



2024-07-03 收到

† email: mcheng@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20240709

# 星汉灿烂，尽收“眼”底

——中国科学院物理研究所“FAST运行情况及未来发展”

主题讨论侧记

北筑鸟巢迎圣火，南修窝幽落星辰。 ——南仁东

1933年，贝尔实验室的工程师卡尔·央斯基在研究越洋电话的信号干扰问题时，意外发现了一个周期性的无线电信号，最终证实这个信号来自银河系。而这个他起初并不在意的小信号，正是宇宙的信使——射电波段的电磁波。央斯基在无意间推开了射电天文学的大门。今天，射电望远镜已经成为天文学最重要的观测手段之一。当下，就在你阅读这篇文章的时候，由中国自主设计建设的世界最大单口径射电望远镜FAST，正望向宇宙，望向这满天星河。

2024年6月24日晚，由中国科学院学部工作局、科学技术部人才与科普司支持，中国科学院物理研究所承办的第75期科学咖啡馆活动成功举行。本次活动主持人为中国科学技术大学科学传播研究与发展中心研究员邱成利，主讲嘉宾为中国科学院国家天文台副台长姜鹏。在这期沙龙活动中，姜鹏以“500米口径球面射电望远镜(FAST)未来的发展”为题，向大家介绍了FAST的运行情况及对未来发展的展望。

## FAST的建设

很多人对射电望远镜存在误解，以为它要发射电磁波，其实射电望远镜只是接收电磁波。射电是

电磁波的一个波段，它与可见光波段是仅有的两个可以完全穿过大气层的波段，被称为大气窗口。射电望远镜就是工作在射电波段的望远镜，接收来自太空的射电电磁波。射电望远镜与光学望远镜也是仅有的可以建设在地球表面的望远镜。1963年，口径305米的阿雷西博望远镜落成，在这之后的50余年间，它一直是射电望远镜中霸主级的存在，直到500米口径“中国天眼”FAST的建成。FAST不仅接过了世界最大单口径射电望远镜的头衔，将射电波段的视野再次拓展，还具有堪称是工程学奇迹的两大创新技术。首先是瞬时抛物面成形技术，与一般射电望远镜固定的反射面不同，FAST可以通过索网控制反射面板在局部形成直径300米的抛物面，还可以随着观测的需要随时调整；第二大创新是轻型索拖动馈源平台和并联机器人技术，通常的射电望远镜馈源平台固定在反射面的焦点处，而FAST的馈源平台与反射面是独立的，由6根轻型索牵引，在驱动系统的控制下可以精准找到反射面的焦点位置，获取最强的信号。

FAST选址在地形复杂的贵州天然山地中，

这可以省去大量的建设费用，却也显著增加了建设难度。FAST的反射面跨度为500米，索网跨度为600米，比北京鸟巢都要大，而它的建设精度却达到了1/200000，远超传统结构要求的1/2000。更难的是，如此高的精度要求是建立在野外建设的基础上的，这意味着温度、地球曲率，甚至是测量中的大气折射率等因素都要考虑在内，能在复杂的地形上以如此高的精度，完成如此大体量的工程建设，殊为不易。FAST的馈源平台完全靠轻型索柔性连接，却要在公里级的尺度上实现毫米级的定位精度，这种测量控制技术也是前所未有的。不过，正是由于索牵引的馈源平台，FAST达到了阿雷西博望远镜3倍的灵敏度。FAST的建成，意味着中国射电天文领域第一次在灵敏度这一指标上走在世界前列。

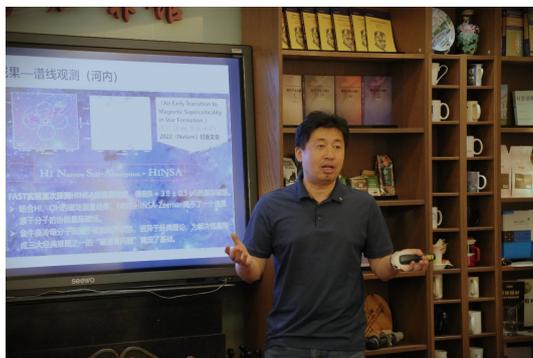


图1 姜鹏主题报告现场

## FAST 成果及未来发展规划

2016年9月2日FAST落成，经过几年的调试，在2020年1月11日通过国家验收。FAST建成至今，每年贡献超过5300个有效机时，经过4年的数据积累，FAST取得了几个代表性成果。

天文学家对恒星形成机理的认识并不完整，标准模型认为，在恒星形成过程中，磁场和重力是相互抗衡的力量，分子云密度高的地方，重力越大，磁场也越强，因此恒星的形成需要上千万年。我国科学家利用FAST对即将形成恒星的金牛座冷暗分子云展开观测，并利用基于中性氢的窄线自吸收方法获得了原恒星核包层中塞曼效应的测量结果，发现磁场强度比理论预言小很多，与标准模型不符。该工作于2022年发表在*Nature*上，并被选为封面文章。FAST还发现了轨道周期最短的脉冲星双星系统。在脉冲星双星系统中，脉冲星往往会吸积伴星的物质，随着脉冲星的蚕食，两颗天体的距离越来越近，相互绕转的速度也越来越快，直到恒星的质量变得很小，脉冲星难以继续吸积并把恒星推开，绕转速度也会变慢。天文学家把它们相互靠近的过程称为“红背蜘蛛”系统，把相互远离的过程称为“黑寡妇蜘蛛”系统，统称为“蜘蛛类”脉冲星。但

