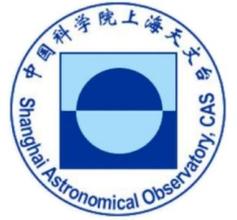




# 天馬行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2023年9月30日

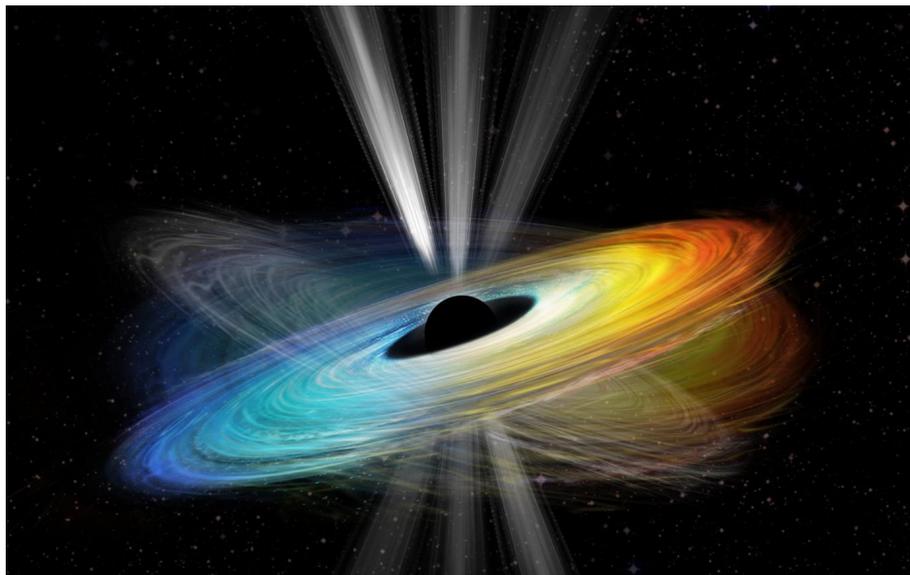
第37期

总第37期

## 【科学观测动态】天文学家发现 M87 星系中黑洞喷流周期性进动

由 45 个机构组成的国际科研团队通过分析在 2000 年至 2022 年的观测数据，发现 M87 星系中心黑洞喷流呈现周期性摆动，摆动周期约为 11 年，振幅约为 10 度。这一现象符合爱因斯坦的广义相对论关于“如果黑洞处于旋转状态，会导致参考系拖拽效应”的预测。这项研究成果成功地将 M87 星系中心黑洞喷流的动力学与该星系中心超大质量黑洞的状态联系起来，为 M87 黑洞自旋的存在提供了观测证据（图 1）。这项研究于北京时间 2023 年 9 月 27 日发表在《自然》（*Nature*）上。

研究团队基于观测结果进行了大量细致地理论调研和分析，并使用超级计算机进行了最新的结合了 M87 性质的数值模拟。数值模拟的结果证实了当吸积盘的旋转轴与黑洞的自转轴存在夹角时，会因参考系拖拽效应导致整个吸积盘的进动，而喷流受吸积盘的影响也产生进动。探测到喷流的进动可为 M87 中心黑洞的自旋提供有力的观测证据，带来对超大质量黑洞性质的新认知。

