中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8694 期　2025 年 2 月 21 日　星期五　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　科学网 www.sciencenet.cn

“天关”立大功！天文学家发现罕见 X 射线双星

■本报记者 甘晓

欧洲航天局的科学家基于我国“天关”卫星获得的数据，在名为“小麦哲伦云”的邻近星系内发现一组罕见双星系统。2 月 19 日，这一发现在《天体物理杂志快报》上发表。

该发现源自“天关”卫星搭载的宽视场 X 射线望远镜（WXT，中文名为万星瞳）捕捉到的短暂且高能量的 X 射线辐射事件，并利用其搭载的后随 X 射线望远镜（FXT，中文名为风行天）进行定向观测，获取源爆发期间更为详细的 X 射线信息。

这是作为“天关”卫星国际合作方的欧洲航天局首篇以该卫星数据为主导发表的科学论文。论文第一作者、西班牙空间科学研究所博士后 Alessio Marino 表示：“在目前监测 X 射线的太空望远镜中，WXT 是唯一一个能够以足够的灵敏度看到低能 X 射线的望远镜，因而捕捉到这个新的 X 射线源。”

科学家认为，这一发现为探索大质量恒星的相互作用与演化开辟了新途径，印证了“天关”卫星在捕捉宇宙中转瞬即逝的新型 X 射线源方面具有独特能力。

“天关”卫星艺术想象图。　欧洲航天局、国家天文台供图

Be 星 + 白矮星，命运迥异的罕见组合

这组罕见双星系统由一颗质量为太阳 12 倍的大质量恒星和一颗质量与太阳相当但只有地球大小的白矮星组成，前者也被称为“Be 星”。

得益于“天关”卫星在天体最初爆发时便捕捉到了信号，天文学家得以对来自不同仪器的多批次数据进行分析。

科研人员对连续 6 天获取的数据进行深入分析后，对这一双星系统爆发的过程进行了描述：两颗恒星环绕运行，白矮星凭借强大的引力场从其伴星那里不断拉扯物质。随着越来越多的物质（主要是氢）不断落在白矮星这个致密天体上，其强大的引力将这些物质不断压缩，直至引发一场失控的“核爆炸”。这一过程产生了一道极为明亮的闪光，涵盖了从可见光到紫外线以及 X 射线的广泛波段。

这一发现令人费解，因为理论上双星系统中的两颗恒星通常一起形成，它们的演化过程可谓“生死相依”。然而，这一组合中双星的命运却迥然不同。如果是单一恒星，大质量的 Be 星演化很快，寿命只有几千万年；而作为恒星死亡后的残骸白矮星，它的前身星在演化成白矮星之前至少会存在几十亿年。

对此，科学家给出了合理的解释。这对双星最初由两颗大质量恒星组成，质量分别为太阳的 6 倍和 8 倍。质量较大的恒星先耗尽燃料，膨胀并抛射外层物质，被剥离外层之后所剩下的恒星核坍缩成白矮星。原来质量较小的恒星，通过吸积另一颗恒星的物质变得越来越大，最后形成了 12 倍太阳质量的 Be 星。白矮星反过来吸积伴星的物质，延续着这对天体之间的相互作用，并产生了“天关”捕捉到的 X 射线爆发。

“这项研究为我们揭示了恒星演化中一个极为罕见的阶段，这是两颗恒星之间复杂物质交换的结果。”欧洲航天局研究员、X 射线天文学家 Ashley Chrimes 评论道。

“只有‘天关’能捕捉”

这一新发现，让“天关”卫星再次展现出其在低能 X 射线方面“天花板”般的灵敏度，也让科学家得以首次追踪这种奇特双星系统从 X 射线突然爆发到逐渐消退的全过程。

2024 年 5 月 27 日，“天关”卫星搭载的 WXT 在小麦哲伦云内捕捉到一次奇特的 X 射线辐射事件，并编号为“EP J0052”。为追溯其信号来源，科学家随即调用 FXT 进行定向观测。

