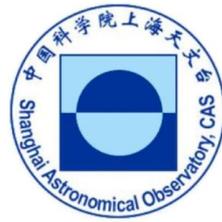




天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2020年9月30日

第26期

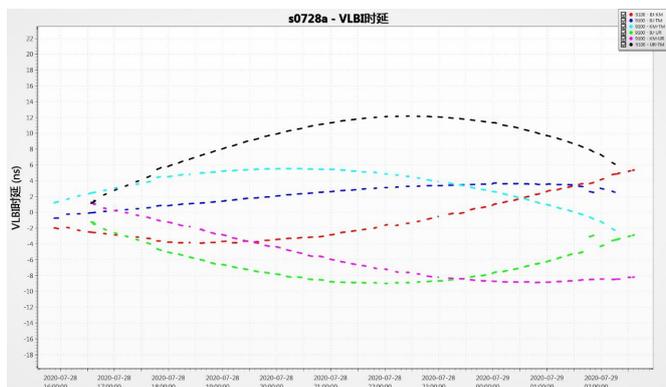
总第26期

【科学观测动态】天马望远镜顺利执行“天问一号”VLBI测定轨任务

2020年7月23日，“天问一号”火星探测器发射取得圆满成功。“天问一号”火星探测器进入地火转移轨道，开始了为期6个多月的奔火之旅。8月2日和9月20日，“天问一号”探测器分别顺利完成了第一次和第二次轨道修正，继续飞向火星。自发射之日起至9月30日，天马望远镜已经参加了“天问一号”43次的VLBI测定轨观测，运行正常。

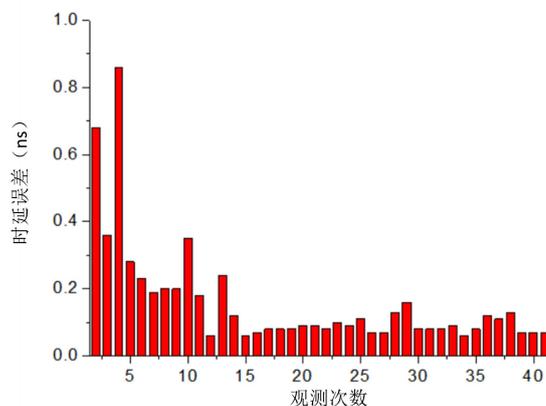
天马望远镜强大的接收能力，大幅提升了中国VLBI网的观测灵敏度。“天问一号”发射之前，天马望远镜成功进行了设备升级，包括新安装了致冷接收机和变频系统、前置型终端、基准信号锁相传输系统、GNSS接收机、水汽辐射计等，进一步提升了“天问一号”VLBI的测量精度。43次VLBI时延的平均测量精度为0.13 ns、时延率测量精度为0.31 ps/s，均远优于工程技术指标的要求，为“天问一号”的精密测定轨做出了重大贡献。

后续，天马望远镜作为VLBI网的重大设备，将继续执行地火转移段、近火捕获段、停泊段、离轨着陆、科学探测等各飞行段的VLBI测定轨任务。近火捕获完成后，还将利用火星车和环绕器间的同波束VLBI观测数据，对火星车进行精密定位，同时对环绕器进行精密测定轨，为“天问一号”科学成果的产出提供精密轨道支持。天马望远镜团队将继续发扬艰苦奋斗的作风，执行好后续的测定轨任务，为“天问一号”保驾护航。



注：此图反映了探测器的位置变化，可用于“天问一号”的定轨和定位。

图1 天马、北京、昆明、乌鲁木齐四测站六条基线求得的环绕器VLBI时延



注：平均值为0.13 ns，远优于工程技术指标的要求。

图2 每次观测的VLBI时延测量误差

【科学观测动态】天马望远镜发现示踪大质量年轻恒星天体旋臂吸积流结构的新脉泽

大质量恒星（大于 $8M_{\odot}$ 的恒星）如何形成是现代天体物理的一个重要研究课题。尽管大质量恒星在宇宙空间中比小质量恒星少得多（只占恒星总数目的1%左右），但却贡献了绝大多数的恒星光度。大质量恒星快速演化过程中伴生的星际介质反馈及元素核合成过程，推动了其所在星团、甚至整个星系的结构和化学的演化。