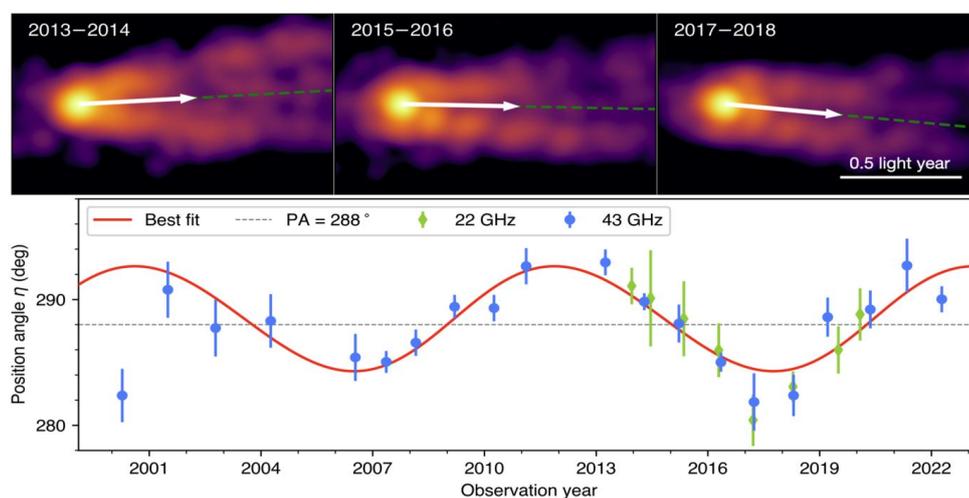


注：黑洞和吸积盘的角动量方向存在的夹角会触发吸积盘和喷流的进动。

（来源：Yuzhu Cui et al. 2023、Intouchable Lab@Openverse 和之江实验室）

图 1 倾斜吸积盘模型的示意图

这项工作使用了包括东亚 VLBI 网 (EAVN)、美国的甚长基线阵列 (VLBA)、韩国 KVN 和日本 VERA 联合阵列 (KaVA) 以及东亚到意大利/俄罗斯联合的 EATING 观测网在内的多个国际观测网络的 170 个观测数据。我国国内望远镜在这一合作中做出了重要贡献。挖掘的这批 EAVN 观测数据, 最初也是天马望远镜参加的事件视界望远镜拍摄 M87 黑洞照片时的多波段协同观测。借助天马望远镜在长毫米波段巨大的灵敏度优势, 直接促成了 EAVN 开启正式科学观测, 其中就包括从 2017 年持续至今的、在 22 GHz 和 43 GHz 对 M87 喷流进动的高精度监测。最近这些年来的科学发现, 已经充分展现了毫米波 VLBI 技术在研究超大质量黑洞和探索宇宙奥秘中的独特优势。上海天文台也在积极推动国内毫米波和亚毫米波望远镜的建设, 比如正在开工建设的西藏日喀则 40 米射电望远镜, 其优良的台站条件将使其成为下一个开展毫米波科学观测的重要台站, 也是后续筹建 15 米级亚毫米波望远镜的重要前哨。



注: 上图中对应的年份显示在左上角, 白色箭头指示了每个子图中的喷流位置角度。下图中绿色点和蓝色点分别来自 22 GHz 和 43 GHz 的观测频段的数据, 红线表示根据进动模型的最佳拟合结果。(来源: Yuzhu Cui et al. 2023)

图 2 上图: 2013—2018 年期间每两年合并后的 M87 喷流结构 (观测频段为 43 GHz);  
 下图: 基于 2000—2022 年以一年为单位合并的图像得出的最佳拟合结果

## 【科学观测动态】天问一号 VLBI 差分测距信号在太阳风等离子体和日冕物质抛射研究中的应用

我国首颗火星探测器天问一号于 2021 年 10 月至 11 月首次经历太阳掩星。在掩星过程中, 中国 VLBI 网对天问一号的差分单向测距 (DOR) 信号进行了观测。上海天文台天马望远镜团队利用天问一号观测数据研究太阳风等离子体。首先, 使用多普勒方法计算每个站的 DOR 载波和侧音的频率和相位。然后, 使用侧音相位计算单台站差分相时延 (DPD) 和总电子含量 (TEC) 的变化。此外, 研究者还统计分析了 Delta 差分单向测距 ( $\Delta$  DOR) 群时延的波动。结果表明, 天问一号信号的频率、相位、 $\Delta$  DOR 群时延、时延率和 TEC 变化的波动随着日心距离的减

小而增大。但是，当日心距离小于 39.1 Rs 时，相干模式下的信号抖动反而比非相干模式下更加强烈。

与此同时，2021 年 11 月 2 日，日冕物质抛射（CME）穿过探测器信号传播路径，当时火星投影位置的日心距离和日面纬度分别为 30.6 Rs 和 3 度。研究者通过观测数据捕捉到了 CME 对 DOR 信号的影响。DPD 的变化达到 170 ps，相当于 986 TECU。同时，研究者利用互相关分析多个站点的频率波动，获得日冕物质抛射的传播方向和速度变化（如图 3 所示）。分析结果表明，VLBI 站观测到的多频 DOR 信号对于表征电子密度变化和太阳风等离子体的传播具有很大的应用价值。

