引力波源也可能由“一大二小”三个黑洞组成

作者：任芳言 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/2253.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

宇宙中存在大大小小的黑洞，有的会彼此缠绕、碰撞，上演大鱼吃小鱼的戏码。引力波的产生也与此有关，人类迄今探测到的引力波源头，大多是两个恒星级黑洞发生并合造成的。 以往的研究指出，能够发生碰撞、并辐射出引力波的波源，往往是两个黑洞在跳双人舞。而两名青年天文学家的最新研究显示，引力波源也可能由一大二小三个黑洞组成。

今年9月，北京大学物理学院天文系助理教授陈弦和中科院上海天文台研究员韩文标在自然子刊《通讯物理》上发表了他们的研究成果。论文通过计算和模拟，阐释了一种能够同时辐射出高低两种频率的引力波源。 一山容二虎 以太阳质量为衡量标准，宇宙中的大黑洞可达数百万太阳质量，被称为超大质量黑洞。小黑洞质量可达数十个太阳，被称为恒星级黑洞。 小黑洞围绕大黑洞旋转，就会辐射万分之一到百分之一赫兹的低频引力波。在天体物理学中，这样的组合被称为极端质量比旋进系统(extreme-mass-ratio inspiral，简称EMRI)。

韩文标告诉《中国科学报》记者，大黑洞与小黑洞结成对子，还要经历一个捕获过程。 有的小黑洞不太幸运，可能被宇宙中其他的黑洞‘踢了一脚’，正好被撞到超大黑洞的捕获区域里。这样一大一小两个黑洞就‘跳起了舞’，并辐射引力波。随着引力波的辐射，它们之间的距离越来越近，直到小黑洞被大黑洞吞噬，这个过程很漫长，可能要几百万年甚至上亿年。韩文标说。

在陈弦与韩文标的研究模型中，这种不太幸运的小黑洞可能有两个，而且这两个小黑洞很早就已经被引力束缚、绕转。 两个小黑洞作为一个整体，与超大质量黑洞一起，跳起了三人舞，形成了极端质量比旋进双星系统(binary extreme-mass-ratio inspiral，简称b-EMRI)， 以往的研究认为，两个恒星级黑洞要么被大黑洞的潮汐作力拆散，要么在很早的时候就发生并合，很难在超大质量黑洞的捕获范围内长时间共生。

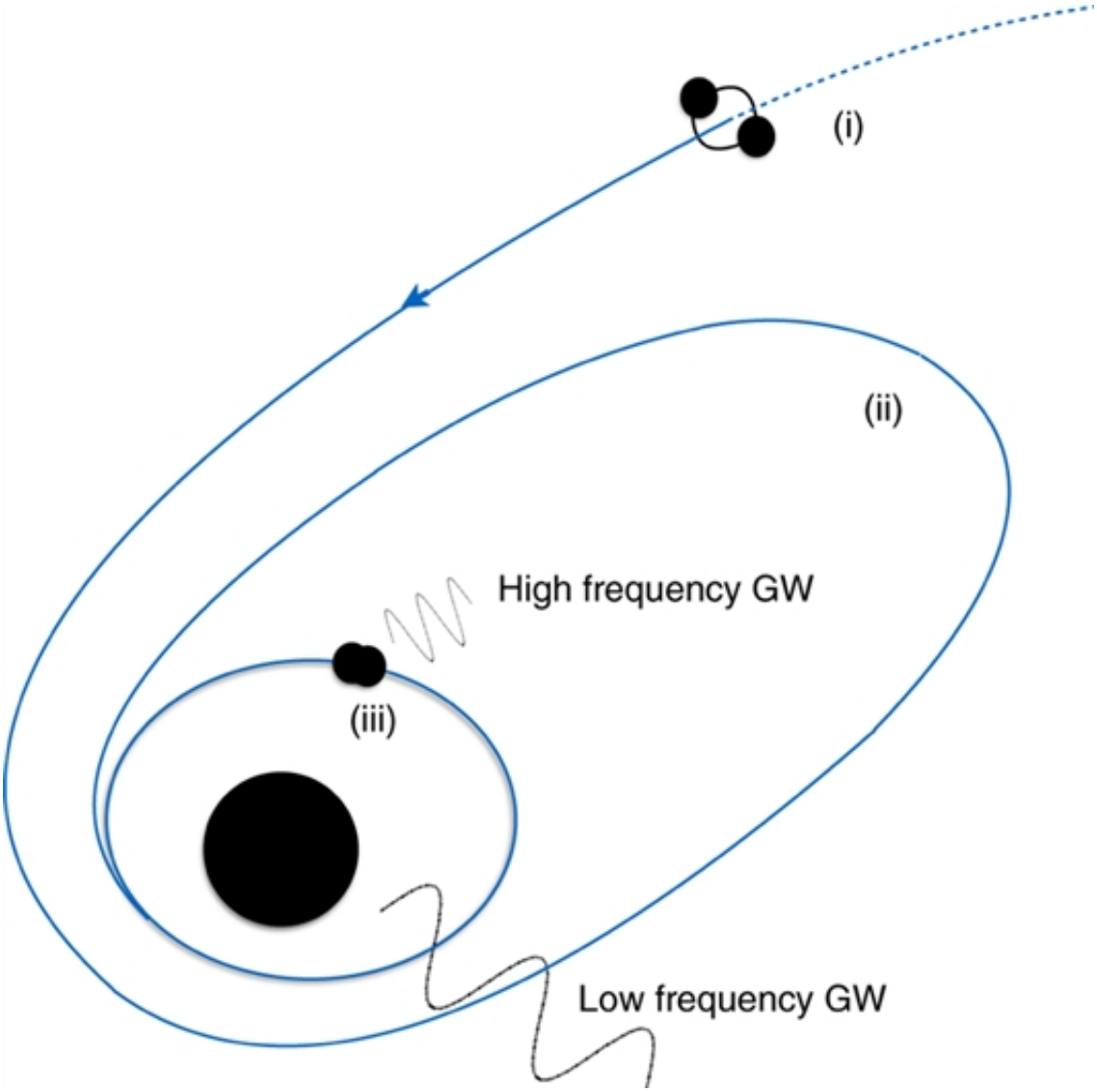
但两位研究者通过数值模拟分析发现，一山仍有可能容下二虎。两个小黑洞作为一个互相吸引的整体，有可能在大黑洞的捕获范围内存活相当长的一段时间。 殊途同归 以往研究认为，小黑洞围绕大黑洞形成的引力波源，只会辐射出毫赫兹频率的引力波。但在b-EMRI系统中，事情没这么简单。

