

探访我国航天领域国家重大科技基础设施

# 把空间站“搬”来地球

本报记者 方圆

## 瞰前沿·大国重器

在黑龙江哈尔滨新区的科技创新新城，有一片“洁白”分量颇重。这处占地近50个足球场的白色建筑群，是我国航天领域国家重大科技基础设施——空间环境地面模拟装置，它还有一个别称：“地面空间站”。

该装置由哈尔滨工业大学与中国航天科技集团联合建设，历时近20年攻关，2024年通过国家验收。它能将真空、辐照、弱磁、等离子体等九大类宇宙极端环境“搬”来地球，为国家多项重大航天任务工程提供不可或缺的地面验证。

### 装置

尽可能模拟真实宇宙空间

“国际上通用的地面模拟装置大都基于单一因素，然而外太空的真实环境往往是各种因素的耦合。”走进装置内部，哈尔滨工业大学空间环境与物质科学研究院院长李立毅介绍，“‘地面空间站’的建设目的，就是尽可能模拟宇宙空间的真实环境。”

装置建设的关键突破，在于实现“多因素耦合”这一科学设想。它不再是多个单一环境实验室的简单集合，而是能在同一物理空间内，复现辐射与超低温、多种辐射之间等复杂耦合的真实宇宙空间。

往里走，有一座高约15米、形似“套娃”的建筑，这就是空间环境科学装置。

地球磁场无处不在，而外太空的磁场强度仅为地球的约百万分之一。为了模拟这种极端环境，科研团队用7层特种电磁屏蔽材料层层包裹，建造了一个“磁屏蔽泡泡”。这里的静态磁场被稳定抑制在极低水平，实现了接近绝对零磁的空间环境。

除空间磁环境科学装置之外，综合环境模拟分系统、离子加速器分系统都是其中的重要组成部分。

综合环境模拟分系统设置有系统级综合辐照试验舱、月尘舱、火星尘舱、高速粉尘舱等巨型金属装置，可模拟真空、高低温、带电粒子辐射、电磁辐射、空间中性能气体、固体颗粒物等六大类太阳系典型空间综合或极端环境与效应。离子加速器分系统可提供宽能量范围的电子、质子和重离子束流，该分系统建设有多条实验束线，可开展辐射场模拟、元素分析、辐照育种、器件辐照效应、细胞辐照效应、核物理、核探测器校准等研究。

微观机理分析、空间生命科学、数值仿真与中央监控……“地面空间站”能够开展不同类别的科学实验；能模拟速度为70公里/秒的太空粉尘撞击，为航天器打造“铠甲”；能在巨大的真空舱内，克服每平方米近10吨的大气压力差，将关键设备的位置精度控制在毫米级以内；还能构建带电月尘环境，测试登月材料的性能。

从论证到验收，团队突破了多源辐照等效模拟、粉尘极端环境模拟等15项关键技术，让装置成为多学科交叉创新的平台，已推动2000余款航天元器件研制，支撑10余个重大航天型号的考核鉴定工作。

地球上也能建空间站吗？“地面空间站”和真实的宇宙空间有哪些区别？位于黑龙江哈尔滨新区的空间环境地面模拟装置，为这些疑问提供了科学答案。

从支撑载人航天、深空探测等国家重大战略任务，到服务医疗健康、农业育种、新材料、新能源等前沿领域研究，“地面空间站”应用广泛、前景广阔。让我们一同走进这座大国重器，于一方天地，探宇宙奥秘。

——编者



### 应用

服务重大战略任务与前沿探索

装置的价值在于应用。自投入运行以来，“地面空间站”凭借强大的模拟能力，吸引了众多国内外科学家，服务科技前沿探索。

“以前，我们只能通过几十厘米的小装置进行验证，而这里的装置尺寸大几十倍，我们能研究更复杂的物理过程。”2025年3月，中国科学技术大学陆全明教授团队与哈尔滨工业大学合作，首次在实验室实现了地球磁层位形磁场重联过程的地面模拟和确认。

“在可控实验室里能‘再造’太空中的能量爆发节点，让我们观察到前所未有的细节。这些是传统的小型实验装置、单一的卫星观测难以完整揭示的新现象。”陆全明说。

华中科技大学王顺教授团队利用“地面空间站”零磁环境，对“天琴计划”关键部件进行了高精度磁性测量，实现了对极弱磁信号的直接观测，使得我国在极弱磁测量技术上取得重要进展。

