

开栏的话

哲学家说：“世界上有两件东西能够深深地震撼人们的心灵，一件是我们心中崇高的道德准则，另一件是我们头顶上灿烂的星空。”仰望星空，科学家们从宇宙和天体的运行演化中发现自然规律，又利用这些自然规律加深对宇宙的认识，形成了现代天文学和宇宙学体系。

从今天起，本版开设“科学家聊宇宙”专栏，约请空间物理学博士李会超，为广大读者讲解宇宙的神奇与奥秘。敬请关注！

宇宙究竟有多大

李会超

“天地方圆为宇，古往今来为宙。”宇宙，乃一切空间和时间的集合。行星、恒星、星系等我们所有已知的天体，以及各种物质与能量的存在形式，都包含在宇宙之中。

在古代，充满好奇的人们想象出了关于宇宙的种种传说。随着天文学和物理学的发展，人们逐步建立起对宇宙的科学认知。

丈量宇宙的大小，首先需要有一个合适的长度单位，作为“量天尺”刻度。在描述星系、宇宙尺度的长度或距离时，天文学家最常用的单位是光年，也就是光以每秒约30万公里的速度传播一年所走过的距离。1光年大致等于9.46万亿公里，相当于地球赤道长度的2.365亿倍。

对于我们日常生活所能接触到的长度和距离，光的传播几乎是瞬时完成的。但在宇宙的尺度上，光在恒星与星系间的传播时间已长到不可忽略的地步。因此，我们在地球上看到的星空，实际上是时间和空间的混合。

例如，距离地球4.25光年的比邻星是离我们最近的恒星，光从

比邻星传播到地球需要4.22年的时间，我们从地球上看到的比邻星也是它4.22年前的模样。至于此时比邻星处于怎样状态，以目前的技术手段还无从知晓。

在2009到2013年间，普朗克卫星对遥远而古老的宇宙微波背景辐射信号进行了探测。这些信号记录了宇宙诞生初期的信息，花了足足138亿年才传播到地球附近。如果认为发射这些信号的源头静止不动，那么我们目前似乎可以观察到138亿光年范围内的宇宙。

然而，天文学家通过天体的多普勒现象，确认了我们的宇宙从诞生之日起，就在不断膨胀过程中，这些信号源也会与地球渐行渐远。根据计算，目前这些信号源与地球之间的距离已达到约465亿光年。如果将宇宙的形状假定为球形，目前我们可观测宇宙的半径约为465亿光年。

我们可以观察到的宇宙范围，被称为可视宇宙。可视宇宙仅仅是整个宇宙的一小部分。根据现在的宇宙学理论和最保守的理论估计，可视宇宙的大小仅相当于全部宇宙大小的1/250。

还有理论认为，宇宙大小是无限的。随着时间推移，更遥远的信号可能有机会传播到地球，以扩展可视宇宙

的范围。然而，由于宇宙处于加速膨胀的过程中，在可视宇宙之外，宇宙膨胀的速度可能会超越光速。除非物理学家发现了革命性的新理论，否则绝大部分宇宙可能永远无法在地球上观察到。

相对于浩瀚宇宙，人类通过有人或无人航天器所能到达的范围是非常有限的。目前，航天员最远只到达过距离地球约38万公里的月球。而飞行距离最远的无人航天器，是1977年发射的“旅行者1号”探测器，目前距离地球约227亿公里，即为0.0024光年。可以说，探索宇宙，人类还有很长的路要走。

科学家聊宇宙

仰望星空，人类能看多远

毛新愿

据报道，2月24日，“中国天眼”FAST又有两项新发现：捕获3例新快速射电暴；首次发现毫秒脉冲星一种计时噪声模式。这一消息再次让FAST成为人们关注的焦点。

FAST是我国拥有自主知识产权的500米口径球面射电望远镜，也是当今世界最大单口径、灵敏度最高的射电天文望远镜，观测距离达157亿光年。

回顾过往，从古代测量天体位置的浑天仪到能看清行星的望远镜，从在大气层外遥看深空的哈勃太空望远镜到利用无线电信号“聆听”天体脉动的“中国天眼”，人类的目光正逐渐向宇宙更深处延伸。

