



世界首次！FAST 破解天体物理学重要谜团

■本报记者 胡珉琦

在寂静无声的宇宙深处,有时会上演“惊心动魄”的一幕。一种名为快速射电暴的神秘现象,能在千分之一秒内,释放出太阳一整周才能辐射出的巨大能量。它们来自几十亿光年之外,如同宇宙的密码,一直是天体物理学领域的重要谜团。

1月16日,《科学》在线发表了一项重要突破:由中国科学院紫金山天文台牵头,联合国内外多个研究团队,利用我国500米口径球面射电望远镜(“中国天眼”,FAST),在国际上首次捕捉到重复快速射电暴的法拉第旋转变(RM)发生剧烈跳变并随后回落的详细演化过程。这一独特发现为“快速射电暴起源于双星系统”的假说提供了关键的观测证据。

惊人的突变

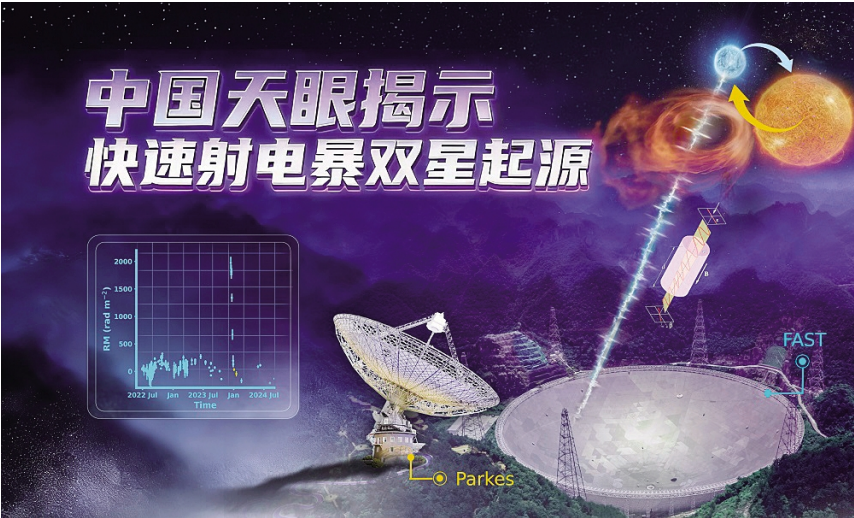
自2007年首次发现快速射电暴以来,天文学家已经追逐这类“宇宙射电脉冲”近20年。关于它们的起源有各种假说,有一种比较普遍的推测认为,这一现象与中子星等致密天体有关。

论文通讯作者、紫金山天文台研究员吴雪峰解释,目前发现的快速射电暴可以分为两种类型,其中绝大多数一闪即逝,再无踪影,但仍有一小部分会像“活火山”一样,不定期多次爆发。部分重复暴表现出周期性活动的特征,暗示其起源天体可能处于双星系统中,但至今并无直接观测证据支撑。

2022年5月加拿大氢强度测绘实验(CHIME)发现了重复快速射电暴FRB 20220529,中国研究团队利用FAST对其开展了两年多的监测,捕捉到了上千次爆发。

科学家如何“窥探”爆发当时发生了什么?他们用一个巧妙的“宇宙磁环窥探针”——RM。吴雪峰把它形象地比作光波的“扭腰舞”。当快速射电暴发出的无线电波穿过有磁场的环境时,它的振动方向会发生旋转,旋转越厉害意味着环境越复杂。

然而,在前一年半的常规监测中,FRB 20220529的RM一直在-300到+300弧度/平方米的范围小幅波动,



艺术想象图:双星系统中,伴星的星冕物质抛射形成磁化等离子体云,穿过地球与快速射电暴源的观测视线,引发法拉第旋转变的剧烈变化。
紫金山天文台、国家天文台供图

中位数仅为17弧度/平方米。天文观测常依赖机遇。就在论文第一作者、紫金山天文台副研究员李晔以为这项观测会波澜不惊地结束时,转折出现了。

她记得那是2023年12月的一天,FAST监测数据显示,在经历了一段短暂的“静默”期后,FRB 20220529的RM毫无征兆地飙升至1977±84弧度/平方米,暴涨约20倍!研究人员的第一反应是“数据出错了”,直至多人重复验证,才确认无疑。

意识到这是非同寻常的现象,论文通讯作者、中国科学院国家天文台研究员姜鹏立即安排FAST开始了密集观测。更令人惊讶的是,这次跳变并未持续太久,在随后短短两周内,它又像过山车车一样迅速回落,恢复到了正常的波动水平。

这种剧烈、快速且可逆的磁环境变化,在快速射电暴研究史上尚属首次被记录。他们相信,必然有一个强大的外部因素介入了周围环境。

“科学探索”锁定双星系统

一次如此极端的磁环境突变,原因究竟是什么?

