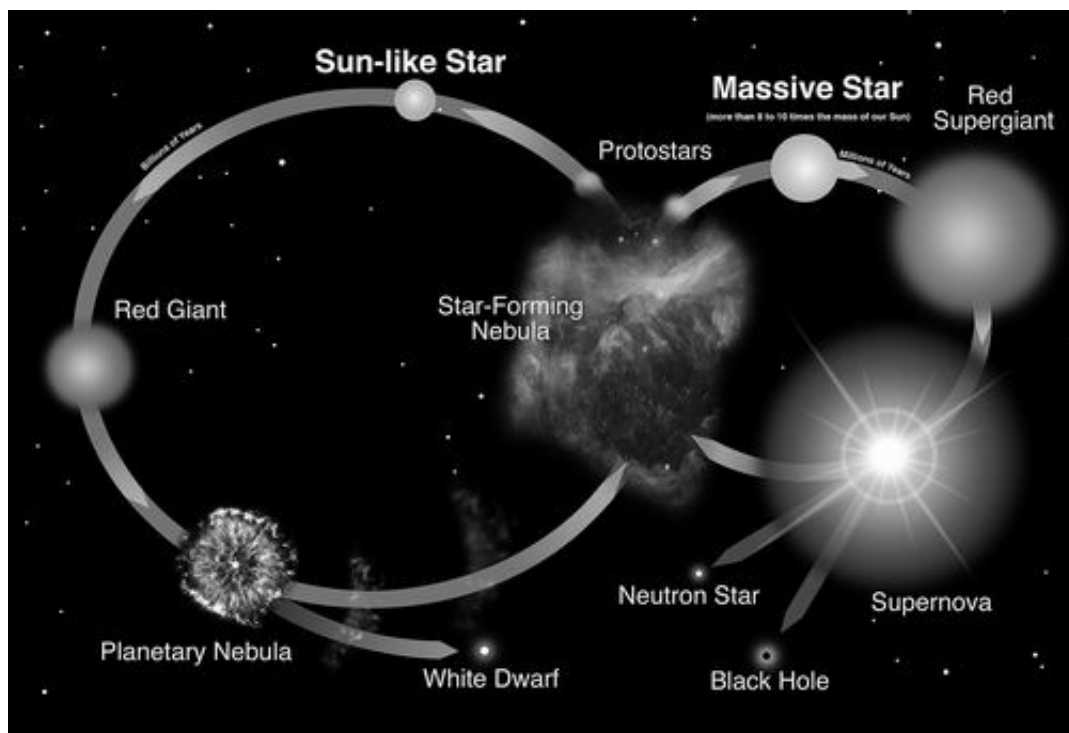


黑洞照相机给“天籁”拍“抖音”

