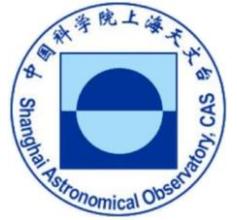




天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

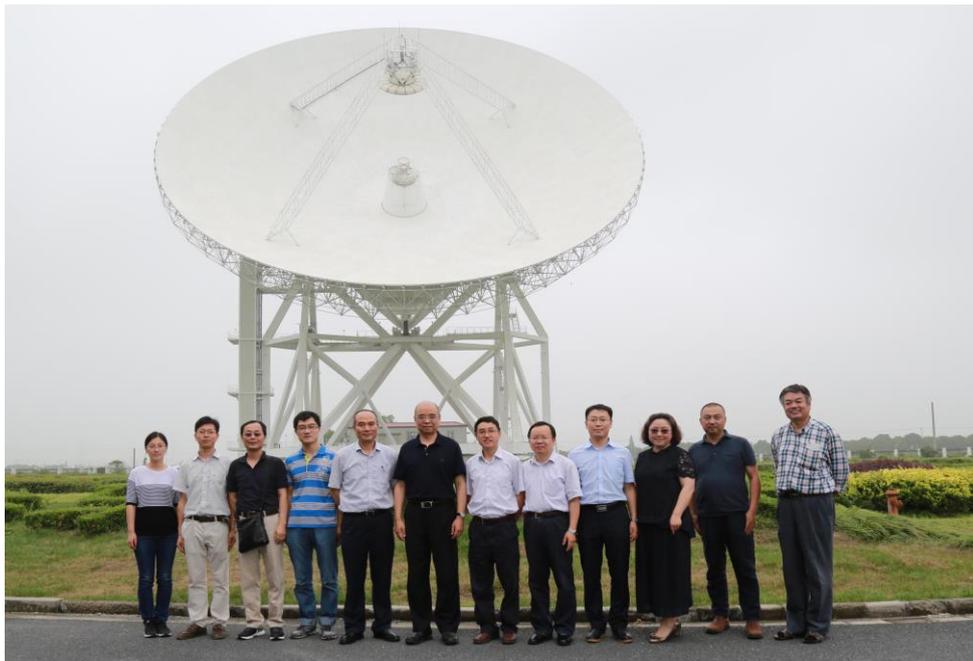
2017年6月30日

第14期

总第14期

【领导关怀】相里斌副院长调研天马望远镜

6月23日上午，中科院副院长、党组成员相里斌到上海天文台调研工作。此行主要调研了 VLBI 深空探测指挥控制中心和天马望远镜，对上海天文台科研工作进行了深入了解。相里斌副院长听取了上海天文台台长洪晓瑜在研究所整体情况、重要科研进展、人才队伍建设、院市合作、国际交流等方面的汇报，并与科研管理骨干围绕上海天文台“一三五”发展规划，重点讨论了 SKA 亚洲科学中心建设、星载氢原子钟研制、VLBI 技术在探月任务中的应用、北斗导航工程等内容，就如何在相关领域发挥更大作用，提出了思考和建议。



【技术维护和发展】四套高频接收机通过验收

2017年6月25日，上海天文台在佘山科技园区组织召开了“上海65米射电望远镜高频接收机系统验收会”。来自中国科学院国家天文台、紫金山天文台、上海微系统与信息技术研究所、上海天文台、中国电子科技集团公司第三十九研究所、第五十四研究所、第十六研究所和西安测绘研究所的八名专家组成了验收评审专家组。我台洪晓瑜台长、射电领域专家和项目组成员参加了验收会。