接下来的工作就像一场“科学探索”,研究团队需要逐一排查可能的“嫌疑对象”。

于是,他们分别比较了超新星遗迹、环境湍流及磁陀星耀发带来的可能影响。结果发现,无论哪一种,都无法跟这次RM变化的幅度和快速可逆的时间尺度相契合。

“排除了所有不可能,剩下的就是真相。”吴雪峰说,研究团队将目光投向了最有可能是双星系统。产生快速射电暴的中子星并非“孤家寡人”,而是有一颗伴星,两者相互绕转。

那么,这将如何解释那次剧烈的RM跳变呢?研究团队提出了一个与太阳系内现象极为相似的完美解释:伴星的星冕物质抛射。太阳有时会发生剧烈的活动,抛射出大量携带磁场的等离子体云,即日冕物质抛射。当这团物质恰好经过地球与某颗恒星之间时,就会显著影响人们观测到的那颗恒星的磁场环境。

同理,FRB 20220529的伴星可能发生了一次类似剧烈的活动,抛射出一团致密且高度磁化的等离子体云。这团物质在数周内,恰好穿过了FAST

观测视线与快速射电暴源之间的路径。当它经过时,其强大的磁场和高密度等离子体导致了RM的急剧飙升;当它完全离开视线后,RM便自然回落至正常水平。

中国科学院院士、紫金山天文台研究员史生才评价道:“这项研究清晰揭示了致密磁化等离子体云穿过观测视线的过程,这与双星系统中伴星的剧烈活动高度契合,为我们破解快速射电暴起源之谜迈出了重要一步。”

FAST 如何成就“世界首次”

“快速射电暴起源于双星系统”这一假说首次获得了强有力的、关键的观测证据支持,离不开FAST的“火眼金睛”。

值得关注的是,FRB 20220529属于信号暗弱的暴源,其多数爆发难以被其他望远镜有效探测。在吴雪峰看来,作为世界最大、最灵敏的单口径射电望远镜,FAST就像一台宇宙“超高清高速摄像机”,能够捕捉到其他望远镜无法察觉的完整的微弱信号细节,揭示快速射电暴源周围的环境,把快速射电暴的观测过程从“幻灯片”时代带到“4K电影”时代。

“这一成果彰显了中国FAST望远镜在开展长期监测观测方面的强大实力。”世界第一例快速射电暴发现者、美国西弗吉尼亚大学教授邓肯·洛里默点赞道。

FAST自投入使用以来,一直保持稳定高效的运行状态,产生的数据量逐年增长。就在上一个完整观测年里,它的总观测时长超过5400个小时,在世界上遥遥领先。

姜鹏坦言,为积极应对国际同行日趋激烈的竞争,FAST正稳步推进升级规划。项目将在FAST周边建设数十台中等口径天线,构建全球唯一、以FAST为核心的巨型综合孔径阵列。这一创新设计将彻底弥补单口径望远镜在空间分辨率上的天然局限,同时提升观测灵敏度,实现综合观测性能质的飞跃。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adq3225>

1月12日上午,北京冬日的阳光透过干枯的枝丫,洒在中国科学院声学研究所(以下简称声学所)的报告厅。在这里,正在举行纪念物理学家、中国科学院院士汪承灏的专题报告会。

大屏幕上,汪承灏的照片定格:他身着一件深棕色的夹克,清澈的目光透过镜片,注视着台下的人。台下坐着他的学生、同事、老友,他们中许多人已是满头银丝的学术带头人。

然而,当他们聊起老先生的时候,出现频率最高的一个词,竟然是“怕”。

“不怕汪老师的人不多。”和汪承灏共事多年的声学所原副所长宗健,一句话就让我在场者都点头微笑。紧接着,他收起笑意说道:“他要求太严格了,但他严得有道理。”

2025年5月29日,汪承灏在北京逝世,享年87岁。先生离去后,人们才意识到,这种“怕”不是畏惧,而是敬畏——敬他苦行僧式的自律与执拗,敬他敢当众批评别人也敢当众承认错误,敬他把“清楚明白”刻成做学问的底线。

“科研本来就是一件‘苦’差事”

宗健18岁就进了汪承灏的研究组。“组里条件并不好。”宗健记得,那时才20岁出头的汪承灏,带着几个同样年轻的小伙子,“就这样把队伍拉起来,开始干,并取得了一系列成果”。