同时，WXT 的发现触发了美国国家航空航天局（NASA）的两台 X 射线望远镜 Swift 和 NICER 对该天体进行观测。欧洲航天局的 XMM－牛顿任务在“天关”首次观测到 EP J0052 的 18 天后对该方向进行了后续观测，但未能再次探测到信号，这表明此次耀发的持续时间相对较短。

“我们在监测 X 射线暂现源时，发现了小麦哲伦云中这个新的 X 射线亮点。我们意识到，我们正在观察的是某种不寻常的东西，只有‘天关’卫星的高灵敏度才能够捕捉到。”这一新发现令 Marino 感到兴奋。

最初，科学家认为 EP J0052 可能是一个常见的 X 射线双星系统，由一颗中子星吞噬其大质量恒星伴星的物质组成。此后，科学家通过进一步分析不同波长范围内的 X 射线变化以及爆发物质中存在的氮、氧和氖等元素，才最终确认这对天体的真实身份。

“这一发现充分展示了‘天关’卫星变革性的探测能力。”欧洲航天局“天关”卫星项目科学家 Erik Kuulkers 指出，“Be 星与白矮星这一双星系统的爆发最适合用低能 X 射线进行观测。‘天关’的问世为我们提供了独特的机会，让我们能够捕捉到这些稍纵即逝的天体源，并检验我们对大质量恒星演化的理解。”

欧洲航天局的首篇

“EP J0052 的成功探测，正是‘天关’卫星在国际合作方面获得成功的体现。”“天关”卫星首席科学家、中国科学院国家天文台研究员袁为民表示。

“天关”卫星由中国科学院主导，中国科学院国家空间科学中心承担卫星工程总体，微小卫星创新研究院、上海技术物理研究所与国家天文台、高能物理研究所分别负责卫星平台及两台载荷研制，夜视院集团负责载荷 WXT 的“龙虾眼”光学器件的研制。

欧洲航天局、德国马普地外物理研究所和法国航天局作为合作方参与卫星的研制。其中，欧洲航天局于 2019 年作为合作方正式以“机遇任务”的方式加入“天关”卫星项目，使该项目成为中国主导的国际合作空间科学项目，提供了一套 FXT 聚焦镜组件，并进行部分卫星下传数据的接收，还开展了实质性的深度技术和科学合作。

据了解，最新发表的论文研究工作由来自欧洲航天局的科学家主导完成，也是欧洲航天局首篇以“天关”卫星数据为主发表的科学论文。

“天关”卫星在数据共享和科学管理上也开展了深入的国际合作。目前，一个高水平的国际联合科学团队已经组建成功，300 多位成员来自 10 多个国家，为“天关”卫星的科学成果产出提供了强大而广泛的国际力量。

袁为民指出，“天关”卫星在国际合作上的成功，不仅提升了中国在国际空间科学领域的影响力，还为全球天文学研究提供了重要的 X 射线数据支持，有力推动了高能时域天文学的观测与发展。

相关论文信息：

http://doi.org/10.3847/2041－8213/ad9580

天问二号探测器运抵发射场

本报讯（记者甘晓 通讯员李仪）记者从国家航天局获悉，2 月 20 日，中国行星探测工程天问二号任务探测器运抵西昌卫星发射中心。天问二号任务将通过一次发射，实施小行星 2016HO3 伴飞、取样、返回和主带彗星 311P 伴飞探测等多项任务。目前，发射场设施状态良好，正按计划有序推进发射前各项测试准备工作，计划于今年上半年实施发射。

小行星 2016HO3 被称为“地球准卫星”，稳定运行于地球轨道附近。其公转周期与地球公转周期接近，且保留着太阳系诞生之初的原始信息，是研究太阳系早期物质组成、形成过程和演化历史的“活化石”，具有极高的科研价值。

主带彗星 311P 是运行在火星与木星轨道之间小行星带中的小天体，同时具有传统彗星的物质构成特征和小行星的轨道特征。对主带彗星 311P 进行探测，有助于了解小天体的物质组成、结构以及演化机制，填补太阳系小天体研究领域的空白。

