

发现·进展

香港大学等

研制出微型“激子超透镜”

本报讯(记者朱汉斌)近日,中国科学院外籍院士、香港大学校长张翔团队携手武汉大学教授刘晓泽团队、华南师范大学副研究员陈祖信团队等,在天然二维磁性半导体 CrSbR 领域取得重大突破。联合团队首次实验观测到由材料磁序介导的激子负折射现象,并依据此原理成功研制出可集成于芯片上的微型“激子超透镜”。相关成果发表于《自然-纳米技术》。

陈祖信指出,该研究构建了利用磁序操控纳米光传播的全新范式,为开发新一代磁光器件、片上超分辨率成像系统以及光-磁量子接口筑牢了关键根基。该成果有望直接推动紧凑可调磁光调制器、片上超分辨率成像、光-磁量子接口等下一代器件的研发进程,为集成光子学与量子信息技术提供关键材料与物理支撑。

激子作为半导体中电子-空穴对的复合体,虽在光吸收与发射过程中占据主导地位,但其在操控光传播(尤其是实现负折射)方面的潜力,长期未能得到实验验证。理论上,二维材料中的强激子共振可形成独特的“双曲”色散,为实现激子负折射提供了可能,然而其实验实现与调控一直面临重重挑战。

范德华层状磁体 CrSbR 在低温下呈现出层内铁磁、层间反铁磁的独特序构,且其强各向异性激子共振与磁序紧密耦合。研究发现,在磁有序相状态下,磁序会显著增强 CrSbR 沿特定晶轴方向的激子共振,致使该方向介电常数实部为负,进而形成支持负折射的“双曲”光学等频面。为直观观测这一现象,团队将 CrSbR 薄片与精密设计的片上纳米光子回路集成,通过波导引导光至材料边界,最终在远场直接捕捉到出射光与人射光分居法线两侧的负折射图像。

基于这一效应,团队进一步成功构建出“激子超透镜”器件,通过调控材料本身波长依赖的负折射行为来操控入射光的波前,成功将发散光束汇聚至衍射极限尺寸的焦点,实现了微纳尺度的片上光场操控。尤为关键的是,该负折射及聚焦功能呈现出鲜明的“磁控”开关特性:当温度升高使材料转入顺磁相时,光学功能随即关闭。这一磁序依赖的调控维度,超越了传统等离激元或声子激元体系,为发展动态可重构的纳米光子器件开辟了全新思路。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41565-025-02118-5>

中国科学院上海天文台

发现第三颗星际来客“逆流而行”穿越太阳系

本报讯(见习记者江庆龄)中国科学院上海天文台正高级工程师毛银盾领衔的国际研究团队,对 2025 年闯入内太阳系的彗星 3I/ATLAS 进行了深入研究,揭示了该彗星具有逆行的近黄道轨道和相对较小的近日点距离,将“逆流而行”穿越内太阳系天体密集区域。近日,相关研究成果发表于《天文学杂志》。

3I/ATLAS 是继 2017 年的“奥陌陌”和 2019 年的“鲍里索夫”后,第三位被确认身份的星际访客。研究团队筛选了超过 3.8 万颗近地小行星和 140 万颗主带小行星的轨道数据,识别出相当数量的近距离接近事件——其中有 31 颗近地小行星和 736 颗主带小行星,与 3I/ATLAS 的物理距离在 0.03 天文单位以内。

研究中的一个典型案例是小行星 2020 BG107。由于该小行星发现时间短,观测数据有限,其具体位置存在较大不确定性。研究团队通过 10 万次计算机模拟推演后认为,虽然 2020 BG107 的最可能运行轨道不会与 3I/ATLAS 相撞,但考虑到误差范围,它与彗星核心发生撞击的概率仍有约 0.025%。考虑到 3I/ATLAS 是一颗拖着巨大尘埃彗发的活跃彗星,这颗小行星闯入彗发范围内的概率高达 2.7%。

倘若此类事件真的发生,将是一次天然的“超高速碰撞实验”,其能量远超人类实施的双小行星重定向测试(DART)任务,能为研究星际天体及小行星内部结构提供宝贵线索。毛银盾指出,这项研究为对未来星际天体和动力学新彗星的前瞻性分析提供了方法论框架,可外推至“访客”穿越的宇宙空间;内太阳系则是一个繁忙的“交叉路口”,在合适的轨道几何条件下,新来者与本地天体间的物理互动在统计学上是可能发生的事件。理解这些访客的轨迹及其与本地环境的互动,是认识太阳系演化、防御地外威胁的重要一环。