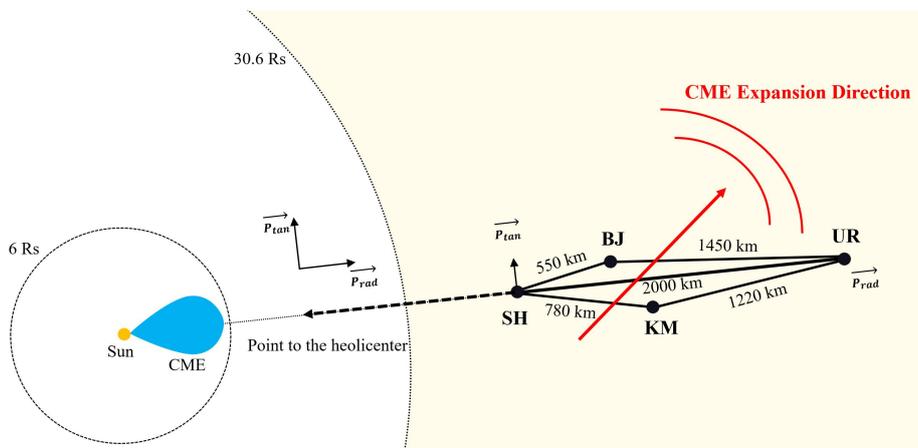


图3 2021年11月1日21:36 CME首次出现在SOHO/LASCO C2中，并在11月2日03:02被天马等射电望远镜在30.6 Rs处观测到

这项研究成果已被国际天文权威期刊《The Astrophysical Journal Supplement Series》接收。

### 【技术维护与发展】日喀则新建40米望远镜建设进展

2023年5月，中国科学院上海天文台承担的探月工程四期 VLBI 测轨分系统建设项目获批立项，在探月四期的支持下，两台望远镜及台站的建设工作陆续启动并稳步推进。为确保能够在2025年投入探月四期测定轨任务，两台望远镜计划于2024年底完成基本建设，2025年初具备 VLBI 观测能力。在一年左右的紧张工期内，日喀则40米射电望远镜的建设正在紧锣密鼓推进实施。

该项目得到了国家航天局探月与航天工程中心、西藏自治区政府、西藏科技厅、日喀则市政府、日喀则市科技局、上海市科学技术委员会、上海市援藏干部人才联络组等单位的大力支持和帮助。2023年上海天文台与日喀则市人民政府、上海市第十批援藏干部人才联络组签订了《关于建设中国科学院上海天文台西藏日喀则观测站的合作备忘录》。

2023年9月15日，上海天文台日喀则40米射电望远镜项目科学研讨暨工作启动会在日喀则市西约35千米处的观测站址顺利举办。西藏自治区人民政府副主席、党组成员、日喀则市委书记斯朗尼玛，中国科学院副院长、党组成员丁赤飏，深空探测重大专项总设计师吴艳华，国家自然科学基金委数理科学部天文科学处处长何成，西藏自治区科技厅副厅长张丽红，日喀则市委副书记、市政府常务副市长、上海市援藏干部人才联络组组长彭一浩，上海市科学技术委员会总工程师赵健，上海市徐汇区区长钟晓咏，中国电子科技集团公司第三十九研究所董事李红卫，四川省弘发建业集团有限公司总经理王熙熙，以及上海天文台党政领导和项目相关人员共同参加了会议。目前项目已完成征地流程、观测楼设计，确定了望远镜天线、接收机的设计单位和现场的施工单位。现场已经具备电力、网络、用水等工作条件，下一步将进行天线塔基桩基的施工和观测楼和辅助用房的地基工程。



### 【新闻动态】天马望远镜观测申请发布

2023年7月20日，天马望远镜再次进行了观测申请的征集，本次观测频段包括 L (1.25~1.75 GHz)、S (2.2~2.4 GHz)/X (8.2~9.0 GHz)、C (4~8 GHz)、Ku (12.0~18.0 GHz)、Ka (26~35 GHz) 和 Q (35~50 GHz) 波段。共收到16份观测申请，PI来自国内各大高校及天文台，包括南京大学、中山大学、国家天文台、紫金山天文台、新疆天文台、武汉大学、华中科技大学、重庆大学等，目前观测申请还在评审中。

### 【观测运行动态】观测情况统计

2023年7~9月天马望远镜总运行时间为1779 h，其中单天线观测901 h、VLBI观测244 h、各项测试177 h及天线维修保养457 h。

中国科学院上海天文台

[网址] <http://shao.ac.cn/>

[地址] 上海市徐汇区南丹路80号

[邮政编码] 200030

编辑：何雯婷 王彩虹

审核：刘庆会

签发：沈志强