新发现将现代昆虫植食模式起源时间提前约 6000 万年

本报讯（记者朱汉斌）广东省科学院动物研究所联合首都师范大学、美国国家自然历史博物馆和加州大学戴维斯分校，研究揭示了现代昆虫植食模式早在约 1.65 亿年前的侏罗纪中期就已形成，比被子植物占主导地位的时代早了约 6000 万年。2 月 19 日，相关成果发表于美国《国家科学院院刊》。

昆虫与植物之间的互作关系是地球生态系统中最古老且最复杂的生态关系之一。昆虫植食行为作为生态系统中物质与能量流动的关键环节，其演化历程不仅反映了生物多样性的变迁，还对当今的生态平衡和农林业经济发展产生了深远影响。长期以来，学界普遍认为，现代昆虫植食模式的形成与 1.25 亿年至 9000 万年前的白垩纪早期被子植物的多样化密切相关。然而，最新研究发现，这一模式的起源远比此前认为的更久远。

研究团队基于功能性取食组－损伤类型（FFGs－DTs）系统，分析了 3.05 亿年前至今的全球 134 个植物群落（包括化石和现生）的昆虫植食多样性。通过周转率、嵌套性和相似度的 β 多样性分析，研究人员发现，自石炭纪以来昆虫植食模式多样性呈波动上升趋势。到中侏罗世，昆虫植食模式已出现 11 种功能性取食组和 78 种损伤类型，显著高于古生代，接近新生代水平。

研究还发现，侏罗纪、白垩纪、古近纪、新近纪和现代植物群落的损伤类型呈现高度集中趋势，表现为稳定的低周转率和高嵌套性分布。这表明昆虫植食模式的现代化拐点发生在侏罗纪，其多样化的主要驱动因素是嵌套性，而非周转率。

广东省科学院动物研究所从事博士后研究的肖丽芳表示，该研究结果表明，现代昆虫植食模式并非形成于白垩纪被子植物辐射初期，而是在以裸子植物为主导的侏罗纪中期就已经形成。这一发现将现代昆虫植食模式的起源时间提前了约 6000 万年。

据介绍，该研究是基于全球数据开展的昆虫植食演化的尝试性研究，研究成果有利于理解过去昆虫－植物的互作关系及驱动因素，有助于更好评估当前昆虫生物多样性和未来栖息地的稳定性，为农林业经济中重要害虫控制和资源昆虫保护提供理论指导。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1073/pnas.2412036122

大西洋气象干旱不会威胁青藏高原水资源安全

本报讯（记者冯丽妃）2 月 20 日，中国科学院青藏高原研究所赵玉彤博士等人在《自然》发表学术评论，对该期刊 2023 年发表的一项关于大西洋气象干旱威胁青藏高原水资源安全的研究提出质疑，认为大西洋气象干旱不会威胁青藏高原水资源安全。

青藏高原为环喜马拉雅地区水资源需求提供了强有力的安全保障。全球变暖背景下，青藏高原正发生重大变化，未来将如何演变是关乎环喜马拉雅地区可持续发展的重大科学问题。《自然》2023 年发表的论文作者认为，北大西洋的气象干旱（即蒸发量高于降水量）导致青藏高原陆地水储量在 2003 年至 2016 年间呈显著下降趋势，并基于此预测这一下降趋势将持续加剧，青藏高原未来的水资源安全将面临严峻挑战。

评论文章中表示，上述论文得出这一结论有两个关键论据。一是水汽追踪模型研究显示，北大西洋通过中纬西风向青藏高原输送大量水汽，是其年降水量的主要贡献者；二是北大西洋的气象干旱导致青藏高原陆地水储量在 2003 年至 2016 年间呈显著下降趋势，并预测这一趋势未来会加剧。但是，这两项关键论据均不成立。

