

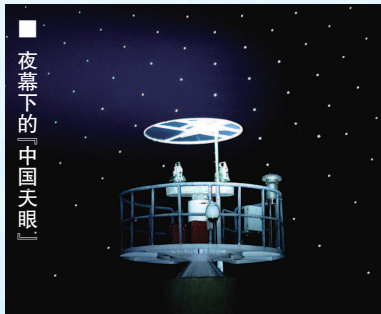
中国天眼

·特别报道

来自 FAST 的邀请！“中国天眼”今起对全球开放

一起抬望眼

特派记者 邵阳 通讯员 陈思宁



夜幕下的「中国天眼」

你是否聆听过来自宇宙深处的声音？距离地球 1.6 万光年的脉冲星信号里，又隐藏着怎样的秘密？在科技的加持下，人类对宇宙的探索从未停步。去年年初，历时 22 年建造而成的中国天眼 FAST 通过国家验收，正式投入运行，成为全球最大且最灵敏的射电望远镜。就在北京时间今天零时，本着开放天空的原则，中国天眼向全世界天文

学家发出邀约，征集观测申请，所有国外申请项目统一参加评审，评审结果将于 7 月 20 日公布，观测时间将从 8 月开始。

中国天眼能够接收到 100 多亿光年以外的电磁信号。自通过国家验收启动运行以来，这颗凝视苍穹的巨大“眼睛”，已经“找到”了 300 颗脉冲星，并在快速射电暴等研究领域取得重大突破。

1 梦想与实干



中国天眼有多大？它的总面积相当于 30 个标准足球场，如果把它盛满水，够全世界每个人分到 4 瓶水；中国天眼有多灵敏？它达到世界第二大射电望远镜的 2.5 倍以上。假设你在月球上打电话，它也可以探测到你的信号。

可，如果没有他，FAST 可能至今只可能存留在我们的幻想中，而被选中的那个大窝凼，仍旧是贵州平塘县密林深处再普通不过的大土坑。居住在这儿的贫困农民，还过着面朝黄土背朝天的生活……

他叫南仁东，在深邃浩渺的宇宙中，有一颗以他名字命名的星星。2017 年 9 月 15 日，72 岁的南仁东闭上了眼睛。如今，他的雕像永远伫立在贵州大窝凼，凝望远方，陪伴着凝聚了一生心血的中国天眼，微微扬起的手似乎在告诉来者：“这是属于科学的美丽风景”。

25 米与 350 米，这是此前中国与 美国拥有射电望远镜口径的差距，而口径的大小直接决定了能“看多远”“听多清”。不甘落后的南仁东提出一个大胆的设想：在祖国的土地上建造一个最

大的单口径射电望远镜。

二十二年，一件事。为了给“天眼”选址，南仁东用了 12 年，带着团队对 1000 多个洼地进行比选，又实地走遍上百个窝凼，最终决定选址在贵州省黔南布依族苗族自治州平塘县大窝凼。那会儿，贵州的交通条件还不是很好，很多地方无法通车，只能靠步行，他们每天最多只能看一两个窝凼。南仁东的学生动情地回忆：“几十个大大小小的山寨，南老师去了；一些当地农民走着都费劲的山路，南老师去了；一些从未有人踏足的荒野，南老师也去了！”

在施工现场，已不再年轻的他经常亲力亲为，爬山调查危岩、上钢架拧螺丝、拿扁铲削平钢材……南仁东曾说：“FAST 如果有一点瑕疵，我们对不起国家。一项关键技术突破不是我个人的成绩，它是一大群人的拼搏和努力。”

中科院国家天文台研究员陈学雷曾这样写道：“虽然南老师没有能等到它产出科学成果的那一天，但我想他离去的时候心里一定非常清楚，他毕生的事业已经成功了。”

2 工程到科学



人类凝望宇宙的“大眼睛”，曾有两个，一个位于中国，一个位于地球另一侧的波多黎各。2020 年 12 月 1 日，波多黎各的阿雷西博射电望远镜坍塌，已无修复可能。只剩躺在贵州大山深处的中国天眼，冲破天空的阻断，看穿星辰的奥秘。

事实上，望远镜的发展历史就是追求灵敏度的历史。科学家一直想要造更大口径的望远镜，因为口径越大，就意味着越大的收光面积，在探测微弱信号方面有更强的能力。中国天眼总工程师，国家天文台研究员姜鹏解释，一来能极大地扩展可观测样本的数量，其中就可能孕育着一些重要发现；二来可以观测到更早期或更遥远的宇宙现象，对研究宇宙演化历史有很大的帮助。

2011 年，FAST 开始建设后，有位外国友人问了中国科学家一个问题：你知道 500 米有多大吗？这当然不是问大小，而是善意提醒，建造 FAST 不一定像想象中的那般顺利——因为 500 米的望远镜从来没有人做过。这句话很快被验证了——就在团队如火如荼地进行台址开挖的时候，一个差点让 FAST 毁于一旦的技术问题出现了：“索疲劳”。由于球面到抛物面变化是通过索网实现，所以它对疲劳系统要求极高，要求钢索能承受 500 兆帕应力，这相当