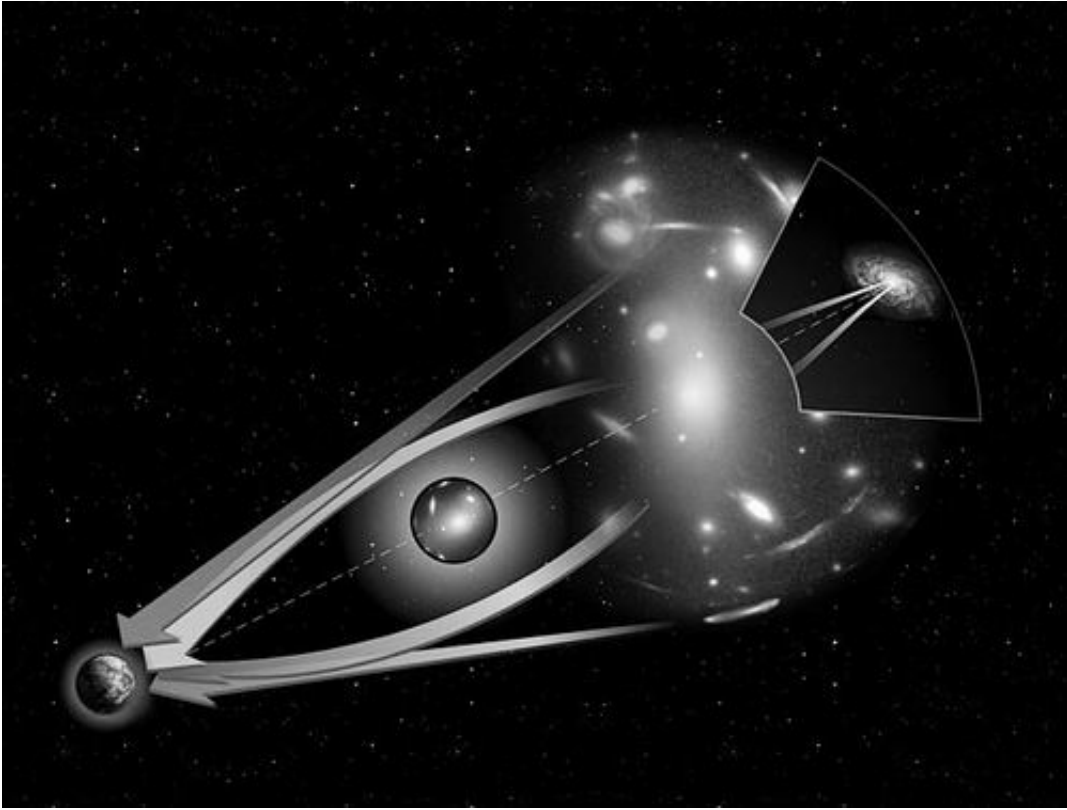
作者：池涵 李晨 来源：中国科学报

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3920.html>

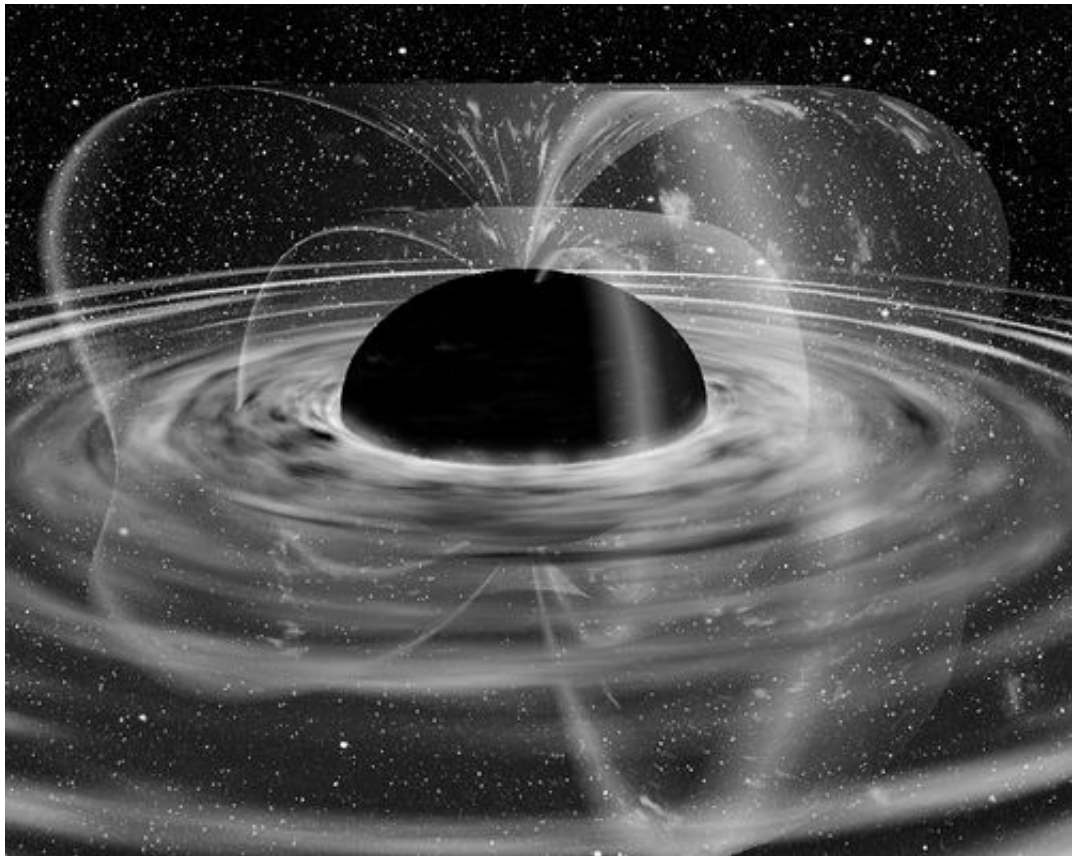
本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！



