

123 天挽救脱轨卫星 我国构建地月空间三星星座

■本报记者 甘晓

4月15日，中国科学院空间应用工程与技术中心(以下简称空间应用中心)在北京举行了“地月空间 DRO 探索研究学术研讨会”。研讨会首次披露，中国科学家在 2024 年 3 月 13 日至 7 月 15 日的 123 天时间里实施了一系列极限操作，让一组因发射异常没有进入预定轨道的卫星最终“丝滑”入轨。

这组卫星是由中国科学院 A 类战略性先导科技专项“地月空间 DRO 探索研究”部署研制的 DRO-A/B 两颗卫星，计划抵达并驻留地月空间“远距离逆行轨道(DRO)”。

《中国科学报》从研讨会上获悉，在这次救援基础上，我国已成功构建由 3 颗卫星组成的地月空间三星星座，将为深入探索地月空间 DRO 规律特性、试验验证相关技术、开发利用地月空间“天然良港”提供科技支撑。

极限生死救援

事情发生在 2024 年 3 月 13 日。当天 20 时 51 分，DRO-A/B 双星组合体在西昌卫星发射中心发射升空。然而，到当天 23 时前后，大屏遥测曲线突然发生突变。而正常情况下，它应该随着时间而上升。

工程团队根据时断时续的遥测数据分析，DRO-A/B 双星组合体正在高速翻滚。3 月 14 日凌晨时分，卫星所在轨道初步确定，卫星未能准确进入预定轨道。

“我们通过专业判断，相信它是有救的。”空间应用中心研究员张皓表示，在这一信念的指引下，工程团队没有轻易放弃。

一场惊心动魄的太空“卫星极限生死救援”随即展开。1 小时最先判断，3 小时消除旋转，6 小时形成应急处置方案，10 小时实现能源平衡……最初的救援节点以“小时级”的节奏推进。

第一次实施变轨操作对救援成功至关重要。工程总师、中国科学院微小卫星创新研究院研究员林宝军组织相关系统，制定详细方案并进行多次推演。3 月 18 日中午 12 时 42 分，工程团队操控 DRO-B 卫星实施首次应急重构机动，持续 1260 秒。“大约 20 分钟时间里，我的心

率飙升到每分钟 120 多次，感觉计时器上的每秒钟都特别漫长。”张皓回忆。

“我是北京，根据遥测状态监视判断，本次轨控正常，后续工作按正常计划进行！”听到现场指挥报告，运控大厅响起长久的掌声。张皓和身旁的同事来了一个发自内心的拥抱。“卫星离开了‘ICU’。”

3 月 23 日，第二次轨道机动补救控制成功实施，DRO-A/B 卫星高度被相继提升到 24 万千米，38 万千米，越过“死亡线”；4 月 2 日，DRO-A/B 卫星成功实施关键奔月机动，进入预设低能地月转移轨道；7 月 15 日，DRO-A/B 卫星成功实施 DRO 入轨机动，准确进入预定任务轨道。

所有人心中的大石头都落了地。在发射出现异常的情况下，DRO-A/B 卫星历经 123 天飞行，航程近 850 万千米，终于进入预定轨道。

“这 123 天救援的全过程令人难忘，每一个画面我都历历在目。”能够亲历这次救“星”任务，中国科学院微小卫星创新研究院卫星总指挥沈苑深感自豪。

地月空间“喜马拉雅山”

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。“DRO 好比地月空间的‘喜马拉雅山’，引力势能高，通过这一轨道前往地球、月球乃至深空所消耗的能量都比较低。同时，DRO 有着‘风光无限好’的特点。”研讨会上，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介绍说。

科学家认为，DRO 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、低能全球可达等独特属性，也是地月空间的“天然良港”，有望成为空间科学探索的新空域、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。

早在 2017 年，空间应用中心科研团队便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。

2022 年 2 月，中国科学院启动实施 A 类战

略性先导科技专项“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星座规划。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。

未来已来

国际同行专家高度评价了这次救援。美国哈佛－史密松松天体物理中心的天文学家乔纳森·麦克道尔表示，这是一项令人印象深刻的成就，“其涉及的所谓‘弱捕获’和遥远的逆行轨道十分复杂，必须重新规划，匆忙进行一定是一场噩梦”。

对于工程团队而言，救援过程的紧张程度连“噩梦都来不及做”。林宝军感慨万分：“5 次轨控，5 次修正，3 次日月借力，使卫星跨越死亡线重获生机，‘折翼的天使’迎难而上，迈出地月空间 DRO 探索的第一步。”