韩文标表示，恒星级双黑洞绕转超大黑洞，辐射的是千分之一赫兹的低频引力波。当双黑洞绕到大黑洞附近，受潮汐力影响会发生并合，从而辐射出几十到数百赫兹的高频引力波。 也就是说同一个引力波源既能辐射低频引力波，也能辐射高频引力波。就像二重奏，有高和低两个声部。陈弦打了个比方。

与其说‘看’，我们探测引力波更像是用耳朵听声音。因为测量的是震动幅度，看时空扭曲的有

多厉害，陈弦表示。 因此，若能确定空间探测器识别到的低频引力波，与地面探测器识别到的高频引力波同时来自同一个位置，就能找到b-EMRI。 陈弦表示，现有技术条件下，人们利用地面探测器识别到的高频引力波信号，其实是恒星级黑洞在合并的最后阶段时发出的，因此持续时间非常短暂。可能只有一秒甚至十分之一秒，他说。 而对黑洞并合之前的，持续时间长、频率较低的引力波，现有的探测设备还无法识别到。也就是说，目前我们还无法真正听到来自遥远宇宙的引力波二重奏。 再上新台阶 但想听引力波合唱并非遥不可及。

除了目前已经观测到引力波的地面探测器LIGO、Virgo外，计划于2034年左右发射的空间探测器LISA，以及中国正在计划的太极、天琴等空间探测项目能够更好地排除地面震动噪声的干扰，在未来探测到宇宙中的低频引力波。
事实上，在空间引力波探测器真正投入使用之前，就有不少科学家对b-EMRI系统很感兴趣。今年4月的LISA科学大会上，来自英国伯明翰大学、LISA天体物理组负责人Alberto Sesana在科学高光报告中讨论了b-EMRI。5月底的中国物理学会引力与相对论天体物理分会上，中科院空间太极计划报告者罗子人在特邀报告中也表示了对b-EMRI系统的关注。



两位论文作者还表示，若能真的探测到b-EMRI系统辐射出的两种频率的引力波，会带来丰富的物理和天文学信息，比如对引力波天体物理参数的测量会更精确。 除了研究星系动力学外，还

可以对黑洞并合后的引力反冲现象做进一步研究。引力反冲速度、引力波携带的动量以及黑洞并合造成的质量损失等都可以被精确测量。 图说：b-EMRI系统运行的三个阶段：1.两个恒星级黑洞进入超大质量黑洞的捕获范围;2.受引力波影响，恒星级双黑洞的运行轨道逐渐圆化;3.超大质量黑洞对恒星级黑洞的控制力增强，使其并合并发出高频引力波(图片来源：Communications Physics)。(来源：科学网 任芳言)

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发