颠覆人们对恒星级黑洞形成的传统认知——

揭开“黑洞之王”的神秘面纱

经济日报·中国经济网记者　沈　慧

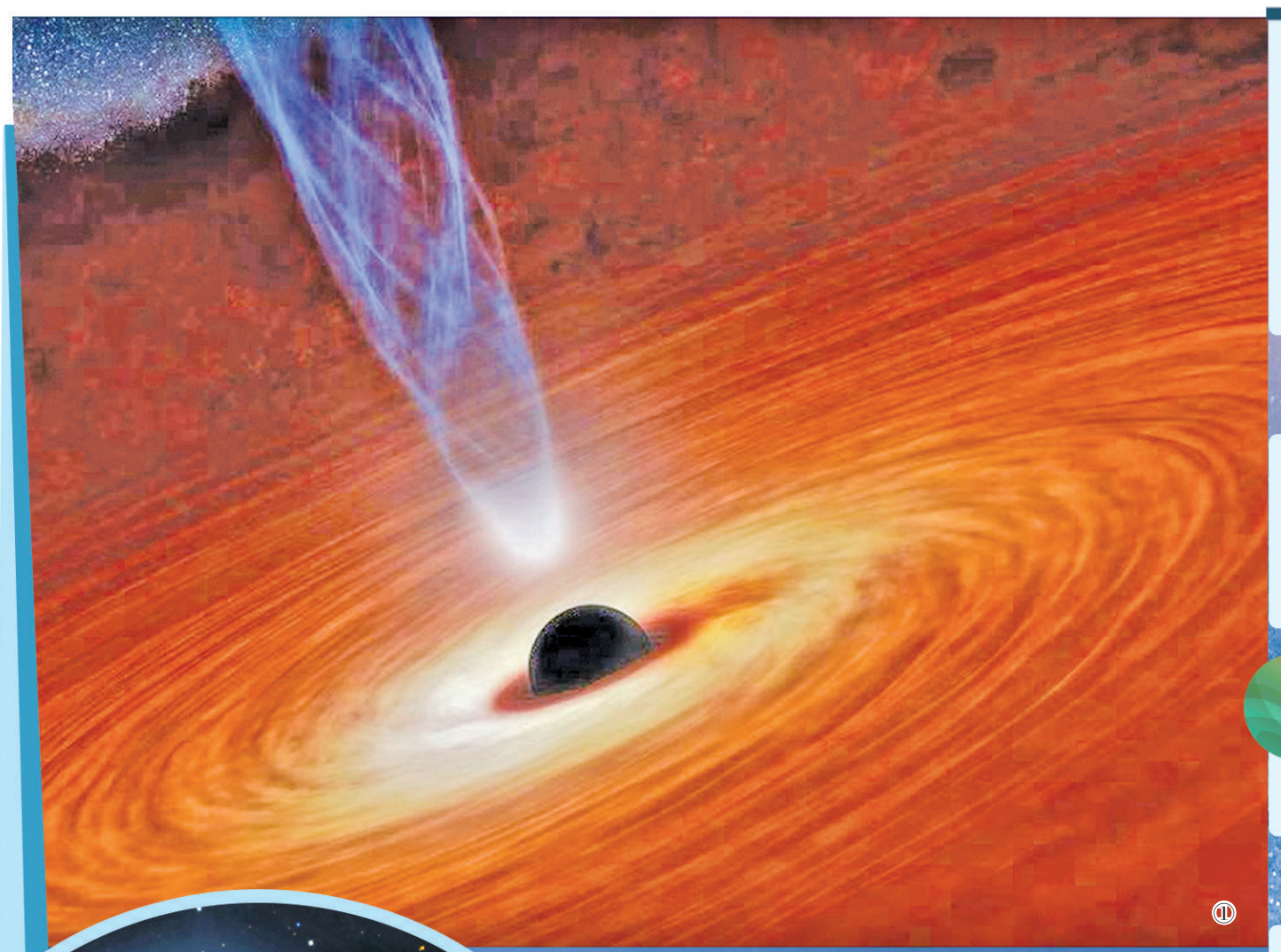
热点追踪

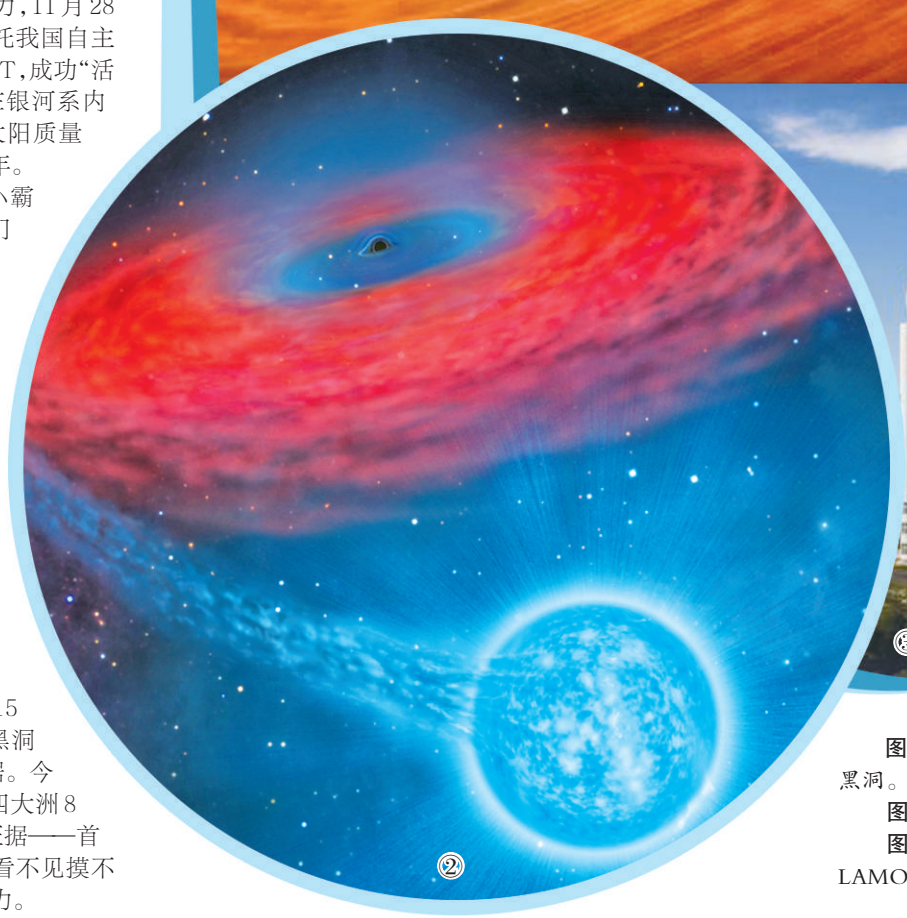
追逐茫茫宇宙中那个遥远神秘天体，数百年来无数科学家前赴后继。11月28日凌晨，我国科学家宣布：依托我国自主研制的郭守敬望远镜LAMOST，成功“活捉”一“黑洞之王”。这颠覆了人们对恒星级黑洞形成的认知，有望推动恒星演化和黑洞形成理论的革新——宇宙神秘面纱正一点点向世人揭开。

“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。”霍金在其最后的著作《十问》中这样写道。

经过科学家们的不懈努力，11月28日凌晨，我国科学家宣布：依托我国自主研制的郭守敬望远镜LAMOST，成功“活捉”一“黑洞之王”——这颗在银河系内发现的恒星级黑洞，大小为太阳质量的70倍，距离我们约1.5万光年。

恒星级黑洞中的这颗“小霸王”黑洞，其质量超乎科学家们的想象。“这是一个非凡的发现，它将迫使天文学家改写恒星级黑洞的形成模型。”专家们表示。





图① 存在于星系中心的超大质量黑洞。（来源：NASA）

图② 巨型黑洞艺术想象图。喻京川绘

图③ 我国自主研制的郭守敬望远镜LAMOST。（资料图片）

宇宙吸光器

1915年爱因斯坦提出广义相对论，德国物理学家卡尔·史瓦西推导出了爱因斯坦场方程式的一个精确解，预言了黑洞的存在。自此，人类就没有停止过对这种神秘天体的想象和探索。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。今年，天文学家历时10年利用四大洲8个观测点捕获了黑洞的视觉证据——首张黑洞“芳容”，让这个曾经“看不见摸不着”的诡异天体有了一丝亲和力。