“‘地面空间站’显著降低了载荷研制风险与成本，缩短了验证周期，支撑了航天技术快速迭代。”谈及装置带来的变化，王顺认为这类大科学装置不仅提供了自主可控的地面验证平台，更使我国在前沿研究中抢占先机，加速技术向工程的跨越。

近年来，随着商业航天产业的迅速发展，装置也变得更加繁忙。

“2023年，商业航天试验任务只占总任务的36%；2025年下半年，这一比例已经提



高到了67%。”李立毅介绍，通过提高加速器的束流能量，并减少抽真空和转接线的环节，支撑我国多个星座大部分卫星电子系统的考核与验证，推动我国低轨星座的快速布局。

“地面空间站”不仅面向国内，也积极对接国际同行，实现联合攻关、数据互通、人才联合培养等深度合作。例如，通过亚太空间合作组织正式发布“全球开放计划”，“地面空间站”已与8个国家、15家科研机构在多个重点领域推进高水平科研协同，用技术交流搭建跨国合作桥梁。

自验收以来，围绕载人航天、商业航天、深空探测、医疗健康、农业育种、新材料、新能源等重大战略任务与前沿科学探索，“地



面空间站”累计服务中国航天科技集团等200余家用户单位、400余个用户团队，对外服务超6万小时。

### 升级

成为人类探秘宇宙的前哨

这座“地面空间站”，一直眺望着浩瀚的星辰大海。“接下来，‘地面空间站’建设将向更精、更广、更深推进。”李立毅说。

在技术性能的精细化升级方面，“地面空间站”立足国家重大科技需求和战略考量，聚焦航天、芯片、新材料等领域的需求，持续突破更高精度的环境模拟技术。例如，优化质子微束的能量控制精度，提升设备运行的稳定性和试验数据的准确性，为解决“卡脖子”技术问题提供支撑。

在服务领域的广度化拓展方面，“地面空间站”针对月球、火星等深空环境的模拟需求，开发专属试验模块，结合医疗领域的辐照治疗研究，拓展生物辐照模拟功能。装置将重点向深空探测、量子科技、新能源等战略性新兴产业和未来产业延伸，持续扩大服务半径。

在合作层次的深度化推进方面，“地面空间站”在深空探测相关的材料抗辐照、航天器等可靠性验证等领域，能持续为各国科研团队提供独有的试验条件。“我们将借助该装置，加速推进‘全球开放计划’实施，共同发起国际大科学计划，联合全球相关领域的顶尖大学和科研机构、顶尖科学家，开展前沿探索。”李立毅说。

未来，这座连接大地与星空的桥梁，将继续为载人登月、火星采样、太阳系边缘探测等提供坚实的支撑。“地面空间站”，不仅是中国的国之重器，也是人类探秘宇宙的前哨。

图①：系统级综合辐照试验舱。

图②：空间环境地面模拟装置园区。

图③：300兆电子伏特质子重离子加速器。

以上图片均为哈尔滨工业大学提供

## 「科」



# 时间感从何而来

金鑫

时间感，到底是什么感觉？当我们感叹“春节假期一晃而过”或抱怨“排队漫长难熬”，是否想过：大脑如何感知时间流动？

许多年前，研究者普遍相信大脑里可能藏着一个像“内部秒表”的结构，专门负责计时。随着越来越多的实验，这种观点正在被悄悄改写——大脑也许并没有一只“钟”，我们感受到的时间，很可能是靠动作、感觉和注意力一起“拼”出来的。

来自我国科学家的实验提供了直观线索。在一个经典的小鼠实验中，科学家训练小鼠按一下杠杆，等一会儿，再按一下，就能获得食物。随着训练深入，小鼠慢慢学会了什么时候该停。研究者原以为这是小鼠在“心里数秒”。但后来，他们故意让小鼠暂停动作几秒，或让小鼠在等待期间多按几下，原本看似准确的时间判断立刻被打乱。原来，它们通过动作来估计“差不多了”。也就是说，时间不是被大脑某个地方“读”出来的，真正起作用的是行为本身。

