

# EHT再次为M87超大质量黑洞 拍下最新的在偏振光下影像 这次,黑洞变身 “旋转烟花”

M87星系

M87超大质量  
黑洞最新照片

近日,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。

日前,EHT合作的两篇论文正式发表在国际学术期刊《天体物理学杂志通讯》上。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。

## M87黑洞周围 一部分光是偏振的

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。

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。最后,参与偏振

校对的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,令所有人都兴奋不已。

## “旋转烟花” 所蕴藏的奥秘

从最新发布的照片来看,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(如偏光太阳眼镜的镜片),或被磁化的高温区域发出来时,就会观测到偏振光。

就像偏光太阳眼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。”EHT合作成员、上海天文台副研究员江悟解释,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,这项工作是一个重要的里程碑:偏振光所携带的信息能让我们更好地理解2019年4月发布的首张黑洞图像背后的物理机制,这在以前是不可能的。

“黑洞的偏振成像结果,对理解黑洞周围的磁场及物理过程至为关键。”EHT合作成员、上海天文台研究员路如森解释,过去由于观测精度不够,天文学家只能通过理论模型对其结构和强度进行猜测推导,如今则看到了关键证据。

从M87的核心喷射出来的明亮能量和物质喷流,向外延伸了至少5000光年,是该星系最神秘、最壮观的特征之一。大部分靠近黑洞边缘的物质都会落入其中,周围也有一些粒子会在被捕前的瞬间逃逸并以喷流的形式向外传播。

为了更好地理解这一过程,天文学家构建了不同的关于黑洞边缘物质行为的模型。但他们仍不清楚,比星系尺度还要大的喷流究竟是如何从只有太阳系大小的星系中心区域发射出来的,也不知道物质究竟是如何落入黑洞的。

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’物质并发出能量巨大的喷流

的关键。”

## 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,只有以强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御引力的拉扯。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。

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台站,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。

据《文汇报》

## 相关链接

### 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,超强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。它们最初在相对荒凉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。而其他人士则指出,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”。

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,动态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。

据《成都商报》