用喙和利爪向岩壁向上攀援。”中国科学院微小卫星创新研究院研究员李俊说，这颗卫星的“折翼”。

2024年3月13日20时51分，西昌卫星发射中心，搭载DRO-A/B双星组合体的长征二号丙运载火箭/远征一号S上面级发射升空。

数千里的北京航天城，来自中国科学院空间应用工程与技术中心、中国科学院微小卫星创新研究院、北京航天飞行控制中心等单位的科技人员，早早来到飞行控制中心，准备“接棒”飞向深空的卫星。

约21时，上面级与火箭成功分离。第一次点火完成后，进行长达约90分钟的滑行阶段。

部分科技人员暂时离开大厅，在航天城内散步休息。“没人想到之后会发生意外。”中国科学院空间应用工程与技术中心研究员王文彬回忆道。

意外突如其来，一切如常。大厅里键盘敲击声与电话铃声交织如常。

厅外走廊的交流声渐弱。四象限法则提到，重要且紧急的需求先去解决。年轻的科技工作者熟练地拿起电话，让卫星“稳”下来。

2024年3月14日0时前后，来自地面的“救援”开始了。

77岁的工程顾问、中国科学院院士顾逸东，工程总指挥林宝军，工程副总指挥王强，在西昌紧急连线北京的工程总指挥张皓、工程副总指挥李俊，会同卫星系统、载荷系统和测控系统，成立应急处置工作组。

张皓清晰记得这个时间。他们将卫星组合体高度抬高到24万公里。

问题接踵而至。地面测控数据显示，重达581公斤的双星组合体以每秒超过2000米的速度疯狂翻滚。

“这相当于每1.8秒‘翻’一次跟头”，离心力足以将太阳能电池板撕碎。

“折翼的苍鹰”——中国科学院微小卫星创新研究院研究员李俊说，这颗卫星的“折翼”。

第二关险峻，但真正的考验才刚刚开始。

轨道远地点高度不足预期一半，燃料余量又捉襟见肘，如何将卫星从“绝壁轨道”挽回正轨？

2024年3月14日凌晨，张皓、白海和飞控团队在机房激烈讨论，面对满屏的参数，手写公式、敲击代码，开启一场与引力的赛跑。

40小时不眠不休，轨道重构方案诞生；卫星需在120小时内完成首次轨道机动，否则将永远失去进入DRO的机会。

张皓形容那段时间“肾上腺素狂飙”，困意被高压驱散。

基于飞控团队计算结果，工程总指挥林宝军、工程副总指挥王强，在西昌紧急连线北京的工程总指挥张皓、工程副总指挥李俊，会同卫星系统、载荷系统和测控系统，成立应急处置工作组。

张皓清晰记得这个时间。他们将卫星组合体高度抬高到24万公里。

这场持续120多天的“太空救援”，在2024年7月15日迎来终章。

当“负伤”的双星组合体滑入预定轨道，张皓瞥见有人抹眼泪。

“我们不需要火箭助推，38万公里的任务，被拆解为4次绕地、3次绕月的‘接力赛’。飞控团队经历了5次关键轨道机动，以及无数次‘心跳过山车’。”

张皓说：“就像在玩一场高难度的‘太空桌球’。”中国科学院空间应用工程与技术中心研究员李俊说，团队必须精准计算每次机动的“击球点”，利用月球引力的“弹弓效应”将卫星推向正确方向。

这意味着，团队必须在几个小时之内完成数次轨道计算，同时考虑太阳、地球、月球引力的复杂影响，甚至手动调整参数，拼尽全力处理紧急情况。

“稍有偏差便会功亏一篑。”张皓说。

最终，团队以传统方案1/5的燃料消耗，完成地月跨越约850万公里的绝地反击。这个距离相当于在地月之间走了11个来回。

8月28日，DRO-A/B双星组合体成功分离，双星互相相拥。

王文彬屏息注视着传回的珍贵图像。这是他第一次真切看到这对“负伤”卫星的样子：DRO-A卫星的太阳翼呈90度弯折，DRO-B卫星的太阳翼如折断的翅膀，却在深邃背景下缓缓舒展。

“双星能源平衡，平台及载荷工作正常。”飞控大厅内响起一阵欢呼！

张皓站在那儿，久久不语。他转头对同事高杰挤出一句：“打100分。”

两人相视而笑，眼角微红。几天后，他们进行了第二次近地点轨道机动补救控制，双星组合体被抬高到38万公里，越过“死亡线”。

地月相距38万公里，其间，有着无数轨道，其中一条名为DRO的特殊轨道，被航天科学家和工程师们称为“地月空间中的天然良港”。

“地月空间中的天然良港”一大特性在于这条轨道稳定如磐石，航天器无需频繁调整即可驻留数年。

理论上完美轨道，需要实际飞行验证。

2024年，中国人尝试在此长期驻留，才首次验证了这一理论的“极致潜力”。

2024年8月30日，DRO-A、DRO-B两颗卫星和此前已发射成功的DRO-L卫星——三颗卫星两两之间成功构建K频段微波星间通信链路，首次验证了地月空间尺度三星互联通信网络通信。

至此，全球首个基于DRO的地月空间三星星座成功在轨部署。

“以前总说‘星辰大海’，现在我们真的在搭建通往深空的港口。”王文彬说，“三星组网成功，为未来月球基地建设提供‘太空公路’。”