那时的汪承灏,是国家选拔出来的“青苗”。1938年1月10日,日军侵占南京的硝烟尚未散尽,汪承灏在全家人逃难的途中降生。汪承灏在童年、青年时代极为优秀。从小学到中学,他的主课成绩几乎永远是全班第一。1954年,他考入北京大学物理系。1958年11月,国家急需科研力量,汪承灏等百余名优秀的大学生被提前抽调到中国科学院工作。

在宗健看来,汪承灏的优秀与他苦行僧式的自律密切相关。

“他早晨8点钟就进实验室,一直到凌晨1点才收拾东西,回家睡觉。”宗健回忆起那段激情又“恐怖”的岁月,“星期天? 休息。电影? 甬看。找对象? 没工夫。”

那时,大家“都在一个宿舍睡觉”,夜里讨论到熄灯,早晨“他6点半就把你提溜起来”。“累、怕,但跟着他踏踏实实学,能学好。”宗健说。

更让人“怕”的是,跟着汪承灏干,实验必须标准清楚、要求明确,做错了就返工,不分资历,不讲情面。那些年,谁的工作出了问题,都要从头来过。

“他在严格的同时,也非常关心年轻人。经常就年轻人的成长培养和个人发展展开专题讨论。”宗健补充道。2023年,汪承灏在病榻上写下《如何做好科学研究》一文,这也是他晚年留给后辈的一份方法论总结。文中,他说,“科研本来就是一件‘苦’差事”“文献要反复读,细节不能放过,直到所有数据都契合”。这种近乎笨

汪承灏：“苦”中求真，“严”中育人

■本报记者倪思洁 实习生朱阳慧



声学所供图

拙的、苦行僧式的执拗,他坚持了60余年。

“严”是表象,“真”是内核

声学所原所长、中国声学学会第八届理事长王小民曾与汪承灏共事近30年。

“我的博士论文是他审的。我那时候挺紧张的。”王小民回忆,“在所有审稿人里,他审的时间最长。别人审稿只提建议或者意见,你按建议去改。汪先生不是,他不只提意见,还直接给你改,哪一句话写得不清楚都得改。”

到了最后,汪承灏给王小民写的鉴定意见,跟敲打他时的严厉风格完全不一样。

“他写的是‘在该领域首次得到了物理图像清晰的结果’。”时隔多年,王小民仍然记得这句评语,他感觉“汪先生高高举起,最后又轻轻放下,就像父亲一样”。(下转第2版)

弘扬科学家精神

晶体“自刻蚀”新工艺实现低维光伏材料精密制备

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学特任教授张树辰团队联合美国普渡大学、上海科技大学的研究人员,首次在二维离子型软晶格材料中,实现了面内可编程、原子级平整的“马赛克”式异质结可控构筑,为未来高性能发光和集成器件的研发开辟了新路径。近日,相关成果在线发表于《自然》。

在半导体领域,能够在材料平面内横向精准构建异质结构,是探索新奇物性、研发新型器件及推动器件微型化的关键。然而,以二维卤化物钙钛矿为代表的离子型软晶格半导体,其晶体结构柔软且不稳定,传统光刻加工等技术往往因反应过于剧烈而破坏材料结构,难以实现高质量的横向异质集成。如何在此类材料中实现高质量、可控外延的横向异质结精密加工,是该领域面临的重要科学难题。

研究团队独辟蹊径,创新性地提出并发展了一种引导晶体内应力“自刻蚀”新方法。研究人员发现,二维钙钛矿单晶在生长过程中会自然累积内部应力,并巧妙设计了一种温和的配体——溶剂微环境,能够选择性地激活并利用这些内应力,引导单晶在特定位置发生可控的“自刻蚀”,从而形成规则的方形孔洞结构。随后,通过快速外延生长技

术,将不同种类的半导体材料精准回填,最终在单一晶片内部构筑出晶格连续、界面原子级平整的高质量“马赛克”异质结。

“这种全新的加工工艺不是通过‘拼接’不同材料,而是在同一块完整晶体中,引导它自身进行精密的‘自我组装’。”张树辰解释道,“这意味着,未来我们有可能在一块极薄的材料上,直接‘生长’出密集排列的、能发出不同颜色光的微小像素点,为未来的高性能发光与显示器件发展提供一种全新的备选材料体系和设计思路。”

研究突破了传统工艺的局限,首次

在二维离子型材料体系中实现了对横向异质结结构的高质量、可设计性构筑。其展现的驾驭晶体内部应力与动力学新范式,实现了单晶内部功能结构的可编程演化,为研究理想化界面物理提供了全新平台,也为低维材料的集成化与器件化开辟了新路径。

