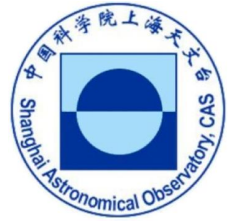




# 天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2023 年 12 月 31 日

第 28 期

总第 38 期

## 【科学观测动态】天马望远镜完成国际上首个 Ka 波段深度谱线搜寻

近期，上海天文台科研团队利用天马望远镜完成了对猎户座 Orion KL 的 Ka 波段 (26~35 GHz) 谱线搜寻。这是国际上首个 Ka 波段深度谱线搜寻工作。相比于高频 (短毫米波和亚毫米) 波段，低频射电波段在搜寻分子新跃迁、高阶复合线、新分子品种等方面具有独特的优势。长期以来，受限于大型观测设备的缺乏，低频射电波段谱线搜寻工作非常不足。其中，Ka 波段是卫星通信常用波段，且缺乏强线，长期以来一直是谱线观测所忽视的波段。天马望远镜口径大、接收机及后端配置齐全，可以更容易地探测到此前难以探测的谱线。因此，该团队将此前利用天马望远镜完成的 Q 波段 (35~50 GHz) 谱线搜寻延伸到 Ka 波段 (见图 1)。

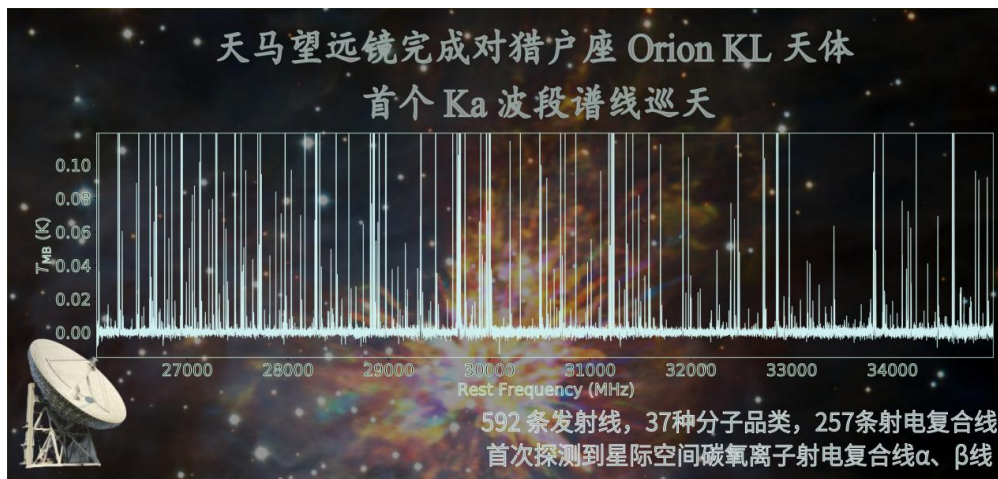


图 1 天马望远镜 Ka 波段谱线搜寻获得的 Orion KL 标准谱线

Ka 波段谱线搜寻达到了 mK 量级 (1~3 mK) 灵敏度，共探测到 592 条发射线，与 Q 波段探测到的谱线数目相当。其中，大约一半是分子谱线，另一半是射电复合线，大多是此前未被探测过的跃迁。这证明了 Ka 波段非常适合于对复杂有机分子谱线和射电复合线同时进行观测和研究。Ka 波段探测到的分子谱线从属于 37 种分子品类，包括 HDCO、HC7N、CH3C3N 等 10 种未被 Q 波段谱线搜寻探测到的分子品类。

该团队利用自主开发的辐射传能拟合工具，对所有探测到的 Ka 波段发射线同时进行了拟合，得到了不同分子的激发温度、柱密度等重要参数，结果与基于 Q 波段谱线搜寻的模型拟合相符。