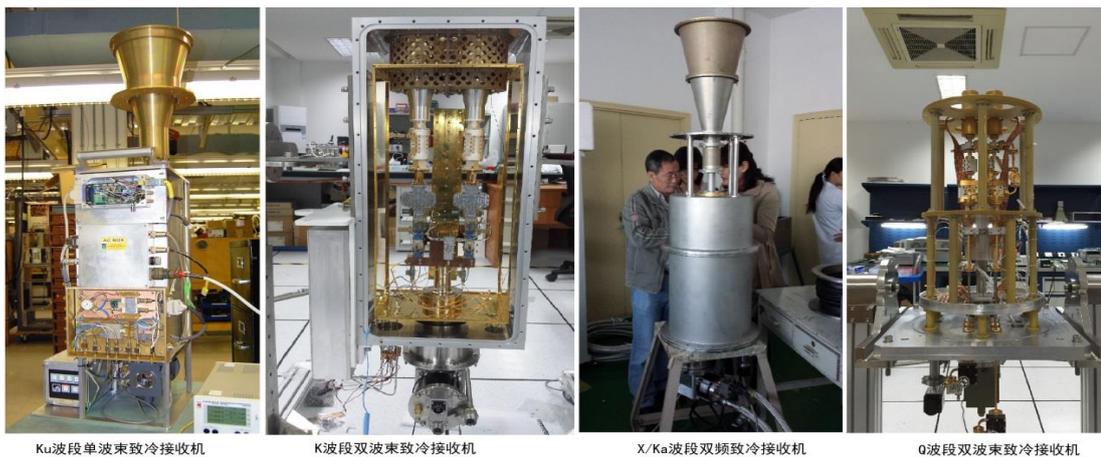
专家组首先实地考察了上海65米射电望远镜（即天马望远镜）高频接收机系统的四套设备，检查了设备现场工作状态，随后听取了上海天文台项目组汇报的 Ku（12~18 GHz）波段接收机、双波束 K（18~26.5 GHz）波段接收机、X/Ka（8~9 GHz/30~34 GHz）双频接收机以及双波束 Q（35~50 GHz）波段接收

机研制总结报告，并审阅了相关技术资料。经审查和质询，专家们认为天马望远镜的四套高频接收机均满足任务书指标要求，设备齐套，文档资料齐全，一致同意通过验收。

天马望远镜系统研制项目是中国科学院和上海市于 2008 年 10 月底联合立项的重大院地合作项目。连同 2013 年验收的三套低频接收机：L（1.25~1.75 GHz）波段接收机、C（4~8 GHz）波段接收机和 S/X（2.2~2.4 GHz/8.2~9 GHz）双频接收机，天马望远镜已顺利完成全部八个波段共计七套致冷接收机的研制。目前，七套接收机均已安装在 65 米天线上开展天文观测，实测的接收灵敏度达到国际水平。



天马望远镜 Ku 波段接收机是双圆极化致冷接收机，由上海天文台与美国国立射电天文台（NRAO）合作完成，研制工作历时一年。设备基于 JVLA 接收机框架，根据天马望远镜特定观测需求进行了改进，于 2014 年 9 月 14 日成功安装于天马望远镜。其具体性能特点有：依据天马望远镜光路优化设计的宽带馈源；频带 12~18 GHz，相对带宽达到 40%；接收机平均等效噪声温度好于 10 K，系统噪声温度好于 27 K，天线最佳仰角天线效率好于 60%。Ku 波段接收机已经在单天线天体物理观测，特别是长碳链分子等的成图观测中发挥作用。该波段观测已经向国内天文学家开放。



高频接收机系统

天马望远镜 K 波段接收机是上海天文台自主研制的双波束双圆极化致冷接收机，研制周期两年，于 2016 年 5 月 4 日成功安装于天马望远镜并开展试观测。其具体性能特点有：工作频率 18~26.5 GHz，相对带宽达到 38%；接收机噪声温度的全频带平均值为 16 K，灵敏度与 GBT, JVLA 和 SRT 等国际大型望远镜相当；在环境湿度 57% 的晴朗薄云天气环境下，测得的天顶方向系统噪声温度的全频带平均值好于 40 K，实测天线效率好于 50%；采用了整体致冷技术，包括馈源、极化器、前置低噪声放大器等核心器件布置在 20 K 低温平台；在中国科学院修购项目“射电致冷接收机系统研制平台”的支撑下，项目组自主研发了宽带紧缩型馈源、90° 波导移相器和正交模耦合器等无源器件；整机采用了小型化和轻量化设计，双波束接收机总重量仅为 88 kg。K 波段接收机目前已经成功用于单天线氨分子和水脉泽成图试观测，并与南非 HartRAO 26 米望远镜以及东亚 VLBI 网成功开展 VLBI 观测。

