

# 每秒旋转上百圈 宇宙“灯塔”照亮引力波探测新窗口

王培 张承民

近日,中科院国家天文台500米口径球面射电望远镜(FAST)又有新突破。通过与美国国家航空航天局(NASA)的费米伽马射线卫星国际合作,FAST发现一个毫秒脉冲星并获得国际认证。这是中美科学装置首次在地面和太空、射电与高能波段合作完成的天文学发现,也是FAST继发现脉冲星之后的另一重要成果。

毫秒脉冲星是每秒钟旋转上百圈的中子星。这颗编号为J0318+0253的毫秒脉冲星距离地球约4000光年,自转周期为5.19毫秒。它对于研究中子星内部结构、探测低频引力波以及理解宇宙结构形成及演化有着重要意义。

新毫秒脉冲星,成为中科院团队首次发现的新射电脉冲星。有些毫秒脉冲星可能在包括伽马射线和射电在内的多个频段辐射电磁波。FAST团队此次的发现,便利用了这一点。2月27日,FAST依照NASA费米卫星的大视场望远镜所提供的待认证伽马射线点源3FGL J0318.1+0252位置,进行了一小时的跟踪观测,通过仔细数据分析,发现一颗新射电毫秒脉冲星J0318+0253。

值得一提的是,相对于这些毫秒脉冲星的伽马辐射来说,它的射电辐射要弱得多,这对射电望远镜提出了极高的灵敏度要求。此次发现的毫秒脉冲星,是迄今已发现的射电辐射最弱的高能毫秒脉冲星之一。美国阿雷西博305米口径的国际大型射电望远镜过去曾对同一点源多次开展射电脉冲星搜索工作,但都未成功。

## 并非来自外星人的周期性信号

关于脉冲星,很多人已经听过它被发现的故事。

1967年,英国剑桥大学年仅24岁的研究生乔瑟琳·贝尔发现,狐狸星座方向的一颗星每隔1.37秒向地球发出一个电磁脉冲信号。其信号周期极其稳定,科学家们甚至一度兴奋地认为找到了外星人存在的证据:周期性发出的电磁波,是外星“小绿人”向地球发出的信号。

不过对外星文明的盼望再热切,也需要理性的科学验证。经过一段时间的研究分析,科学家确认周期性电磁信号来自一类新天体,并将它命名为脉冲星。

脉冲星实际是一颗快速旋转的中子星。一部分恒星会在生命的终点发生一次剧烈的超新星爆发,并在中心留下一颗致密的球状天体——中子星。这个质量与太阳相当,半径只有10公里左右的天体,会携带恒星爆发后残余的能量快速自转,并沿着磁轴的方向向外以电磁波束的形式辐射能量。此时的中子星,就如同茫茫海洋中快速旋转的灯塔,它发出的电磁波如同灯塔上迅速旋转的光束。如果地球恰好处于电磁波束的“扫射”范围内,科学家就有可能观测到来自太空的周期性电磁脉冲,也即找到一颗脉冲星。

脉冲星的发现,确定了中子星的存在及其与超新星爆发的关系,同时提供了在银河系内估计天体距离的新方法。它与类星体、宇宙微波背景辐射、星际分子一道,被称为20世纪60年代天文学四大发现。

## 探索宇宙结构形成的窗口

脉冲星与引力波有着密切的联系。人类第一次证实存在引力波,便是通过包含脉冲星PSR1913+16的双星系统的自转周期。它越来越慢的自转,刚好符合爱因斯坦广义相对论所预言的引力波效应。

毫秒脉冲星的发现和观测,为天文学家研究引力波提供了新的可能。

脉冲星堪称宇宙中最稳定的时钟,其自转极其稳定,自转周期一般约10亿年变化一秒,媲美精准的铯原子钟。科学家设想,用数十颗计时性质良好的毫秒脉冲星形成脉冲星计时阵,来探测引力波。当有引力波事件发生时,引力波背景叠加在脉冲星观测数据上,会表现为一种额外的“噪声”,也即人们观测到的脉冲星周期发生或长或短的变化。根据这种变化,结合脉冲星之间及其与地球的位置关系,可以得到引力波发生位置、波形、周期以及引力波源质量等信息。

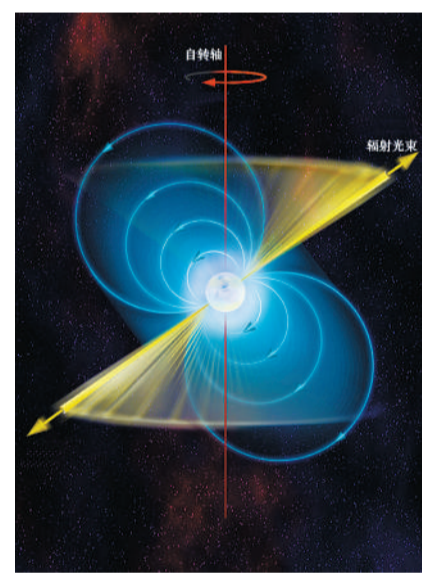
与LIGO等地面探测计划以及LISA等空间探测计划不同,脉冲星计时阵能探测到周期更长的引力波,其周期在几年至几十年之间。这类引力波被称为低频(纳赫兹)引力波,它们源自星系中心1亿到100亿倍太阳质量的超大质量黑洞的合并过程。而脉冲星计时阵是目前唯一的能够直接探测低频引力波的方法。由于超大质量黑洞合并对于宇宙结构形成和演化起着主导的作用,低频引力波源的探测相当于直接打开了探索宇宙结构的引力波窗口。