仰望星空，人类究竟能看多远？请看专家解读。

地球表面看宇宙：大气屏障，干扰众多

在科学家眼里，整个宇宙是一个充斥着各种电磁波、引力波和高能粒子等的喧闹世界，它们记录着宇宙演化的轨迹。

在人类的发明创造下，各种观测手段得到广泛运用。其中，最为人们熟知的就是光学望远镜的发明，尤其是伽利略改造出的人类首个天文望远镜，让人类看清了地球附近的天体。

这种望远镜，针对的是人类肉眼最为熟悉的可见光频段。然而，科学家们后来意识到了在地球表面观测宇宙中电磁波和高能粒子的难度：地球的浓厚大气、电离层、臭氧层和地磁场等，联合阻挡宇宙中绝大部分高能粒子和电磁波抵达地表，使望远镜变得“失明”。总体上，仅给可见光和无线电波等留下了观测窗口。因此，人类修建的望远镜，基本上集中于光学类和射电类。前者集中观测370~900纳米波长的电磁波，主要为可见光；后者集中观测10厘米~4.3米波长的无线电波。对于其他频段电磁波，往往无

法有效观测。

即便如此，光学类和射电类望远镜的观测也存在诸多不足之处。气象条件、大气流动造成的“眨眼效应”和折射等现象，极大影响了人类最熟悉的可见光频段观测。城镇化进程带来的光污染等，近些年也成为天文学家的“烦心事”。

于是，将天文望远镜“搬出大气层、送入太空”的想法，就被天文学家们提出来了。1946年，著名天文学家莱曼·施皮茨在论文中全面论述了太空望远镜的优势。

从上世纪60年代起，美、苏两国进行了一系列太空望远镜实验。例如，1962~1972年间美国的轨道太阳天文台系列任务，1965~1968年间苏联的质子宇宙射线和粒子探测系列卫星，1973~1979年美国的天空实验室空间站携带阿波罗太空望远镜……它们共同验证了太空望远镜在太阳系乃至更广宇宙观测方面的巨大潜力，为人类开启太空望远镜时代奠定了坚实基础。



上图：宇宙膨胀概念示意图。

左图：夜色下的“中国天眼”。

太空望远镜：航天与天文学结合的极致

早期的太空望远镜，主要为解决地球上难以实现的高频电磁波和高能粒子观测问题，尤其是伽马射线、X射线和紫外线3大类。

高频电磁波和高能粒子往往代表着宇宙中最为“火爆”的天文现象。例如，伽马射线暴反映出大质量恒星塌缩为黑洞、中子星合并和超新星爆发等。事实证明，以康普顿、雨燕、钱德拉、费米等为代表的太空望远镜，推动了相关天文学的发展。其中，我国近期发射的首颗暗物质粒子探测卫星“悟空”、首颗硬X射线调制望远镜卫星“慧眼”，均为相应领域做出了贡献。

在可见光观测方面，哈勃太空望远镜堪称太空望远镜“家族”中的“明星”。它自1990年升空后，已服役30余年，极大改变了人类天文学的发展进

程，数以万计的经典图片吸引了广大天文爱好者。它的成功，是人类航天技术与太空望远镜技术结合的一个范例。

哈勃太空望远镜最初被设计成一个主镜片直径2.4米，拥有广域和行星照相机、高解析度摄谱仪、高速光度计、暗天体照相机和暗天体摄谱仪等核心仪器的庞然大物。然而，它升空后科学家们才发现，组装上去的巨大主镜片出了问题，镜片边缘多出2.2微米。这仅是镜片直径的百万分之一，但对于需要观测动辄数亿光年外天体的哈勃而言，则完全无法接受。最后的选择是，利用航天飞机在太空中直接维修，给“近视眼”的哈勃太空望远镜带上“一副眼镜”（太空望远镜光轴补偿矫正系统）。随后，利用航天飞机多次维护和更新哈勃，终于在太空中重造了它，才使得它工作至今。

可见光和红外线及微波观测：洞察人类的未来

可见光观测，也是人类探索遥远地外生命存在可能性，尤其是系外行星的重要研究方式。

其中，典型代表是开普勒太空望远镜。它主要基于凌星法（即行星挡在恒星前面而导致恒星亮度稍微降低时）开展研究。如果观测到连续3次凌星，就可确定星体是颗凌星行星，从而得到星体的轨道周期、大致大小等信息。开普勒太空望远镜发现了近3000颗系外行星，占人类所有发现的70%以上。

红外线及微波观测，也成为近年太空望远镜发展的热门。大家耳熟能详的宇宙微波背景辐射和红外线背景辐射研究，离不开斯皮茨、赫歇尔、威尔金森和普朗克等著名太空望远镜的观测数据。这个领域即将诞生人类历史上最贵的太空望远镜——詹姆斯·韦伯，它主要集中于观测波长为0.6~28.3微米的红外线频段。目前，它的预算已逼近100亿美元，主要因为它运用了一系列人类目前太空望远镜和航天领域的极致技术。