黑洞到底是什么，为何一代代天文学家为之如此着迷？本身不发光，具有超强吸引力，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，是个名副其实的宇宙真空“吸光器”。不仅如此，它的密度出奇地大。有多大？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。

根据黑洞质量的不同，天文学家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倍至10万倍太阳质量）和超大质量黑洞（10万倍太阳质量以上）。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”。

按照科学家们的认知，一颗恒星演化到最后如果剩下的质量太多，即大于3倍太阳质量，则既不能形成白矮星，也不能成为中子星，一旦进入死亡阶段，就没有任何力量可以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，而在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。”国家天文台研究员刘继峰说。

“捕捉”黑洞

神秘又有趣，若龙潜深渊隐藏爪牙，潜行于宇宙星海中。可黑洞本身不发光，天文学家如何在茫茫宇宙中寻找到它们呢？

答案是间接观测。刘继峰介绍，观测验证黑洞通常有两种方法，一种是通过引力波实验聆听时空的涟漪，进而推知黑洞并合事件，但这仅适用于稀少的双黑洞，即两个星系碰撞合并后产生的两个相互绕转的黑洞。还有一种方法是通过监测明亮伴星的运动推知黑洞存在，并测量黑洞质量。过去50年里，人们用该种方法发现了约20颗黑洞，质量均在3倍到20倍太阳质量之间。

原来，黑洞虽然不发光，不过它们身边的小伙伴们实在是太高调，周边的吸积盘或者伴星都表现出异样的“气场”：如果黑洞与一颗正常恒星组成一个距离较近的双星系统，黑洞就会露出狰狞的爪牙，以强大的“胃口”直接把这颗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”，而就是这一“照”，成为天文学家这些年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均通过黑洞吸积伴星气体所发出的X射线来识别的。

按照理论预测，银河系中应该有上亿颗恒星级黑洞，不过在黑洞双星系统中，能够发出X射线辐射的仅占一小部分。当黑洞和它的伴星距离较远时，我们的“大胃王”也会表现出平静温和的一面。

既然如此，对于这些平静态，即不吸积伴星气体的黑洞，该如何搜寻呢？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。

LAMOST再立功

这颗距离地球1.5万光年之外的恒星级“黑洞之王”，其发现与一个默默奉献的“大功臣”——LAMOST，密不可分。“如果利用一架普通4米口径望远镜来寻找这样一颗黑洞，相同几率下，则需要40年时间，这充分体现出LAMOST超高的观测效率。”刘继峰表示。

他说，早在上世纪六七十年代，人类就已经调动了大量观测资源来发现黑洞，但由于设备灵敏度以及海量数据处理的难题，最终收效甚微。迫于现实，科学家们想到了利用X射线来识别黑洞的方法，但也困难重重。

怎么办？找到新的方法，发现数量巨大、没有X射线辐射的黑洞，成了天文学界近年来研究的热点和难点。关键时刻，我国自主研制的国家重大科技基础设施郭守敬望远镜LAMOST派上用场。

我们知道，黑洞是由大质量的恒星死亡后发生引力塌缩形成的。“研究天体，科学家们常常有3个观测维度：明暗、颜色、位置。”中国科学院国家天文台高级工程师白仲瑞介绍，这其中，颜色是科学家们常常使用的观测依据，而颜色又会在光谱特征上有所表现。“换句话说，光谱就像天体的‘条形码’。”白仲瑞解释。

而收集这些巨量“条形码”恰恰是“光谱之王”——LAMOST所擅长的。白仲瑞说，LAMOST拥有4000颗眼睛（4000根光纤），一次能观测近4000个天体。2019年3月，LAMOST公开发布了1125万条光谱，被天文学家誉为全世界光谱获取率最高的“光谱之王”。

“工欲善其事必先利其器”。正是LAMOST这台“天文利器”，助力天文学家发现了今天的主角“黑洞之王”。

2016年初，LAMOST科学巡天部主任张昊彤研究员和云南天文台韩占文院士提出利用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中的3000多颗恒星开展了为期两年的光谱监测。结果发现，在一个X射线辐射宁静的双星系统（LB-1）中，一颗8倍太阳质量的蓝色恒星，围绕一个“看不见的天体”做着周期性运动，这个“看不见的天体”还表现不同寻常的光谱特征。

