



超大质量双黑洞并合 3年后人类或将有幸“目睹”

◎ 实习记者 都 芃

当两个超大质量黑洞逐渐靠近,并最终并合后,会发生什么?这个此前无人能够确切回答的问题,或许将在未来3年内得到答案。

不久前,中国科学技术大学蒋凝博士领衔的国际研究团队发现了一个疑似将在未来3年内完成并合的超大质量双黑洞系统。如果这一

“看不见”的超大质量双黑洞并合

当一颗质量是太阳几倍甚至几十倍的恒星走到生命尽头时,往往会以黑洞的形式终结一生。而双黑洞,顾名思义,便是由两个因引力作用相互吸引、绕转的黑洞组成的系统。随着时间的推移,这两个黑洞会像陀螺一样,不断旋转着向彼此靠近,最终发生双黑洞并合事件,并释放出引力波。

按照质量划分,黑洞可以大致分为3类,即恒星级质量黑洞、中等质量黑洞和超大质量黑洞。就算是最小的恒星级质量黑洞,其质量也是太阳的数倍乃至数十倍。而超大质量黑洞,其质量则会在太阳的百万倍到百亿倍之间。根据现有的观测数据,科学家认为,大质量星系中心普遍存在着超大质量黑洞。比如不久前刚刚公布首张照片的银河系中心的超大质量黑洞 Sgr A*,其质量便达到了太阳的400万倍。安涛表示:“银河系在茫茫宇宙中并不算大,有的星系质量比银河系大几千倍甚至上万倍,因此这些星系中心的黑洞质量也会更大。”

另辟蹊径克服直接成像困难

虽然没有办法用望远镜对超大质量双黑洞并合直接进行成像观测,但这不代表科学家没有其他手段探查其奥秘。

通常人们看到的黑洞图像,黑洞周围往往存在着一圈发光物质,那是被黑洞吸引而来的气体、碎片等,天文学中称之为吸积盘。在稳定状态下的黑洞,其吸积盘通常也呈现出相对稳定的状态。但是一旦当两个超大质量黑洞逐渐开始旋转、靠近,并形成双黑洞系统时,其相互绕转会造成吸积盘及其周围气体云团的亮度发生变化。而这一变化便可被光学和X射线望远镜敏锐地察觉到。在此基础上,结合近年来飞速发展的时域天

文发现得到证实,它将极有可能成为人类完整观测到的第一例超大质量双黑洞并合事件,为检验黑洞演化和引力波理论提供最佳研究对象。

近日,在这一发现的基础上,一个由中国科学院上海天文台研究员安涛率头的研究团队利用甚长基线干涉测量技术对这个超大质量双黑洞系统进行了首次高分辨率成像观测,研究了其并合前的射电结构和辐射状态,对今后对比研究双黑洞并合前后的辐射和动力学特征提供了重要参考。

超大质量黑洞是否也会发生双黑洞并合?答案是肯定的。在等级成团星系宇宙学演化框架下,两个星系之间的并合必然会产生超大质量双黑洞。安涛向科技日报记者介绍,超大质量双黑洞在演化最后阶段的并合,究竟会是一种怎样的结果,目前还存在争议。有的理论认为,两个黑洞会像两个人面对面贴近跳舞一样,虽然距离很近,但始终无法合二为一,此时二者之间的最小间距将达到约1秒差距(1秒差距约等于3.26光年);还有的理论则认为,当两个黑洞越靠近,随着引力波辐射散失掉大量能量,最终会无限贴近直至并合,此时二者之间的间距约为毫秒差距,即0.001倍光年。但无论如何,双黑洞并合时二者间“亲密无间”的距离,都让直接观测超大质量双黑洞并合成为难题。“当两个黑洞之间距离过近时,就远远超出了望远镜的分辨率极限,无法直接观测成像,甚至不清楚是一个黑洞还是两个黑洞。”安涛向记者解释道。

文学,天文学家便能够以时间为序列,对亮度变化的时间特征进行分析,得到所谓的光变曲线,从而对双黑洞的某些物理性质进行深入研究。

一个引力束缚的双黑洞系统,由于轨道绕转,其光变曲线会呈现周期性特征。这样的超大质量双黑洞候选体,天文学家已经发现了很多,但它们没有一个表现出临近并合的特征。但天文学家并没有因此放弃,在不久前,蒋凝领衔的国际研究团队在近邻宇宙中发现了一个奇特的活动星系核,它的光变曲线呈现出周期衰减的震荡,在过去3年里,这一周期从一年逐渐减小到3个月。不仅如此,其光变的振幅也在