更有意思的发现，来自小鼠按压杠杆时发出的“咔哒”声。科学家注意到，这个声音虽小，但每只小鼠都能清楚听到。于是他们做了个处理，把小鼠的耳朵轻轻塞住。结果惊人：小鼠变得不会计时了。为了进一步验证，科学家用上了现代神经科学里的“点灯技术”，将相关部分的脑细胞轻微激活。神奇的是，即便小鼠听不见声音，只要刺激这群神经细胞模拟脑内的听觉响应，原本混乱的“时间感”又恢复了。动作声就像大脑的“节拍器”。

由此看来，大脑感知时间，并不是靠一只“钟”，而是靠动作、动作产生的感觉以及大脑对这些感觉的关注程度共同组成的一张“网”。

人们常常有这样的体验：玩游戏、聊天、看电影时，时间像飞一样过去；无聊、焦虑、等待时，时间像被拉长。根据我国科学家提出的新理论，这并不是心理作用那么简单，而是因为不同状态下大脑收集到的信息量不同。快乐兴奋时，动作和行为信息繁多，大脑忙着“计时”，自然觉得时间很快；而无聊时，整个身体都处于消极怠慢状态，大脑计时的“节拍器”慢了。

时间感的异常，也可能映射某些疾病。帕金森病患者常常动作变慢，也更难掌握节奏；注意缺陷障碍的孩子“估不准时间”，做事拖沓或过快；抑郁症患者则会觉得时间像“停滞”，每一天都十分漫长。这些现象往往反映了大脑中调节动作、节奏和信息收集的系统出现了问题。

现代科技正为“时间感”带来新的研究手段。人工智能模型擅长处理序列与节奏，可用来模拟大脑如何整合行为与感觉以形成时间体验；脑机接口技术能更直观记录与时间相关的脑活动，未来有望通过调控这些活动，帮助患者恢复节奏感。

综合近年研究，一个观点日益清晰：我们体验到的时间，并非由大脑某个区域“读”出来的，而是在行动、感受与思考的过程中由身心共同“编织”出来的。动作像指针，感觉像刻度，注意力像灯光，情绪则调节着速度——它们合作构成了我们对时间的理解。

时光飞逝，快时不慌；度日如年，慢时不恼。知道大脑为何这样运作，我们也就更能找到自己的步调，与时间和解。

（作者为华东师范大学教授、新基石研究员，本报记者黄超整理）

## 我科学家领衔的植物星球计划启动

本报北京电（记者喻思南）记者从中国农业科学院获悉：由我国科学家领衔的植物星球计划日前正式启动，旨在通过解码陆地植物主要谱系的遗传密码，绘制“植物生命之树”全景图。

当前，超过99%的陆地植物缺乏高质量的参考基因组，限制了人类对植物多样性、适应性及功能潜力的深入认知与应用开发。植物星球计划希望通过对缺乏参考基因组的目、科进行采样，借助系统发育基因组学方法，构建一个高分辨率、时间校准的完整陆地植物系统发育树，厘清主要植物类群之间的亲缘关系与分化时间，从而绘制完整的“植物生命之树”。

该计划由中国农业科学院深圳农业基因组研究所（岭南现代农业科学与技术广东省实验室深圳分中心）联合中国植物学会、北京大学等49家单位共同发起。

## 我科学家在光通信和6G领域刷新纪录

据新华社北京电（记者魏梦佳）我国科学家近日在光通信和6G领域取得突破性进展，在国际上率先实现光纤通信和无线通信系统间的跨网络融合，自主研发的“光纤—无线一体化融合通信系统”数据传输速率刷新纪录。该成果在线发表于国际学术期刊《自然》。

当下，光纤通信与无线通信在信号架构与硬件约束上存在“带宽鸿沟”。为此，北京大学联合鹏城实验室、上海科技大学、国家信息光子创新中心等研发团队提出“光纤—无线一体化融合通信”概念，并采用集成光学方案，成功研制出250GHz（千兆赫兹）以上超宽带集成光子器件。在此基础上开发的新系统，实现光纤通信单通道512Gbps（千兆比特每秒）信号传输、无线通信单通道400Gbps信号传输。