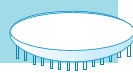
于传统规范的两倍还要多。

回忆起十年前的“索网攻关”，姜鹏记忆犹新：“我们开展了可能是有史以来最系统、最大规模的索疲劳试验，经过近百次失败，终于研制出超高耐疲劳钢索，在 200 万次循环加载条件下可达 500 兆帕应力幅，这在国际上尚无先例。”

从中国天眼落成启用到通过验收，又用了三年时间。正是这三年，FAST 一刻不停调试和试观测的目标和成果，完成了从世界最大到世界最灵敏的跨越。“实现望远镜的灵敏度，其实我们就在做两件事。”姜鹏说，“一是能不能把抛物面做得完美，抛物面越完美，平行的电磁波打到抛物面上就越能汇集到点上；二是能否把接收机放到焦点的位置上，离焦点越近，收集的信号就越强。”

在中国天眼的验收会上，国家发改委高技术司副司长沈竹林宣布：FAST 各项指标均达到或优于批复的验收指标，主要性能指标达到国际领先水平，具备了开放运行条件。姜鹏认为，通过国家验收意味着中国天眼完成了工程师和科学家之间的交接棒，“火力全开”投入科学观测，“如果 FAST 能有一些重要的科学发现，希望大家还能记住这个 100 号人左右的团队，用了 20 多年的青春，最后铸就了大国利器。”

3 收获与未来



中国曾是世界上天文记录最久远、最完整的国家。然而近代以来，中国天文学跟其他科学技术一样，落后于率先完成工业革命的西方国家。在上世纪，老一辈天文学家只能寻求与国外合作，而借用别人的望远镜，意味着多数只能做一些边缘课题。

所谓“工欲善其事，必先利其器”，人类的科学发现与技术创新越来越离不开强大的科研仪器。尤其是大科学装置，和创新思维共同构成了现代科学技术突破的必要条件。过去我国缺少大望远镜设备，天文学家只能在某些领域从理论方面深挖；有了中国天眼，科学家们就可以从观测角度做出更多原创的、世界领先的成果。

被寄予厚望的“中国天眼”不负所托，在调试阶段就系统发现新脉冲星，截至目前，共发现 300 多颗脉冲星，成为国际瞩目的宇宙观测“利器”。就在前不久，国家天文台科研团队在 FAST 海量数据中搜寻出三例新的高色散快速射电暴。模型研究表明，FAST 探测的快速射电暴样本可以延展到约接近宇宙早期。

中国科学院国家天文台有关负责人表示，中国天眼向世界全面开放，彰显了 中国与国际科学界充分合作的理念。在开放合作中，中国的科学重器将更好地发挥效能，促进重大成果产出，为全人类探索和认识宇宙作出贡献。

（本报贵州平塘上午电）

让它发现目标 更快更高效

张江算力为“中国天眼”保驾护航

中国科学院上海高等研究院感知与计算实验室研究员祝永新告诉记者，“中国天眼”的日常运行，也有上海科研人员的贡献。

“我们的工作就是让 FAST 的数据传输得更快，计算得更高效，让它在发现科学目标时能更快（快）！”

贵州省黔南州平塘县大窝凼，被称为“中国天眼”的 500 米口径球面射电望远镜静卧其中。当中国天眼凝视深空时，每秒产生的数据量达 38GB，塞满目前最大容量 512G 手机，仅需不到 14 秒。FAST 一个机时至少是观测 2 小时，由此产生的数据之大可想而知。要开展研究，第一步就是对海量数据的有效预处理。

“如果堆越多的数据得不到及时处理，就不得不将装置停下来处理，下一个观测任务就需要漫长的等待。”祝永新解释。他领衔的中科院上海高研院课题组与英国皇家工程院院士陆永青教授所在的帝国理工大学紧密合作，在定制计算的软硬件协同设计、科学大数据流处理框架等方面取得了不少突破。

利用这些技术，通过对天眼获取的毫秒级脉冲星数据的有效预处理，能将数据无损压缩到三分之一，有效地减缓了从 FAST 天线向数据中心的传输和存储的压力。

传输效率提高了后，课题组紧接着把目光瞄向了 FAST 的计算速度。“我们使用异构加速部件，针对

感知的数据进行定制化计算，使得部分关键算法的效率提高了 5 到 10 倍。”

过去，FAST 天文学家每天需要看近万张图谱，寻找可能的脉冲星等天文目标。上海科研人员在基于深度神经网络的恒星/星系识别方法的基础上，与 FAST 研究人员开发新的脉冲星等天文目标的机器学习方法，自动筛选掉无效的 FAST 图谱，让天文学家们每天只需要关注百余张有效图谱。他特别提到，自己领衔的课题组更偏工程应用，不少技术迭代想法的出现，是和天文学家的头脑风暴，两者的碰撞，发挥了 1+1 大于 2 的效果。

