

科技

更高清更高能! EHT再次发布黑洞照片, 偏振图像提供了黑洞外缘磁场结构的新信息

首张黑洞照片“甜甜圈”变身“旋转烟花”

■本报首席记者 许琦敏

北京时间3月24日22点,事件视界望远镜(EHT)合作组织发布了M87超大质量黑洞的最新照片:它在偏振光下的影像。

如果说,两年前发布的那张轰动世界的首张黑洞照片,看上去像一个温暖的橙色“甜甜圈”,那么这次的影像则显示出了“甜甜圈”更为细腻的结构——如同一轮逆时针旋转的烟花。

这些顺滑流畅的曲线意义重大:这是天文学家第一次在如此接近黑洞边缘处测得表征磁场特征的偏振信息。这一结果对解释M87星系如何从其核心向外传播能量巨大的喷流至为关键,为揭示M87超大质量黑洞周边性质提供了一个崭新视角。昨天,EHT合作的两篇论文正式发表在《天体物理学杂志通讯》上。由中科院上海天文台科研人员领衔的国内团队深度参与了该项研究。

八名上海天文学家深度参与

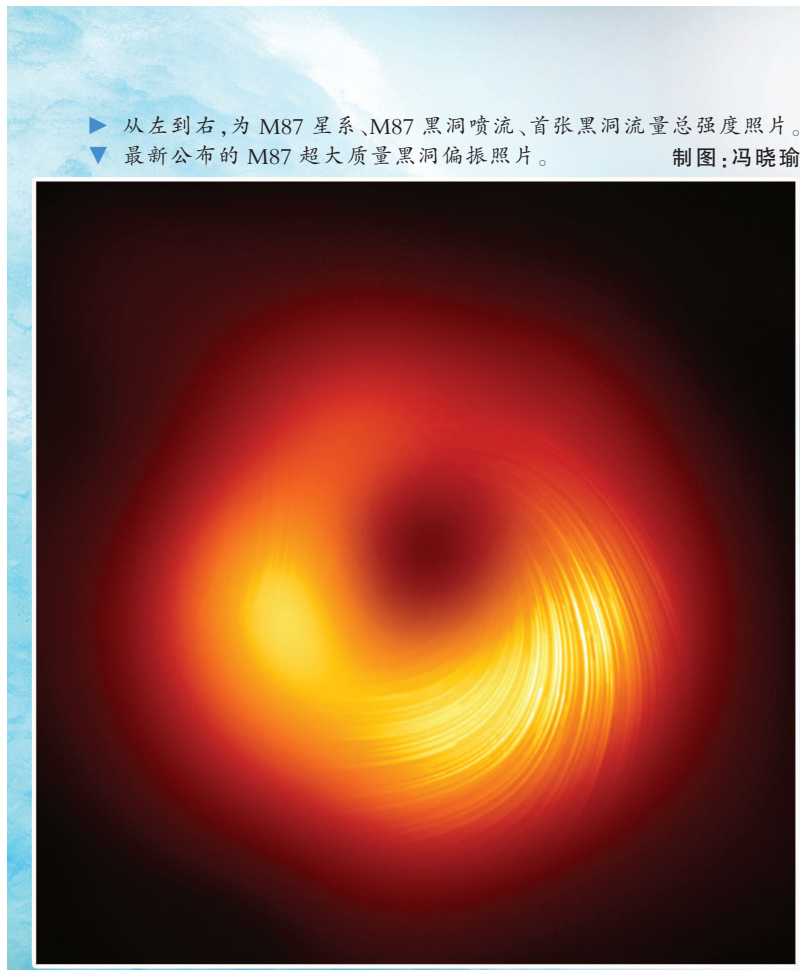
M87超大质量黑洞是目前已知的最大黑洞之一,距离地球5500万光年,相当于65亿个太阳质量。虽然号称“超大质量”,但实际上这种黑洞是一类相当小的天体,以至于几乎不能被直接看到。由于黑洞质量越大,黑洞阴影越大,M87中心黑洞从地球看过去是角直径最大的黑洞之一,因此成为EHT试图捕获的一个完美目标。