天马望远镜 X/Ka 接收机由上海天文台、中国电子科技集团公司第十六研究所和第五十四研究所三家单位合作完成，研制工作历时 16 个月，于 2015 年 3 月 23 日完成天马望远镜现场安装和初步调试。其具体性能特点有：该设备为双频双圆极化致冷接收机，X 频带 8~9 GHz，Ka 频带 30~34 GHz；依照天马望远镜光路

优化设计的双频馈源；双频圆极化网络轴比好于 1 dB，整体致冷；Ka 波段实测波束效率好于 50%。

天马望远镜 Q 波段双波束双圆极化致冷接收机为国内首套 Q 波段接收机，由上海天文台自主研制，研制工作历时两年，于 2016 年 3 月 11 日成功安装于天马望远镜。其具体性能特点有：工作频率为 35~50 GHz，相对带宽达到 35%；实现了馈源喇叭、圆波导噪声注入耦合器、90° 移相器、正交模耦合器和低噪声放大器等器件整体致冷，工作于 20 K 低温平台，极大地提高了接收机的探测灵敏度；全频带接收机噪声温度为 30~40 K；在主动面模型启动情况下，Q 波段（波束 2，43 GHz）在高低俯仰上效率均好于 50%，天顶方向系统噪声温度约 80 K。2016 年以来利用 Q 波段致冷接收机成功地进行了银河系大质量恒星形成区 CS 1—0 等多条分子谱线的成图观测，获得了一批有效的科学数据。另外，由于天马望远镜的参与，使得东亚 VLBI 网的 Q 波段观测灵敏度得到显著提升，极大增强了东亚 VLBI 观测的能力。

【技术维护和发展】主反射面主动调整系统通过验收

2017 年 5 月 18 日，上海天文台在佘山科技园区组织召开了“上海 65 米射电望远镜主反射面主动调整系统验收会”。来自南京天光所、国家天文台、紫金山天文台、新疆天文台、中国电子科技集团第五十四研究所以及上海天文台的共七名专家组成了验收专家组。上海交通大学机动学院杜朝辉书记、我台洪晓瑜台长、科技处和项目组代表参加了验收会。

专家组首先实地考察了天马望远镜主反射面主动调整系统的工作状态，随后听取了上海交通大学作的“上海 65 米射电望远镜主反射面主动调整系统工作总结报告”和上海天文台作的“上海 65 米射电望远镜主反射面主动调整系统测试报告”，并审阅了相关技术资料。经审查和质询，专家们认为，天马望远镜主反射面主动调整系统满足合同规定的各项技术指标要求，设备齐套，资料文档完整，一致同意通过验收。

天马望远镜天线主反射面由 14 圈，共 1 008 块高精度实面板拼装组成。在跟踪观测时，受重力等因素的影响，主反射面会产生变形，影响天线系统接收效率，特别是高频段观测的接收效率。为补偿重力形变，天马望远镜主反射面的安装采用了国内首创的主反射面主动调整技术，在天线面板与天线背架间安装了 1 104 台高精度促动器，高精度促动器的定位精度可达 15 μm ，为一根头发丝宽度的一半。观测时，控制软件通过控制促动器的上下运动来补偿观测时天线在不同俯仰高度上的重力形变，最终达到提高天线接收效率的目的。天马望远镜研究团组分别采用离焦全息测量技术和相位相干全息测量技术，成功测量和建模得到了天马望远镜主反射面的重力形变模型。主动面系统按照此重力模型调整后，主反射面在各仰角的照明加权形变 RMS 减小至 270 μm ，Q 波段 43 GHz 的天线效率在各仰角提高至 50% 以上，达到了国际先进水平。天马望远镜主动面系统的成功应用，为高频天文观测产出奠定了基础，并且为中国射电望远镜在主动面系统的测量和使用方法上积累了实践经验，可以为将来大型射电望远镜的建设提供技术支持。



