



中国天眼 向着 一千颗脉冲星前进

作者:曲炯

这几天,一则有关中国一口举世闻名的“大锅”的消息,上了各大新闻平台——“中国天眼”FAST 已经发现了 883 颗脉冲星,并且计划年内将这个数量刷新到 1000 颗。

那么,脉冲星究竟是什么?为什么要大费周章地找,找到以后又有什么用呢?今天咱们就来仔细聊聊,顺便再跟大家分享一点关于 FAST 的小八卦。

脉冲星是周期性地闪烁电磁脉冲的天体,脉冲间隔极短,从几毫秒到上百秒不等。不过,脉冲星并不是真的在闪烁,所谓脉冲,只是脉冲星以发疯般的速度旋转造成的假象。

那脉冲星是怎么来的呢?其实是恒星“内心拉扯”的结果。

我们肉眼能看到的“正常”恒星,内部都有两股力量在相互抗衡:引力驱使恒星物质向核心坠落,而核聚变释放的能量则把物质向外推。

核聚变的燃料总有用完的一天,所以引力总能最终赢得这场角力。当一颗大质量恒星(例如,超过 8 倍太阳质量)最终耗尽所有燃料时,它就会向中心坍缩,发生猛烈的内爆,再向外弥散,迸发出一朵绚烂的“烟花”。这个过程叫做“超新星爆发”。

北宋至和元年(1054 年),金牛座的“天关”星宿附近爆发过一颗超新星,白天可见 23 天,夜晚可见 22 个月。这起超新星爆发被

先说说“脉冲星”。从地球看来,脉冲星

中国的天文学家记录下来,史称“天关客星”。

尘烟散去,在恒星原来的位置,可能会留下一颗非常致密的天体——中子星。在其内部,原子结构不复存在,电子被压入原子核,与质子结合为中子。中子星的质量超过 1.4 个太阳,直径却只有十几公里。换句话说,每立方厘米的中子星物质,相当于全球人类的质量总和!

中子星还继承了恒星残余质量的旋转角动量。在同样的角动量下,转速与半径的平方成反比。我们每每看到,冰舞运动员在旋转时把双臂收拢或举到头顶,就会猛然滴溜溜地转得飞快。同理,当恒星坍缩为中子星后,转速会成亿倍地飙升。

中子星具有强磁场,驱动其周围的带电粒子,发出强烈的射电辐射束,从它的两个磁极喷涌而出。如果随中子星自转的辐射束正好扫过地球,我们就能测到周期性的射电脉冲,就好比某些迪厅的特效灯总是在转圈,虽然灯光一直开着,但从一个方向看过去就时亮时暗。嗯,这么一比喻,那脉冲星可以说属于是恒星的遗体在自己坟头蹦迪了……

前面提过的天关客星,就留下了一颗周期 33 毫秒(每秒自转 30 圈)的脉冲星,抛散出的渐冷烟花则是著名的蟹状星云。

在全球发现的 3000 多颗脉冲星中,绝大多数是中子星,但也有 2 颗是白矮星(还保有原子结构的低质量恒星遗骸):天蝎座 AR 和宝瓶座 AE。

脉冲星是指疯狂闪烁的星吗?

细心的读者可能还有两个疑问:

①球面实际上无法将遥远星光汇聚到单一焦点,需用抛物面才行,FAST 为何要做成球面望远镜?

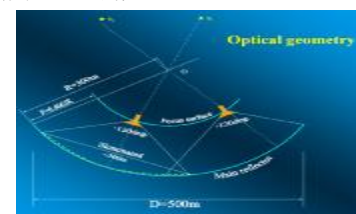
②一口大锅这么摆在地上,岂不是只盯着天顶一点,就算随着地球自转,也只能扫描天顶所在的这个圆?

实际上,这是一个常见的误解,也是科普的时候使用简略类比带来的负面影响。因为形状的关系,我们很喜欢把各类射电望远镜称为“锅”。但是这样一来,我们的思维也会被误导,容易觉得 FAST 也像咱们家炒菜的大铁锅一样,硬邦邦一整个,形状不会改变,但实际上,FAST 的身段灵活得很。

FAST 由 4450 片反射板拼成,通过电机驱动,这些反射板能够改变姿态,当一片区域的反射板在统一指挥下规律地调整,就能在“锅”里泛起一片“涟漪”,改变镜面的形状。

经“FAST 之父”南仁东和团队的计算,只需和球面偏离 0.47 米,就可以把口径 300 米的球面改成抛物面,把射电信号聚焦在一点。所以,在任意时刻,FAST 只有一片口径 300 米的圆形工作区域。通过反射板的齐心协力地调整,这个工作区能在“锅”里自如“漂移”,所以可观测天区的范围相当广。