研究结果证实了太阳系并非静态家园,而是一个动态的,时有“访客”穿越的宇宙空间;内太阳系则是一个繁忙的“交叉路口”,在合适的轨道几何条件下,新来者与本地天体间的物理互动在统计学上是可能发生的事件。理解这些访客的轨迹及其与本地环境的互动,是认识太阳系演化、防御地外威胁的重要一环。

未来,随着美国薇拉·鲁宾天文台等新一代巡天设备投入运行,预计将发现数十倍于当前数量的星际天体和小行星,太阳系也将显得更加“繁忙”。

相关论文信息: <http://doi.org/10.3847/1538-3881/ae2ea6>

一粒月球岩石的“星际旅行”

冯丽妃

我是一粒玄武岩,直径不过 2 毫米,却藏着一肚子话。

我的家在月球南极-艾特肯盆地(SPA)——月球上最大、最古老的撞击盆地。这片直径约 2500 公里、深达上百公里的广袤土地,是远古时期一次小行星猛烈撞击后留下的“宇宙伤疤”。在这里,我和兄弟姐妹度过了漫长岁月,历经昼夜近 300 摄氏度的温差剧变、宇宙射线的持续轰击、微陨石的纷繁撞击……时光为我们披上厚厚的月尘,我们的内心却寂静如初。偶尔,一个念头会悄然闪过:我从哪里来,会到哪里去?

命运的转折始于 2024 年 6 月 2 日。一个 4 条腿的大家伙来到我身边,它自称“嫦娥六号”,来自一颗名叫地球的蓝色邻居星球。它在我家附近忙碌了约 49 个小时:勘察、研究,还举行了一场庄严的升旗仪式。随后,它把我和一些兄弟姐妹“打包装箱”,让我经历了一场跨越 38 万公里、历时 20 多天的星际旅行。

抵达地球后,我被辗转送到中国科学院地质与地球物理研究所研究员田恒次手中。没想到,一向在月球上默默无闻的我,一夜之间竟成为科学界的焦点——科学家以我为关键“证物”的研究,近日发表于美国《国家科学院院刊》,并被选为亮点文章,为人类了解我的月球老家添上了重要一笔。

体检

初次见面后,田恒次与合作者决定给我做一次“入职体检”。

首先,他们用高纯度酒精为我“洗澡”——洗去亿万年来附着在我表面的微米级月尘,以免干扰我原本的信息。接着,我被送入一台微米级扫描仪,如同人类做 CT 检查一般,科学家得以清晰透视我的内部结构。