【技术维护和发展】天线系统通过验收

2017年6月19日，上海天文台在佘山科技园区组织召开了“上海65米射电望远镜天线系统验收会”。来自西安电子科技大学、紫金山天文台、新疆天文台、中国电子科技集团第三十九研究所以及上海天文台的共七名专家组成了验收专家组。中科院发展规划局发展规划管理处副处长杨明、中国电子科技集团通信事业部副总经理王新永、我台沈志强副台长、科技处和项目组代表参加了验收会。

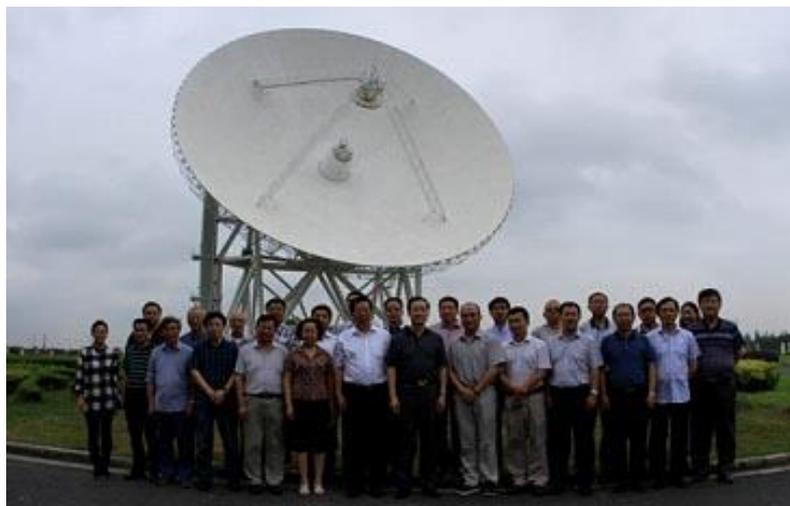
专家组首先实地考察了天马望远镜天线系统的工作状态，随后听取了中国电子科技集团第五十四研究所作的“上海65米射电望远镜天线系统工作总结报告”和测试组作的“上海65米射电望远镜天线系统测试报告”，并审阅了相关技术资料。经审查和质



询，专家们认为，天马望远镜天线系统满足合同指标要求，设备齐套，文档资料齐全，一致同意通过验收。

天马望远镜天线系统主要包括主、副反射面和馈源网络组成的天馈分系统、机械结构分系统和伺服监控分系统。该系统的全部研制工作前后历经八年多时间，期间于2013年8月14日完成了“上海65米射电望远镜天线系统第一阶段（L, S/X, C波段）”的验收。目前已完成了四个高频（Ku, K, Ka和Q波段）接收机的研制，以及望远镜系统的整体调试和测量，如高精度指向、望远镜效率和系统噪声温度等。此次验收为天线系统整体验收。

天马望远镜天线系统在高灵敏度天线与馈源设计、高精度轨道焊接技术、大口径天线高精度面形精度实现、六杆并联机构副反射面高精度调整技术等方面均有创新，其整体性能指标达到国际先进水平。



【技术维护和发展】L波段超导滤波器研制进展

在20 K温度环境下工作的高温超导滤波器（high temperature superconductor filter）具有低插入损耗和高带外抑制的特点。为了消除移动通讯2 G频段对天马望远镜L波段观测的影响，中国科学院上海天文台联合

