

“一场惊心动魄的太空救援，一次深空探索新的突破！”4月15日，记者从在北京举办的“地月空间DRO探索研究学术研讨会”上获悉，我国已成功构建国际首个基于DRO的地月空间三星座，并取得多项原创性重要成果，为我国开发利用地月空间，引领空间科学前沿探索奠定了坚实的科技基础。

## 地月空间DRO： 相对近地轨道空间 其三维空间扩大千倍

地月空间的远距离逆行轨道(DRO)被誉为连接地球、月球和深空的交通枢纽，在空间科学、空间应用领域长期以来备受关注。

就如通过航海发现新大陆，利用空气动力实现洲际飞行，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、部署空间应用基础设施的新高地、支持载人深空探索的新起点。

地月空间是人类从近地轨道、近月轨道向外拓展的新空域，距离地球最远可达200万千米；相对近地轨道空间，其三维空间范围扩大上千倍。

远距离逆行轨道(DRO)是地月空间中一类十分独特的有界周期轨道族，顺行绕地、逆行绕月。其中位于相对地月的势能高位轨道族，是连接地球、月球和深空的交通枢纽，具有低能进入、稳定停泊、低能全域可达等独特属性，是地月空间的天然太空良港。

地月空间DRO是与月球公转方向相逆的绕月轨道，其中典型的一族DRO距离月球约7万至10万公里，距离地球约31万至45万公里，特殊的引力环境使其具备一系列独特属性。“航天器可以在地月空间DRO稳定‘停泊’几十年甚至上百年；从这个‘天然良港’出发，航天器可以低能耗到达地月空间任何区域。”中国科学院空间应用中心研究员王文彬介绍。

对这样的太空良港，中国科学家同样在密切关注、积极探索并迎难而上。

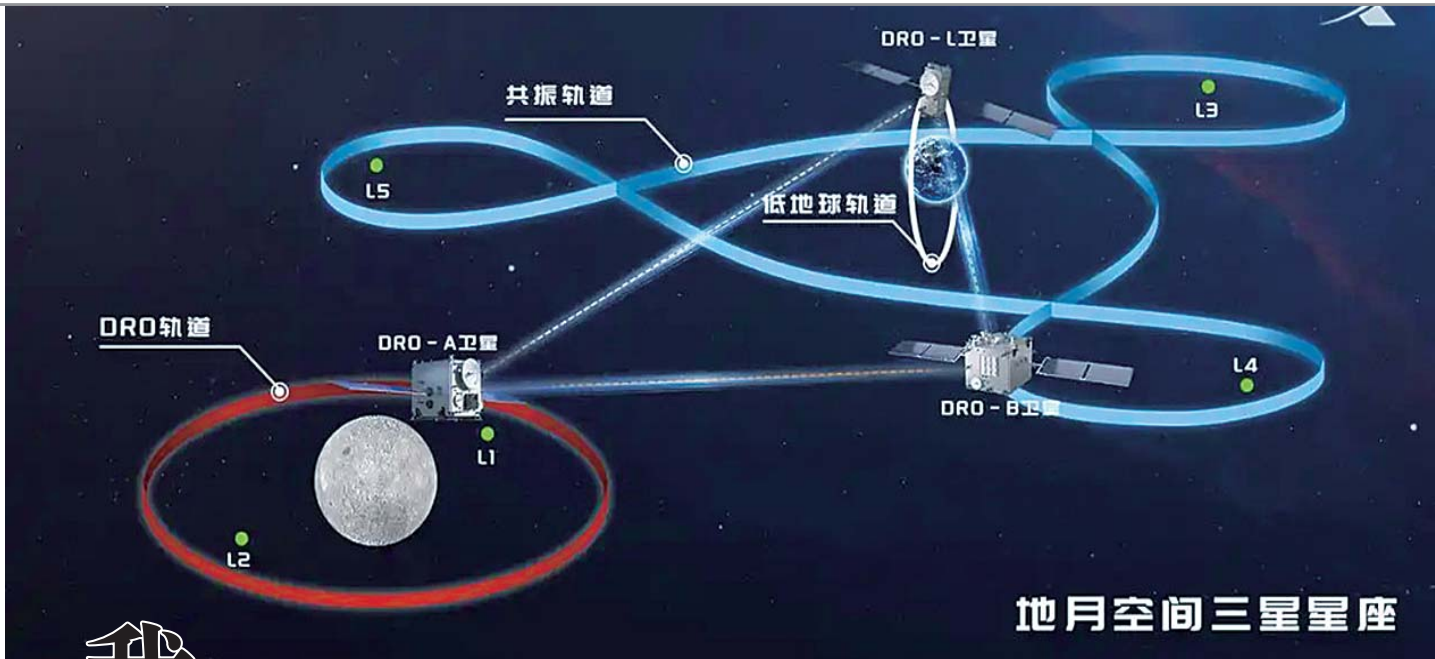
中国科学院空间应用工程与技术中心(空间应用中心)4月15日下午在北京举行的“地月空间DRO探索研究学术研讨会”透露，中国科学院A类战略性先导专项“地月空间DRO探索研究”已取得包括创造三个国际首次在内的重要建设进展：