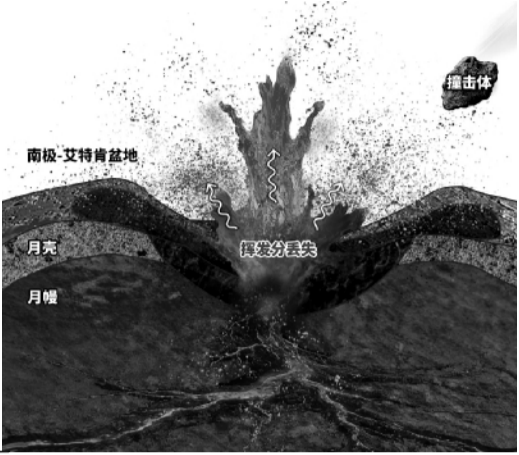
结果显示,我内部结构完整,未受剧烈撞击扰动,无岩浆再熔融痕迹,也未被



▲田恒次团队用玄武岩摆成月球 SPA 撞击盆地形状的图片。SPA 撞击坑里还有很多小的撞击坑。

►科学家绘制的小行星撞击月球及其引发的物质挥发示意图。

中国科学院地质与地球物理研究所供图



宇宙射线显著改变——确认我是一粒“原始玄武岩”,约 28 亿年前被月球火山活动从月幔带至表面。

这意味着,我从诞生至今基本保持着初始状态,忠实记录了月球深处的历史,尤其是那起塑造 SPA 盆地的远古撞击事件。

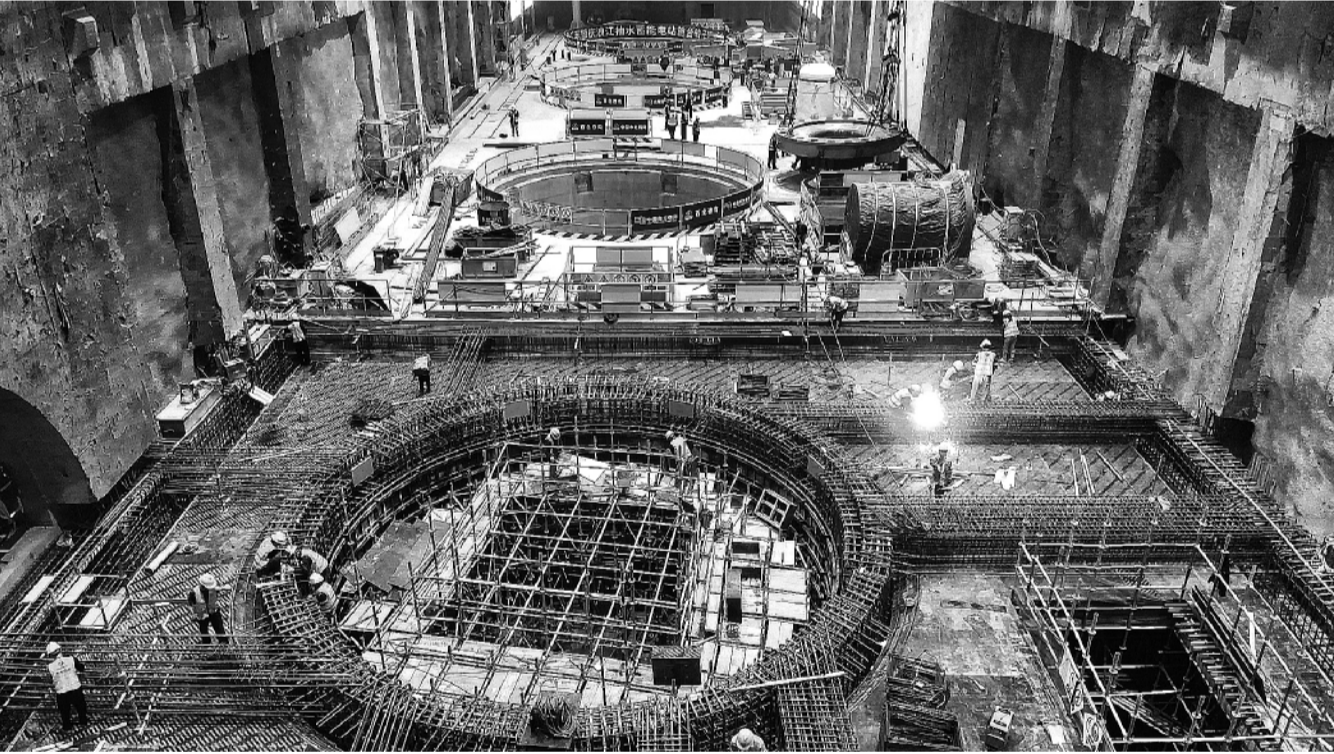
身份确认后,真正的分析开始了。科学家选取了包括我在内的 4 份特性相似的“兄弟”,总重约 60 毫克,采用“超低消耗量”的先进分析技术,每份样品仅消耗 7-8 毫克,就对我们的元素和同位素进行了精确测定。为确保数据可靠,他们还人工配置了与我们成分相似的“模拟月壤溶液”反复验证。

很快,隐藏在我身体深处的“密码”被成功破译:我携带的钾(K)同位素组成,比以往从月球正面阿波罗计划样品中获得的同类数据明显偏重。

证物

这个体检结果非同小可。田恒次解释,经过严谨分析,他们排除了宇宙射线、岩浆活动、外来物质混染等各种因素的干扰。唯一合理的解释是,形成 SPA 盆地的那次超级撞击,直接改变了月幔的化学组

大湾区首个变速抽水蓄能工程地下洞室群全面贯通



本报讯(记者朱汉斌 通讯员黄昉)随着“肇庆一号”全断面硬岩隧道掘进机的刀盘剥落最后一层岩石,长 5051 米、直径 3.5 米的自流排水洞实现精准贯通。2 月 3 日,粤港澳大湾区首个变速抽水蓄能工程——广东肇庆浪江抽水蓄能电站总长超 19 公里的地下洞室群全面开挖完成。该电站总投资约 86 亿元,预计 2026 年底首批机组投产,2027 年上半年全面建成。

广东肇庆浪江抽水蓄能电站作为我国能源领域首台(套)重大技术装备的依托工程,将安装首台国产 300 兆瓦级变速抽水蓄能机组成套设备,对地下洞室群的结构和性能要求很高。该电站地下洞室群有功能各异的洞室 32 个,洞挖工程量和总长度分别达到 137.5 万立方米和 19.1 公里,存在布置密集、多洞并列、上下重叠、交叉交汇等施工难点。新开挖完成的自流排水洞是整个地下洞室群最长的施工洞,承担着电站排泄地下积水、保障厂房安全的重要功能。

广东肇庆浪江抽水蓄能电站建设现场。陈振良/摄

研究人员用混凝土研制出“巨无霸”,实现“一箭三雕”