值得注意的是，E-CH<sub>3</sub>OH J<sub>2</sub>-J<sub>1</sub> 型谱线表现出低增益脉泽特征，不能被 LTE 模型很好地拟合。通过与此前 Henkel 等人利用 Effelsberg 测得的 K 波段谱线相对比，该团队发现脉泽效应强度随着转动量子数的增加呈现出双峰结构（见图 2 左），这将有助于研究脉泽产生机制。通过对弱线进行叠加，该团队还首次探测到了离子射电复合线的 β 线（见图 2 右）。此前，该团队利用天马望远镜首次探测到了星际空间中的碳氧离子射电复合线。通过谱线叠加技术得到的 β 线信号和 LTE 模型预期相符。这进一步证实了所探测到的离子射电复合线的准确性，也很好限制了射电复合线理论。后续，该团队还计划在更宽的波段进行深度谱线搜寻（噪声水平小于 5 mK），其中 Ku 波段的观测已经完成。这些系统的谱线搜寻将提供前所未有的 Q/Ka/Ku 波段典型源谱线库，可助力于对新分子尤其是生命前大分子的搜索。

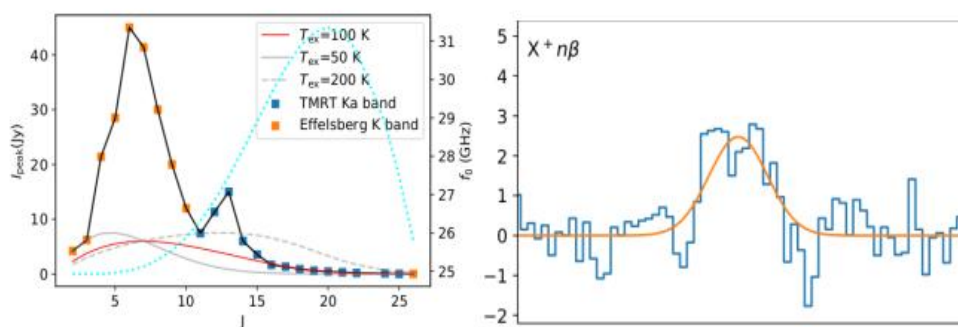


图 2 左：E-CH<sub>3</sub>OH J<sub>2</sub>-J<sub>1</sub> 型谱线的观测强度和 LTE 模型的对比；  
右：经过谱线叠加后天马望远镜所测得的离子射电复合线的 β 线

## 【科学观测动态】天马望远镜团队在磁星观测研究领域再获新进展

近年来，天马望远镜团队对银心黑洞附近磁星 PSR J1745-2900 和最年轻磁星 Swift J1818.0-1607 的观测研究均取得重要成果。近期，该团队又在对磁星 XTE J1810-197 的观测研究中取得新进展。XTE J1810-197 于 2003 年被发现，它是第一颗被探测到射电波段辐射的磁星。但它在 2008 年底进入射电沉寂期，直至 2018 年 12 月才再次被探测到射电辐射。天马望远镜团队充分发挥天马望远镜“一镜双频”的优势，从 2019 年 1 月开始，对 XTE J1810-197 开展了 900 余天的 2.25/8.60 GHz 双频同时观测研究。由于磁星辐射多变，非同时的多频观测难以确定有关变化是源于时间还是频率。通常情况下多频同时观测需要协调多个望远镜配合完成，并非“手到擒来”，因而此类观测资料也比较稀缺。通过精确分析如此长时间跨度的双频

同时观测数据，天马团队首次发现该星在本次爆发以来的中间脉冲辐射（通常认为是来自另一个磁极的辐射）；精确刻画出其平均脉冲轮廓随时间和频率的变化情况并进行系统分类；明确指出其在 2020 年 6 月 15 日从正常辐射状态变为“毛刺状”爆发辐射状态并一直保持至本项目观测结束；并以详实的观测结果揭示了该磁星自转、流量、谱指数的变化规律（见图 3）。该研究为原本观测资料稀缺的磁星提供了有效的特色鲜明的双频同时观测数据，将进一步推动磁星辐射以及演化模型的发展与完善。相关成果已发表在 2023 年的《天体物理学报》上。来自广州大学、中国科学院新疆天文台、北京师范大学等单位的多名研究者参加了这项研究。该项研究获得了国家重点研发项目、上海市自然科学基金、国家自然科学基金、天马望远镜重大成果培育项目的支持。