这场地月大救援不仅挽回了几枚数亿元的卫星，还验证了多项“全球首次”：航天器DRO低能耗入轨、117万公里超远距离星间通信、天基测控新突破……

鲜为人知的工程和科学杂志IEEE Spectrum专门发表点评称：“中国在掌控复杂航天动力学方面的能力已与美国旗鼓相当。”

这场地月大救援留给中国航天的，远不止技术突破。它证明了一年轻人在极限压力下的韧性——90后工程师陈毅超，刘伟第一时间发出抢救指令，抢得关键时间；90后工程师王迅迅速完成变轨算法的三维建模，提供直观可视化评估；90后王申紧急开发“找太阳”姿态控制算法，确保能源安全，人称“王安全”；90后副研究员王跃升、工程师高唱及时判定陀螺数据有效性。

中国科学院95后博士生孙洋快速算出DRO备份轨道入轨参数；95后研究生李霜琳、潘京辉开发星上自主导航与时间同步程序，写的2万行代码已在太空运行；00后博士研究生尹永辰精确复刻每枚控制参数……

致广大而尽精微。这支平均年龄不到34岁的科研团队正是以这样的哲学，在浩瀚宇宙中开辟新章。

“我们或许无法预见未来的太空是什么样，但总有一款‘打100分’。”张皓说。

此刻，中国卫星仍在寂静的DRO上巡航，它们划出的每道轨道，都在为人类的新航海时代书写坐标。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

“三星互联通信网络通信，为我国开发利用地月空间、引领国际科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。”王文彬说。

三个「全球首次」

DRO三星低能耗入轨

首次实现航天器DRO低能耗入轨。科研团队以消耗传统手段五分之一的极少燃料完成地月转移及DRO低能耗入轨。这一突破显著降低了地月空间开发成本，为大尺度地月空间开发利用开辟了新路径。

地月空间三星星座

首次实现最远17万公里K频段星间通信。构建地月距离尺度三星互联通信网络，突破了星上利用海量数据自主定轨控制卫星相互对准的三星自主组网关键技术。

天基测量快速定轨

利用地球低轨卫星与地月轨道卫星3小时星间链路测量数据，实现2天以上高精度跟踪测量达到的定位精度，测定轨效率提高一个数量级。这一技术突破显著提升了地月空间航天的测定轨效率和自主性，大幅降低地面测控资源占用压力，为航天器高效运行开辟了新路。

科普星

何谓地月空间

地月空间是从近地轨道、近月轨道向外拓展的新空间。距离地球最近可达200万公里，相对近地轨道空间，其三维空间范围扩大五十倍。地月空间中一类十分独特的有界周期轨道族，穿行绕地、绕月、绕深空的连接纽带，具有低能入轨、稳定停泊、低能耗全域可达等独特属性，是地月空间中的天然良港。就如通过航海发现新大陆，利用空气动力实现陆地飞行，利用火箭进入太空一样，地月空间DRO有望成为空间科学探索的新疆域。

专注自己的事 就能干成事

邱晨辉

这群青年真给力！4月15日，全球首个地月空间大尺度三星星座建成的消息公布，让人心头一热的，不只是117万公里星间链路打破世界纪录的“硬核操作”，120多天“逐段翻盘”的惊心动魄，更是干成这件事的主角——一支平均年龄不到34岁的科研团队，如此年轻，又如此出色。

航天界的目标复杂交织。但这群年轻人仿佛自带“信息碾压”，愣是把接力棒接了过去。团队里有“硬核”：那时候电子学就制霸了——解方程。在这个信息爆炸、充满诱惑的时代，中国青年科技团队展现出惊人的定力。“蛟龙号”载人潜水器团队平均年龄32岁，历时10年突破7000米深潜技术，焊接精度达头发丝的1/10；中国天眼FAST团队平均年龄仅30岁，借助自动化摄影测量系统建造4450块反射面板，将人类“视界”延伸到百亿光年之外。

这份专注，是对探索未知的渴望与敢于为先的锐气。几年前嫦娥四号团队攻克月球背面着陆、选区月球背面着陆，成为人类月球史上首个全月球背面的探测器。今天这群青年“闯”地月空间也是一样，硬是把人类拓展活动空间的下一个目标，此前尚无人类航天器在此长期驻留。

这份专注，是对科研长期主义和“十年磨一剑”的坚守。允许失败，但拒绝浮躁，以“慢变量”积累浇灌成功之花。《庄子》有言：“用志不分，乃凝于神。”当短视频刷屏时“快餐化”现象，并非仅凭个人热血所能成就。从“东方红一号”的手摇计算机到DRO卫星的星间通信，变的不是日新月异的技术，不变的是那份“做好自己的事”的专注。

这份专注，还是国家铺就广阔舞台给予的底气。美国宇航局局长感叹的一句话值得深思：“中国航天最厉害的不是它取得的载人航天工程这样的巨大成就，而在于它所拥有的大批年轻科学家和工程师。”中国科技领域呈现出的年轻化现象，并非仅凭个人热血所能成就。从“嫦娥一号”到“嫦娥六号”，从“嫦娥五号”到“嫦娥七号”，再到如今的“地月星座”，中国科技的每一次飞跃，都有国运与青春的交响。今年以来，人

工智能和机器人领域的变化让人欣喜，深度求索(DeepSeek)团队90后占比超75%，95后超一半；宇树机器人团队平均年龄不到30岁，10后崭露头角，中国科技的“青年图谱”正在加速迭代，与国家的前途命运形成共振。