微波和毫米波的脉泽是一种类似于光学激光的非热辐射。天文观测发现它们通常与大质量恒星形成区成

协，这些脉泽来自致密辐射区域（典型尺度在几到几十个天文单位的气体团块），且亮温度远高于热气体，是研究大质量年轻星周围（约 1 000 AU）范围内气体运动和星际介质性质等的有效探针。

由广州大学陈曦教授（上海天文台特聘研究员）领导的，包括国家天文台任致远、上海天文台沈志强和李斌以及南京大学郑兴武的国际合作团队，在天文脉泽与大质量恒星形成的研究方向上取得了重要突破。该团队利用上海天马望远镜首次在星际空间探测到异氰酸（HNCO）、重水（HDO）和甲醇同位素（ $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ ）三种新的分子脉泽，并揭示它们正在示踪大质量恒星形成过程中的由引力不稳定性导致的星周盘碎裂产生的旋臂吸积流及间歇吸积现象。该现象会导致年轻恒星的光度迅速上升，从而能有效地激发出强的、以前没有探测到的新的脉泽辐射。此论文于 2020 年 7 月 13 日在线发表于《Nature Astronomy》（自然·天文）。

值得一提的是，无论是旋臂吸积流结构还是脉泽光度爆发现象都被认为是与大质量年轻恒星天体盘的引力不稳定性有关联，但该项工作是首次从观测上将这两种现象在同一个目标（G358.93-0.03）上有机地结合在一起，从多角度证实了大质量恒星形成的间歇吸积现象。此外，它还表明，盘调制的间歇吸积可以被认为是小质量恒星到大质量恒星形成的共同机制。

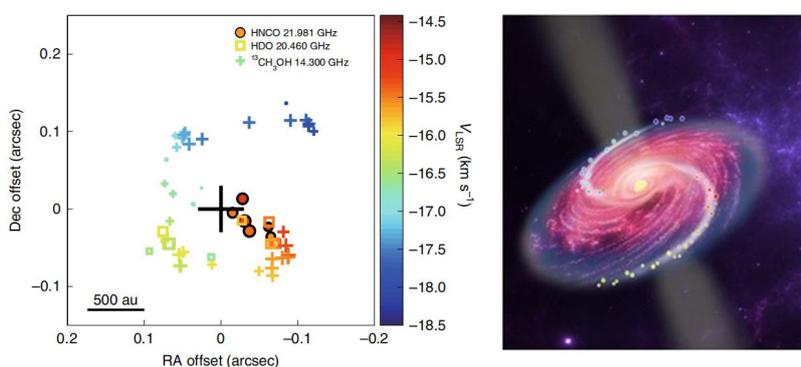


图 3 左图为 3 种新分子脉泽的空间分布；右图为大质量年轻恒星天体星周引力不稳定性盘碎裂引起的旋臂吸积流的示意图，新分子脉泽（由彩色圆点表示）示踪了两个吸积流旋臂

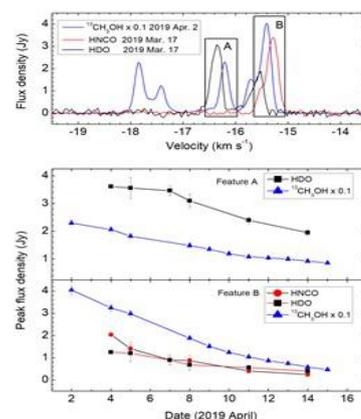


图 4 天马望远镜监测获得的 3 种脉泽成分的峰值流量随时间的变化

【技术维护与发展】天马望远镜主动面维护改造

2020 年 5 月至 6 月项目组对天马望远镜的主动面进行了维修，前后更换了 100 余台促动器。此后，对面板进行了多轮测量和调整，主反射面面形精度达到了 0.3 mm（见图 5）。在更换促动器过程中发现了一些问题并提出了解决的方案，主要涉及三个问题。（1）零点丢失，我们发现零点丢失是整体行为，因此可以对个别促动器进行改造，对其外置安装绝对位置传感器（见图 6），以此来实时检测零点丢失。（2）逐步用绝对编码器的促动器替换目前相对编码器的老促动器，但是替换周期会很长，估计 10 年或 15 年。因此，在很长一段时期里，相对编码器和绝对编码器的促动器将并存。在这个过程中，软件需要有鉴别处理两种促动器的能力，并且对不同的促动器进行相应的操作，需要一套完整的检测和控制程序。（3）在拆装促动器后，面板的安装位置需要有安装工艺控制，如果不注意，会导致初装偏差太大，甚至超出促动器的可调范围，为此需要采用插尺法（用钢尺插入到面板接缝，下端到促动器上）控制促动器安装前后的误差到 1 mm 量级。对于这些问题，项目组后续将陆续予以解决。