这些小众的脉冲星可能有大作用

◎ 王 陈 韩金林

脉冲星是大质量恒星死亡后的残骸,是宇宙中密度最高、磁场最强、自转最快、相对论效应显著的一类奇异天体,是研究宇宙极端环境中物理规律的理想“实验室”。脉冲星长期以来都是天文和物理的前沿研究领域,涉及引力波探测、精确验证广义相对论、限制极端物理条件下的物态方程、高精度时空基准建立等重要基本问题。

自1968年脉冲星被发现至今50余年,科学家已经发现3000多颗脉冲星,随着发现数量的增加,一些特殊种类的脉冲星开始进入人们的视线。自2018年500米口径球面射电望远镜(FAST)建成并开始进入到调试阶段,中国科学家利用该装置实现了脉冲星发现零的突破,目前已发现了数百颗新的脉冲星,其中也不乏一些特殊的种类。

毫秒脉冲星

目前已知的毫秒脉冲星约有400多颗,只占已发现脉冲星的约十分之一。正常脉冲星的

自转周期大概在0.1秒到几秒左右,而毫秒脉冲星的自转周期在30毫秒以下。毫秒脉冲星与正常脉冲星形成历史也不一样。正常脉冲星通常相对年轻,年龄不到几百万年。毫秒脉冲星是一种非常古老,甚至可能是已经死亡的脉冲星,它在密近双星系统中通过吸积质量获得角动量使自转周期达到毫秒量级。目前的观测事实是超过三分之二的已知毫秒脉冲星在双星系统中。

毫秒脉冲星有着广泛的应用,最显著的是用于引力理论的检验。脉冲星周期具有长期稳定性,特别是毫秒脉冲星可以与地球上最好的原子钟相媲美。这些高度稳定的“时钟”分散在我们的银河系中,远离嘈杂的地球的扰动,对这些毫秒脉冲星的测时观测可以探测来自遥远星系的低频引力波,还可用于建立脉冲星时间和空间基准,对引力理论进行最严格的检验。

2021年5月,在GPPS(银道面脉冲星快照巡天)计划的第一批结果中就发现了40颗毫秒脉冲星,将已知毫秒脉冲星的数量增加了近10%。目前GPPS发现的毫秒脉冲星数目已经超过80颗,其中J1828+0021的自转周期仅1.47毫秒,是目前已发现毫秒脉冲星中自转周期第三短的。



超大质量双黑洞在演化最后阶段的并合,究竟会是一种怎样的结果,目前还存在争议。有的理论认为,两个黑洞会像两个人面对面贴近跳舞一样,虽然距离很近,但始终无法合二为一;有的理论则认为,当两个黑洞越靠近,随着引力波辐射散失掉大量能量,最终会无限贴近直至并合。

安涛

中国科学院上海天文台研究员

逐渐减小,再结合其他观测特征和模型拟合预测的结果,该团队认为,这极有可能是一个将在3年内完成并合的超大质量双黑洞系统。人类终于有可能第一次“目睹”到超大质量双黑洞并合过程。

为了证实这个史无前例的猜想,蒋凝领衔的研究团队以及国际上的多个团队正在开展后续的多波段观测,其中射电波段跟踪观测是重要的一部分。由于该候选体的射电辐射极其微弱,只有借助拥有极高分辨率和灵敏度的射电望远镜阵列才能对其进行进一步观测。

于是,在获知这一发现后,安涛及其团队立即使用甚长基线干涉测量技术对该候选体进行

对双黑洞系统的研究才刚刚开始

蒋凝及安涛团队的一系列研究只是一个起点。超大质量双黑洞并合会产生什么结果?没有人敢下定论。释放引力波当然是最有可能的结果之一。但是不同于质量较低的双黑洞并合所引发的引力波,超大质量双黑洞并合所产生的引力波频率不在地面引力波探测器——激光干涉引力波天文台的探测范围内。不过,科学家也并非毫无办法,对于百万倍太阳质量的超大质量双黑洞并合事件,其辐射的引力波频率在毫赫兹频段,我国的“天琴”“太极”和欧洲LISA项目等未来空间低频引力波探测器都可以对其进行探测。但对于几亿到几十倍太阳质量的超大质量双黑洞并合产生的引力波,其频率更低,往往在纳赫兹到微赫兹之间,只能通过脉冲星计时阵列进行探测。

