

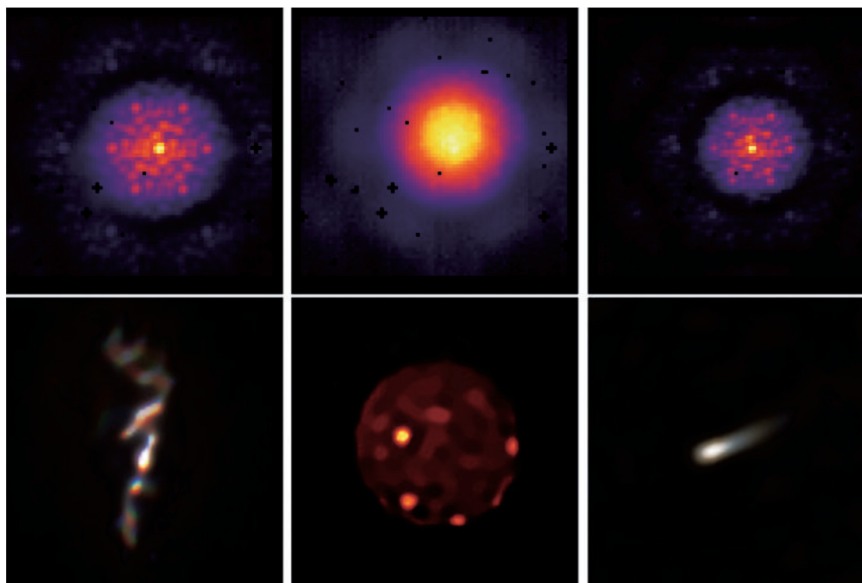
科技新闻

·深度报道·

韦伯望远镜借“钥匙孔”技巧解锁更清晰视野

该技术或助空间望远镜探测近距行星与星系内部机制

文/Daniel Clery



一种干涉模式提升了JWST原始数据清晰度(上排),揭示黑洞喷流、木星卫星木卫一的火山活动,以及双星系统塑造的尘埃结构(下排,从左至右)

(图片来源:《Science》)

凭借6.5 m巨型主镜,美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的詹姆斯·韦伯空间望远镜(James Webb Space Telescope, JWST)具备探测早期宇宙最为微弱星系的灵敏度。如今,天文学家正尝试提升其分辨率,即区分彼此极近、常规观测中会融合成单一光点的小目标的能力。为此,他们采用一种新颖的“钥匙孔”模式,看似矛盾地遮挡主镜大部分入射光。通过一种称为干涉

测量(interferometry)的技术叠加剩余亮斑信号,天文学家得以抑制噪声,逼近JWST理论可达的最高分辨率。

该技术初期效果未达预期,研究人员将问题根源追溯至望远镜红外探测器的细微缺陷。但在2026年4月29日发表于《Publications of the Astronomical Society of Australia》的论文中,研究者描述了如何通过精细建模方案恢复受损性能。荷兰莱顿天文台团队成员Louis Desdoigts表示:“我们

极为高兴该方案最终奏效。此前一段时间确实令人沮丧。”

为验证效果,团队重建了木星卫星木卫一的图像,清晰呈现其火山热点,以及塑造周围尘埃的双星系统。这些测试结果让研究人员看到了更重要的应用前景:研究那些紧邻恒星、其他技术难以探测的行星。英国埃克塞特大学天文学家Sasha Hinkley表示:“这正是干涉测量技术能够大显身手的领域。”

干涉测量通常通过叠加多台独立望远镜的光信号,模拟更大口径望远镜的观测效果。各光束中的光波会根据天体源的特征相互增强或抵消;利用具有多条“基线”(baselines,即不同距离与朝向的望远镜对)的阵列,即可构建高分辨率图像。天文学家还发现,通过叠加3条及以上基线的信号,可抵消系统噪声。这一技巧最初是为削弱地球大气造成的成像模糊而发展起来的。

射电天文学家通常使用间距可达数百千米的射电天线开展干涉测量;而光学波段因波长极短,采用独立望远镜进行干涉测量难度更大,对精度要求极高。但天文学家发现,通过在光路中插入多孔阵列掩模,可将单台大型望远镜转化为微型干涉仪,从而利用干涉测量的噪声抑制能力。该方法虽无法延长基线(分辨率仍由主镜口径决定),但能为明亮致密天体提供更清晰的图像。

