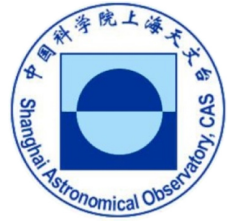




天马行空录



主办单位：中国科学院上海天文台

2019年6月30日

第21期

总第21期

【新闻动态】“上海 65 米射电望远镜系统研制”项目荣获 2018 年度上海市科技进步奖特等奖

5月15日上午，2018年度上海市科学技术奖励大会在上海展览中心隆重举行。中国科学院上海天文台主持的“上海65米射电望远镜系统研制”项目荣获上海市科技进步奖特等奖。

上海65米射电望远镜于2008年10月底立项，2009年12月29日奠基，2010年3月19日开始现场建设。2012年10月28日望远镜的落成标志着工程建设任务的初步完成。2017年10月27日，上海65米望远镜（即天马望远镜）通过总体验收。

建设大型射电望远镜需要攻克高精度指向、高接收效率、低温宽频带接收、复杂灵活控制、综合性能测试和模型建立等一系列技术难题，是一个国家综合创新能力的集中体现。上海天文台联合中电54所、上海交通大学、中电16所等单位，攻克了40多项关键技术，通过集成创新，建成了中国第一台性能先进、功能齐全的全可动大型射电望远镜系统，实现了中国建设世界级大型射电望远镜的目标。该系统综合性能指标在同类型望远镜中位列世界前三，极大地提升了中国探月卫星和深空探测器测定轨能力，以及国际VLBI和射电天文观测能力。该望远镜落成至今已稳定运转七年。

取得的主要技术创新成果：

攻克并掌握了大型高精度天线、主反射面主动调整系统、致冷接收机、控制软件系统、综合测试和模型建立等大型射电望远镜研发的核心关键技术，首次建成了性能先进、功能齐全的全可动大型射电望远镜系统，实现了最高3"的高精度指向，实现了在1.2~50 GHz范围内八个波段任意仰角好于50%的高效率。

研发了国内首套大型射电望远镜主反射面主动调整系统；在国内首次采用了高精度焊接环型整体轨道设计与制造技术；实现了对主反射面的重力形变和副反射面的位姿变化的高精度测量及其修正模型的构建。

该望远镜成为了中国月球和深空探测器测轨定位的国之重器，作为主力测站为嫦娥三号和四号的成功作出了突出贡献；大幅提升了中国参加国际VLBI观测和射电天文观测能力，并在其运行早期就取得了一系列原创性观测成果。

天马望远镜将继续为嫦娥五号、火星探测器、探月四期（中国的月球极区探测计划）、小行星探测和木星探测等的测定轨任务服务，也将继续开展脉冲星、大质量恒星形成和演化、活动星系核和X射电双星等的观测研究。

【科学观测动态】天马望远镜为人类捕获首张黑洞照片作出贡献

2019年4月10日，事件视界望远镜（EHT）合作组织宣布首次利用一个口径如地球大小的

虚拟射电望远镜, 在近邻巨椭圆星系 M87 的中心成功捕获人类首张黑洞照片(图 1)。此次发布的黑洞照片是由 EHT 在 2017 年 4 月份的首次 1.3 mm(230 GHz) 成像观测中所拍摄的。

EHT 观测期间, 以上海天马 65 米射电望远镜为主力的东亚甚长基线干涉网 (EAVN) 分别在 7 mm (43 GHz) 和 13 mm (22 GHz) 波段对 M87 进行了密集的高分辨率成像监测。这些监测有效地对黑洞周围致密辐射区在 1.3 mm 波段的总流量密度作出限定, 弥补了 EHT 缺乏短基线覆盖的不足, 为人类顺利捕获首张黑洞照片作出了贡献 (详见 Event Horizon Telescope Collaboration, et al. ApJ, 2019, 875: L4, 第 B.2 小节)。

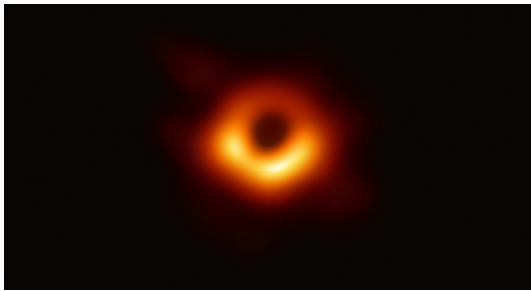


图 1 EHT 捕获的位于 M87 星系中心超大质量黑洞的照片

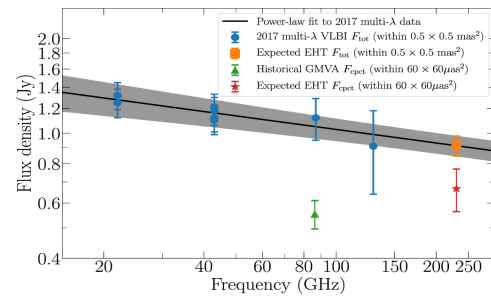


图 2 2017 年 M87 在 VLBI 尺度上的多频率谱以及 1.3 mm(230 GHz) 波段致密辐射区的总流量密度估值

【技术维护与发展】采用 DBBC2 实现接收机的周期噪声注入功能

采用 VLBI 终端 DBBC2 的 80 Hz 的周期噪声注入可以提高系统温度的定标精度。从 2018 年 6 月起, 项目组通过一年多努力, 对天马望远镜的周期噪声信号链路以及控制系统进行升级, 实现了用 DBBC2 进行周期噪声注入功能。