詹姆斯·韦伯的镜面设计要求是6.5米口径。这个大小超过了火箭发射的尺寸限制，选择方案是加工成18面一模一样的六边

形，折叠起来再展开。镜片必须由抗弯刚度强、热稳定性好、热导率高、密度低的碱土金属铍制作而成，要求抛光精度达到10纳米级，相当于几十个原子摆在一起的宽度。

它还需要携带一把5层“太阳伞”隔绝热量，每层完全展开时占用面积300平方米左右，但厚度仅25微米或50微米，甚至小于人头发丝的直径。镜子和遮阳板都需先叠在一起塞进火箭，送到距离地球150万公里外的日地拉格朗日L2点，按要展开。

如果计划成功，詹姆斯·韦伯太空望远镜将极大提升人类对宇宙的认知。

地球是人类的摇篮。它的质量约为太阳的33万分之一，距离太阳约1.5亿千米，光线约8分钟即可抵达。人类目前已观测到的宇宙半径达465亿光年，这是光线在465亿年内跨过的旅程。

正如航天先驱齐奥尔科夫斯基对地球摇篮的下一句评论一样，“人类不可能永远生活在摇篮里”，我们视线必将延伸至宇宙的更深处。

「中国天眼」望深空

贺逸舒 苟利军

一个奇观，令世界瞩目——射电天文学领域起步晚于世界近30年的中国，在贵州省平塘县建成了世界上最灵敏、口径（500米）最大的球面射电天文望远镜（英文缩写“FAST”），被人誉为“中国天眼”。

这是一项凝聚着中国先进科技的伟大工程，是“观天巨目”。

“中国天眼”的神奇体现在哪里？

随着天文学的发展，光学方法已不能满足人类的观测需求，通过捕捉来自天体的无线电波进行观测的射电天文手段应运而生。

射电天文手段观测到的天体，往往与天文世界中能量的迸发有关，对研究星系的演化具有重大意义。这使得射电天文学探索到的宇宙空间达到过去难以企及的深处。捕捉“来自星星的信号”，正是“中国天眼”的核心能力所在。

“排在我们最前列的目标是寻找脉冲星。”“中国天眼”总工程师王启明说，脉冲星会不断地发出脉冲信号，而这种信号非常稳定。“找到以后就可以应用于深空探测、星际旅行，可以起到导航作用。”

“我们有信心搜寻到一千颗脉冲星。”在2020年11月4日中国科学院国家天文台举行的发布会上，国家天文台首席研究员韩金林这样说道。

“中国天眼”拥有比较强的灵敏度，能探测到更暗弱的天体。

高灵敏度，来自它极为精巧的设计。

首先，用于安放接收天体信号系统的平台馈源舱，被科学家们创造性地减重到30吨，并通过6条600多米长的钢索吊在空中精准定位，使得误差不得超过48毫米。并联机器人的二次精调，可以实现高精度指向跟踪。这样的工程难度，在世界上前所未有。

其次，“中国天眼”的反射面由4450个反射单元构成。当反射面变形时，2000多个液压促动器协同运动，能带动4450个反射单元精准定位。这与昆虫复眼有异曲同工之妙——都具备视场大、灵敏度高的特点。

最为重要的是，6670根主索、2225个主索点及相同数量的下拉索，构成了当今世界跨度最大、精度最高的索网结构。这让反射面的变形如臂指使。另外，团队研制出的超高耐疲劳钢索，使得“中国天眼”的使用价值大大提升。

这些举世瞩目的“中国智造”背后，凝聚着以南仁东为代表的中国科技工作者数不尽的心血与汗水。

1994年4月，走了几百个窝的南仁东终于看到了绿水村的大窝凼。站在大窝凼中间，他兴奋地说：“这里好圆！”

回顾“中国天眼”走过的岁月，这个大窝凼以仰望的视角，见证着中国球面射电天文望远

镜的从无到有，见证着“中国天眼”创造的一个又一个纪录。

当初的美好设想，如今已变为现实——

“中国天眼”开放运行第一年，便多次捕捉到极罕见的快速射电暴爆发，其参与揭示的一种快速射电暴起源机制入选《自然》十大科学发现。

截至目前，中国已发现300多颗脉冲星，远超同期国际上其他望远镜发现脉冲星的总数……

从观测脉冲星到巡视宇宙中的中性氢，从主导国际低频甚长基线干涉测量网到搜索可能的星际通信信号，以目标为牵引，“中国天眼”促进着无数科学成果的产出，为全人类探索 and 认识宇宙贡献着力量。



请扫描二维码  
观看更多视频