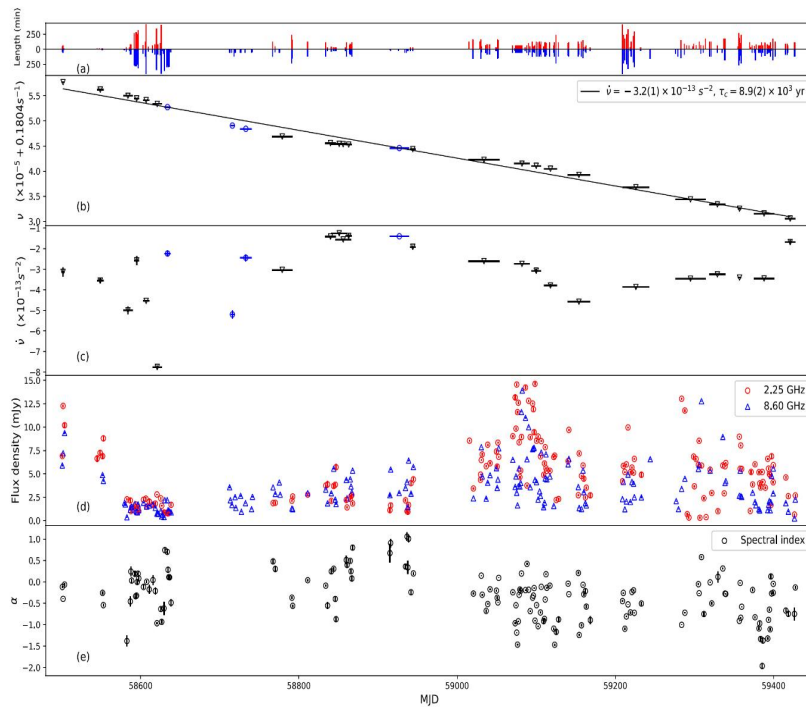


图 3 XTE J1810-197 观测结果

### 【科学观测动态】关于“最后秒差距问题”研究获进展

上海天文台牵头的研究团队通过分析自 1978 年至 2022 年的射电和高能 X 射线观测数据，发现 M81 星系中心黑洞喷流存在短周期摆动和长达数百年的进动，并在射电和高能波段同时出现周期性光变。这为 M81 星系中央可能存在一个相距大约 0.02 秒差距（对应轨道周期 30 年左右）的超大质量双黑洞提供了观测证据。这项研究成果为寻找单个纳赫兹引力波源和解决星系并合领域的悖论——“最后秒差距问题”提供了重要参考。该观测成果于 2023 年 11 月 29 日发表于《天体物理学杂志》。本课题得到包括上海天马望远镜在内的全球各射电望远镜及阵