长期以来，我们只能观测到“红背蜘蛛”系统或“黑寡妇蜘蛛”系统，没有观察到处于中间状态的脉冲星系统。中国科学家使用FAST探测到了M71E双星系统，这一发现补齐了这一理论的证据链条，相关成果也发表在*Nature*上。此外，纳赫兹引力波的发现也是FAST的突出成果。纳赫兹引力波是理论预言的引力波背景，国际上有多个研究团队展开观测，我国科研团队利用FAST探测到纳赫兹引力波存在的关键性证据，置信度为4.6，达到世界领先水平。FAST运行几年以来，发现脉冲星900余颗，在*Nature*、*Science*发表论文11篇，多项成果受到同行高度认可。

除了上述成果外，FAST同样极具应用潜力。它可以和雷达配合，显著提高同步轨道的测量能力，实现在同步轨道测量5 cm左右的物体；也可以用于确定脉冲星时间基准，脉冲星是高速旋转的致密天体，稳定度非常高，是宇宙中最精准的时钟，可以媲美原子钟。FAST的高灵敏度大幅提升了脉冲星时间基准的测量精度，为应用提供可能。FAST的灵敏度虽高，但分辨率尚有不足，未来我们计划在其周边建造一系列小口径射电望远镜，组成一个综合望远镜阵列，以提升分辨率，全面提高我国的天文观测能力。

## 不忘初心再出发

姜鹏从项目初期就加入了FAST建设团队，如今他又投入到了新的建设中，一路走来感触颇深的他也分享了一些建设过程中的逸事，与会嘉宾无一不被深深吸引，讨论环节纷纷发言，现场气氛热烈。

中国地质图书馆科普综合研究室主任梁忠率先提问：“FAST在选址的时候考虑过环境因素吗，沙土、树叶等杂物又怎么清洁呢？”姜鹏答道：“贵州确实多云多雾，可能对于光学观测来说不太友好，但FAST的反射面都是镂空的，下雨也好、刮风也好，都可以通过。至于树叶，FAST接收面积很大，一般不需要考虑这些小杂物的遮挡。而且对于射频波段来说，这些不会有影响。选在贵州还有一个重要原因是这里人少，人类活动带来的电磁波信号干扰很少，这一点反而很重要。”

中国地质环境监测院工程师薛瑶初又问道：“FAST能看到其他星球有没有水吗，能直接探测其他星球表面吗？”姜鹏回答道：“还真的做过相关研究。我们探测过月球的南极区域的水含量，原理就是利用电磁波的极化反演水汽含量，不过这个方法并不严谨，只能给出一个上限，我们的结果是月球的水含量不超过2‰。至于探测其他星球的表面，则需要主动发射电磁波到这个星球表面，再利用FAST接受电磁波信号。如果用这种方法，我们探测月球的分辨率大概可以达到50米，这个与电磁波的频段、天体的转动有关。

科学咖啡馆活动在热烈的讨论中渐入尾声，与会嘉宾纷纷表示获益良多。人类从没有停止过仰望星空，人类的历史相比于这璀璨的繁星可能不值一提，可千万年来，科技文明的进步，已经让这漫天的群星触手可及。未来，人类必将携手进一步探索这片令人沉醉的天空。

(中国科学院物理研究所

李存东 秦晓宇 成蒙 供稿)



图2 科普活动与会嘉宾合影

# Scryo-S<sup>®</sup>

## 系列低温恒温器

Scryo-S 系列低温恒温器 (Scryo-S) 具有降温速度快, 变温范围大, 震动小, 噪音低, 设计灵活, 样品可置于真空或超高真空中, 制冷剂使用效率高, 无需定期维护等特点, 并可与 Qcryo 形成不消耗液氮的干式低震动低温系统。



Scryo-S-100  
通用型低温恒温器



Scryo-S-200  
超高真空低温恒温器



Scryo-S-300  
紧凑型显微低温恒温器



Scryo-S-400  
超高真空(UHV)低温插件



Scryo-S-500  
显微低温恒温器



Scryo-S-600  
UHV JT插件

### Scryo<sup>®</sup> 系列低温恒温器典型特性

| 类 型  | S-100<br>低温恒温器                              | S-200<br>低温恒温器                      | S-300<br>低温恒温器                              | S-400<br>低温插件                        | S-500<br>低温恒温器                    | S-600<br>JT插件                        |
|------|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 样品环境 | 真空  | 超高真空                                | 真空  | 超高真空                                 | 真空                                | 超高真空                                 |
| 温度范围 | <1.8K-500K                                  | <2.2K-475K                          | <1.8K-475K                                  | <1.8K-500K                           | <1.8K-475K                        | <1.3K-500K                           |
| 震动水平 | -   | <5nm                                | <10nm                                       | -                                    | <5nm                              | -                                    |
| 漂移水平 | -   | <2nm/min                            | <3nm/min                                    | -                                    | <2nm/min                          | -                                    |
| 温度稳定 | <25mK                                       | <10mK                               | <10mK                                       | <25mK                                | <10mK                             | <10mK                                |
| 典型应用 | 紫外 / 可见光 / 红外, THz, 基质隔离, 穆斯堡尔谱, 高压 / 高能物理等 | STM、AFM、离子阱、原子 / 分子冷阱、近场光学椭圆仪和高能物理等 | 显微 / 近场光学、低维材料、磁光、拉曼 / 红外光谱、高压、X-ray 和高能物理等 | STM、AFM、ARPES、椭圆仪、红外、超快、X-ray 和高能物理等 | 显微(磁光)、低维材料、拉曼/傅里叶/布里渊散射、高压和高能物理等 | STM、AFM、ARPES、椭圆仪、红外、超快、X-ray 和高能物理等 |