这颗B型星背后一定有故事，它到底在绕着看不见的“谁”在运动？莫非真的是黑洞！天文学家在追逐宇宙真相的道路上从来不会轻易放过任何一种可能。短暂的激动兴奋过后，研究人员随即申请了西班牙10.4米加纳利大望远镜和美国10米口径凯克望远镜协助观测，进一步确认了B型星的光谱性质。

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35百万年，距离我们1.4万光年。“再辅以其他证据，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。”刘继峰称。

颠覆传统认知

故事至此还没有结束。

根据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中黑洞的质量已经进入了现有恒星演化理论的“禁区”。换句话说，银河系中单个恒星黑洞的质量不应该超过太阳的20倍。而LAMOST的发现，可能意味着有关恒星演化形成黑洞的理论将被迫改写，或者以前某种黑洞形成机制被忽视。

事实究竟是怎样的？答案是：继续观测并验证。“在接下来的长达两年之久的监测时间里，LAMOST共为这项研究做了26次观测，累积曝光时间约40个小时。”刘继峰说。

时光不负情深。最终的结果成就了LAMOST的这段佳话。为了纪念LAMOST在发现这颗巨大恒星级黑洞上作出的贡献，天文学家给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，这颗黑洞与它的伴星相距较远，有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“冠军”。

这一发现有何意义？美国激光干涉引力波天文台LIGO从2015年起，通过探测引力波的方法发现了数十倍太阳质量的黑洞；2017年，雷纳·韦斯、基普·索恩和巴里·巴里什因在LIGO的建造和引力波探测方面的贡献被授予诺贝尔物理学奖。

刘继峰说，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，从而逐步揭开这个黑暗“家族”的内幕，为研究黑洞成员的形成演化以及质量分布迈出标志性的一步。

“接下来，利用LAMOST极高的观测效率，天文学家有望发现一大批‘深藏不露’的黑洞，开创批量发现黑洞的新纪元。”刘继峰表示。

黑洞研究的历史

要追溯黑洞的历史，就要追溯到人们对万有引力的认识

万有引力的发现可以追溯到17世纪，牛顿坐在苹果树下面看到苹果掉下来，激发了灵感，写下了关于引力的万有引力公式。在此基础之上，牛顿得到了人们所熟知的逃逸速度公式。

18世纪

数学家拉普拉斯想象在宇宙当中有可能会存在着一种天体，它非常致密，以至于从它自身发出的光都不能够从它周围逃脱出来。现在看来这天体就是最朴素的对于黑洞的一种想法。

19世纪

到了19世纪，更多科学家的观测对于牛顿的理论提出了一些挑战。

20世纪初

爱因斯坦提出了广义相对论，对引力提出了颠覆性认识。在爱因斯坦1915年提出广义相对论之后的几个月，物理学家史瓦西得到了精确的爱因斯坦场方程解，这就是“没有转动黑洞的史瓦西解”。在史瓦西1916年得到这个解之后的几十年间，黑洞研究的进展非常缓慢。

20世纪30年代末

美国科学家发展了一种学说：恒星在死亡塌缩时有可能塌缩成一个致密的奇点，并且推导出了这个质量的下限，3.2个太阳质量左右。

20世纪60年代

黑洞的研究迎来了两项突破性进展：

- 1963年，数学家罗伊·克尔通过数学求解的方式第一次精确得到了爱因斯坦场方程的带有旋转黑洞的精确解。
- 1964年，用观测方法发现了第一颗恒星级的黑洞。

由此，黑洞研究领域迎来了黄金时代。现在人们所知道的有关于黑洞的知识，基本上都是在接下来的二三十年内得到的。

在此时期，物理大师约翰·惠勒在黑洞的科学传播方面做了非常多的工作；虫洞这个名词也是他提出的。

目前

霍金进一步发现了所谓的霍金辐射，改变了之前经典广义相对论对于黑洞的认识。

本版编辑　郎　冰
联系邮箱　jjrbxzh@163.com