2008年,美国空间望远镜科学研究所天文学家Anand Sivaramakrishnan说服JWST建造团队,在该望远镜的近红外成像与无狭

缝光谱仪(the Near-Infrared Imager and Slitless Spectrograph, NIRISS)中集成此类掩模。该装置称为孔径掩模干涉仪(Aperture Masking Interferometer, AMI),是一个直径5 cm的金属圆盘,其上分布7个分散排列的小孔以提供多条基线。来自主镜不同位置的光束穿过小孔,NIRISS记录由此产生的干涉图样,天文学家再经处理构建高分辨率图像。

然而,在JWST于2022年投入运行后,领导早期科学验证项目测试AMI的英国埃克塞特大学天文学家Sasha Hinkley表示:“我们采用该模式获得的初期结果未达预期。”研究发现,AMI使NIRISS的红外探测器超负荷运行,像素间电荷泄漏破坏了精细的干涉图样,限制了分辨率提升。美国空间望远镜科学研究所天文学家Anand Sivaramakrishnan坦言:“当时令人非常沮丧,所有环节似乎均无法正常工作。”

原则上,理论上可尝试事后校正这些畸变,从退化数据中复原原始图像。但探测器效应过于复杂且相互耦合。荷兰莱顿天文台团队成员Louis Desdoigts及其同事另辟蹊径:他们构建了涵盖望远镜光学系统、探测器物理(含上述畸变)及读出电子学的完整“正向模型”(forward model),本质上是JWST的数字孪生体。从对真实场景的初始猜测出发,将信号输入模型并与NIRISS实测数据比对,通过迭代调整输入直至匹配良好,最终得到的输入图像即为对NIRISS实际观测内容

的最佳估计。澳大利亚悉尼大学团队成员Max Charles表示:“除了直接建模,我想不到其他解决方案,而这正是我们所做的。”

Max Charles与合作者在2026年3月发表的另一篇论文中展示了正向模型的潜力,文中包含木卫一与尘埃双星系统的测试图像。团队还聚焦遥远星系核心,揭示了一股从黑洞中心喷射而出的螺旋状发光物质流。

随着技术验证成功,英国埃克塞特大学天文学家Sasha Hinkley等研究者希望AMI能进一步提升JWST分辨率,以探测邻近恒星的行星。尽管目前已确认数千颗系外行星,但几乎全部通过

间接方法发现。直接捕获其反射或辐射光,将提供关于行星成分、表面状态及大气过程的丰富信息。

JWST已配备日冕仪(coronagraph),即一种遮挡恒星强光以显现行星的掩模。但该技术往往同时遮蔽恒星最内侧区域,而许多行星(尤其是小型、潜在宜居行星)被认为正位于该区域。英国埃克塞特大学天文学家Sasha Hinkley指出,相比之下,AMI的掩模应能使天文学家在这一此前难以观测的区域搜寻行星。“透过日冕仪遮挡区进行观测,确实极具科学价值。”

(译自《Science》,2026,392(6799))

从“人工规划、机器执行”迈向“机器规划、自主决策”的范式跃迁

文/高舰¹,董捷²

小龙虾“OpenClaw”的火热出圈,为用户提供了一个可扩展的任务编排框架:通过Skill系统将复杂任务拆解、合理分配并闭环推进,打破了人工智能(artificial intelligence, AI) Agent从聊天对话迈向物理执行的屏障。2026年,物理智能落地已成为行业共识和热议焦点,AI正从实验室深

入消费服务与高危工业等真实场景,重塑真实的物理世界。望向深空,当AI技术遇上遥远的红色星球,一场深空探测的革命正在悄然发生……

在深空探测任务中,探测器面临探测距离远、环境未知、通信延迟大等多重挑战。以火星为例,地火单向通信存在最长3~22 min延迟,这一物理限制使得传统依赖地球发送指令的遥控操作模式严重制约了探测效率。如何尽可能降低地面的介入,实现探测器的自主任务规划与执行,是深空

1. 北京空间飞行器总体设计部,工程师

2. 北京空间飞行器总体设计部,研究员,《科技导报》青年编委