2019年4月10日,由全球13个合作机构共同创建的EHT团队发布了有史以来第一张黑洞照片,揭示了一个明亮的环状结构及其黑暗的中央区域——黑洞的阴影。这是迄今为止最清晰的黑洞图像。

“这是一张M87黑洞的流量总强度图。”中国科学院上海天文台台长沈志强说,EHT在2017年所获得的这批图像数据分辨率达到了20微角秒——这个精度意味着,你可以在纽约阅读一份巴黎街头摊开的报纸。天文学家显然希望利用它们获得黑洞的更多信息。

此后,EHT合作组织深入研究了这批M87星系中心超大质量黑洞的数据。他们发现,M87黑洞周围的相当一部分光是偏振的。

2019年7月,EHT合作组织在德国马普射电天文研究所召开了偏振校准工作会议。在此后约两年时间里,天文学家们开展了艰苦的工作,开发了多种数据处理方法,终于获得



▶ 从左到右,为M87星系、M87黑洞喷流、首张黑洞流量总强度照片。
▼ 最新公布的M87超大质量黑洞偏振照片。 制图:冯晓瑜

了这幅最新发布的黑洞偏振图像。参与此次EHT大型国际合作项目的科研人员多达300名,其中中国大陆学者共16人,有8人来自上海天文台。

EHT合作成员、中科院上海天文台副研究员江悟回忆,工作小组每周要开两次电话会议,为协调各国组员的工作时间,中国科学家往往需要在晚上十点到凌晨1点上线开会。最后,参与偏振校准的三个工作组分别用不同方式得到非常一致的偏振图像,如此漂亮的结果令所有人兴奋不已。

“旋转烟花”所蕴藏的奥秘

从最新发布照片来看,原先模糊的“甜甜圈”显现出了更加精细的结构——如同一轮火红的旋转烟花。

这些顺滑的曲线是如何被看见的?简言之,通过偏振测量。光是一种电磁波,当它通过某些滤光片(如偏光太阳镜的镜片),或被磁化的高温区域发出来时,就会观测到偏振光。就像偏光太阳镜能减少来自明亮

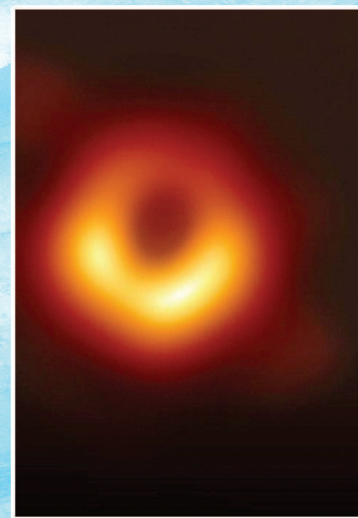
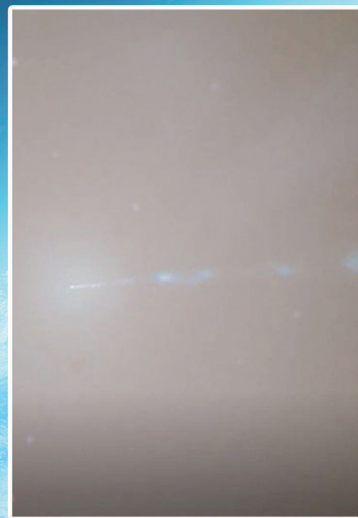
表面的反射和眩光,从而帮助我们看得更清楚一样,天文学家可以通过观察来自黑洞边缘的光的偏振特性,来得到新的信息——偏振测量可以让天文学家了解存在于黑洞边缘的磁场结构。