它的原理是通过把 DBBC2 的 80 Hz 信号送入接收机, 实现周期噪声注入(图 3 a)。改造后的信号链路如图 3 b), 图 3 c) 为 C 波段接收机噪声注入测试结果, 其他波段类似。通过对各个波段接收机记录的数据处理, 结果显示, L, C, S/X, K 波段接收机周期噪声注入功能正常, 周期准确, 可以用于天文观测。

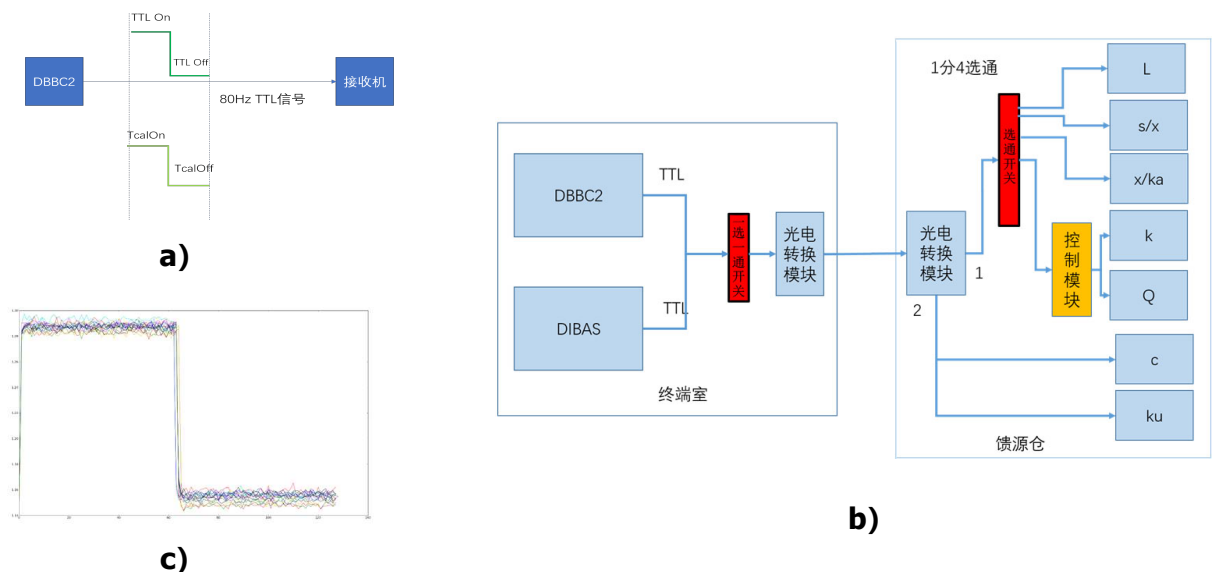


图 3 周期噪声示意图

【技术维护与发展】采用 flexbuff 实现 32 Gbit/s 的 VLBI 数据记录

flexbuff 是采用通用磁盘阵列服务器和 jiveab 软件实现 VLBI 数据的高速记录设备。天马望远镜采用了超微 36 盘位的磁盘服务器，以及两块 SAS 卡和万兆网卡，通过系统优化实现了超过 32 Gbit/s 的数据记录速度，为 EVN 进行 32 Gbit/s 的宽带天文观测做好了技术准备。

技术原理为，采用通用的磁盘阵列服务器，将高速网络数据切片分别存储在不同的磁盘上，形成分散的通用文件，然后通过 vbs_fs 软件合并成为完整的 scan 文件，如图 4 所示。

硬件配置使用通用磁盘阵列，具有 36 个盘位， 8×36 TB 容量；主板通过 PCIex8 总线接两块 SAS 卡（最大速率 128 Gbit/s），分别连接 24 块盘和 12 块盘，组成 36 块盘的磁盘阵列。实验记录了约 7 h 的数据，平均记录速率可超过 32 Gbit/s（图 5）。



