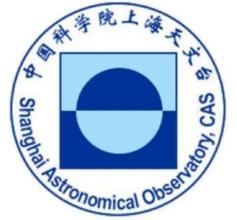




天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2021年3月31日

第28期

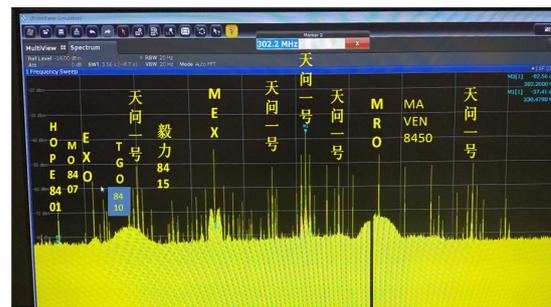
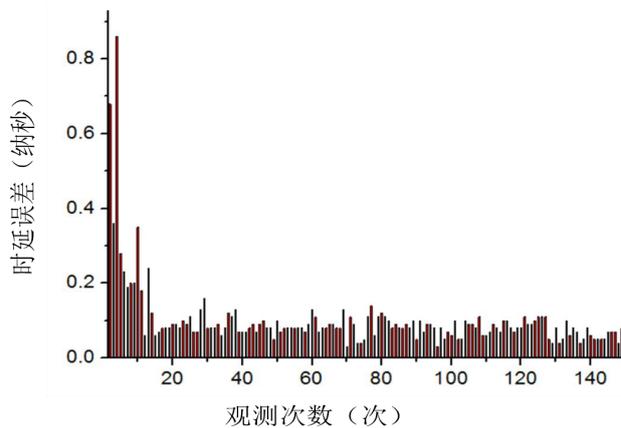
总第28期

【科学观测动态】天马望远镜助力天问一号完成近火捕获

2020年7月23日我国首次火星探测任务天问一号探测器发射，VLBI测轨分系统参与对天问一号的测定轨工作，天马望远镜是主力测站。2020年7月23日至8月6日为发射后的重要弧段，VLBI测轨分系统每日观测。2020年8月7日至2021年1月31日为巡航弧段，VLBI测轨分系统大约每2~3日观测一次。在天问一号探测器发射至今的这半年多时间里，天问一号共历经3次轨道中途修正以及1次深空机动。

天问一号在2021年2月10日到达火星，完成近火捕获，实现绕火星飞行。因此，2021年2月1日~28日为测控的重要弧段，VLBI测轨分系统每天观测，圆满支持了天问一号探测器完成第4次轨道中途修正、3次近火捕获和1次远火机动等动作（时间分别为2021年2月5日、10日、15日、20日和24日）。2月25日以后，天问一号进入停泊轨道，VLBI分系统每天或2天观测1次，为天问一号高分辨率火星地表成像提供精密轨道。

截止到3月31日，VLBI分系统共进行了146次观测，VLBI时延测量精度为0.1 ns，比工程要求高了一个量级，达到世界先进水平。在任务实施过程中，加入VLBI数据后，在地火转移段和近火捕获段，天问一号测定轨精度由数十 km 提高至 2 km，在环火段的测定轨精度由 10 km 提高至 1 km，比技术指标要求提高一个量级。



天马望远镜接收的火星探测器信号

图1 天问一号 VLBI 时延测量误差和天马望远镜接收的火星探测器信号

【技术维护与发展】主反射面面型测量进展

天马望远镜在 Q 波段开展波前扰动面形测量。对比全息法，该方法主要特点是测量过程只需跟踪强射电源，无需扫描射电源，唯一的观测量是信号幅度，通过对主动面分别加载几组正交的低阶泽尼克函数变形

向量，检测天线增益的变化规律，即可推算出天线的面形误差分布，因此应用该方法的一个必要条件就是望远镜具有主动面。在天马望远镜上可以进行两种方法的验证对比测量。

初步的实测结果表明，波前扰动法的测调效果和全息法的一致，甚至略好。图 2 为俯仰 35° 时，主动面关闭、离焦全息补偿和波前扰动法补偿，三种状态下的波束扫描情况。图 3 给出了离焦全息法和波前扰动法两种方法在类似仰角度上测得的面形误差分布情况，两者趋势一致。