“常规VLBI偏振测量就很困难,EHT得到这个偏振图像更是充满挑战。”江悟解释,由于黑洞边缘辐射的偏振度不到10%,因此他们设计了多种方法,小心翼翼地消除设备和观测过程中的各种效应,才得到了目前的结果。

这些曲线代表了什么?沈志强认为,首先它透露了黑洞边缘的光是如何产生的,“我们可以推断出,黑洞周围有相对论性的气体,它们运动速度很快,相对论性电子在磁场里会产生同步辐射”,现在观测结果证明它就是来自同步辐射。

黑洞研究的又一个里程碑

对于研究黑洞的天文学家来说,



2019年4月10日,事件视界望远镜(EHT)合作组织首次在比利时布鲁塞尔、智利圣地亚哥、中国上海和台北、美国华盛顿和日本东京,以英语、汉语、西班牙语和日语同步发布了M87星系中心超大质量黑洞的照片。这是人类有史以来获得的第一张黑洞照片。M87黑洞距离地球5500万光年,一个口径如地球大小的虚拟望远镜。凭借EHT具有的空前灵敏度

事件回放

观测到的两个之一。为探测遥远黑洞传来的微弱辐射,天文学家构建起了EHT。

EHT把分布在西班牙、智利、夏威夷、南极等地的八台毫米波射电望远镜“组合”起来,形成一个口径如地球大小的虚拟望远镜。凭借EHT具有的空前灵敏度

和分辨率,科学家在1.3毫米观测波段,捕获到了一个环状结构及其中心的暗弱区域,即黑洞阴影。

这幅图像呈现出一个不对称的圆环结构,它的核心区域存在一个阴影,周围环绕着一个新月状光环。这次跨越5500万光年的“曝光”直接证明了爱因斯坦的广义相对论是正确的,直接证明了黑洞的存在,并精确测量了M87星系中黑洞的质量和自旋。

这幅全新的黑洞及其阴影的EHT偏振图像,使天文学家首次成功探究黑洞外缘区域——在那里,物质可能被吸入或被喷射出来。EHT合作成员、美国普林斯顿理论科学中心研究员安德鲁·查尔说:“这次最新公布的偏振图像是理解磁场如何让黑洞‘吞噬’物质并释放出能量巨大的喷流的关键。”

这项工作的公布,令同样参与这项工作的上海天文台副台长袁峰研究员有些小小失落。原本,他的研究团队通过理论推导也得出了类似结论,可惜论文发表却比照片公布晚了一步。

黑洞外缘磁场揭开神秘面纱

此次偏振观测的结果还提供了有关黑洞外缘磁场结构的新信息。研究团队发现,只有以磁化气体为特征的理论模型,才能解释在事件视界看到的情况。

美国科罗拉多大学博尔德分校助理教授、EHT理论工作组协调员杰森·德克斯特解释说:“观测结果表明,黑洞边缘的磁场非常强,其作用力足以使得高温气体能够抵抗引力的拉扯。只有溜过磁场的气体才能以旋

进的方式进入到事件视界。”

这一关键证据,可以解释黑洞周围磁场的行为,以及在这个非常致密空间中的物理过程是如何驱动尺度远超星系本身的强大喷流的。

这项结果的公布,令同样参与这项工作的上海天文台副台长袁峰研究员有些小小失落。原本,他的研究团队通过理论推导也得出了类似结论,可惜论文发表却比照片公布晚了一步。

由世界各地的八台望远镜连接起来而创建的虚拟望远镜EHT,分辨本领相当于在地球上看清月面一张信用卡。“尽管已经能够直接观察到黑洞的阴影以及环绕的光环,但天文学家对其精度仍不满足。”沈志强表示,根据现在偏振观测结果,黑洞外缘磁场还有很多方面有待研究,天文学家需要更加清晰细致的观测结果。

目前,EHT正在通过对阵列进行技术升级和增加新的观测站,来进一步提升分辨本领。未来,EHT观测能更准确地揭示黑洞周围的磁场结构,并告诉人们更多关于这一区域热气体的物理性质。

