

最大恒星级黑洞现身!70倍太阳质量,突破现有恒星演化理论质量上限

茫茫星海“撒网”,围猎“黑洞之王”

■王松 李双 陆由俊 刘继峰

英国《自然》杂志日前在线发布了我国天文学家主导的一项重大发现:一颗迄今为止最大质量的恒星级黑洞。这颗70倍太阳质量的超大恒星级黑洞远超理论预言的质量上限,颠覆了人们对恒星级黑洞形成的认知,势必推动恒星演化与黑洞形成理论的革新。

宇宙真空吸光器有时也“温柔”

著名物理学家霍金在其最后的著作《十问》中写道:“事实有时候比小说更奇妙。黑洞最能真实地体现这一点,它比科幻作家想象的任何东西都更奇妙。”黑洞本身不发光,密度非常大,具有超强的吸引力,任何从其身边经过的物质,就连速度最快的光也无法逃离。因此,黑洞可以说是名副其实的宇宙真空“吸光器”。

恒星级黑洞是由大质量恒星死亡形成的,是宇宙中广泛存在的“居民”。一颗恒星演化到最后如果剩下的质量太多(大于3倍太阳质量),多到既不能形成白矮星,也不能成为中子星,就进入死亡阶段,于是没有任何力量能阻止这颗恒星在终极引力

的作用下持续塌缩,最终形成致密的黑洞。

球状星团和矮星系中心或许有中等质量的黑洞,而星系的中心存在着超大质量黑洞。比如,银河系中心就有一个约400万倍太阳质量的超大质量黑洞。

黑洞神秘而有趣,若龙潜深渊,隐藏爪牙,潜行于宇宙星海中。黑洞本身不发光,奈何它们身边的小伙伴

们实在太高调:黑洞周边的吸积盘或者伴星都表现出异常的“气场”。如果黑洞与一颗正常恒星组成一个密近双星系统,黑洞就会露出“狰狞的爪牙”,以强大的“胃口”直接把恒星伴星上的气体物质吸过来,形成吸积

盘,发出明亮的X射线光。

这些X射线光如同这些物质被黑洞吞噬前的“回光返照”,成为天文学家多年来追寻黑洞踪迹的强有力线索。迄今为止,银河系中几乎所有的恒星级黑洞都是通过黑洞吸积伴星气体所发出的X射线来识别的。过去五十年间,人类用这种方法发现了约二十颗黑洞,质量均在3到20倍太阳质量之间。

然而,银河系内有数以千亿计的恒星,按照理论预测,就应该有上亿颗恒星级黑洞。实际上,在黑洞双星系统中,能够发出X射线辐射的只占一小部分。当黑洞和它的伴星距离较远时,“大胃王”也会表现出平静温和的一面。如何搜寻这些平静态(不吸积伴星气体)黑洞呢?天文学家在发现这颗最大恒星级黑洞的过程中给出了全新答案。



星空下的郭守敬望远镜 叶梓颐摄

“走路拉风”的星在绕“谁”运动?

中国科学院国家天文台刘继峰、张昊彤研究员领导的研究团队在浩瀚星海中发现了一个表现异常的双星系统,这其中会不会包含一颗深藏不露的黑洞呢?700多天的追逐之路饱含了艰辛和精彩。

2016年初,我国自主研发的大科学装置郭守敬望远镜(LAMOST)科学巡天部主任张昊彤研究员和中国科学院云南天文台韩占文研究员提出,利用LAMOST观测双星光谱,开展双星系统的研究计划,并选择了开普勒一个天区(K2-0)中的3000多个天体进行了为期两年的光谱监测。

在茫茫星海中“撒网”,比大海捞针更艰难。然而,功夫不负有心人,有一颗“走路拉风”的B型星引起了研究人员的关注:这颗星表现出

规律地周期性运动和不同寻常的光谱特征。

科学家从这条光谱中读出了非常丰富的信息:除了这颗星的有效温度、表面重力、金属丰度等重要信息外,光谱中一条近乎静止且运行方向和B型星反相位的明线(H α 发射线)给这颗星增添了神秘感。

这颗B型星背后一定有故事!它绕着运动的那个看不见的“谁”,莫非真的是黑洞?

天文学家在追逐宇宙真相的道路上,从来都不会轻易放过任何一种可能。为了进一步验证这颗特殊B型星背后的真相,研究人员随即申请了西班牙10.4米加纳利大望远镜的21次观测和美国10米凯克望远镜的7次高分辨率观测,以此深入确认B型星

的性质。

根据光谱信息,研究人员计算出B型星的金属丰度约为1.2倍太阳丰度,质量约为8倍太阳质量,年龄约为3500万年,距离我们1.4万光年。根据B型星和H α 发射线的速度振幅之比,研究人员计算出该双星系统中存在一个质量约为70倍太阳质量的不可见天体——它只能是黑洞!