倘若保持完整的 300 米口径,能从北纬 52.2°(工作区紧贴锅南沿)观测到南纬 0.6°(工作区紧贴锅北沿)。如果愿意牺牲一点有效口径,则可以覆盖北纬 65.8°到南纬 14.2°的天空。



FAST 光路,黄色虚线是抛物面工作区·图源南仁东《FAST 项目介绍》

FAST 可不是“快”的意思

——顺便说说,大家可能觉得 FAST 这个缩写听起来很酷,而全称却显得太直白了。没办法,“缩写不明觉厉,全称真没创意”这是天文界的传统,比如 TMT 是“30 米望远镜”,VLT 是“甚大望远镜”,ELT 是“特大望远镜”,EELT 是“欧洲特大望远镜”。韦布空间望远镜听起来是不是还算正常?可它最初的名字其实是“下一代空间望远镜”(相对于哈勃而言)……

为什么射电望远镜都这么大?这是因为在相同的分辨率需求下,要观测的波长越长,“锅”的口径就得越大,不然就看不清了。在红外波段工作的韦布望远镜比主攻可见光的哈勃望远镜口径要大(65 米 vs 2.4 米),而射电望远镜要观测的波段,比这俩还要高 5、6 个数量级,那是真非往大了整不可了,口径就是正义用在这里是一点都没错。

观测脉冲星有什么实际应用?

FAST 发现这么多脉冲星,那么观测脉冲星有什么实际应用?它的用处还真不少。

当脉冲星发来的信号穿越星际时,会被沿途的电离气体阻碍,造成延迟。路程越长,电离气体越多,延迟越厉害。如果知道了脉冲星离我们有多远,再通过精密测量延迟的程度,就能反推信号沿途的星际介质分布情况。

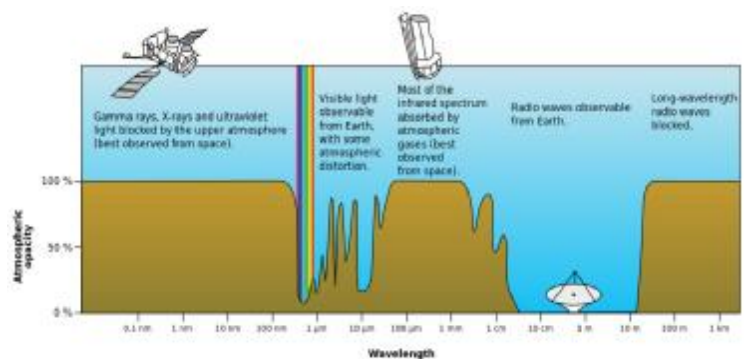
影响脉冲星信号的还有磁场,当电磁信号经过磁场时,它的偏振属性会被改变,磁场越强,改变幅度越大。测量信号的偏振,能够反推信号沿途的磁场分布情况。

当超大质量天体扰动时空时,会产生引力波,改变脉冲星信号到达我们的时间。所以通过精确测量脉冲星周期的起伏,可以探测引力波。倘若能发现脉冲星-黑洞双星系统,观测一个稳定输出的天体和一个扭曲时空的天体如何搅拌乾坤,就更能检验广义相对论的预言,大大推动基础物理研究。

脉冲星的自转周期非常稳定,有些在长期表现上堪与原子钟媲美,并且它们“永不断电”,可比原子钟皮实多了。将脉冲星和原子钟结合起来,可以建立长时间稳定的精准时间系统,甚至用于星际导航。

最后总结一下,FAST 和它发现的脉冲星们,会帮助我们更好地认识宇宙,而这些发现,说不定有朝一日还能够帮助人类在星海航行。

(来源:科普中国)



大部分脉冲星在可见光波段没有显著辐射,而在射电波段看起来比较亮。幸运的是,在地球这边,大气层对射电波段相当优待,透明度极高,所以射电望远镜特别适合在地面上观测脉冲星。

接下来就说说咱们的 FAST。

FAST 的名字来自“500 米口径球面射电望远镜”(Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope)的英文缩写。这座巨型单碟射电望远镜坐落在贵州省平塘县大窝凼(dà ng),依照喀斯特地貌的天然洼地而建,2011 年开工,2016 年落成,是目前世界第一大的全口径均有反射面的射电望远镜(俄罗斯的 RATAN-600 口径虽有 576 米,却只有细细一圈反射环)。