说到这儿，或许有人会将这项工作 和人工智能帮影像科医生读片做类比。在祝永新看来，两者有类似也有不同。“两者都用到了人工智能等方法来过滤筛选，提高工作效率；不过，在医院需要识别的是图像，而在 FAST 的应用里是识别图谱。”

在数据“快递”的过程中，遇到丢包怎么办？祝永新课题组还初步完成了单脉冲星相干消色散原型机的设计，利用这一技术，“防丢包能力”将提升两个数量级。

记者了解到，作为平方公里阵列射电望远镜（SKA）的先导项目，团队在“中国天眼”数据处理上取得的成果有望应用于 2023 年开始建设的 SKA 项目。



▶ 前天，工作人员对「中国天眼」圈梁进行维护

▶ 工作人员在「中国天眼」总控室内工作

盼望好运 出个诺奖

FAST 向世界开放的消息，也引起了天文领域“最强大脑”们的关注。本报通过世界顶尖科学家协会（WLA），独家采访了两位 WLA 会员：天体物理学家、2006 年诺贝尔物理学奖得主乔治·斯穆特三世，以及《生活大爆炸》中“谢耳朵”的原型、1979 年诺贝尔物理学奖得主谢尔顿·李·格拉肖。在顶尖科学家看来，中国正在为世界科学作出重大贡献，FAST 正是其中的代表。

“我曾实地参观过”

当地时间 2020 年 12 月 1 日，位于波多黎各的阿雷西博射电望远镜轰然倒塌。从 1963 年正式建成起，阿雷西博望远镜不负众望，获得了众多荣誉。长期在阿雷西博天文台工作的物理学家亚伯·门德斯悲伤地说：“失去阿雷西博，就失去了一天 24 小时监控微弱无线电信号的能力，现在我们只有一只‘眼睛’了。”门德斯口中的“眼睛”，正是 FAST。

“500 米口径球面射电望远镜巨大的无线电信号收集面积发挥了重要作用。它能将微弱的信号收集进接收器阵列。因此，它已经发现了许多脉冲星。”斯穆特三世告诉记者，“利用 FAST 接收到的稳定信号，科学家们能长期观察和探测低频引力波，这对

于了解诸如超大质量黑洞合并和原始引力波等信息很有帮助。”

谢尔顿则介绍，在他出生的那年（1932 年），美国无线电工程师卡尔·詹斯基发现了来自太空的无线电信。从那时起，无线电信就在天文学中发挥了重要作用。“1974 年，阿雷西博望远镜发现了第一颗双星脉冲星。FAST 体积更大，如今正是‘接棒’建功立业的最佳时机。”

斯穆特三世饶有兴致地说，自己在三年前参观过 FAST，当时 FAST 还在建设中。印象最深的是风尘仆仆的工程师。那次参观后，斯穆特三世和博士生伊万·德博诺发表了论文，文中提议 FAST 可以开展极富成效的 21 厘米谱线深空勘测，并以此绘制从银河系到宇宙一半光年半径的三维宇宙图。这位古稀之年的老科学家表示，自

己正展开一项新的研究计划，也有可能向 FAST 申请观测时段。

“相信能带来诺奖成果”

FAST 向世界开放，谢尔顿很是兴奋，在他眼里，这对天文学研究而言是极大的福音。尽管作为理论物理学家，谢尔顿并非 FAST 的潜在用户，但他指出，人类有史以来最大的望远镜——平方公里阵列射电望远镜（SKA）预计在 2028 年投入观测，在此之前，FAST 将是世界射电天文学必不可少的大科学装置。需要强调的是，中国同样是 SKA 的主要成员国。而记者了解到，中国未来射电天文设备的布局可以概括为：自主研究与国际合作相结合，单口径与干涉阵列协同发展。

“最好能出一个诺贝尔奖。”这是一位 FAST 工程师面对镜头时的期待，大家

希望世界尤其是中国的科学家们能够因天眼而有好运气。对此，斯穆特三世说，诺贝尔奖来自伟大的想法和发现。当一个新的装置投入使用，并且其观测范围远远超出了以前所知晓的范畴时，很有可能会发现一些新事物。尽管获得诺贝尔奖评审委员会的青睐或许还要等上很多年，但斯穆特三世相信，至少有一支优秀团队能通过 FAST 的观测获得重大成果，并摘下诺奖。

两位科学家还对今年召开的第四届世界顶尖科学家论坛提出了期待。斯穆特三世希望能在今年的论坛上听到有关 FAST 运行情况的报告，并了解到正在开展的科学项目及其进展。谢尔顿表示，FAST 一定会开展令人兴奋的研究，比如发现原始引力波、探秘太阳系行星、发现宜居的系外行星，他渴望在今天的论坛上听到 FAST 带来的好消息。

500 米口径球面射电望远镜

英文名	FAST	接收能力	能够接收到 100 多亿光年
地址	贵州省平塘县克度镇金科村大窝凼	建成	以外的电磁信号
口径	500 米	成果	2016 年 9 月
接收面积	25 万平方米（相当于 30 个足球场）		已发现 300 余颗脉冲星