列、空间高能 X 射线望远镜的大力支持。

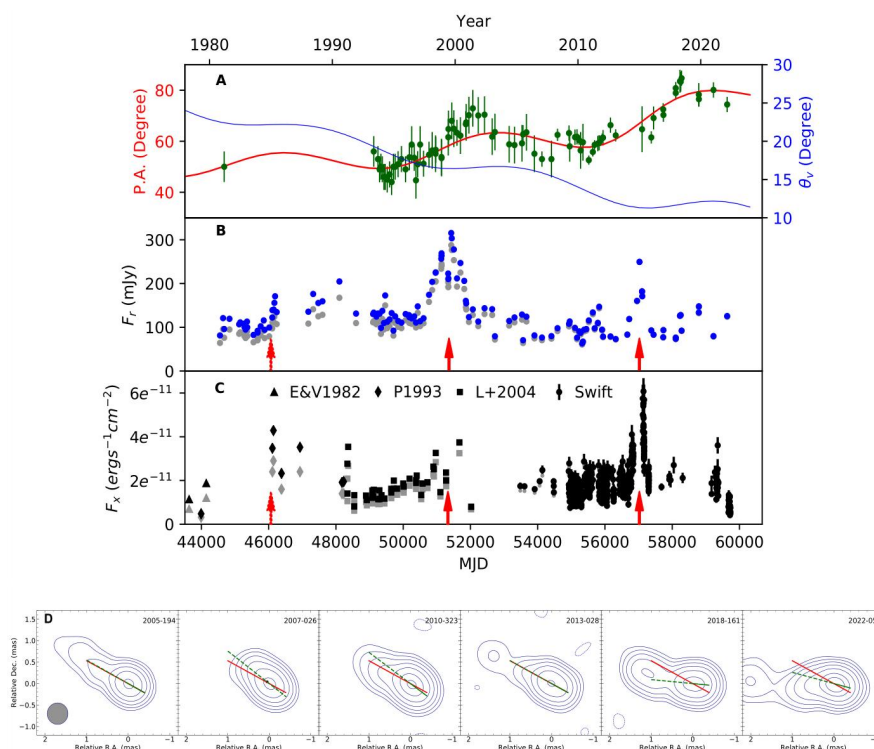
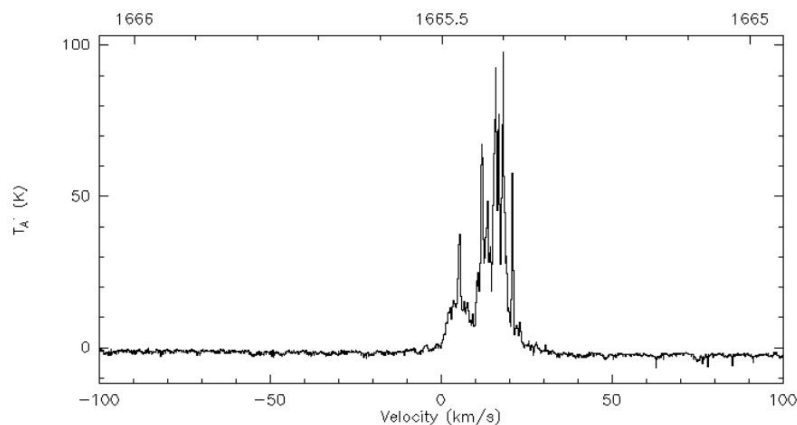


图 4 M81 的 VLBI 观测结果和多波段光变曲线

## 【科学观测动态】天马望远镜 L 波段谱线测试

2023 年 10 月 3 日，天马望远镜与泰国 40 米望远镜同时在 L 波段开展了谱线测试观测，目标谱线是 L 波段的羟基脉泽。测试结果表明，在不注入噪声的状态下，用天马望远镜进行 L 波段观测，可以有效避免周围频谱的 RFI 对羟基脉泽观测的影响。本次测试成功得探测到了来自大质量恒星形成区 W49N 的 1612, 1665, 1667, 1720 MHz 四个频点的羟基脉泽（见图 5）。



注：下边横轴为 LSR 速度，上边横轴为频率，单位为 MHz。系统温度均假设为 30 K。

图 5 W49N 的 1665MHz OH 脉泽观测结果

## 【技术维护与发展】长白山 40 米射电望远镜建设进展

2023 年 5 月，由上海天文台牵头建设的探月工程四期嫦娥七号任务测控系统 VLBI 测轨分系统获得国家正式批复，此系统包含了在吉林长白山建设口径为 40 米的大型射电天文望远镜以及配套观测站。长白山射电望远镜项目得到了国家林业和草原局、吉林省政府、吉林省林业和草原局、吉林省自然资源厅、吉林省工业和信息化厅、吉林省长白山保护开发区管理委员会、吉林森工集团松江河林业局、中国科学院长春分院等单位的大力支持和帮助。前期已完成国有林地审批，2023 年实现农用地转建设用地并获得了国有建设用地划拨决定书，确定了建筑设计、施工、监理以及勘察单位，签订了 40 米天线系统研制合同和 S/X 致冷接收机研制合同，于 8 月中旬正式开工建设，9 月底完成 40 米天线系统详细设计方案评审，11 月初完成 S/X 致冷接收机详细设计方案评审，12 月中旬完成 40 米天线系统关键件出所测试验收。