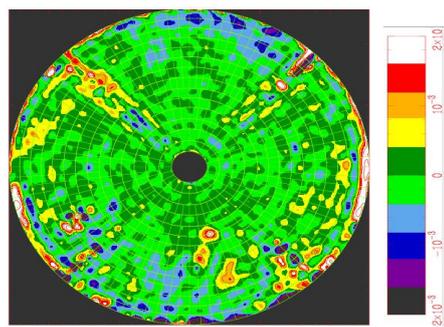


图 5 最佳俯仰角面形精度 (0.3 mm RMS)



图 6 外置安装绝对位置传感器的促动器

【技术维护与发展】天马望远镜安装了宽带谱线终端系统

为提高天马望远镜谱线观测带宽以及多波束的观测能力，在中科院修购项目的支持下，项目组进行了宽带谱线终端系统的研制工作。项目组采购和研制了中频传输电光-光电转换单元、上下变频单元（UDC）、宽带谱线终端（XFFT）以及高速记录服务器。最终，该系统的传输信号频率范围为 2~18 GHz，终端处理带宽为 2 GHz，设备分别安装于馈源仓和终端房内。设备的框架如图 7 所示，其中高性能服务器仍使用以前的设备。

该系统的核心设备为宽带谱线终端 XFFT。此终端采用高速 ADC 和大容量 FPGA 的架构，其中高速 ADC 工作模式为采样率 4 096 Msps，采样位数 8 位。此终端在 FPGA 内进行信号的处理工作，项目组开发了 5 种宽带（2 GHz 带宽）谱线观测模式和 5 种窄带（256/128/32/16 MHz 带宽）高分辨率模式。硬件和 FPGA 开发工作已完成。

此宽带谱线终端系统安装后，后续结合谱线观测的工作模式，项目组将继续开发控制软件和数据记录软件，实现自动化的观测和标准的 SDFITS 数据记录。

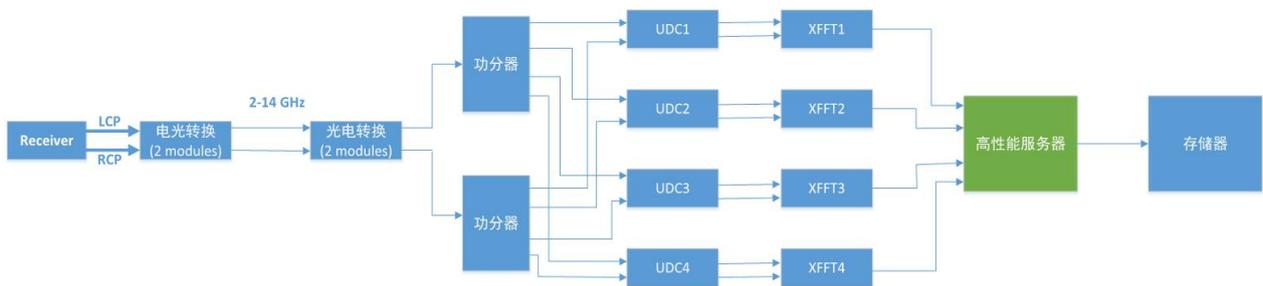


图 7 设备的框架示意图

【技术维护与发展】天马望远镜和 FAST 进行条纹测试

2020 年 9 月 11 日，上海天文台天马望远镜团队、国家天文台 FAST 团队和新疆天文台 VLBI 团队，分别利用天马望远镜、500 米口径球面射电望远镜、新疆 26 米射电望远镜进行了条纹干涉实验，对射电源 B1133+16.1 进行了联合观测，利用上海天文台处理机对观测数据进行了条纹搜索，成功获得甚长基线干涉测量（VLBI）干涉条纹。图 8 为条纹的搜索结果。