中国电子科技集团第十六研究所开展了 L 波段超导滤波器研制工作。2017 年 4 月 5 日，双方技术人员完成了器件安装，并于 4 月 6 日顺利进行了接收机系统测试。对比安装前后的接收机输出频谱，结果显示，超导滤波器带外抑制明显，消除了原有带内间歇性信号饱和现象，接收灵敏度维持不变，达到了预期目标，实现了国内继天马望远镜 S 波段后的又一次射电天文应用。L 波段超导滤波器实测指标：频率范围 1 350~1 730 MHz，带外低端 1 300 MHz 处的抑制度达到 75 dB，带外高端 1 800 MHz 处的抑制度达到 55 dB，带内插损小于 0.16 dB，接收机噪声增加值小于 2 K。L 波段超导滤波器精准地抑制了造成观测系统饱和的带外移动通讯等强干扰，维持接收链线性，保证了天文观测的正常进行，同时也为国内外同类应用需求提供了试验验证。

【技术维护和发展】上海 65 米射电望远镜天线项目召开第 32 次技术协调会

2017 年 4 月 18 日，上海天文台与中国电子科技集团第五十四研究所上海召开了“上海 65 米射电望远镜天线项目第 32 次技术协调会”。期间双方讨论了天线伺服控制软件升级、反射面板清洗、第二阶段验收测试、码盘密封盖改进、加速度和温度传感器安装等事宜。

【设备维护与发展】天马望远镜主反射面板清洗

2012 年天马望远镜主反射面板安装完成后，通过摄影测量进行了面板的调整和面型精度的测量。为进行摄影测量在面板上粘贴了 9 000 多个标志点。这些标志点经过长期的日晒和雨淋后导致面板变脏。在 2017 年 5 月 15—19 日，中国电子科技集团公司第五十四研究所请保洁公司进行了标志点的清除和面板的清洗工作。中国科学院上海天文台的相关人员对清洗的全程进行了配合和监督，避免面板发生塑性变形，并保证清洗质量。清洗后的面板焕然一新。

【科学观测动态】天马望远镜在脉冲星观测上取得成果

近日，贵州师范大学、北京大学等研究人员通过利用天马望远镜在 X, C 波段对一批脉冲星进行观测，获得其积分轮廓数据。通过对这数据进行处理和分析，给出了 PSR B0329+54 和 PSR B1642-03 两颗星产生射电辐射的粒子加速区位置、辐射束的形式、辐射高度等信息。此外，通过利用 ICS 模型模拟其辐射高度随频率的演化，检验了理论模型。相关的研究成果以“Investigating the Multifrequency Pulse Profiles of PSRs B0329+54 and B1642-03 in an Inverse Compton Scattering Model”为题发表在国际主流天文学期刊 *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)* 杂志上。

【科学观测动态】EVN 的 VLBI 观测进展

2017 年 4 月 13 日，天马望远镜参加了 e-VLBI 实时任务。本次观测代码 RE004B，观测波段为 C 波段。5 月 9 日，参加了代码 EH033 的实时观测任务。两次任务均得到实时条纹。

5 月 25 日—6 月 12 日，天马望远镜参加了 EVN 第二季观测。本次观测使用 L 波段和 C 波段两个波段。在条纹检测中获得条纹。所有观测总的的数据量约为 43 TB，其中约有 2/3 的数据通过网络直接传输给荷兰 JIVE 处理机中心，另外 1/3 的数据直接用数据硬盘寄送到 JIVE 进行相关处理。