目前,天文学家利用国际上几个口径最大的射电望远镜,组成了三个脉冲星计时阵列,即欧洲的EPTA、澳大利亚的PPTA,以及美国的NANOGrav。这三个项目又联合成立了

国际脉冲星计时阵列(IPTA),其灵敏度已经逼近“发现”引力波的水平。

脉冲星搜索是进行引力波探测研究的基础。由于低频引力波探测对于毫秒脉冲星的周期稳定性、所在空间环境等有着严苛的要求,因此目前IPTA可利用的毫秒脉冲星共计50颗。而FAST项目组正在策划的FAST多科学目标同时巡天将发现大量毫秒脉冲星,大幅度提高脉冲星阵探测引力波的灵敏度。

(作者分别系中科院国家天文台助理研究员、研究员)



脉冲星旋转示意图

## 飞速旋转的“小个子”

自1967年被首次发现以来,天文学家已发现2700多颗脉冲星。它们的自转周期大多为数毫秒至数秒不等。相比之下,毫秒脉冲星的自转要快得多,几毫秒的时间就能自转一周。目前已发现的自转最快的脉冲星每秒钟旋转716转,周期仅为1.39毫秒。

对于毫秒脉冲星为何能转得如此快,天文学家并未形成一致意见。主流观点认为它们原本是周期较长的脉冲星,在吸积伴星物质的过程中不断自转加速而产生。这一加速过程通常长达百万年,因此毫秒脉冲星也通常是年老的脉冲星。

要发现毫秒脉冲星并不容易。首颗毫秒

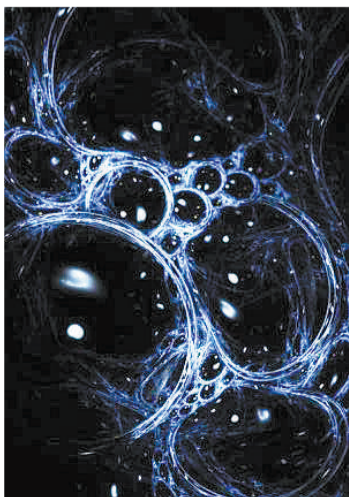
脉冲星于1982年发现,至今共发现了300多颗这样奇特的脉冲星,约占脉冲星总量的10%。它的发现不仅依赖于望远镜高分辨的数据记录,还需要高性能计算集群和人工智能等数据分析方法。此外,毫秒脉冲星的银河系分布也是影响观测的原因之一。正常脉冲星主要集中在银道面,而毫秒脉冲星在银河系空间的分布较为弥散,因此寻找它可谓披沙拣金,需要付出更多时间和艰辛。

中科院国家天文台李菂团队在为FAST搜索毫秒脉冲星进行准备的过程中,重新处理了澳大利亚Parkes望远镜长期监测数据,于2016年在杜鹃座47球状星团中发现了2颗

# 暗物质:背锅侠还是救火队长?

天闻频道

韩文标



暗物质从最初被提出至今已经80多年,但其身份仍是谜。科学家对它的很多猜测,都尚未得到证实。比如,科学家曾假想,暗光子是普通光粒子的“双胞胎粒子”,是解释暗物质存在的一种方式。但科学家近日表示,通过对精细结构常数的精确测量,排除了暗光子存在的可能。

除此之外,最近还有两项新进展为暗物质更加增添了几分神秘。近日,天文学家称,首次探测到一个没有暗物质的星系。而在不久前,美国科学家在《自然》杂志发表论文称,他们发现了宇宙的第一缕曙光——第一代恒星形成时中性氢吸收微波背景辐射21cm成分的吸收坑。而为了解释这个吸收坑,科学家认为暗物质和氢原子之间除了引力外还有其它相互作用。

这些新进展挑战了对暗物质的原有认知,使其身份更加迷雾重重。科学家认为,肉眼可见的宇宙只是真实宇宙的很小一部分而已,在宇宙的组成成分中只有4%是可见物质,剩下看不见的是24%的暗物质和72%的暗能量。此

前科学家认为每个星系都含有暗物质,并且暗物质是星系起源的原因。但最新发现没有暗物质的星系,无疑挑战了这一认知。

另一个新闻也是如此。由于实际观测到的吸收坑比之前理论模型期望的要深两倍,如果要用暗物质来解释,科学家提出暗物质和氢原子之间除了引力相互作用外还有其它相互作用,而且要求它的质量比目前最受青睐的暗物质粒子候选体要小上百倍!这就让其它靠暗物质吃饭的科学家尴尬了。因为一直以来,科学家认为暗物质除了引力相互作用外没有或者只有微弱的其它相互作用。