B型星背后那个神秘的“谁”,就这样被天文学家挖了出来。为了纪念LAMOST在发现这颗巨大恒星级黑洞上做出的贡献,天文学家将这个包含黑洞的双星系统命名为LB-1。

与其他已知的恒星级黑洞不同,LB-1从未在任何X射线观测中被探测到,这颗黑洞和它的伴星相距较远(1.5倍日地距离)。研究人员用美国钱德拉X射线天文台对该源进行观测,发现这颗新发现的黑洞对其伴星吸积非常微弱,是一个平静温和的恒星级“黑洞之王”。

写,或者以前某种黑洞形成机制被我们忽视了。

LIGO台长大卫·雷茨评论说:“在银河系内发现70倍太阳质量的黑洞,将迫使天文学家改写恒星级质量黑洞的形成模型。这一非凡的成果,将与过去四年里LIGO及Virgo探测到的双黑洞并合事件一起,推动黑洞天体物理研究的复兴。”

不过,也许还存在另一种可能性。LB-1中的黑洞或许不是由一颗恒星坍缩形成的。研究人员猜想,LB-1最初是一个三体系统,观测到的B型星位于最外轨道,是质量最小的组成部分,而现在的黑洞是由最初内部的双星形成的双黑洞并合而成。在这种情形下,该系统将是黑洞并合事件的绝佳候选体,并为研究三体系统中双黑洞形成提供了独一无二的“实验室”。

(作者均为中国科学院国家天文台科研人员)

左图:LB-1艺术想象图(喻京川绘)

本版图片除注明外均由中国科学院国家天文台提供

延伸阅读

黑洞是什么

黑洞本身不发光,密度非常大。如果把10倍于太阳质量的恒星压缩到直径为北京六环大小的球体中,这样的密度就相当于黑洞的密度。黑洞具有超强的吸引力,任何从其身边经过的物质,就连速度最快的光也无法逃离。

黑洞的分类

天文学家根据黑洞质量的不同,将黑洞大致分为恒星级黑洞(100倍太阳质量以下)、中等质量黑洞(100-10万倍太阳质量)和超大质量黑洞(10万倍太阳质量以上)。

黑洞发现里程碑

1915年,爱因斯坦提出广义相对论。一个月后,德国物理学家卡尔·史瓦西推导出了爱因斯坦场方程的一个精确解,预示了黑洞的存在。

1965年,天鹅座X-1因其强X射线辐射成为第一颗被发现的黑洞候选体;

2015年,首次探测到的引力波为黑洞的存在提供了更为具体的证据;

2019年,天文学家历时10年利用四大洲八个观测点捕获了黑洞的视觉证据——首张黑洞“剪影”。

来自中国的2019“黑洞贡献”

4月10日

人类首张黑洞照片公布

由全球13个合作机构共同创建的事件视界望远镜(EHT)团队宣布,经过几十年的探索与积累,天文学家终于成功获得了超大黑洞的首个直接视觉证据——室女星系团中超大质量星系M87中心的黑洞图像。《天体物理学杂志通信》以特刊形式,用六篇论文发表了这一重大成果。

黑洞所具有的极强引力可以使其周围的时空弯曲,并将其周围的气体吸入。在此过程之中,被吸入气体的引力能转化为热能,导致这些气体温度升高并发出强烈的辐射。这使得黑洞沉浸在一片发光气体的明亮区域中。借此,人类有可能为黑洞拍摄下“剪影”。

在这场漫长的探索中,共有16位中国科学家参与EHT项目。由于他们在EHT中做出的重要贡献,上海成为EHT全球发布黑洞照片的六个地点之一。

4月11日

发现首例双中子星合并形成的磁星

中国科学技术大学薛永泉研究团队与国内外研究人员合作,发现了首例双中子星合并形成的大质量毫秒快转的磁星X射线爆发事件。新发现的磁星距离地球66亿光年,磁场是地球的千万亿倍,爆发仅持续七小时,发光强度是太阳的万亿倍。研究论文发表在《自然》杂志上。

中子星具有超高密度、超强磁场等极端属性。人们通常认为,双中子星合并的直接产物是黑洞,但有理论预言其产物也可以是大质量毫秒快转的极磁中子星——磁星,然而多年来该理论未被观测证实。