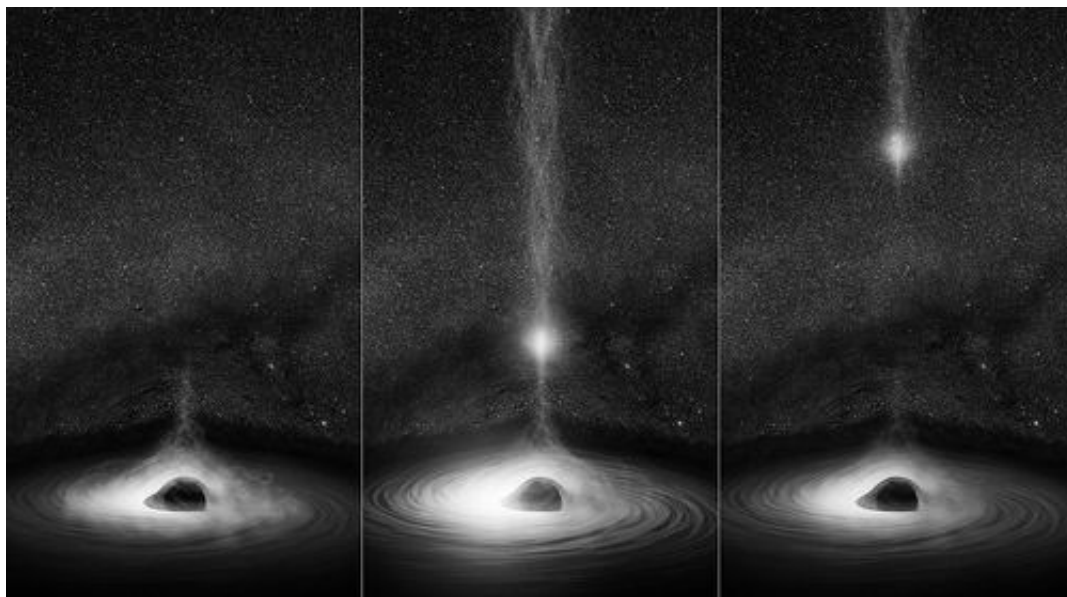
太阳大小的恒星与超大质量恒星的生命循环



引力透镜原理



黑洞模拟图



黑洞冕X射线耀发示意图 图片来源：NASA，STScI

黑洞照相机给“天籁”拍“抖音”。科学界对于黑洞行为一直有一个争论：光子从黑洞的冕传播到吸积盘所需要的时间缩短，究竟是由于冕的收缩，还是吸积盘的内半径变小？

近日，一个由美国科学家领导的国际研究团队在英国《自然》杂志上发表了一篇关于黑洞行为最新观测结果的文章。研究者采用放置在空间站上的中子星内部组成探测器(NICER)，观测了MAXI J1820+070黑洞吸积伴星暂现源。

这次观测对上述争论给出了一个合理的解释。这让科学界很兴奋，这篇论文也因此成为《自然》杂志封面文章。

能够作出这一发现，科学家依靠的是高精度的观测设备。或许有一天，我们也可以用高精度照相机给黑洞拍个抖音。

拍摄黑洞的快手

黑洞在吸积过程中会产生两个X射线信号，先有一个来自黑洞冕的硬X射线信号(即高频信号)，第一个信号传播到吸积盘后会产生另一个软X射线信号(即低频信号)。光子从冕传播到吸积盘需要时间，所以有时间延迟。

中国科学技术大学天文学系特任副研究员蒋凝告诉《中国科学报》，前述最新成果发现，MAXI J1820+070在X射线耀发后的时间延迟仅为之前的1/6至1/20，由于黑洞的外部结构中只有冕和吸积盘两个单元，因此对这种时延缩短有两种可能的解释。