图 4 flexbuff 原理图

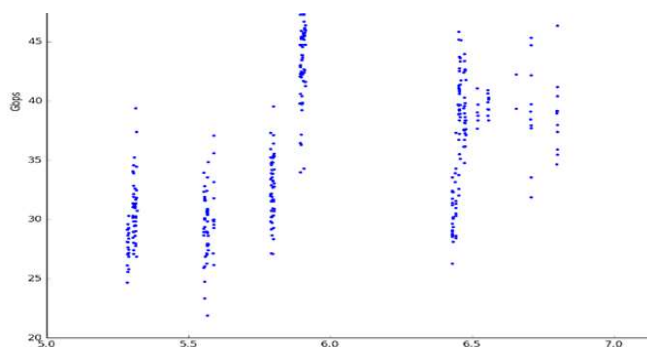


图 5 flexbuff 的记录速率测试结果

【技术维护与发展】宽带 VLBI 技术进展

为了大幅度提高现有 VLBI 网的观测灵敏度，2019 年初 EVN 启动了 32 Gbit/s 的测试计划。天马望远镜积极加入了欧洲 32 Gbit/s 技术测试组。测试组每个月开一次视频会议，讨论技术方案和观测安排。2019 年 3 月 14 日，EVN 三个台站（含天马站）利用最先进的设备 DBBC3 开展了观测，并成功获得条纹。

32 Gbit/s 观测能够使现有的 VLBI 成图灵敏度提高 4 倍，接近和达到 $1 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ ，进而能使天文学家成功地对各种射电极弱源或极弱成分（不小于 $10 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ ）开展 uv 平面全覆盖的 VLBI 天文观测研究。

通过各个天文台的技术讨论，确定了 4 Gbit/s, 8 Gbit/s, 16 Gbit/s 和 32 Gbit/s 的技术实现路线，技术组制定了详细的观测模式。

为了实现天马望远镜宽带 VLBI 观测，项目组对整个系统进行了技术更新，具体如下。

- 1) 建立信号链路。
- 2) 采用 C 波段接收机 4~8 GHz 射频信号，DBBC3 直接接入 4~8 GHz 的左右旋信号，采用两个 1 分 4 功分器，分别接入 DBBC3 的 8 个 IF。
- 3) 实现了 DBBC3 数字终端的安装和测试，以及自相关谱测试。
- 4) 购买了高速磁盘记录服务器，并通过数个月的优化和测试，实现了 32 Gbit/s 的记录速率。
- 5) 通过更新现有控制系统软件，实现了对 DBBC3 和 flexbuff 记录设备的全自动化控制。

【领导关怀】上海市委常委、统战部部长郑钢淼调研天马望远镜

5月19日上午，上海市委常委、统战部部长郑钢淼一行调研上海天文台。松江区委书记程向民，上海天文台台长沈志强，党委副书记、副台长陶隽等陪同调研。

沈志强详细介绍了上海天文台科研发展有关情况，并重点对天马望远镜的建设过程、技术难点、运行情况、承担的科研任务等内容进行了讲解。在他的陪同下，郑钢淼一行登上天马望远镜，查看了天马望远镜总体情况。



随后，郑钢淼一行前往 VLBI 深空探测指挥控制中心，对 VLBI 技术、上海天文台参与探月工程、北斗卫星导航系统、参与人类首张黑洞照片发布等情况进行了详细了解。

郑钢淼充分肯定了上海天文台近年来取得的成绩，对科研工作者的付出与贡献表达了极大的敬意。他表示，在新时代新使命下，希望各界人士在党的领导下，奋发有为，积极贡献。

【观测运行动态】观测情况统计

2019年4—6月，天马望远镜总运行时间为2 009 h，其中单天线观测1 039 h，VLBI观测501 h，各项测试313 h，天线维修保养156 h。

【短讯】

- 4月1日，国务院国有资产监督管理委员会监事会主席、何梁何利基金会秘书长段瑞春教授、探月工程总设计师吴伟仁院士、国家奖励办翁非处长、浙江大学徐之海教授等一行调研天马望远镜。
- 5月18—19日，为迎接中国科学院第十五届“科技强国 科普惠民”公众科学日和上海科技节，天马望远镜参加了为期两天的开放日系列科普活动，接待了250余名普通市民相聚佘山科技园区，普及天文科技知识，开启了一段神奇的天文探索之旅。
- 5月23日，第一届长三角一体化创新成果展在芜湖隆重开幕。在本次集中展示长三角科技创新成果的大窗口中，天马望远镜模型亮相原始创新展区。
- 6月20日开始，对天马望远镜天线系统进行了维保，范围包括天线座架和背架补漆、主反射面清扫、天线系统维保、俯仰齿轮齿隙调整、馈源舱空调系统安装、氦气管路维保、轨道不平度测量、主动面系统维修、电梯维保、防雷系统维保和监控系统安装等。
- 6月24日，由上海城市推广中心主办，中国驻葡萄牙大使馆合办的“上海客厅”城市推广活动在葡萄牙首都里斯本举行。天马望远镜模型成功入选了本次城市推广活动，代表上海城市形象，亮相里斯本。
- 6月27日上午，上海科学技术交流中心党委书记、副主任陈东一行调研天马望远镜。

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