6 月 13 日和 6 月 22 日，天马望远镜参加了 Radioastron 和 EVN 联合组织的 High-Z Project 观测，观测波

段为 C 波段。目前观测数据已经通过网络传输到荷兰 JIVE 处理中心。

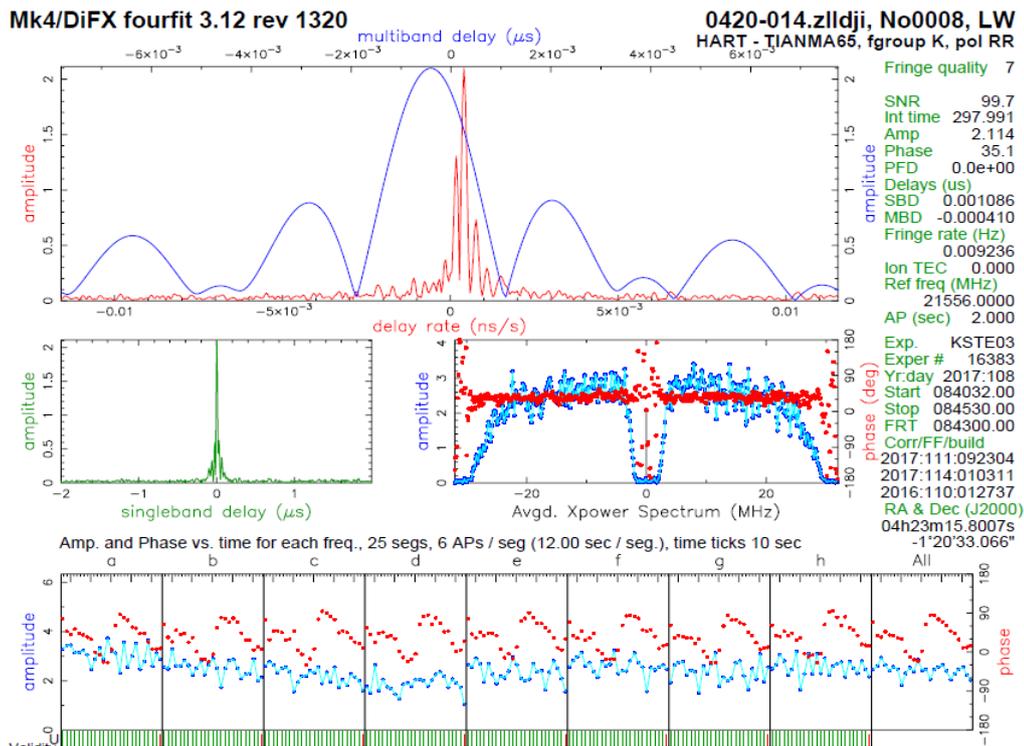
6 月 20 日，天马望远镜参加了 IVS-AOV016 的观测任务。本次观测持续 24 h，数据已经送往上海天文台 (SHAO) DiFX 处理机进行相关处理。

【科学观测动态】天马望远镜参加 K 波段天体测量条纹测试

2017 年 4 月 18 日下午 4 点到 6 点，上海天文台天马望远镜与南非 Hartebeesthoek 射电天文台的 26 米射电望远镜开展了 K 波段 VLBI 天体测量测试观测 (代码 KSTE03)，基线长度超过了 10 000 km，观测目标为四颗强弱不等的河外射电源。

天马望远镜使用新研制的 K 波段接收机，数据采集终端为 DBBC2，数据记录速率为 2 Gbit/s，共 16 个通道，每个通道 32 MHz 带宽，2 bit 采样。观测结束后，台站数据通过高速网络传输到上海天文台 DiFX 相关处理机平台进行快速条纹检测，下图显示了射电源 0420-014 约 5 min 观测数据的条纹搜索结果，条纹信噪比接近 100。其它射电源也获得了清晰的干涉条纹，包括相关流量密度不到 0.2 Jy 的 0450+013。

考虑到南非、澳大利亚、日本和韩国都有具备 K 波段观测能力的射电望远镜，并有与天马望远镜开展联合观测的强烈意愿，天马望远镜有望在未来的全球 K 波段天体测量与测地观测中发挥重要作用。



【科学观测动态】顺利完成 EHT-东亚 K/Q 波段 VLBI 协同观测

2017 年 3 月中旬起，天马望远镜联合 KaVA (韩国 KVN，日本 VERA) 组成东亚毫米波 VLBI 网，在 K，Q 波段完成对事件视界望远镜 (EHT) 主要科学目标源 Sgr A* 和 M87 中央黑洞及喷流的协同观测，历时近三个月，分别完成 K 波段 5 个历元、Q 波段 11 个历元共 129 h 观测，于 5 月底顺利结束。数据处理和分析正在进行。此外，天马还参加了与 KaVA 对耀变体和晚型星的 Q 波段联合观测。天马望远镜 K/Q 波段 VLBI 观测已经进入常规观测运行阶段。