一种解释认为，是吸积盘的内半径变小了，也就是被截断了；另一种解释则是冕收缩到离吸积盘更近。科学家推测，如果前一种解释是正确的，由于引力红移效应，会导致能谱上Fe K线的轮廓发生变化。借助本次观测中同时拥有高时间精度和高能谱分辨率的利器NICER，研究人员发现Fe

K线的轮廓基本保持不变，因此剩下的就是后一种解释了，即导致时延缩短的原因是冕的收缩。

能够获得如此精确的观测结果并推导出这一重要的科学结论，依靠的是两个安装在国际空间站上的劳模——全天X射线监测相机(MAXI)和中子星内部组成探测器(NICER)。2018年3月11日，MAXI发现在狮子座方向距离我们大约1万光年的位置有一个X射线耀发，NICER随即开始监测这个事件。

公开资料显示，NICER是NASA为研究中子星异常引力、电磁和核物理环境而开发的一款设备，于2017年6月3日部署至国际空间站。

蒋凝介绍道，与此前的类似设备，如X射线多镜片任务卫星XMM-Newton相比，NICER最大的优势就是时间分辨率极高，达到100纳秒，比之前NASA最好的计时设备罗西X射线计时探测器要快25倍。

X射线卫星尽量要做到一个一个地记录光子，因此需要很高的时间分辨率，否则在同一个计时区间内有几个光子到达，我们就无法知道每个光子的能量。MAXI J1820+070每秒差不多有25000个能量0.2~12千电子伏的光子到达NICER，正因为有超快的计时，才能区分开一个个光子。相比之下，XMM-Newton在每秒接收600~800个光子的时候就有光子‘堆积效应’。不仅如此，NICER在软X射线波段的有效能谱面积也是最高的，是XMM-Newton卫星的两倍。蒋凝说，NICER在具备快速计时和大有效能谱面积的同时还能提供精良的能谱分辨率(6千电子伏时为145电子伏)。

正是得利于这样优越的天赋，NICER才能用来帮助科学家捕捉黑洞边缘的一些微弱信息。

逃离黑洞的信息

黑洞是广义相对论预言的一类非常独特的时空结构。它在我们观测的宇宙中主要有两类存在形式，一种是100倍太阳质量以下的恒星级黑洞，它们是大质量恒星演化到晚期死亡的产物。

另一类是100万倍太阳质量以上的超大质量黑洞，它们位于星系的中心。蒋凝告诉《中国科学报》，超大质量黑洞的物理起源并不明确，最早是上世纪60年代为了解释类星体巨大的能量输出而被提出的，后来被近邻宇宙的恒星或者气体动力学研究所证实。

此外，还有一些极亮X射线源可能是100倍至几十万倍太阳质量的中等质量黑洞。中科院国家天文台研究员、中国科学院大学教授、国家天文台恒星级黑洞研究创新小组负责人、基普·索恩天文学通识著作《星际穿越》译者之一苟利军告诉《中国科学报》。

超大质量黑洞的形成和增长是目前的一个热点问题。当这些超大质量黑洞剧烈吸积物质的时候，会将物质的引力势能转化为辐射释放出来，表现为活动星系核(简称AGN)。

有意思的是，世纪之交，人们发现超大质量黑洞的质量与它们所寄居的星系的性质紧密相关，强烈暗示它们是共同成长与演化的。

有人可能会问，黑洞不是光都无法逃逸的吗?为什么我们还可以观察到一些黑洞的信息?

实际上，黑洞的结构包括视界面以内的自身部分，以及冕和吸积盘等外部结构。如果光进入视界面，确实就无法逃脱黑洞的魔爪。蒋凝说道，但是在物质还没进入到视界面之前，我们仍然可以