脉冲双星

1974年,在美国马萨诸塞大学物理和天文学系从事脉冲星巡天工作的拉塞尔·赫尔斯和约瑟夫·泰勒发现了射电脉冲星J1913+16,由观测到的脉冲星的视向速度曲线证明它与另一颗致密星组成一个双星系统,故将其称为脉冲双星。爱因斯坦预言双星绕转会产生引力波,从而导致双星轨道变短。赫尔斯和泰勒通过对J1913+16进行长期的脉冲到达时间监测完美的证实了这一现象,提供了第一个无可辩驳的证据证明了引力波的存在。1993年,赫尔斯和泰勒因此此项工作获得了诺贝尔物理学奖。

目前科学家一直在寻找轨道周期更短、相对论效应更显著的脉冲双星系统,这些系统可以更加精确地限制引力理论。在GPPS的第一批成果中至少有14颗毫秒脉冲星位于密近双星系统中。

超高色散脉冲星

脉冲星不同频率的脉冲信号到达时间并不一样,高频到的早些,低频到的晚些,这种现象被

了观测研究。简单来讲,甚长基线干涉测量技术是将几台独立的射电望远镜,通过组合形成一个大型射电望远镜阵列。而这台组合而成的“巨大望远镜”,其分辨率会随着望远镜之间距离增大而逐渐提高,即望远镜之间相距越远,分辨率越高。据安涛介绍,一般而言,望远镜之间的距离过远,会导致彼此间的信号传输不稳定,给后期的信号合成造成困难。但甚长基线干涉测量技术能够将每个望远镜观测到的数据进行独立记录,并汇总到一个数据中心进行分析,后期再利用特殊手段将各个望远镜的数据对齐合成,使得望远镜即使分布于全球各大洲,也不必担心受到信号传输距离的影响。

在安涛看来,他们的研究才刚刚开始,“我们的第一轮观测主要是为以后的研究提供最初的基准和参照。”在接下来的几年内,研究团队将持续对这个双黑洞系统进行射电谱和甚长基线干涉测量技术成像观测,为跟踪超大质量双黑洞并合前最后时刻的活动性提供关键的观测信息,以及与并合后的射电观测相比较,以期能够完整了解超大质量双黑洞并合全过程。而蒋凝与安涛也都在得出相关结果后,不约而同地在第一时间将结果与国际天文界的同行们进行了分享,希望国际天文学家共同加入,来进一步研究和检验这个非同寻常的发现。安涛说:“这个候选体的发现和研

称为脉冲星的色散。有一些特殊的脉冲星具有非常高的色散。这种色散现象究其原因,是因为星际介质中的热电子导致不同频率电磁波的传播速度不一样。因此对脉冲星色散的测量,可以反推出在其传播路径上电子密度的高低。

在GPPS巡天结果中,有11颗新发现脉冲星的色散量非常高,如果利用银河系电子密度模型估算脉冲星距离,这些脉冲星应该在银河系之外。这说明在这些脉冲星所在的方向上银河系电子密度可能被严重低估了,这对目前通用的银河系电子密度模型提出了挑战。

模式变换脉冲星与消零脉冲星

脉冲星的脉冲轮廓会发生各种形状扭曲。在上世纪70年代,人们发现脉冲星PSR B1237+25的脉冲轮廓的变化时间更为持久,会从一个准稳定状态变为另一个准稳定状态,然后过一段时间又突然返回到原来的状态。这些不同的状态可以持续几个脉冲周期到几个月,这显然与“闪烁”现象不同,于是这类脉冲星被称为模式变换脉冲星。消零脉冲星是模式变换脉冲星中的一个特殊类型,它的脉冲轮廓会突然消失,之后又突然出现,有些神秘莫测。(据中国国家天文公众号)

天闻频道

为宇宙星系做“人口普查” 我国科研人员给出新算法

◎ 本报记者 俞慧友

近日,记者从湖南师范大学获悉,该校袁尊理教授团队日前和澳大利亚莫纳什大学数学研究人员合作,提出了一种天文学研究领域的全新非参数光度函数计算方法。相较经典非参数方法,新方法在计算精度和稳定性上都获得了显著提升。这一结果日前发表在美国天文学会会刊《天体物理学杂志》系列增刊上。

在现代天文学研究中,统计星系的光度函数是一项基础和重要的工作,这一工作也被形象地喻为给宇宙中的星系做“人口普查”。据悉,星系的发光能力(即光度或绝对星等)是“普查”重点,光度函数即描述不同光度星系在宇宙中分布情况的统计量。