“曾让霍金愿赌服输的黑洞”以接近光速自转

科学家对首个恒星级黑洞精确“画像”

本报讯(首席记者许琦敏)距离地球7240光年,21倍太阳质量,以接近光速自转。近日,国际学术期刊《科学》杂志和《天体物理学报》的三篇论文联合发布了人类发现的第一个恒星级黑洞——天鹅座X1的最新精确测量结果。

根据这三篇论文,来自澳大利亚、美国和中国三个团队,分别独立对黑洞的距离、质量、自旋及其演化做了最为精确的测量和限制。测量结果发现,该系统包含了一个21倍太阳质量的恒星,其自转速度接近光速。这是迄今发现并确认的唯一一个黑洞质量超过20倍太阳质量,且自转如此之快的X射线双星系统。

天鹅座X1除了包含能够产生X射线源的致密星之外,还包含一个蓝巨星。1964年,美国探空火箭首次发现了该系统,其中的致密天体究竟是黑洞还是中子星,一直是高能天体物理研究领域的热点。上世纪70年代,物理学家索恩和霍金曾为此立字据打赌。直到上世纪90年代,越来越多的观测证据表明这个系统中心应该是黑洞,霍金才签字表示认赌服输。

尽管霍金认输,但天文学家一直未能对天鹅座X1的性质进行精确测量。2011年,中科院国家天文台研究员苟利军与合作者首次尝试精确测量这颗黑洞性质。当时得出的结果是:它与地球相距6067光年,质量为14.8

倍太阳质量,黑洞视界在以72%的光速转动。

2013年,欧洲航空局的盖亚卫星发射升空,再次测量发现天鹅座X1相距地球约7100光年。而此次发表在《科学》杂志的文章中,澳大利亚柯廷大学米勒-琼斯教授团队经努力最终得到的最新距离为7240光年,精度达到8%。

在此基础上,三国科学家合作团队重新分析光学数据,发现天鹅座X1的黑洞质量增加了50%,达到21倍太阳质量——这是目前发现的X射线双星系统中唯一一个主星质量超过20倍太阳质量的黑洞X射线双星系统。