成功构建国际首个基于DRO的地月空间三星座，并实现航天器DRO低能耗入轨，验证117万公里K频段星间微波测量通信链路、验证地月空间卫星跟踪卫星定轨导航新质能力等三个国际首次。

## 战略启动： 提出大尺度三星座规划 首星进入太阳同步轨道

学术研讨会上，中国科学院空间应用中心研究员王文彬、张皓和中国科学院微小卫星创新研究院正高级工程师张军等分别介绍“地月空间DRO探索研究”专项相关进展。

2017年，中国科学院空间应用中心科研团队通过多年应用基础理论研究，率先阐明了地月空间DRO的独特属性和战略价值，取得了一系列重要理论突破，刻画了DRO的动力学相空间结构，定量揭示了其



# 我国建成世界首个地月空间三星座

揭秘『太空良港』构建：850万公里太空上演『极限救援』

低能入轨特性，并启动了预先研究和关键技术攻关。

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、新颖独特、简洁可行的地月空间大尺度三星座规划。

中国科学院空间应用中心作为该先导专项工程总体单位，负责DRO低能入轨飞行任务总体设计、抓总载荷研制系统及地面应用系统研制建设，中国科学院微小卫星创新研究院负责抓总卫星研制，北京航天飞行控制中心负责卫星测控。

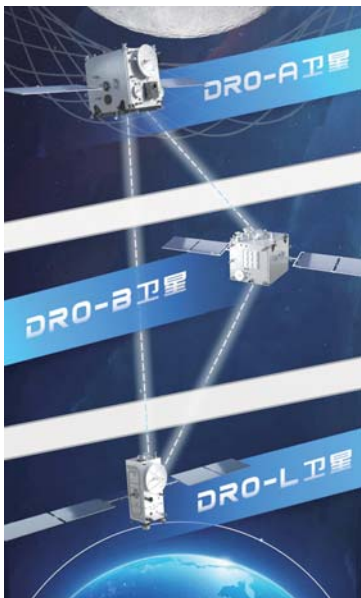
2024年2月3日，经奋力攻关，该先导专项首颗试验卫星DRO-L，成功进入太阳同步轨道，并正常开展相关实验。

## 太空历险： 123天深空极限救援 成功构建地月空间“星座”

2024年3月13日，DRO-A/B双星组合体在西昌卫星发射中心发射升空。运载火箭二级飞行正常，但由于上级飞行异常，卫星未能准确进入预定轨道。

面对突如其来的变故，中国科学家团队处变不惊，立即开始了一场惊心动魄的太空“卫星极限生死救援”。

“卫星的测控闪断了很久，信号恢复时我们震惊地发现，卫星正在以每秒大约200度的速度高速旋转。”中国科学院空间应用工程与技术中心研究员张皓回忆，当时，测控大厅中弥漫着紧张气氛。但每个人都快速冷静下来，开始应急处置，先



让卫星稳住身形。

一张张手写的发令单如雪片飞来，一条条指令上注，卫星终于慢慢停止了旋转，但状态不容乐观——它们实际进入的轨道大小，还不到计划轨道的二分之一；卫星的太阳帆板也发生“折翼”，这可能导致能量危机。不幸中的万幸是，卫星的所有载荷功能均正常。