【科学观测动态】水喷泉源 IRAS18286-0959 中 OH 脉泽观测研究进展

AGB 星拱星包层是球状结构，并且有一个相对慢的膨胀速度（典型情况为 10~20 km/s），但它向行星状星云演化过程中，球状的包层气体逐渐出现不对称结构，较常见的是双极结构。后 AGB 星阶段出现的高速喷流（典型情况大于 100 km/s）可能在拱星包层结构演变过程中起主导作用。在这个过程中会出现一类特殊的天体现象，该类天体展现了高速准直的水脉泽辐射，因此被称为水喷泉源。这种高速准直的水脉泽正是由后 AGB 星阶段产生的喷流所激发。因此对这类天体的研究将有助于我们理解后 AGB 星阶段的喷流过程及其如何促成形态丰富的行星状星云。

近期，利用上海天马望远镜 L 波段接收系统，对其中一颗水喷泉源 IRAS18286-0959 开展了频率在 1 612 MHz, 1 665 MHz 和 1 667 MHz 的基态 OH 脉泽的观测。由于该源周围的分子气体环境非常复杂，具有多吸收及多辐射的 OH 谱特征，因此为了证认来源于该源的真实 OH 信号，对该源周围 $\pm 15'$ 范围的 OH 信号也进行了跟踪监测（如图 1）。通过与前期由德国 Effelsberg 100 米望远镜测得的 OH 谱比较，发现天马望远镜观测得到了一些新的 OH 脉泽谱特征。如图 2 所示：在 1 612 MHz 出现了新的红移 OH 脉泽（视向速度约为 70 km/s），在 1 665 MHz 则在蓝移端出现了新的 OH 脉泽（视向速度约为 20 km/s）。这种新出现的 OH 脉泽成分很可能是在后 AGB 星阶段产生的喷流由内向外传递的过程中形成的，即喷流在开始阶段先作用于水脉泽壳层，使水脉泽加速形成高速的水脉泽喷泉。随着喷流向外传递到 OH 脉泽壳层时，又开始加速 OH 脉泽壳层，产生了新的 OH 脉泽成分。利用天马望远镜对该源的 OH 脉泽长期监测，可以进一步明确上述喷流的物理过程。该研究成果发表在新一期的 *MNRAS* 杂志 (*MNRAS*, 2017, 468, 2 602)。

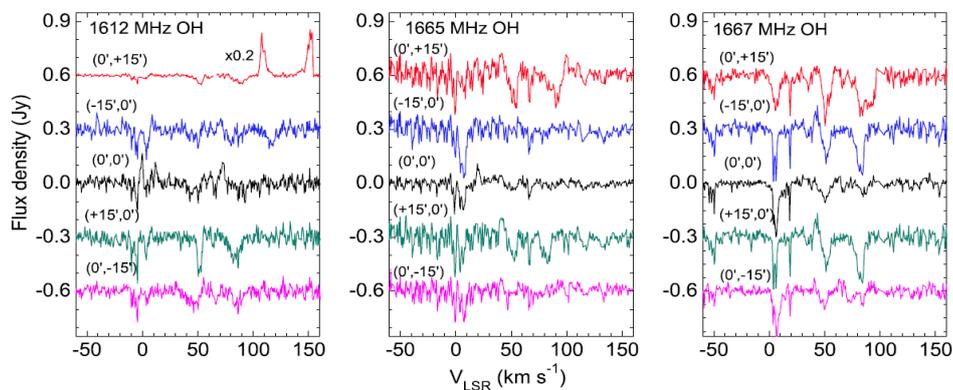


图 1 由天马望远镜观测得到的 IRAS18286-0959 及其周围 $\pm 15'$ 位置处的 1 612 MHz, 1 665 MHz 和 1 667 MHz OH 谱线轮廓