本新方法尚需进一步研究，项目组将做更加深入的分析 and 实测验证，并突破其应用场合限制，使其更具有普适性价值。后续上海天文台和紫金山天文台将开展进一步理论和实测研究。

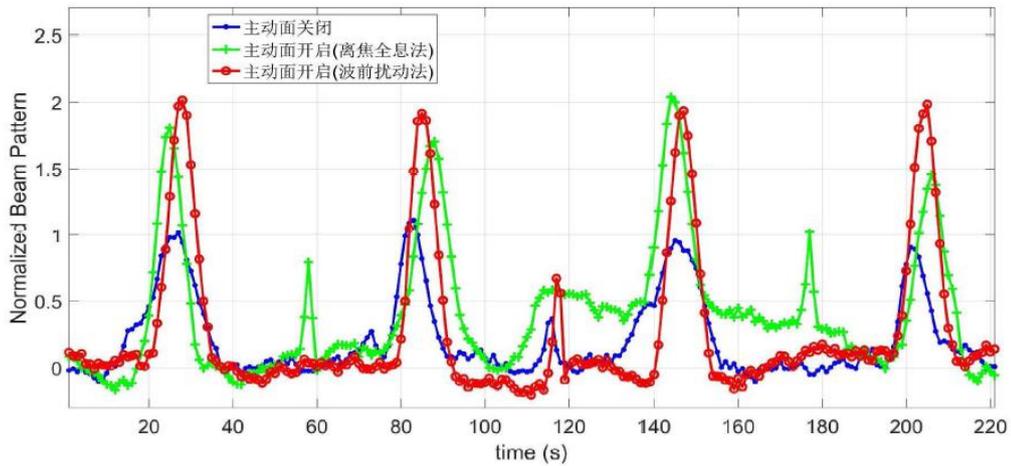


图 2 35° 俯仰上离焦全息法和波前扰动法的波束比较

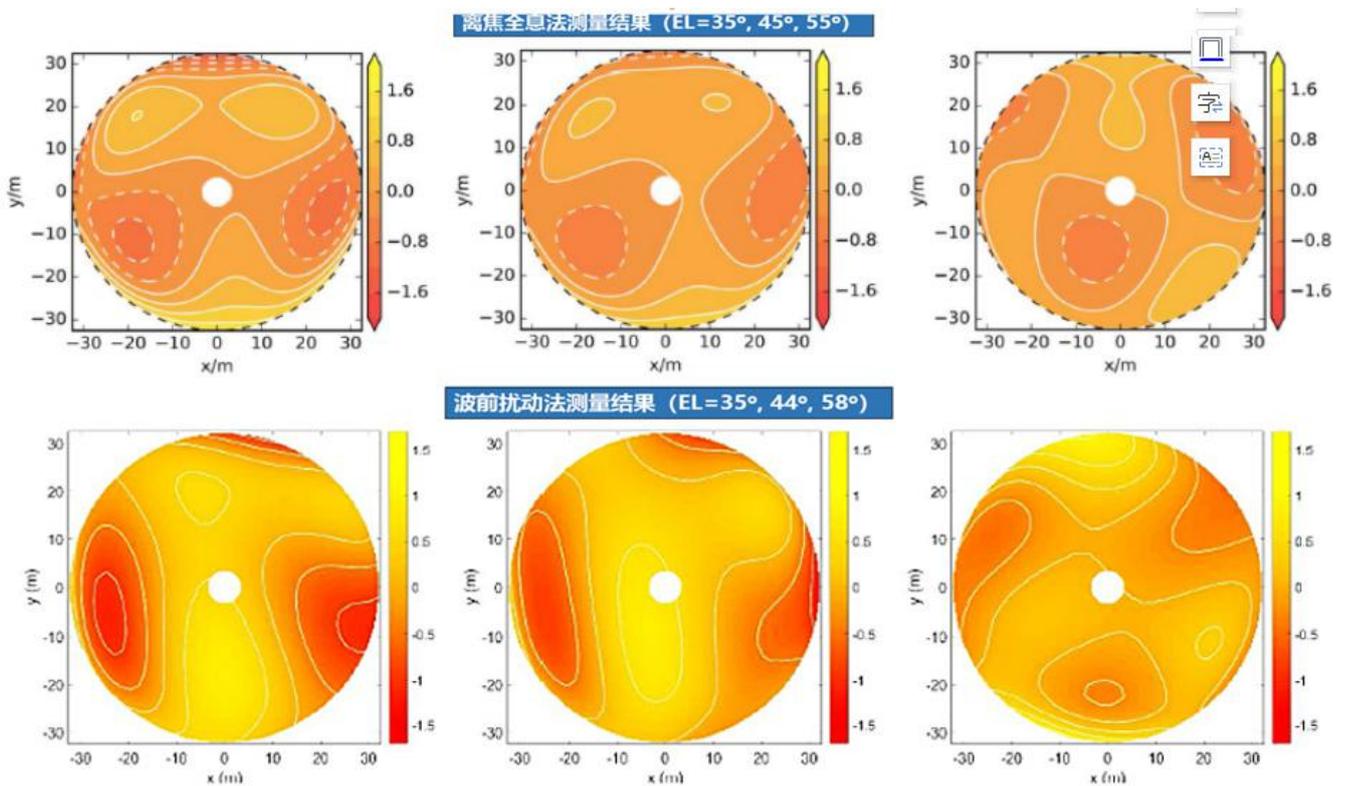
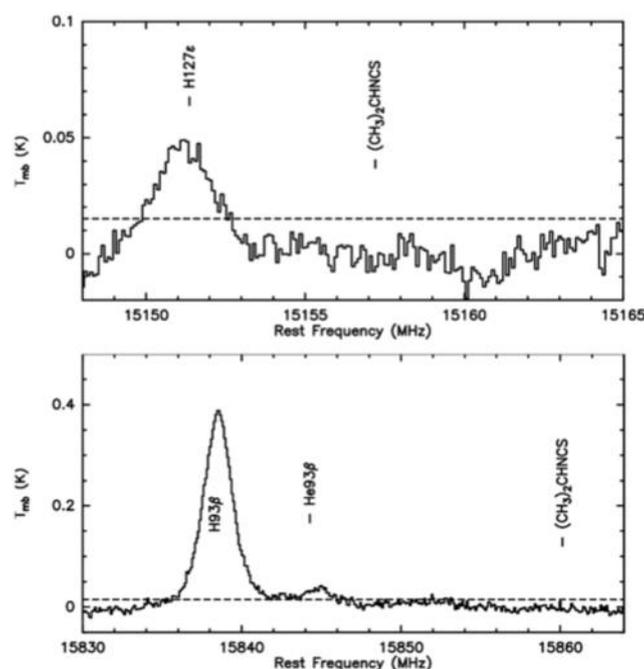


图 3 不同俯仰上离焦全息法和波前扰动法测量的面形误差分布情况比较

【科学观测动态】为星际复杂有机分子给出丰度限定

星际复杂有机分子是研究星际空间物理、化学环境和演化的重要探针，对地球生命起源的研究也具有重要意义。目前天文学家在星际空间已经探测到一个支链分子——异丙基氰，表明星际空间可能存在丰富的具有异丙基的支链分子，甚至更大的烷基支链分子。异硫氰酸异丙酯分子 $(\text{CH}_3)_2\text{CHNCS}$ 是同时含有N、C、S三种元素的支链分子，它有可能在星际空间形成。

重庆大学化工学院的光谱研究组在2~20 GHz范围内对异硫氰酸异丙酯分子的纯转动光谱进行了测量。基于他们的测量结果，项目组用天马望远镜在人马座 B2(N) 中对异硫氰酸异丙酯分子的发射进行了 Ku 波段搜寻，没有探测到异硫氰酸异丙酯分子的转动跃迁（见图4）。基于此观测结果，推断其丰度相对氢分子的上限为 8×10^{-12} 。关于此研究的文章发表于《ACS Earth and Space Chemistry》。



注：虚线表示3倍噪声水平线。H127 ϵ 和H93 β 表示氢复合线，静止频率分别为15 151.41 MHz和15 838.47 MHz。He93 β 表示氦复合线，静止频率为15 844.93 MHz。