DRO 的未来已来。王强介绍，在中国科学院战略性先导科技专项的支持下，科研团队已经取得了一系列实质性突破。原创成果包括国际上首次实现航天器 DRO 低能耗入轨；国际上首次验证 117 万千米 K 频段星间/星地微波测量通信链路，突破了地月空间大尺度星座构建核心关键技术瓶颈；国际上首次验证地月空间卫星跟踪卫星定轨导航新质能力等。

王强表示，人们常说基础研究要“坐冷板凳”“10 年磨一剑”，而他们的科研团队“磨了 20 年”。这 20 年里，科学家敢为人先、甘守寂寞、不惧挫折、集智攻关，办公室里储备最多的就是泡面、火腿肠和矿泉水。

与会专家透露，DRO-B 卫星已于 2025 年 3 月底实施地月巡航机动任务，正在向共振轨道可控转移。

未来，科研团队将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；利用 DRO 的长期稳定性，部署 70 亿年误差 1 秒的原子光钟，支持量子力学、原子物理等领域的基本科学问题研究，开展广义相对论更高精度的验证等。

中广核累计为马来西亚供电超过 2000 亿千瓦时

本报讯(记者朱汉斌)记者从中国广核集团有限公司(以下简称中广核)获悉,截至目前,中广核为马来西亚累计供电量已突破 2000 亿千瓦时。

据介绍,中广核建成投产马来西亚规模最大的电厂——EMPP 燃气电厂,总装机 224.2 万千瓦,采用全球最先进的燃气轮机技术,以高效稳定的电力保障了马来西亚半岛 11%的电力需求。在阳光充沛的吉打州,中广核海外首个绿地点光伏项目吉打太阳能电站,是马来半岛投运的首个大型地面光伏项目。

目前,中广核已在马来西亚投资建设 5 座电站,电力总装机达 507.7 万千瓦,是马来西亚第二大独立发电商,2024 年为当地供电 271 亿千瓦时,可“点亮”200 万户马来西亚家庭;累计供电量已超过 2000 亿千瓦时,减排效益相当于种植 18 万公顷森林,可以覆盖 7 个吉隆坡,为马来西亚经济社会发展注入了绿色动能。

美监管机构批准首个“人用猪肝”安全试验

和中国,约有 6 人从经基因编辑的猪身上获得了其他器官。这些手术以“同情医疗”的方式被批准用于绝症患者,大多数人的存活时间不超过几个月。

根据开展试验的两家公司的说法,此次猪肝移植试验初始阶段将纳入 4 名患者,预计在今年晚些时候开始。这两家公司分别是美国生物工程公司 eGenesis 和英国生物技术公司 OrganOx,它们都参与过 2023 年的手术。

试验参与者年龄为 10 至 70 岁,患有急性/慢性肝功能衰竭和肝性脑病。在两周时间里,参与者将与猪肝脏连接 72 小时,他们的血液将流经猪肝脏,以清除在肝功能衰竭期间积累的有害废物。然后,研究人员将对参与者进行为期一年的安全性和肝功能变化监测。这些猪器官经过了基因编辑,与人体更具兼容性。

“猪肝脏将起到过渡性移植物的作用,从而



中广核 EMPP 燃气电厂——马来西亚规模最大电厂。

朱丹供图

九部门:推动学科专业数字化升级和科研范式变革

据新华社电 记者 4 月 16 日从教育部获悉,为开辟教育发展新赛道和塑造发展新优势,全面支撑教育强国建设,教育部等九部门发布关于加快推进教育数字化的意见,提出全面推进智能化,促进人工智能助力教育变革,推动学科专业数字化升级和科研范式变革。

教育部科学技术与信息化司司长周大旺表示,随着信息技术的飞速发展,数字化为教育带来了前所未有的机遇,让优质教育资源能够更加公平惠及每一个学习者,为个性化学习、精准教学提供了可能,也为办好人民满意的教育奠定了基础。

意见明确,面向数字经济和未来产业发展,优化高等教育学科专业设置,超前布局数字领域学科专业,一体化推进人才培养、科技创新、技术研发和成果转化。面向先进制造业和现代服务业

数字化转型需要,动态调整职业教育专业,赋能产教深度融合。以人工智能技术推动科研范式变革,提高科研组织效率,提高成果转化效率,衍生学科增长点,助力建设一批新兴学科、交叉学科。