首先，北大西洋贡献了青藏高原的主要年降水量，这一结果与水汽稳定同位素观测揭示的印度洋季风为主要水汽来源的结论相矛盾，也与其他水汽追踪模型的研究结果不一致。该研究在进行水汽溯源时忽略了水汽沿途沉降过程，夸大了大西洋的贡献。例如，忽略这一过程甚至导致北非撒哈拉沙漠地区对青藏高原的降水贡献超过印度洋。

其次，2003 年至 2016 年间，北大西洋气象干旱与青藏高原陆地水储量变化虽呈显著负相关，但大西洋对青藏高原的遥相关作用在时间上并不稳定。滑动窗口分析表明，两者的显著相关性到 2008 年至 2021 年完全消失。因此，基于缺乏物理机制的统计关系预估未来陆地水储量持续降低的结论不可靠。

该评论文章认为，传统的水汽溯源模式难以准确刻画高原地区复杂的三维水汽输送与转换过程，应扩大高原面上水汽观测网络的覆盖范围、在关键水汽通道区域开展精细化的水汽输送垂直变化过程监测，通过追踪外来水汽输送、降水、蒸散发和径流等完整的水循环链条，方能准确解析和预估青藏高原水储量的时空演变。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586－024－08357－1

生物学领域最大规模 AI 模型发布

寰球眼

本报讯 2 月 19 日，美国弧形研究所、英伟达公司和美国斯坦福大学等机构的研究人员共同开发的人工智能（AI）生物学模型 Evo 2 正式发布。目前，该模型已开放给全球科研人员，他们可通过网页使用该模型，还可免费下载该模型的源代码、训练数据及参数。

美国弧形研究所在其官网发布公报称，在前一代模型 Evo 1 的基础上，Evo 2 已发展成为目前生物学领域规模最大的 AI 模型。Evo 1 基于 8 万个细菌、古菌基因组及病毒等序列进行训练，Evo 2 则基于超过 12.8 万个基因组数据的 9.3 万亿个核苷酸进行训练。这些模型使机器能够“用核苷酸语言来读、写和思考”，而核苷酸是脱氧核糖核酸（DNA）的基本组成单位。

据《自然》报道，在过去几年里，科学家开发了日益强大的“蛋白质语言模型”，如美国互联网公司 Meta 开发的 ESM－3 模型。这类模型通过训练数百万蛋白质序列，已被用于预测蛋白质结构，以及设计包括基因编辑工具、荧光分子在内的全新蛋白质。

与这些模型不同，Evo 2 的训练数据既包含指导蛋白质合成的“编码序列”，也包含可调控基因活动时空特征的非编码 DNA。

相较于原核生物，真核基因组通常更长、更复杂——基因由编码区与非编码区交替构成，非编码调控 DNA 可能远离其调控的基因。为处理这种复杂性，Evo 2 被设计成能学习百万碱基范围内的 DNA 序列模式。

为验证该模型解析复杂基因组的能力，美国弧形研究所的生物工程师 Patrick Hsu 团队使用 Evo 2 预测乳腺癌相关基因 BRCA1 中已知突变的影响。在相关测试中，Evo 2 在预测哪些突变是良性突变、哪些是潜在致病突变方面均达到 90%以上的准确率。

“在判断编码区变异是否致病方面，其表现接近最佳生物 AI 模型，已达到顶尖水平。”Hsu 表示，Evo 2 有助于识别患者基因组中难以解读的变异。

此外，该模型还可用于设计新的生物工具或治疗方法，且有助于节省大量用于细胞或动物实验的时间和研究资金，通过找到人类疾病的遗传原因加速新药研发。

“蛋白质语言模型等 AI 工具已引发生物设计革命。”斯坦福大学的计算生物学家 Brian Hie 及同事希望能用 AI 建模整个细胞。他们期待 Evo 2 等模型可以帮助他们取得更大突破。

公报强调称，考虑到潜在的伦理和安全风险，研究人员在 Evo 2 的基础数据集中已排除了感染人类和其他复杂生物的病原体，并确保该模型不会为这些病原体的相关查询提供有效答案。　（李木子）