在原本的任务计划中，卫星将通过多次机动控制和修正，进入顺行绕地、逆行绕月的DRO轨道。这条轨道仿佛在地月空间中的“喜马拉雅山”，处于势能高地，是连接地球、月球、深空的路口。而工程团队现在要做的，是重新调整控制方案，利用有限的燃料完成救援。

张皓和同事整整两天不眠不休，拿出了一套全新方案，计划利用5次变轨机会，帮助卫星重回正轨。“第一次控制的指令发出，一切都按我们预想的方案推进。”张皓的脸上浮现笑容，“当时我就坚信，‘星坚强’一定能抵达目的地！”

在深空中，卫星仍在努力飞行，地面团队则不时通过测控信号的“风筝线”调控卫星姿态。经过123个日夜，2024年7月15日，卫星最后一次入轨机动完成，准确进入预定任务轨道。

在发射出现异常情况下，我国科研团队成功紧急实施了多次近地点轨道机动补救控制，DRO-A/B双星组合体在历经近850万公里航程后，最终准确进入预定轨道，为后续的卫星载荷在轨测试提供了基本保障和有效支撑。

## 太空部署： 三星组网实现三个“首次” 支持更多科学研究

2024年8月28日，DRO-A/B卫星组合体成功分离。8月30日，DRO-A/B卫星分别与DRO-L卫星成功构建K频段微波星间测量通信链路，验证了三星互联互通的组网模式，这标志着全球首个基于DRO的地月空间三星座成功实现在轨部署。

中国科学院空间应用中心副主任、地月空间DRO探索研究先导专项工程副总指挥王强研究员介绍，三星互联组网成功后，已持续开展多项前沿科学实验及新技术试验，推动地月空间DRO探索研究取得了一系列实质性突破。

国际上首次实现航天器DRO低能耗入轨。中国科学院空间应用中心科研团队在多年地月空间航天

动力学与空间探索研究基础上，创新性提出以飞行时间换取更大载荷重量和应急处置裕度的设计理念，并在先导专项中得到验证，最终消耗了传统手段五分之一的极少燃料，即完成了地月转移及DRO低能耗入轨，这是我国航天器首次实现低能耗地月转移。这一突破显著降低了地月空间进入成本，为大规模地月空间开发利用开辟了新路径。

国际上首次验证117万公里K频段星间/星地微波测量通信链路，取得了地月空间大尺度星座构建核心关键技术。

国际首次验证地月空间卫星跟踪卫星定轨导航新质能力。面对月球及深空探测任务中地基测控手段定轨精度不足、实施代价高、效率低等突出问题，中国科学院先导专项成功验证了卫星跟踪卫星的天基测定轨新体制，通过在轨卫星3小时星间测量数据，即实现了2天地基跟踪测量数据的定轨精度。这一突破显著降低了地月空间航天器运行成本，大幅提升了运行效率，为航天器高效运行开辟了新路径。

中国科学院空间应用工程与技术中心研究员王文彬介绍，实验成果在国际上首次验证了利用卫星跟踪卫星，而不是地面去跟踪卫星，相当于是把传统的地面站变成了一颗卫星，放到了一个低轨的轨道上，为我国未来的地月空间探索，包括深空探索开辟了一个新的技术途径，更多地去服务于地月空间的各种各样轨道的定轨、导航、授时，为我国将来开展大规模地月空间商业活动提供了一个高效的解决方案。

与会专家还披露，三星座中的DRO-B卫星，已于2025年3月底开始实施地月巡航机动任务，正在向共振轨道可控转移。

王强指出，在“地月空间DRO探索研究”专项中，科研团队在工程强约束和发射异常的情况下，已获得低能地月轨道设计、轨道重构、卫星能源风险管控等方面的实践经验，为中国后续发射部署更多的地月空间航天器，积累了宝贵的理论方法和工程经验。

他强调，未来，中国科研团队将秉持和平利用太空的理念，进一步研究地月空间复杂多样的三体轨道问题，认识和掌握地月空间环境演化规律。同时，利用地月空间DRO长期稳定性，部署70亿年误差1秒的原子光钟，支持量子力学、原子物理等领域基本科学问题研究，开展广义相对论更高精度的验证等。据新华社、中新社、光明网、北京日报