在推动课程、教材、教学数字化变革方面,意见提出,要完善知识图谱,构建能力图谱,深化教育大模型应用,推动课程体系、教材体系、教学体系智能化升级,将人工智能技术融入教育教学全过程,推动科技教育和人文教育融合。

意见要求,推动各省(区、市)制定整体推进区域教育公平优质发展数字化解决方案,实现省内平台、资源、服务与国家平台互联互通。深入实施“同上一堂好课”、慕课西部行 2.0 计划、读书行动等,倾斜支持农村地区、民族地区、脱贫地区。

(朱高祥 施雨岑)

香山科学会议 共探呼吸道疾病防控新路径

本报讯(实习生宋书君 记者冯丽妃)近日,主题为“肺脏与呼吸道黏膜区域免疫:挑战与机遇”的香山科学会议第 778 次学术讨论会在京召开。会议会聚国内免疫学、传染病学等多学科、跨领域专家,共同探讨肺脏与呼吸道黏膜免疫领域的重大科学问题,旨在凝练呼吸道疾病研究的重要方向,推动该领域原创理论突破与干预策略指导。

会议执行主席、中国科学院院士高福在主题评述报告中指出,当前呼吸道病毒呈现频繁变异、交替流行的特点,复合感染现象日益突出,给公共卫生体系带来长期挑战。他强调,在这一背景下,疫苗的功能定位应由“防重症、防死亡”向“防感染”转变,疫苗接种频率也需动态调整,甚至可能每半年接种一次,以维持免疫屏障。

高福特别指出,对抗病毒的“防线”应前移至病毒入侵的“第一现场”,即呼吸道黏膜。未来的呼吸道疫苗研发应重视黏膜免疫研究,探索鼻喷、雾化等局部递送方式,并结合人工智能、结构生物学等技术手段,优化抗原与免疫分子设计,提升疫苗的靶向性与持久性。

中国科学院院士王福生表示,呼吸道黏膜结构与外界空气直接接触,使病毒能够迅

速与受体结合,极易实现传播,传统疫苗很难形成有效屏障。会议共同执行主席、中国科学院院士董晨进一步指出:“传统注射式疫苗难以阻断上呼吸道病毒的初期复制,未来要想实现真正意义上的预防,必须突破黏膜免疫的技术瓶颈。”

在聚焦免疫前沿的同时,本次会议也关注临床转化实践的典型案例。中日友好医院副院长曹彬教授介绍,其团队研发的抗病毒新药玛舒拉沙韦片已在国内获批上市,并在全球首个“家庭传播干预研究”中展现出显著成效。该药物不仅可在感染流感初期的“黄金 48 小时”内缓解个体症状,还能有效降低家庭内部传播风险。“早诊断、早用药,不仅使个体获益,更是一道家庭防线。”他强调,该药物对于老人、儿童等脆弱人群意义重大。

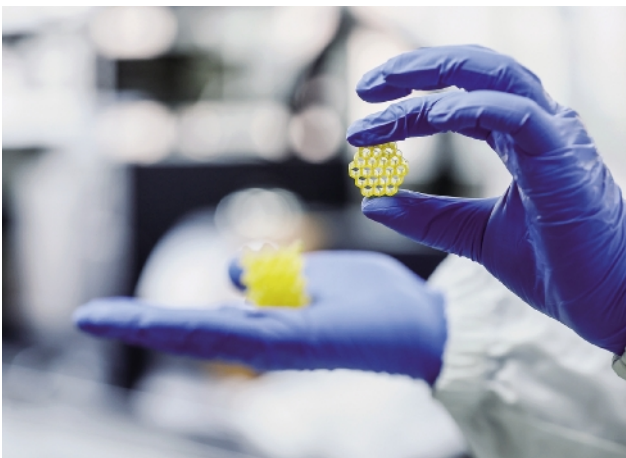
与会专家达成共识,应重点开发鼻喷、雾化等新型给药方式和纳米颗粒递送系统,并加强病原体与宿主相互作用研究。高福呼吁,从基础机制研究到技术产品转化,系统推进肺脏与呼吸道黏膜免疫的多层次攻关,力争在全球呼吸道疾病防控领域占据科技制高点。与会专家系统总结研究现状与未来方向,为我国相关领域科技创新提供参考,加快推动新一代呼吸道疾病防治药物和疫苗的研发。

3D 打印塑料进入“零废料”时代

■本报记者 崔雪芹 通讯员 查豪

3D 打印技术凭借可快速定制的优势,在工业制造、生物医疗、航空航天等多个领域得到越来越广泛的应用。然而,随着 3D 打印逐渐成为主流制造技术,其产生的废弃物也日益增多,这些废弃物与其他塑料废弃物一道成为全球关注的焦点。