用于训练 Evo 2 模型的酵母等真核生物图片。　图片来源：NCMIR

科学家模拟叶绿体在人造光合细胞中实现光控固碳

本报讯（记者孙丹宁）哈尔滨工业大学教授韩晓军团队模拟叶绿体在人造光合细胞中实现了光控固碳。该成果有助于理解细胞工作机制，为构建具有复杂代谢功能的人造细胞奠定基础。近日，相关成果发表于《德国应用化学》。

作为地球上生命活动的基础，光合作用通过将光能转化为化学能、将无机物转化为有机物，为生物提供能量和物质。人造光合细胞的研究致力于模拟这一过程，以期实现高效的光能利用和碳固定。不过，在人造细胞中实现由光合细胞器驱动的碳固定一直是重大挑战。

基于上述挑战，韩晓军团队模拟叶绿体的工作机制，构建了人造光合细胞，实现了光控固碳。该团队将 ATP 合酶（三磷酸腺苷酶）和光系统Ⅱ纯化并重组到磷脂囊泡膜上，制备出光合细胞器，同时引入藻蓝蛋白增强其光收集能力，提高光能利用效率和 ATP 产量。

团队又将异柠檬酸脱氢酶、乌头酸酶和 ATP 柠檬酸裂解酶级联，建立了碳固定途径，构建出人造光合细胞。在光照下，人造光合细胞成功将 α－酮戊二酸转化为乙酰辅酶 A 和草酰乙酸，光反应能量供应模块与碳固定酶级联模块的耦合实现了光控固碳，模拟了叶绿体功能。

该成果不仅显著提高了光合细胞器的能量转化效率，还在人造细胞内部实现了光控固碳，为自下而上构建具有高度复杂代谢网络的自供能人造细胞奠定了基础。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1002/anie.202421827

全国首个罕见病人工智能大模型进入临床

本报讯（记者张思玮）2 月 19 日，记者从北京协和医院获悉，北京协和医院与中国科学院自动化研究所共同研发的“协和·太初”罕见病大模型已于近日正式进入临床应用阶段。

北京协和医院院长张抒扬介绍，罕见病人工智能（AI）辅助诊疗工具研发是罕见病专家团队多年坚持的一个重点攻关方向。“协和·太初”罕见病大模型基于我国罕见病知识库的多年积累和中国人群基因检测数据，是国际首个符合中国人群特点的罕见病大模型，也是全国首个罕见病领域 AI 大模型。它能帮助医生更加准确、快捷地识别诊断罕见病，进一步缩短确诊时间。

罕见病虽然单病种患者稀少，但病种繁多。易误诊、漏诊，确诊难，是许多罕见病患者面临的难关。近年来，AI 技术在医疗领域展现出极大的应用潜力，但在罕见病领域，由于传统 AI 模型因数据匮乏、知识可信度低、决策逻辑不透明等缺陷，难以满足罕见病诊疗需求。

为此，研究团队开发出主动感知交互、鉴别诊断及“数据＋知识”混合驱动等技术，并成功引入 DeepSeek－R1 的深度推理能力，构建起罕见病诊疗的智能基座，使得该模型具备决策逻辑符合临床思维范式、能有效抑制 AI 幻觉、知识自主迭代三大核心优势。

优秀的 AI 模型需要海量数据训练，但罕见病病例分散、数据稀缺，致使传统 AI 模型难以获得有效训练。对此，研究团队创新技术路径，采用极小样本冷启动的方式，仅需少量数据与医学知识融合即可实现覆盖全流程的辅助决策功能。同时，模型通过与患者的交互记录评估诊疗过程，实现决策驱动数据的主动更新进化，形成“临床使用—数据反馈—模型迭代”的闭环。

据悉，“协和·太初”罕见病大模型于 2024 年 2 月发布以来，在北京协和医院罕见病联合门诊试点应用一年效果良好。此次大模型升级优先面向患者开放，后续将接入北京协和医院罕见病联合门诊的线上诊疗服务，未来还将逐步推广至全国罕见病协作网医院。

张抒扬分析患者病情。　北京协和医院供图