本报记者 李思辉 通讯员 田颖

1 月 30 日,湖北麻城市,中交二航局武港院新材料公司厂区内,一个外形酷似轮船的庞然大物完成最后的压力测试。这是该公司技术团队自主研发的预应力 UHPC 外壳-现浇内芯普通混凝土组合盖梁(又称“宁波梁”)。它的研制成功意味着桥梁建设上的多项世界难题有望破解。

中交二航局武港院副总经理杨林告诉《中国科学报》,这片长 19.5 米的新型桥梁盖梁,成功承载起 2880 吨极限荷载——相当于 480 头成年亚洲象的重量,为设计标准的 1.5 倍。目前,该技术已获相关发明专利。

给盖梁造一个“壳”

桥梁是重要的交通设施,在建设过程中,盖梁施工是一项非常耗时耗力、对环境干扰巨大却至关重要的工程。何谓“盖梁”?简单理解,就是介于桥墩与桥面箱梁之间,起到衔接和支撑桥面箱梁作用的重要构件。

传统盖梁施工需搭建庞大支架模板,大幅侵占通行空间;现场浇筑工序繁琐,动辄数月工期引发持续交通拥堵;机械轰鸣与扬尘污染,更

让周边居民不堪其扰。

“宁波梁”的技术突破,则从根源上缓解了这些难题。记者在现场看到,这个作为桥梁核心受力构件的盖梁外壳,正通过智能压筑生产线“武港号”实现一体化精密制造,如同汽车外壳般一次成型。

专家介绍,这个仅 7 厘米厚的“超薄外壳”,由超高性能混凝土浇筑而成,韧性比普通混凝土提升数倍。该工艺还可大幅降低吊装重量,实现“轻量与高强”的有效兼顾。

“我们的核心理念是把复杂工序‘搬’进工厂,让现场施工‘极简组装’。”杨林介绍,“宁波梁”采用“薄壳夹心”结构设计:先在工厂通过一次压铸成型技术完成盖梁外壳的预制生产,吊装就位后无需支架向内浇筑普通混凝土,两者形成协同受力的复合结构,既保证了工程质量,又极大简化了现场施工流程,真正实现桥梁的工业化建造。

给混凝土“做按摩”

创造的背后,是一场与难题的“正面较量”。据介绍,技术团队在“宁波梁”的研发之路

上攻克了多重难题,比如 7 厘米薄壳的“刚柔并济”难题。要做仅 7 厘米厚的混凝土超薄外壳,既要让它像钢板一样坚固,能扛住桥梁的巨大荷载,又得保证浇筑时能均匀流动,填满模具的每个角落,还不能在运输、施工中轻易变形开裂,这在世界上没有先例。

为啃下这块“硬骨头”,材料工程师每天泡在配料间,历经上百次试验,终于调出“黄金配方”——既有着出色的流动性,浇筑时能像水一样贴合模具,又能通过纤维的均匀分布,让成型后的外壳兼具高强度和抗裂性。

针对成型和变形问题,团队创新地采用“一次性压筑”成型工艺,就像给混凝土“做按摩”,把每一丝空气都排出去,让薄壁外壳密实度极高。

无支架“凌空筑梁”

传统桥梁施工离不开庞大的满堂支架。尤其是在“边通车、边施工”的场景下,支架不仅要占用大量通行空间,导致交通瘫痪,还存在失稳的安全风险。

该团队的核心目标是实现“无支架现浇”,让预制的外壳既能当模板又能当支撑,如同让

蛋壳撑住石头——7 厘米厚的薄壳要在悬空状态下承受浇筑的重量,还要抵抗施工中的振动和其他临时荷载。这在行业内没有成熟经验可借鉴。

为攻克这个核心难题,技术团队开启了“仿真+试验”双轮驱动模式。经过数十次“优化-试验-优化”,他们终于找到最佳方案——优化后的盖梁外壳,在完全不搭设任何支架的情况下,不仅能稳稳承受内核的全部重量,还能抵抗施工振动等临时荷载,浇筑

过程中变形量控制在毫米级,实现了“以壳代架”的无支架现浇目标。

这一突破让盖梁现场施工有效缓解了“筑水泥山占道路”的困境,支架模板用量减少 80%,主线交通基本不受影响,施工效率直接提升超六成。

技术团队负责人王文荣表示,该创新破解了传统盖梁施工“造价高、效率低、干扰大”的三重困境,可谓“一箭三雕”,为工程建设提供更安全、更经济、更环保的“中国方案”。



图中灰色船状设备是混凝土盖梁外壳。中交二航局供图