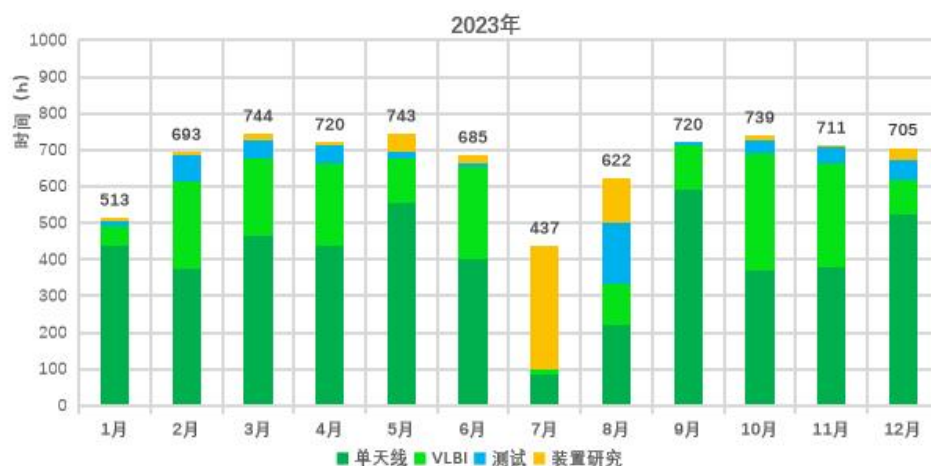
2023 年 10 月 11 日至 12 日，上海天文台在吉林省长白山保护开发区池西区举办长白山 40 米射电望远镜项目科学研讨暨推进会。中国探月工程总设计师吴伟仁院士，吉林省副省长李国强，中国科学院副院长、党组成员常进院士，中共上海市科学技术委员会书记徐枫，吉林省科学技术厅党组书记、厅长李岩，与来自吉林省发展和改革委员会、工业和信息化厅、白山市、长白山保护开发区管理委员会、长白山保护开发区池西区管理委员会，中国科学院重大科技任务局、长春分院、上海分院，天线研制与土建施工等单位的领导和嘉宾，以及上海天文台党政领导、项目相关人员和兄弟单位人员近 150 人共同参加了会议。目前，长白山观测站土建工程



实现 2023 年度全部任务目标，完成 40 米天线塔基结构的桩基础、桩承台、剪力墙地下部分和塔基一层底板，天线塔基结构已出地面；观测综合楼和辅助用房完成全部的独立基础施工并出地面，其中观测综合楼北侧和西侧完成一层框架结构，观测综合楼南侧完成一层地梁，辅助用房完成一层地梁和框架柱；地下污水池结构封闭；施工现场进入越冬维护状态，计划 2024 年 4 月中旬复工。

## 【观测运行动态】观测情况统计

2023 年天马望远镜总运行时间为 8 032 h，其中单天线 4 844 h，VLBI 观测 2 046 h，各项测试 526 h，装置研究 616 h。



## 【短讯】

为了吸引更多天文学家参与天文望远镜的科学运行，利用天马望远镜的观测数据开展前沿科学与技术研究，上海天文台面向国内研究单位于 2021 年 10 月部署了“甲醇及其它分子新脉泽跃迁观测研究”等 6 个培育项目。这些项目均已在 2023 年底初步完成验收。

**衷心祝愿：龙年大吉！**

**万事如意**

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