其实,暗物质的出身就有点漏洞百出的味道。由于无法解释观测到的星系旋转曲线,科学家提出星系中存在暗物质。虽然看不见摸不着,但它们之间的引力能支撑起星系平坦的旋转曲线。

这个假设有突破性的意义,天文学家很多绕头的问题都因为它而迎刃而解。但到了后来,暗物质似乎成了“救火队长”,天文学家发现解释不了的东西时,马上就想起它。

星系形成不了的时候就给它加点暗物质;宇宙大尺度结构维持不了的时候,黑洞长得没那么快时,弱引力透镜效应更强时,统统可以加点暗物质;看到极高能粒子,不知道它怎么来的时候,还是加点暗物质。导致暗物质的性质千奇百怪,甚至可能自相矛盾。这让科学家疑惑,“救火队长”的窟窿有没有撑破的那一天?

最近,天文学家似乎开始破除暗物质救火队长的神话。比如观测表明,银河系核心存在大量高能伽马射线,称之为“银河核球”。按照一贯逻辑,这种神秘现象自然有人解释为又是暗物质干的!不过,澳大利亚科学家在一篇刚发表的论文中开始说NO了!

其实在理论界,一直有一批不相信暗物质的科学家,知名度很高的是一种叫修正牛顿动力学理论。笔者相信,暗物质到底是无辜的背锅侠还是真正的救火英雄,随着物理学、天文学的发展,随着科学家的努力,一定有真相大白的那一天。

(作者系中国科学院上海天文台研究员)

光谱志

## 让花儿与繁星同框

王俊峰 文/图

孟夏草长,花开五月,万物竞茂,于斯为盛。在这个美好的时节,通过摄影镜头,让绚丽的星空和绽放的花朵同框,成就“花语星空”之美,是一件具有挑战且十分美好的事情。

创作花语星空作品,拍摄时节和目标的选择很重要。以笔者居住的北方来说,每年的晚春初夏,各地的油菜花、牡丹、玉兰等各色花朵,竞相绽放;到了仲夏,盛开的荷花、向日葵等也可作为拍摄目标;到了秋冬季,天气渐转凉,花儿渐少,且晚上寒冷,不适宜创作。在花朵选择方面,考虑到构图美感,建议选择花枝较高、外形具备明显特征的目标,方便拍摄操作。



星空下的向日葵。

天气方面,一个晴朗通透,繁星可见的夜晚是必要条件,无风的环境也至关重要,最好远离城市光害。拍摄时间段方面,避开满月或朔月时段,上下弦月前后3天都比较合适。因为满月时,天空太亮,导致星点稀少;而朔月时虽星光璀璨,但由于整体环境较暗容易造成拍摄目标死黑。上下弦月前后3天这个时段,月亮在夜空中亮度中等,会把天空映成天然的蓝色底色,同时会给花进行天然补光。这种补光方式相较于人工补光效果更自然。如果实在无法避开月亮,可以尝试最终作品以星迹(轨)形式呈现,弥补月朗星稀造成的遗憾。

拍摄器材方面,除了要准备具备长时间曝光的设备及三脚架外,推荐使用中焦镜头进行拍摄。广角镜头虽然视野收纳范围更广,但容易造成花束过小的感觉。采用中焦镜头,可以通过构图调整,重点突出花的质感,让作品更具视觉美感。

拍摄技法方面,花语星空首推的拍摄方式是低机位仰拍,确保花朵星空同框。架设机器构图时,如果花朵距离较近,推荐打开相机的实时取景装置,以花朵为主焦点进行对焦,如果环境光较弱,可使用手电等补光设备照亮花朵。具体做法是将相机镜头切换至MF挡,选中要对焦的花朵放大,慢慢转动对焦环,直到边缘最清晰为止,这样就能拍出主体花清晰,背景星空形成光斑的迷离梦幻的效果。如果想将花朵和星空同时都拍清晰,就需要采用高阶的官坂雅博拍摄法,即首先做好镜头上花朵实焦的位置和星空实焦的位置,在单次拍摄的曝光时间内,分配好两个位置停留的时间。例如曝光时间一共15秒,其间在花朵实焦的位置停留曝光6秒,然后在星空实焦的位置停留6秒,中间3秒用来转动对焦环。在拍摄过程中确保机器不抖动的情况下转动对焦环即可。如果较远,就以星空星点为对焦点,按照无限远模式拍摄即可。在较远的情况下,可以根据实际情况,加入人为互动因素,让作品更具活力。需要注意的是,人在花、星空合影时,需要在单次曝光时间内保持静止不动,确保最后成片人的影像不模糊。

眼下,花开正艳,是拍摄最佳时刻。是时候背起你的相机,呼唤朋友,一起尽情欣赏和记录花语星空吧。



星空下绽放的苹果花,拍摄于山西省万荣县王显乡。

(本版图片除标注外来源于网络)

扫一扫  
欢迎关注  
带你去看耿耿星河  
微信公众号