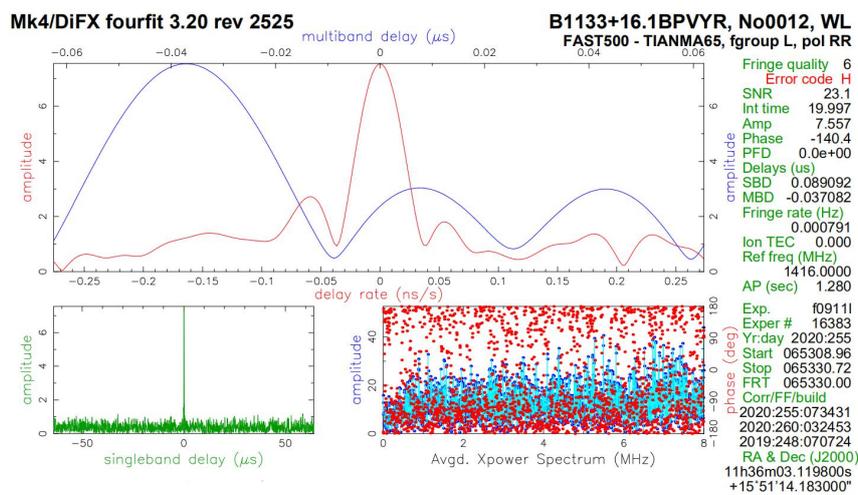


图 8 条纹搜索结果

此次试验中 FAST 采用了 DBBC2 数字采集终端和 Mark5B 记录系统，观测模式采用 8 个 BBC 通道、2 bit、双极化模式，总速率 256 Mbps，具体参数如表 1 所示。

团队于9月10日在FAST现场进行了终端系统安装（见图9），对FAST信号链路、采集系统、记录系统、控制系统进行了详细单元测试和集成测试（见图10），确保了此次试验的成功。

表1 观测试验参数表

参数	设置值
接收机	L-band
试验编号	f09101
天空频率	1400 MHz
开始时间	北京时间 2020年9月11日 14:30
观测时长	20分钟
射电源	B1133+16.1
通道数	8
通道带宽	8 MHz
bit 量化	2
极化数目	2
数据率	256 MHz



图9 终端系统安装在机架

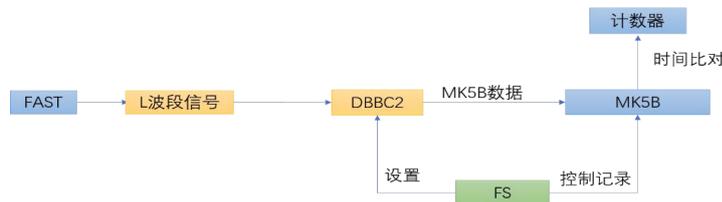


图10 信号链路图

【技术维护与发展】天马望远镜参加欧洲 VLBI 观测的合作情况

2020年6月15日—6月18日，天马望远镜参加了EVN（欧洲VLBI网）SessionII C波段的常规观测，在条纹检测实验中得到条纹，并参与了随后所有正式观测。

2020年9月15日，天马望远镜参加了1次欧洲网实时VLBI（e-VLBI）。代码为EX009，观测波段为C波段，网络传输带宽2 Gbps，成功取得干涉条纹。

2020年9月24日，天马望远镜参加了1次IVS（国际甚长基线干涉测量服务组织）组织的观测。代码为A0V051，观测波段为S/X波段。

【技术维护与发展】天马望远镜参加东亚 VLBI 观测的合作情况

2020年上半年天马望远镜参加东亚VLBI网常规科学观测22次共约179 h，其中包括K波段（22 GHz）观测的约71 h，Q波段（43 GHz）观测的约98 h以及C波段（6.7 GHz）测试观测的约10 h。目前，天马望远镜已经收到2020年下半年观测申请，在满足火星探测和探月任务的前提下，计划向东亚VLBI网开放约100 h的观测时间。同时，天马望远镜还将完成C波段组网性能评估和进行宽带VLBI观测测试等。

【观测运行动态】观测情况统计

2020年7—9月，天马望远镜总运行时间约为1998 h，其中单天线观测约897.5 h，VLBI观测约511 h，各项维护及测试约589.5 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：吴芳 王彩虹

审核：刘庆会

签发：沈志强