

“中国天眼”已发现 800 余颗新脉冲星 触摸宇宙的脉搏

文\本刊特约撰稿 沈滔

“中国天眼”FAST 接收
中子星电磁波示意图。
来源:中国科学院

一颗星星的分量

脉冲星不仅揭示了恒星演化的终极命运,也为验证广义相对论和探测引力波提供了重要工具。

脉冲星自转频率非常稳定,特别是自转周期小于 10 毫秒的脉冲星(毫秒脉冲星)被誉为“自然界最稳定的时钟”。这使它们成为精确定位、测量和探测宇宙的重要工具。

此外,脉冲星也可以用来检测引力波。在爱因斯坦的广义相对论中,引力被认为是时空弯曲的一种效应。这种弯曲是因为质量的存在而出现的。引力波应该能够穿透那些电磁波不能穿透的地方,所以探测引力波能够提供给地球上的观测者有关遥远宇宙中有关黑洞和其他奇异天体的信息。

就在 6 月 29 日,中国脉冲星测时阵列研究团队宣布利用中国天眼 FAST 独立找到了纳赫兹引力波存在的关键证据,可谓轰动全球。

纳赫兹引力波是引力波的一种,其频率极低、周期长达数年,其波长可达数光年,对它的探测十分具有挑战性。利用类似于中国天眼 FAST 这种大型射电望远镜对一批自转极其规律的毫秒脉冲星进行长期观测,是纳赫兹引力波目前已知的唯一探测手段。

脉冲星测时阵列探测纳赫兹引力波的灵敏度强烈依赖于观测时间跨度——即灵敏度随着观测时间跨度的增长而迅速增加。国外已经早于我国 20 年就开始了相关研究。

中国研究团队面对观测时间跨度远短于美国、欧洲、澳大利亚三个国际团队的不利局面,充分利用中国天眼 FAST,长期系统地监测出一大批毫秒脉冲星,自主开发独立数据分析软件,以数据精度、脉冲星数量和数据处理算法上的优势弥补了时间跨度上的不足,使我国纳赫兹引力波探测灵敏度很快达到了与美、欧、澳相当的水平,从而实现此次重大科学突破。

中国科学院国家天文台台长、中国科学院院士常进表示,中国科学院国家天文台将充分发挥 FAST 脉冲星测时精度国际领先优势,加快科研攻关,积累更长期的观测数据,打开人类利用纳赫兹引力波探测宇宙的新窗口,并积极推进中国天眼 FAST 扩展和升级,建成纳赫兹引力波天文台,将中国加快建设成为引力波天文和射电天文强国。

宇宙的奥妙正一步步地由中国人解开。图

一颗星星的尸骸

脉冲星是什么?简单来说,脉冲星是一种特殊的中子星,而中子星是恒星演化最终形态中的一种。

我们最熟悉的恒星莫过于太阳,那我们就拿太阳举例。太阳虽然已经有 46 亿岁了,但它还处于青壮年时期。天文学上,将这一时期称为主序星时期。在这个时期,太阳的内核正不断地进行着核聚变反应。恒星这时是个熊熊燃烧的气体球,气体压力与引力相平衡,处于流体静力平衡状态。这段时间稳定而漫长,占据着它整个寿命的 90%。

在 50 亿年后,当太阳燃尽了核心的氢,失去了抵抗重力的核反应能量,就再也无法维持平衡状态。外部物质不断向内施加压力,导致内核密度不断增加,温度升高,最终热核反应留下的氦核触发了氦聚变。这时积热的核心会造成恒星大幅膨胀,是它主序星时期的数百倍大小,这就是恒星的红巨星时期。太阳处于红巨星时期时,将会把水星、金星乃至地球全部吞噬。