针对这一挑战,浙江大学化学工程与生物工程学院教授谢涛、研究员郑宁团队发现了一种全新的热可逆光点击化学反应,并基于此研制出可多次循环打印且具有优异力学性能的光固化 3D 打印树脂。近日,相关研究成果发表于《科学》。



3D 打印成品。

浙江大学供图

实验中的一个小意外

不同于传统工业制造通过切削等方式“减去”多余材料使工件成型,光固化 3D 打印技术基于三维数字模型逐层堆叠,在数字光照射下使液态材料逐层固化成型,如同搭建乐高积木般对材料做“加法”,构建出立体结构。

尽管历经数十年快速发展,3D 打印技术仍面临诸多瓶颈。制造效率低下、材料力学性能不足、树脂成本高等问题,制约着该技术大规模普及应用。

谢涛团队长期致力于 3D 打印技术创新研究,在提高制造效率及加大高性能树脂开发方面取得显著进展。该团队去年在《自然》报道了一种具有超强力学性能的 3D 打印材料,能拉伸到自身长度的 9 倍以上。基于相关领域的研究积累,团队一直思考如何有效降低树脂成本。

“如果能让‘一次性’3D 打印材料‘无限次’循环利用,不仅能显著降低树脂成本,还能有效减少资源浪费与环境污染,实现经济效益与环境效益的双重提升。”谢涛介绍。3D 打印原材料由光敏树脂液态单体构成。“实验中一次意外的疏醇试剂添加,产生了与预期完全相反的实验结果。”浙江大学化学工程与生物工程学院博士生杨博回忆说。通过深入分析实验现象,团队发现了导致材料“异常”聚合的关键因素——醛基和疏基的光点击化学反应。“疏醇与芳香醛的缩合反应是经典的化学反应。”郑宁解释说,这类反应通常需要长时间加热才能完成。

“这个实验中的小意外,让团队首次证实该反应可以在光诱导下快速高效进行。”郑宁说,这打开了制造高性能、可循环 3D 打印材料的大门。

像搭积木一样重建

可循环塑料是可持续发展的重要方向,但在应用于 3D 打印时,其可循环的化学设计面临诸多挑战。现有光固化 3D 打印通常依赖丙烯酸酯类单体的自由基连锁聚合,生成的高分子网络主链由碳－碳单键组成,难以解聚回收。

与传统连锁聚合机理不同,团队发现,硫

醇与芳香醛缩合生成的二硫代缩醛键在热刺激条件下表现出独特的可逆性。如同乐高积木可反复拆装,二硫代缩醛键就像两块积木间的卡扣,在光固化成型时,这些“分子积木”通过二硫代缩醛键的键合作用相互连接,构建出复杂三维结构。在适当加热情况下,这些键又能被“解开”,使得生成的产物恢复为最初的硫醇和芳香醛状态。

“这种可逆机制使得使用后的 3D 打印材料可通过温和加热实现分子级别无损回收。”谢涛说,回收后的原料可以重新投入新一轮 3D 打印。这种特性赋予了材料近乎无限次重构的能力,同时大幅降低了原料成本。

基于这一发现,团队创新性提出基于醛基/疏基反应的逐步聚合 3D 打印体系,实现动态网络构筑,从而开发了 3D 打印的新策略。“我们利用这类光点击－热可逆的动态化学反应构筑高分子网络的‘乐高’,实现了可循环 3D 打印。”谢涛说。

具备优异力学性能

如何让 3D 打印材料在可循环使用的条件下具备大范围可调的力学性能,以满足不同的终端应用需求?

得益于逐步缩聚机制,该体系允许模块化调控主链结构而不影响循环特性。“通过分子设计调控聚合物主链结构,我们成功制备出弹性体、结晶性聚合物及刚性聚合物等多种 3D 打印材料。”郑宁介绍,这些聚合物在消失模铸造(如金属引擎)及正畸牙套生产中具有极大的应用空间,且同一树脂原料可重复制造多个零部件,减少了环境污染和资源浪费。

“我们的研究在分子层面成功解决了传统光固化 3D 打印材料力学性能与闭环回收之间的内在矛盾。其构建的光响应动态二硫代缩醛化学体系,为高性能光固化 3D 打印材料的闭环再生提供了创新性的分子设计,对发展可持续先进制造技术具有重要指导意义。”谢涛说。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adw9160>