## 第二届国际人形机器人论坛举行

据新华社瑞士比尔电（记者王露）第二届国际人形机器人论坛日前在瑞士比尔/比安创新园举行。

据介绍，人形机器人正处于从实验室研究迈向工业应用的关键阶段，跨行业协作将成为推动技术落地的重要路径。

作为展区重要组成部分，来自中国的宇树科技、优必选、云深处科技等机器人上下游企业集中亮相，展示最新的机器人高精度操作及工业协作解决方案。

本版责编：曹怡晴 陈世涵 赵帅杰  
版式设计：张丹峰

## 国产天文大模型突破观测深度极限

本报北京电（记者吴月）记者从清华大学获悉：清华大学自动化系戴琼海院士团队、天文系蔡峰副教授团队提出AI天文观测增强模型“星衍”，攻克极低信噪比下的高保真光子重构难题，突破天文观测深度极限，将詹姆斯·韦布空间望远镜探测深度提升1个星等（天体亮度单位），探测准确度提升1.6个星等，绘制出极致深空星系图像。相关研究成果发表于国际学术期刊《科学》。

“依托新技术，我们在韦布空间望远镜的深度观测数据中，发现了超过160个宇宙早期的候选高红移星系，数量是先前发现的3倍。这些星系存在于宇宙大爆炸后2亿至5亿年的‘宇宙黎明’时期，它们的发现，为理解宇宙第一缕光的诞生提供了全新数据。”论文共同通讯作者蔡峰介绍。

论文共同第一作者、清华大学博士后郭钰峰介绍，天文观测中，明亮的天光背景噪声与望远镜自身的热辐射噪声叠加，会遮挡暗弱的星光。“星衍”专注于对暗弱信号的提取与重建，将深空图像重构为时空光交织的三维体，通过独特的光度自适应筛选机制，对噪声涨落与星体本身的光度进行联合建模，可以高保真地还原目标信号，提升探测深度与准确性。

## 海南大学团队攻克海水直接制氢提镁技术

# 就地取材电解水，变废为宝制绿氢

本报记者 孙海天

## 探一线

传统的电解水技术高度依赖高纯度淡水，若直接电解海水，其中复杂的离子成分，尤其是高浓度的镁、钙离子，会成为破坏设备的“元凶”。“就好比家里的烧水壶，时间久了壶底会结一层厚厚的水垢。”团队成员封苏阳介绍，“在电解海水的过程中，这种‘结垢’现象更明显。镁离子会在电极表面迅速形成沉淀，短短几小时就能让电极失活，导致整个系统瘫痪。”

为了应对“结垢”，业界主流方案是“先淡化，后制氢”，即先把海水变成纯净水再电解。这种方案工艺流程长、设备成本高，导致绿氢价格居高不下。

“为什么要把海水里的镁离子‘赶走’，而不是收集起来？”面对电极上厚厚的白色沉淀，田新龙看到了转机：海水中镁离子储量是陆地的数万倍，而氢氧化镁是阻燃剂、航天材料的重要原料，市场价值较高。何不顺势而为，将制氢和“提矿”结合起来？

“提矿”的难点在于如何让镁离子析出，却又不附着在电极表面。历经4年攻关，团队研发出一种新型电极材料。“我们在铂电极表面添加了特定的碘离子，利用静电排斥力的原

理，给电极穿上了一层‘防护服’。”封苏阳介绍，电解反应中生成的氢氧化镁无法在电极表面立足，只能远离电极，呈絮状自动脱落沉淀。

技术走通了，经济成本划算吗？在实验室的展示台上，一瓶瓶白色粉末引人注目，这是经过提纯后的氢氧化镁，纯度可达99%以上。“以前生产1公斤氢气往往需要几十元的成本。使用新技术后，每生产1公斤氢气，理论上可以联产约15公斤的高纯度氢氧化镁。”田新龙说，“通过‘一电两用’，提取镁产品的收益，基本可以覆盖制氢的成本。”此外，这项技术在常温天然海水中即可进行，大大降低了工程应用的门槛。

从1平方厘米的微电极片，到如今900平方厘米的大尺寸电极；从实验室的瓶瓶罐罐，到正在攻关的更大功率工程样机……在海南大学协同创新中心实验室里，“一电两用、一水双收”逐渐从图纸走向现实。

“我们将利用海上风电提供绿电，‘就地取材’直接电解海水。”谈及未来，团队充满信心：制取的绿氢可以合成绿色甲醇为洋浦港的远洋船舶提供清洁动力；而联产的高纯度氢氧化镁，则有望在高端新材料产业链中发挥效用。