在这之后,恒星将走向死亡。太阳将会演化成一颗白矮星,与银河系中 97% 的恒星的最终形态一样。那为什么太阳没有变成中子星或者黑洞呢?那是因为它太轻了。一般科学家们认为,质量小于 8 倍太阳质量的恒星最后会成为白矮星,8~30 倍太阳质量的恒星会成为中子星,大于 30 倍太阳质量的恒星最终将演化成黑洞。

今天,我们重点关注中子星。8~30 倍太阳质量恒星处于红巨星时期时,它的核心开始被重力压缩,在巨大的压力和由此产生的高温下发生一系列复杂的物理变化,最后形成一颗中子星内核。而整个恒星将以一次极为壮观的爆炸来了结自己的生命。这就是天文学中著名的“超新星爆发”。

《后汉书·天文志》中就记载了公元 185 年发生的超新星爆发。这是人类历史上发现的第一颗超新星,它在夜空中足足照耀了 8 个月。

主流观点认为,超新星爆发后,外部的物质爆炸出去,形成星云状物质,而内部坍缩,形成中子星。当然,也有计算结果显示,这种爆炸力量过于巨大,会使整个星体崩溃,无法留下中子星这个残骸。

科学家们的讨论先按下不表,我们来聊聊中子星的发现。因为这颗被人类发现的中子星正是脉冲星。

一颗星星的发现

1967 年,英国天体物理学家约瑟琳·贝尔还只是一个研究生。但这一年,她发现了一种奇怪的天体,它会非常稳定地发射有规律的电磁波。有些科学家开玩笑地说,这可能是外星人给地球发射的信号。所以,她和她的同事给这个天体起了个外号叫“小绿人 1 号”。后续的研究很快证明这是纯粹天然的现象,无需智慧生命的参与。

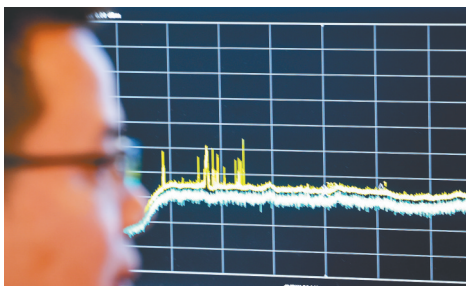
这种电磁波信号每隔一段固定时间就出现,然后消失,像脉搏一样,这样不连续的信号叫“脉冲”,所以发射这个信号的天体,就得名脉冲星。经过几位天文学家一年的努力,确认这种脉冲强度和频率只有像中子星那样体积小、密度大、质量大的星体才能达到。中子星终于被发现了!

虽然早在上世纪 30 年代,中子星假说就被提出,但一直没有得到证实,人们也不曾观测到中子星的存在。且因为理论预言的中子星密度大得超出了人们的想象,在当时,人们普遍对这个假说抱有怀疑的态度。正是脉冲星的发现,中子星才真正由假说成为事实。它的发现,被称为 20 世纪 60 年代的四大天文学重要发现之一。

现在我们知道,脉冲星只是中子星的一种,并不是所有中子星都是脉冲星。脉冲星发射出来的电磁波本身是连续的而不是脉冲的,但是它的电磁波只向自己的两极发射,同时它又在高速旋转,所以只有它的电磁波扫过地球的时候我们才能看见。从地球上看见它,就像在大海上看灯塔的光一样,隔一段时间就闪烁一次。

脉冲星可以用不同波段的电磁波来观测,不同波段的脉冲信号可能有不同的特征和信息。而我国的 500 米口径球面射电望远镜(FAST)是目前世界上最大的射电望远镜,当之无愧地成为发现、研究脉冲星的主力军。

据 FAST 运行和发展中心发布消息,被誉为“中国天眼”的 500 米口径球面射电望远镜(FAST)已发现了 800 余颗新脉冲星。脉冲星是什么?它是如何被发现的?它又有怎样的价值?关于这些,让我们一起来了解。



工作人员在“中国天眼”总控室内工作。
新华社发



“中国天眼”全景。新华社发