新发现的磁星证实了之前的理论预言,表明双中子星合并直接产物可以是大质量毫秒磁星,为更加深入研究中子星的形成、物理属性及双中子星合并提供了难得机遇与全新视角。国际知名天文学家戴子高评价其为“开创性的发现”。

9月5日

找到黑洞吸积理论“最后一块拼图”

《自然》杂志在线发表了中国天文学家主导的一项新发现,论文题为“供给类星体超大质量黑洞吸积盘燃料的核区快速内流”。科学家通过光谱追踪黑洞吸积气体中的氢和氦元素后发现,气体正背向观测者运动流入星系核区,也就是黑洞方向。并且,其速度由0持续增加到了5000公里/秒,这表明气体受黑洞引力作用持续加速下落。由于这一速度对应着吸积盘外边界处黑洞引力的自由落体速度,因此该发现从运动学上直接证实气体确实到达了吸积盘。

黑洞吸积理论认为,星系气体下落到距离黑洞约一光年的位置时,由于黑洞的强大引力和高速转动会形成盘状气体流,形成吸积盘。但此前没人亲眼看到气体流入黑洞吸积盘。这一观测找到了证明黑洞吸积理论的重要证据,完成了“最后一块拼图”。

(杨霞溪整理)

改写理论抑或创造可能?

自2015年起,美国激光干涉引力波天文台(LIGO)及欧洲室女座引力波天文台(Virgo)的引力波观测实验已经发现了几十倍太阳质量的黑洞,质量远高于先前已知的银河

系中的恒星级黑洞。此次,中国天文学家发现的这颗70倍太阳质量的超级黑洞不仅表明银河系内也存在此类大质量恒星级黑洞,同时也刷新了人类对于恒星级黑洞质量上限的认知。

该论文第一作者刘继峰研究员介绍说,一般模型认为,大质量恒星级黑洞主要形成于低金属丰度(低于1/5太阳金属丰度)环境中,LB-1却有一个与太阳金属丰度相近的B型星。

目前的恒星演化模型只允许在太阳金属丰度下形成最大为25倍太阳质量的黑洞,因此LB-1中黑洞的质量突破了现有恒星演化理论的“禁区”。这可能意味着有关恒星演化形成黑洞的理论将被改

“光谱之王”开启搜寻黑洞新时代

LB-1这颗“黑洞之王”的发现,充分证实了我国重大科技基础设施郭守敬望远镜(LAMOST)强大的光谱获取能力,同时也提供了一种利用LAMOST的巡天优势寻找黑洞的新方法。

于2009年6月通过国家验收的LAMOST拥有4000根光纤,每根光纤都如同一只眼睛,在观测中可以紧盯一个天体。因此,LAMOST一次就能观测

近4000个天体。

2019年3月,LAMOST DR6公开发布了1125万条光谱,成为全球首个突破千万的光谱巡天项目,LAMOST被天文学家誉为全世界光谱获取率最高的“光谱之王”。

从2016年11月起,为了发现和和研究光谱双星,研究人员利用LAMOST对开普勒一个天区的3000多颗恒星历

时两年进行了26次观测,累计曝光时间约40小时。如果利用一架普通四米望远镜专门来寻找这样一颗黑洞(一年观测365天,每天观测8小时),同样的几率下,则需要40年!

LAMOST助力天文学家发现了恒星级黑洞之王,而“黑洞之王”的现身也为“光谱之王”LAMOST增添了更多精彩——这颗迄今为止最大质量的恒星级

黑洞,是LAMOST发现的第一颗黑洞,它的出现将标志着利用LAMOST巡天优势搜寻黑洞新时代的到来。

LB-1是一个X射线辐射宁静的双星系统,利用常规X射线方法搜寻这类黑洞是行不通的。长期以来,人们认为径向速度监测可以发现平静态的黑洞双星,这颗迄今最大质量黑洞的发现证实了这一点。利用LAMOST大规模巡天优势和速度监测方法,相信天文学家将会发现一批深藏不露的平静态黑洞,从而逐步揭开黑洞“家族”的更多内幕,为研究黑洞的形成演化以及质量分布迈出关键一步。

郭守敬望远镜大事记



1996年7月

2008年10月

2009年6月

2011年10月

2017年9月

2018年8月

2019年3月

2019年11月

立项,列入国家重大科技基础设施首批启动项目

顺利通过国家验收

开启二期巡天的测试观测

巡天光谱数突破千万,成为全世界首个超千万量级巡天项目

在国家天文台兴隆观测基地举行落成典礼

先导巡天正式启动

一期光谱巡天科学成果发布

天文学家利用LAMOST发现迄今最大质量的恒星级黑洞