审稿人对该工作做出高度评价,认为“这是一项出色的研究,它通过基于溶液的技术,巧妙地利用了二维钙钛矿的软离子晶格特性,对该领域作出了重要贡献”。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09949-1>

眨眼就能发电，新技术助瘫痪人士“视”界畅通

本报讯(记者冯丽妃)眼球追踪技术能让瘫痪人士仅通过眼部运动就能控制轮椅或进行交流,但这种技术常因设备的体积和重量受到限制。青岛大学教授龙云泽团队与合作者,研制出一套轻量级自供能眼球追踪系统,其运行能量完全来自眼睑眨动时与眼球摩擦产生的电能。相关研究近日发表于《细胞报告-物质科学》。

现有眼球追踪设备普遍体积较大、依赖外部供电、弱光环境下无法工作,且长时间使用易导致视觉疲劳。基于此,研究人员希望打造更可持续、便于穿戴且用户友好的替代方案,以帮助肌萎缩侧索硬化症等运动功能障碍患者群体。

团队基于摩擦纳米发电机原理构建了新系统,其通过摩擦起电与静电感应将机械能转化为电能,可从眨眼

等低频运动中采集能量。该系统不仅可以收集足够电能实现自供能,还能以99%的精度检测小至2度的眼球运动。摩擦模块在兔子眼睛中能持久保持电荷。同时,该系统在电磁干扰环境下仍能保持高精度。

团队研发的自供能眼镜仪不仅能通过眨眼获取能量,还能精准捕捉眼球运动轨迹。这套系统可在暗光环境下工作,无需外接电源,其轻便程度与舒适性堪比日常佩戴的眼镜。研究人员指出,这些发现证明从人体细微运动中收集能量是可行的。类似技术不仅能融入医疗保健和虚拟现实应用,还可拓展至智能驾驶、太空探索等需要免手动控制的关键领域。

相关论文信息: <http://doi.org/10.1016/j.xcrp.2025.103026>



本报讯 据《科学》报道,秘鲁历史最悠久的环境研究站——潘瓜纳生物研究站,因与非法金矿开采活动的冲突不断升级,已无限期暂停在秘鲁亚马孙地区的工作。工作人员收到了在附近河流作业的矿工发出的死亡威胁,这些矿工还企图侵入研究站占地1600公顷的自然保护区。

研究站项目经理、生态生理学家Armin Niessner表示:“我们曾试图依靠站内安保人员将他们驱离我们的区域,当时发生了多起枪击事件,目前局势确实十分危险。”

潘瓜纳生物研究站于1968年由德

非法采矿迫使秘鲁最古老环境研究站无法工作

国科研人员Maria和Hans-Wilhelm Koepcke夫妇建立,坐落于潘瓜纳私人自然保护区,这片保护区守护着尤亚皮奇斯河沿岸生态资源丰富的热带雨林。研究站通常可容纳30名科研人员与工作人员,多年来已产出300余篇涵盖多个领域的研究论文,其中包括数项关于陆生蜗牛和蜜蜂传粉花卉的高被引研究成果。

研究站中还有一座测度相关通量塔。秘鲁共有4座,这些通量塔负责采集关键的气候数据。秘鲁天主教大学的Eric Cosio指出:“潘瓜纳生物研究站是研究亚马孙西部地区气候动态至关重要的站点。”他表示,这座通量塔对科研人员而言价值非凡,因为关于安第斯山脉如何影响亚马孙地区气候趋势的相关数据十分匮乏。

潘瓜纳通量塔上的自动化仪器仍在持续采集数据,但研究站负责人已下

令让科研人员与志愿者撤离。数月以来,研究站一直向有关部门举报非法采矿活动,而这类活动是当地社区的重要经济来源。上个月,政府做出回应,派遣军警力量捣毁了数台重型采矿设备,随后便撤离了该地区。但Niessner称:“我们有点担心会遭到报复。”

Cosio指出,非法采矿已成为秘鲁日益严峻的难题。秘鲁非营利组织“亚马孙保护协会”2025年发布的一份报告显示,自1984年以来,使用挖泥船、推土机等设备进行的采矿活动,已破坏了超过225处水体,造成14万公顷土地的森林被砍伐,波及多达73个原住民社区。

潘瓜纳生物研究站的科研人员尚未找到能彻底解决问题的长远之计。当地政府提议,安排执法人员每周至少3天在该区域驻守。在此期间,Niessner计划每隔几周前往研究站一次,对通量塔及其他设施的状况进行检查。(王方)



距离秘鲁潘瓜纳生物研究站不远的金矿开采区。
图片来源:Armin Niessner