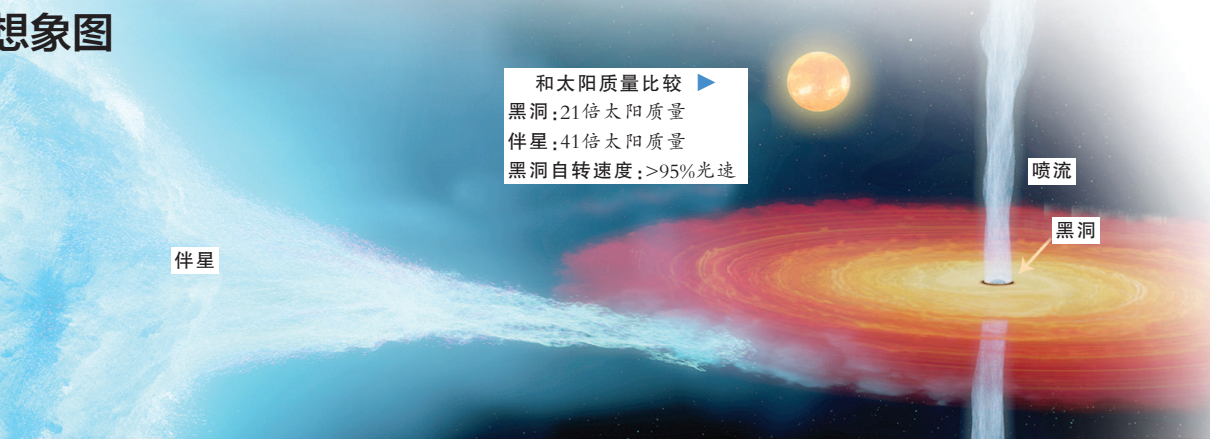
此外,苟利军领导的研究团队结合最新测量结果,对黑洞的自转速度

进行了精确限制。研究发现,黑洞视界正在以至少95%的光速自转——这也是目前已知的唯一一个以如此高速度转动的黑洞系统。

澳大利亚莫纳什大学曼德尔教授领衔的团队发现,要想形成如此重量且转动极快的黑洞,星风损失应该要比之前预计的小好几倍,而此黑洞的前身星可能重达60倍太阳质量。

“精确的系统参数测量,也给我们提供了和引力波所探测到的黑洞进行比较的机会。”苟利军解释,天鹅座X1的自转极快,这和引力波所发现的黑洞系统表现出完全不同的转动特征,这也意味着该系统很有可能与引力波系统有着完全不同的形成机制。

天鹅座X1系统想象图



和太阳质量比较
黑洞:21倍太阳质量
伴星:41倍太阳质量
黑洞自转速度:>95%光速

喷流
黑洞

伴星

黑洞从哪里来?目前有两种假设

2015年9月,激光干涉引力波天文台(LIGO)探测到来自两个黑洞碰撞并合过程中产生的引力波信号。这是爱因斯坦广义相对论提出引力波概念100周年后,人类首次直接探测到引力波,它将天文学带入了新纪元。

在将黑洞用于研究整个宇宙之前,天体物理学家必须先弄清楚它们是怎样形成的。到目前为止,有两种理论是解释这一问题的主流观点:

一些天文学家认为,大多数黑洞起源于密集的恒星簇(也叫星团),其密度可能比人类所处的银河系大100万倍。每当一颗巨大的恒星爆炸,它就会留下一个黑洞,沉入星团中间,恒星簇的中心因黑洞而变得密度很大,超引力有着席卷牵引一切的能力。天文学家称此为“动态”黑洞的形成。

另一些研究者认为,黑洞更喜欢一对对地孤立出现。它们在相对荒芜的星系区域以成对恒星的形式开始发展,经过漫长而混乱的“共同生活”后发生爆炸,形成了一对“孤立的”黑洞,并继续围绕彼此运转。

美国芝加哥大学的天体物理学家丹尼尔·霍尔兹表示:“人们普遍认为,这是动力学模型与孤立模型之间的斗争。”

实际上,LIGO首次探测引力波的过程是快速且轻松的——在他们开展正式观测以前,惊喜结果便出现了,这表明双黑洞系统在宇宙中非常普遍。如此看来,前文提到的第二种理论,也就是孤立的双黑洞系统是主流,似乎更符合“黑洞并合广泛出现在各种天体环境中”这一现实。而其他研究者指出,2015年的并合黑洞异常巨大,它看起来更符合动力学模型,也就是第一种理论所说的“密集”的恒星簇当中的黑洞。用他们的话说,这么大的黑洞只能来自早期宇宙,而早期宇宙已有星团恒星簇形成了。LIGO的最新数据显示,孤立的双黑洞系统的普遍性远低于预期。卡内基梅隆大学的天体物理学家卡尔·罗德尼格斯和同事不久前发表的论文指出,星团可以“完全解释”现在观测到的黑洞并合的速度。

新发现的黑洞并合还为解决黑洞从何而来的难题提供了新方法。黑洞在某种意义上其实很简单:除质量与电荷外,它唯一具备的特征就是自旋——自身旋转速度的一种度量。如果双黑洞系统一路从一对恒星演变而来,相伴一生,那么持久的相互作用将使它们的自旋步调一致;如果二者是在生命的中段才邂逅彼此,它们的自旋就可能呈现出非常不同的状态。

天文学家在测量了LIGO数据集中的黑洞自旋后提出,动力学理论和孤立理论差不多。正如天体物理学家迈克尔·泽文和同事在近期预印本论文中提出的说法,没有一个统辖一切的途径,一系列不同的途径共同解释不断增长的双黑洞系统。

(希区客/编译)