

发现·进展

香港大学等

研制出微型“激光超透镜”

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洋团队、华南师范大学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光负折射现象,并依据此原理成功研制出可集成于芯片上的微型“激光超透镜”。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创新提供关键材料与物理支撑。

激光作为半导体中电子-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,二维材料中的强激光共振可形成独特的“双曲”色散,为实现激光负折射提供了可能,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、层间反铁磁的独特结构,且其强各向异性激光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光共振,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入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“激光超透镜”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光元系,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“动力学新天体”,特别是可能具有类似低倾角原始轨道的奥尔特云天体。

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使用,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:<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac2ea6>

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,一个外形酷似船壳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,如同汽车外壳一般成型。

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,让薄壳外壳密实度极高。

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



图中灰色船状设备是混凝土盖梁外壳。

中交二航局供图

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

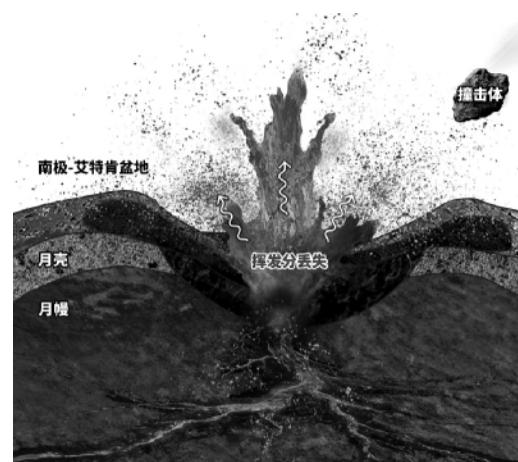
过程中变形量控制在毫米级,实现了“以壳代架”的无支架现浇目标。

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”。



▲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

成。模拟计算显示,约1%的钾元素丢失,就能解释我所携带的偏重钾同位素特征。

他们还原了这样一幅图景:当那颗巨型小行星轰然撞向月球,瞬间产生的极端高温高压,使被挖掘和扰动的月幔物质发生了“挥发性丢失”——就像猛火炙烤会让食物水分蒸发一样,月幔中相对易挥发的钾等元素部分逃逸了。而这种丢失并不均匀,导致残留物质中较重的钾同位素比例升高。

那时的月球背面,岩浆奔涌、挥发分蒸腾,撞击产生的巨大热能甚至触发了月幔对流。科学家曾提出,这场大撞击可能将富含钾、稀土元素和磷的克里普物质“甩”向了月球正面,为月球正背面化学成分的显著差异埋下伏笔。

因此,我不再是一粒普通的月尘。我体内偏重的钾同位素,成为证明SPA大撞击曾导致深部月幔挥发分丢失的第一个直接同位素证据。这与嫦娥六号任务其他研究初步发现的月球背面更还原、总体更“干”的特征相互印证。

那场旷古撞击不仅塑造了SPA盆地,还可能是一系列连锁反应的起点。田恒次说,撞击很可能造成了水、硫等挥发分丢失——这些物质通常是降低岩石熔点、促

进火山活动的“润滑剂”。SPA撞击导致的挥发分亏损,可能让月球背面的月幔更难熔融,从而抑制其漫长地质历史中的火山活动,这正是月球正背面“二分性”形成的关键一环。

旅程

如今,我静静地躺在实验室的样品瓶中。有时,看着实验室窗外的月光,就会经常回忆起嫦娥六号那个“话痨”。

从月球到地球的旅程中,它跟我絮叨了很多地球上的故事:中国人自古对月球怀有浪漫想象,喜欢对着月亮抒发情感。他们曾把月球比作“白玉盘”、“瑶台镜”,流传着许多诗句和传说,比如“举头望明月,低头思故乡”“但愿人长久,千里共婵娟”“嫦娥应悔偷灵药,碧海青天夜夜心”。

后来,地球人真的“上九天揽月”了。嫦娥六号说,自己的前辈们已10次从月球带回样本,累计将380多公斤月球样品送至地球开展研究。它的“五哥”嫦娥五号从月球正面带回的样本,曾将月球火山活动结束时间推迟了约10亿年,轰动国际科学界。

嫦娥六号曾说,它的使命尤为特殊——这是人类第一次登陆月球背面并采样返回。它不仅搭载了中国自主研发的科学载荷,还携带着来自欧空局以及法国、意大利、巴基斯坦等国的国际合作仪器。它在月背举行的升旗仪式,代表着全人类对了解月球的共同渴望。

对于嫦娥六号的期待,我想,我和我的兄弟姐妹已经帮它实现了一部分。

现在,我在地球上的故事远未结束。田恒次和团队正计划用更多挥发性同位素继续追问:月球背面是否天生不同?SPA撞击事件对它究竟产生了多大影响?

我计划和他们一起,让地球人了解更多关于月球背面——我老家的秘密。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1073/pnas.2515408123>