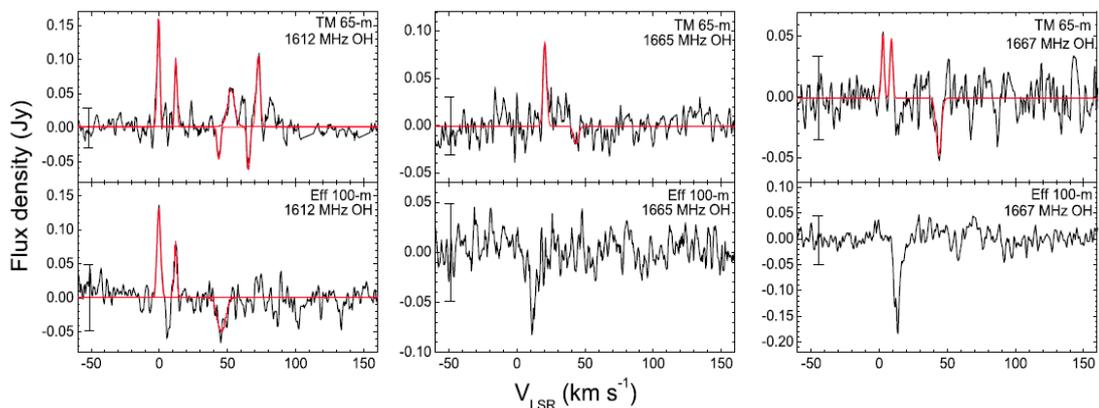


图 2 天马望远镜与 Effelsberg 100 米望远镜测得的 1 612 MHz, 1 665 MHz 和 1667 MHz OH 谱轮廓的比较
上面谱轮廓由上海天马望远镜测得，下面谱轮廓由 Effelsberg 100 米望远镜测得。

【国际合作】“中国-南非射电天文、空间测地与空间科学双边会议”在贵州平塘顺利召开

2017年6月2—5日，“中国-南非射电天文、空间测地与空间科学双边会议”在中国500米口径球面射电望远镜（FAST）台址附近的平塘县克度镇举行。

会议由中国科学院上海天文台和国家天文台主办，贵州大学协办，来自南非国家科研基金会（NRF）、南非 Hartebeesthoek 射电天文台（简称 HartRAO）、南非 KwaZulu-Natal 大学、中科院国家天文台、上海天文台、云南天文台、紫金山天文台、新疆天文台、国家授时中心、清华大学、南京大学、吉林大学、广州大学、贵州大学、昆明理工大学、黔南师范大学等单位的 50 余位专家学者参加了会议。科技部遥感中心主任、SKA 中国办公室主任王琦安研究员、中科院国际合作局亚非处刘宁博士、南非国家科研基金会 Y. Manjoo 先生、南非 HartRAO 的 L. Combrinck 教授、中科院国家天文台副台长郝晋新研究员、中科院上海天文台副台长沈志强研究员出席并致辞。

本次会议属于中国-南非天文合作序列会议之一，旨在推动两国在天文学领域的深入合作。会议的中国合作方首席科学家是沈志强研究员，南非合作方的首席科学家是 HartRAO 的 L. Combrinck 教授。会议重点围绕分子脉泽与大质量恒星形成、射电天体测量、空间大地测量、月球射电科学和非洲 VLBI 网等五个议题开展了充分的交流和讨论，并初步形成了后续合作计划，例如，非洲 VLBI 网相关处理机建设、基于天马望远镜的 K 波段天体测量、月球无线电与激光测距、空间测地技术并置观测站合作建设和人造卫星 VLBI 联合观测等。会议期间，与会专家还参观了 FAST 和平塘天文体验馆。



【观测运行动态】观测情况统计

2017年4—6月份天马望远镜总运行时间为 2 153 h，其中单天线观测 773 h，VLBI 观测 466 h，各项测试 710 h，天线维修保养 199 h，各种原因的观测取消 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：赵玲丽 何雯婷 王彩虹

审核：刘庆会

签发：沈志强