图4 天马望远镜在15 GHz对Sgr B2(N)中的异硫氰酸异丙酯分子的观测结果

【科学观测动态】首次发现脉冲星 B2021+51 周期跃变以及辐射状态改变

天马望远镜对脉冲星 B2021+51 的脉冲信号到达时间特性进行了时间跨度长达1 000余天的监测。通过对观测数据进行科学分析，在国际上首次发现该脉冲星的周期跃变现象（见图5）。周期跃变发生在2020年6月20号左右，通过此次跃变其自转频率及其变化率分别变化了 7.04×10^{-10} Hz和 2.6×10^{-18} s $^{-2}$ 。除了周期跃变外，项目组还发现了与周期跃变相伴随的脉冲星辐射状态的变化。跃变之后，该脉冲星的辐射轮廓形状亦发生了变化。周期跃变和辐射轮廓分别为探测脉冲星内部结构和脉冲星辐射区结构提供重要信息。本次发现十分罕见地将二者有机地结合到一起。这项研究工作近期已经被国际著名期刊《The Astrophysical Journal》正式接收。

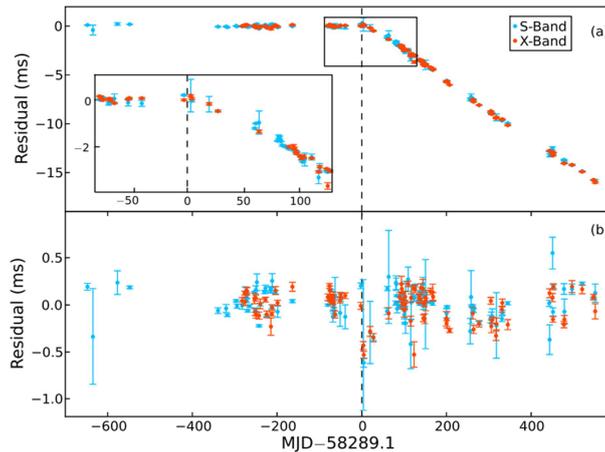


图5 脉冲星 B2021+51 周期跃变发生前后的计时残差图

【技术维护与发展】主动面系统维护

天马望远镜主动面系统自 2012 年完成安装，已经连续工作 10 个年头，各个部件都呈现了不同程度的老化现象，面型丢失的现象时有发生。为提高主动面系统的可靠性，项目组经过讨论，确定了主动面系统的升级维护的方针及方案。主要包括：1) 每年更换 120 台带有绝对编码器的促动器并完成相应底板的除锈工作；2) 针对促动器电缆接触不良问题，进行电缆的升级改造工作，并逐批完成电缆更新安装工作；3) 针对时有发生软件及网络故障问题，提出编制主动面系统监控软件，对主动面软件及相应网络部件进行实时监控及报警，并添加远程监控模块，以便对主动面系统实现远程监控；4) 针对主动面系统因掉电而导致面型丢失的现象，提出采用施耐德 PM5350 P 电能表对主动面的三相动力电进行实时监控的解决方案；5) 针对现有网络部件老化问题，提出一揽子采购计划，进行全面的更新换代；6) 针对主动面软件频繁死机的现象，计划与软件组紧密合作重建主动面系统控制软件；7) 提出面型丢失的快速监测方法。目前在项目组成员的努力工作和紧密合作情况下，各项升级改造工作正在有序展开。

【科学观测动态】EAVN 宽带双偏振观测实验

继 2020 年下半年开展东亚甚长基线干涉测量网 (EAVN) 宽带 VLBI 测试观测时，天马望远镜成功获得 22 GHz 和 43 GHz 的宽带 VLBI 干涉条纹后，2021 年 1 月 27 日和 28 日，天马望远镜联合 EAVN 台站分别在 22 GHz 和 43 GHz 进行了宽带 4 Gbps 模式下的双偏振观测，每次观测 10 h。数据正在处理中，此次观测兼顾了宽带观测的成图测试和偏振观测的性能评估，将为 EAVN 开放这两种观测模式提供参考。

【观测运行动态】观测情况统计

2021 年 1—3 月，天马望远镜总运行时间为 1 518 h，其中单天线观测 627 h，VLBI 观测 718 h，各项维护及测试 173 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