看到被黑洞吸积的物质落向黑洞的过程中的辐射。由于具有角动量，物质并不会径直掉到黑洞里，而是沿螺旋线转着飞进去，这样就形成了一个吸积盘。

不同的情况下，吸积盘的形式有区别。蒋凝介绍：类星体的吸积被认为是标准薄盘。而我们银河系中心的黑洞的吸积率比较低，大家猜测它是一个径移主导吸积盘。

黑洞的吸积过程能产生多波段的光子，甚至可以说几乎能释放全波段的辐射，从X射线、紫外、光学、红外到射电都有。

其中X射线光子根据能量高低分成硬X射线和软X射线，它们在黑洞吸积的物理过程中主要产生的区域和机制是不同的。软X射线一般认为来自吸积盘的热辐射，而硬X射线来自吸积盘的软光子打到盘上面的冕，经过逆康普顿散射到更高能量产生的。蒋凝告诉《中国科学报》。

除了黑洞辐射以外，某些活动星系核或类星体中心，在吸积盘磁场的作用下，可能会产生长度达几千甚至数十万光年的等离子体喷流。如果喷流的方向恰巧和黑洞与地球的连线一致，也可以观测到受相对论影响下的喷流的明亮改变。

黑洞捕手

那么，有哪些观测手段可以用来探寻上面的黑洞线索呢？

由于黑洞吸积过程产生的辐射是多波段的，因此对它的研究也是多种多样的。

记者从蒋凝处了解到，虽然恒星级黑洞最早是通过X射线发现的，但是作为类星体中心引擎的超大质量黑洞其实最早是在射电波段发现的，因此射电天文望远镜也是研究黑洞的常用手段，比如黑洞视界面望远镜。

除此之外，我们最熟悉的地面光学望远镜等更是对黑洞进行常规的和发现和研究，比如美国的斯隆数字巡天项目(SDSS)就发现了成千上万的类星体。

说到黑洞观测，就不得不谈视界面望远镜EHT，这是一个由12个国家30多所大学和天文台站参与的国际联合项目，通过以甚长基线干涉技术VLBI联合全球的8台射电望远镜形成一口径等效于地球直径的虚拟望远镜，进行超高空间分辨率的射电成像来探测银河系中心的黑洞视界面。

视界面望远镜的观测目标为超大质量黑洞人马座A*和M87星系中央的超大质量黑洞。2017年4月，视界面望远镜首次连线观测人马座A*。

视界面望远镜计划的提出使得人类第一次有机会直接给黑洞拍一张能分辨的照片。黑洞是否存在？视界面、吸积盘和冕上的细节是怎样的？诸如此类的问题终于有了正面回答的机会。

近年来，随着自主天文仪器的巨大进步，我国在黑洞观测领域也逐渐步入国际舞台。蒋凝谈到，我国早期黑洞研究偏向于理论方面，比如吸积盘理论等。现在，一些前沿设备正在积极参与黑洞观测。比如2017年上天的硬X射线调制望远镜(HXMT，又称慧眼卫星)，就用来捕捉类似MAXI J1820+070这样的X射线耀发事件。

慧眼卫星，是中国第一颗大型空间X射线探测天文卫星。它既可以实现宽谱段、高灵敏度、高分

辨率宇宙X射线巡天、定点和小天区观测的空间X射线天文观测，同时也具有高灵敏度的伽马射线暴全天监视仪。其命名涵义之一是为了纪念推动中国高能天体物理发展的已故科学家何泽慧。

2017年6月15日，HXMT卫星发射成功，开展科学观测。2018年1月30日，中国首颗X射线天文卫星慧眼正式交付，投入使用。在轨一年多来，慧眼已经探测到伽马暴、两个太阳大小的中子星合并引起的引力波事件等多个天文事件，取得了丰富的成果。

另外，中科院十三五先导专项卫星爱因斯坦探针(EP)着眼于软X射线波段，预计将于2022年前后上天。蒋凝介绍道，这个卫星特别适合捕捉黑洞潮汐摧毁并吞噬恒星产生的X射线暂现爆。

苟利军认为，包括黑洞内部的结构、奇点、对黑洞样貌的直接观测等，都是黑洞研究的当前热点问题。另外，理论上银河系内的黑洞应该有上亿个，但是目前只找到了上百个，大多数黑洞在什么地方也是困扰人们的问题。

随着越来越多的高精度先进观测设备的服役，一个又一个黑洞相关的科研问题将在科学家面前揭开谜底。

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](https://www.iikx.com)转发