袁尊理介绍,在实际操作中,除要尽可能获得完备的星系样本,科研人员还需采用精密的统计方法,充分考虑各种复杂的选择效应,最终才能获得可靠的光度函数。通常,计算光度函数分为参数和非参数两种方法。参数方法需要假设光度函数形式,而非参数方法不依赖于模型和假设,故具有独特价值。然而,目前最流行的非参数方法因其数学原理上的局限,难以满足“精确宇宙学时代”对计算光度函数的高要求。

对此,袁尊理团队基于统计学中的核密度估计(KDE)原理,提出了一种全新的、普适的计算光度函数的非参数方法,显著提高了非参数方法统计的精度和稳定性。同时,为便于新方法的应用,他们还开发了“kdeLF”开源Python程序包,用户只需提供样本中的几个关键参数,就可以调用“kdeLF”开源Python程序包完成光度函数的计算、画图等操作,简单易用。袁尊理称,下一步,团队拟将新方法应用于由英国牛津大学领衔的巡天观测获得的高质量射电数据,精确计算射电源光度函数,进一步揭示射电星系的宇宙学演化规律。

大块头恒星“进食” 也需要吸积盘作为“餐盘”

◎ 本报记者 陆成宽

在恒星诞生之初,大块头的恒星是怎么“进食”的?它们是否也有吸积盘作为“餐盘”? 这些问题一直没有明确的答案。

利用阿塔卡玛毫米/亚毫米波阵列望远镜(ALMA)的高分辨率观测数据,中外天文学家在银河系中心方向发现了一个被周围天体近距离掠过,从而产生旋臂结构的大质量新生恒星吸积盘。相关研究成果日前发表于《自然·天文》杂志。

吸积盘给恒星“宝宝”输送养分

在恒星形成过程中,环绕着新生恒星的周围会产生吸积盘。这个吸积盘,也被称为原恒盘,是恒星形成过程中的关键一环。新生恒星通过吸积盘持续地从环境中聚集气体,逐渐长大。因此,吸积盘是名副其实的“餐盘”,把发育所需的养分不断地传送给恒星“宝宝”。

对于类似太阳的小质量恒星的吸积盘,天文学家已研究了数十年,其观测和理论结果都较为丰富。然而,对于更大质量的恒星,尤其是30倍太阳质量以上的早期O型星,目前尚不清楚其形成过程中是否存在吸积盘。

“这些更大质量的早期恒星远比太阳明亮,光度可达太阳的数十万倍,可剧烈影响整个星系的环境。理解这些大质量恒星的形成过程具有十分重要的意义。”中国科学院上海天文台副研究员吕行说。

银河系的中心距离地球约2.6万光年,是一个独特而重要的恒星形成区域。这里有超大质量黑洞,也有数千万倍太阳质量的恒星形成原材料——稠密的氢分子气体。

借助ALMA,研究人员在银河系中心附近区域发现了一个直径相当于4000倍地球到太阳距离的吸积盘,该吸积盘正围绕着一颗32倍太阳质量的早期O型星转动。

吕行说,这项发现表明,大质量恒星形成过程中确实有吸积盘的参与,而且该结论在银河系中心这样的特殊环境下依然成立。

旋臂结构或是天体“造访”遗迹

通常,吸积盘应当是一个对称的圆盘。然而,出乎意料的是,新发现的这个吸积盘里有一对明显的旋臂结构。如果吸积盘自身不稳定,是有可能在引力作用下主动碎裂成这种旋臂结构的。但是吕行所带领的团队发现,这个吸积盘处在一个很稳定的状态,不会轻易碎裂。

因此,研究人员认为存在另一个可能的解释,即旋臂是受到外部扰动产生的。在这个吸积盘附近,他们恰好发现了一个3倍太阳质量的天体,它可能就是外部扰动的来源。

为了验证这一猜想,研究团队首先利用解析计算,检查了这个天体几十种可能的历史轨迹,发现只有在一种轨迹下,它才有可能扰动吸积盘。随后,研究人员利用上海天文台的高性能超级计算机平台,通过数值模拟追踪了这一轨迹,重现了这个天体在一万多年前掠过吸积盘,并在吸积盘中搅出旋臂结构的完整过程。研究人员据此确认,这个吸积盘中的旋臂很可能是周围天体“造访”过程中留下的遗迹。

吕行说:“我们已经提交了新的ALMA观测申请,希望把分辨率再提高3倍,达到望远镜的极限,以期看清这个吸积盘里隐藏的细节。”