慧眼卫星又有新发现 这个“冕”竟然能逃离黑洞引力场

◎本报记者 **陆成宽**

光都无法逃脱、如饕餮般吞噬一切的黑洞，真的会偶尔打个“饱嗝”，把吃进去的东西“吐出来”吗？

2月15日，《自然·通讯》在线发表了一项慧眼卫星的最新科研成果：通过分析慧眼卫星的观测数据，来自武汉大学和中国科学院高能物理研究所等单位的研究人员，在黑洞双星中发现通常被称为冕的等离子体流可以逃离黑洞强引力场，向外高速运动；并且首次在黑洞双星中观测到冕的速度演化。

研究表明，冕趋向黑洞收缩的同时，也以接近光速向外运动，而且冕的尺度越小，速度越大。这项成果为研究冕在黑洞吸积过程中的运动提供了重要依据，并被《自然·通讯》选为当期焦点文章。

表明黑洞存在的信号灯

黑洞吞噬恒星的过程，通常存在于黑洞X射线双星系统内，即一个黑洞与一颗恒星组成的、主要辐射在X射线波段的双星系统。天鹅座X-1是第一个被认为存在黑洞的双星系统。随着天文学的发展，科学家在银河系中发现的黑洞X射线双星系统越来越多。此次发现能够逃脱黑洞“魔爪”的冕，正是属于一个黑洞X射线双星系统。

那么黑洞的冕又是什么呢？我们知道，太阳的冕，也就是日冕，指的是在太阳表面的高温等离子体。日冕的辐射主要集中在紫外线和X射线波段。与太阳周围的日冕类似，在黑洞X射线双星中，在黑洞事件视界之外，也同样存在着高温等离子体。因为这些高温等离子体也会产生X射线辐射，所以我们常把黑洞附近的高温等离子体称为冕。

“依据目前的理论研究和观测数据，科学家基本上认为黑洞附近都存在着这样的高温冕。”上述论文第一作者、武汉大学天体物理学博士游贝说。

那么，这种高温冕究竟是怎么形成的呢？

对此，游贝表示，黑洞本身虽无光，但在黑洞X射线双星中，大量伴星物质被黑洞的强引力捕获后，会旋转着逐渐向黑洞运动，形成一个发光的盘状结构，也就是通常说的吸积盘。吸积盘物质在掉入黑洞之前，释放了黑洞的引力势能，使得自身被加热。当被加热物质不能通过物理过程释放能量时，温度便随之增高。高温物质最终会被电离，形成高温等离子体，也就是冕。

黑洞因为事件视界的存在，很难被我们直接观测到。但是，事件视界之外的冕能够产生X射线辐射，被我们观测到。这就相当于在天空中，给我们点亮一个信号灯，告诉我们这个地方有黑洞存在。所以，在能够探测引力波之前，宇宙中的恒星级黑洞，主要是通过冕的X射线辐射被发现的。

黑洞因为事件视界的存在，很难被我们直接观测到。但是，事件视界之外的冕能够产生X射线辐射，被我们观测到。这就相当于在天空中，给我们点亮一个信号灯，告诉我们这个地方有黑洞存在。所以，在能够探测引力波之前，宇宙中的恒星级黑洞，主要是通过冕的X射线辐射被发现的。

首次发现冕在收缩时速度增加

“然而，冕在黑洞附近是如何运动的，一直是致密天体研究中的一个未解之谜。”游贝说。

2018年3月，距离我们大约11300光年的黑洞X射线双星MAXI J1820+070爆发，而且在相当长一段时间里，它是天空中最亮的X射线源之一。慧眼卫星对这个天体的爆发进行了高频次的观测。

2020年，通过分析慧眼卫星的时变数据，由中国科学院高能物理研究所领衔的研究团队，在MAXI J1820+070中发现了迄今为止能量最高的低频准周期振荡（QPO）信号，提供了从黑洞视界附近向外发出相对论喷流，也就是向外高速运动的等离子体流的观测证据。

对于冕在黑洞吸积过程中是如何运动的，以往的研究比较侧重于理论，观测证据相对较少。此前理论认为，越靠近黑洞，由于引力弯曲效应和吸积盘相对于冕的张角的缘故，冕辐射出的X射线光子对吸积盘上的照射程度应该越强。

然而，这一理论与研究团队对慧眼卫星观测数据的分析结果恰恰相反。通过分析慧眼卫星的能谱数据，研究人员发现，当冕逐渐衰弱，空间尺度趋向黑洞收缩时，其对吸积盘的照射程度也在减弱。研究人员指出，从冕中出射的X射线光子对吸积盘的照射强弱，依赖冕的运动速度以及黑洞的引力场。

同时，对同时期MAXI J1820+070的X射线时变分析显示，当X射线辐射流强逐渐下降时，冕的几何尺度趋向黑洞收缩。

研究团队指出，目前对这一现象最合理的解释是：冕在收缩的同时，冕中的等离子体流正在以接近光速向外运动，这为研究团队已经发现的离黑洞很近的相对论喷流提供了独立的观测证据和物理解释。“我们的研究成果不仅探测到了冕背离黑洞向外运动，更重要的是，我们首次发现，当冕的空间尺度在收缩时，其运动速度逐渐增加。”游贝说。

“忽冷忽热”改变了冕的空间延展结构

那么，为什么冕在趋向黑洞收缩的同时，会以接近光速向外运动？

“类似于日冕在空间上有延展结构，黑洞事件视界之外的冕，也有空间分布，即空间尺度。黑洞周围的冕，并不会因为黑洞的强引力场而被无限压缩。”游贝说。

维持冕的空间延展结构的因素有很多，其中之一，便是冕被加热和冷却的物理过程。当冕被加热的速率弱于冕被冷却的速率时，冕将逐渐冷却下来。“此时，低温的等离子体便不再是冕，也就不能辐射出高能X射线光子。因此，当谈到冕在趋向黑洞收缩时，实际上，指的是高温冕的空间尺度在缩小。”游贝强调，当冕被持续冷却时，其尺度便会一直向黑洞收缩。

同时，冕不仅有空间结构，也可能拥有集体的运动速度。冕可以朝向黑洞运动，也能背离黑洞向外运动。

等离子体运动的方向，取决于其受力情况。黑洞引力的吸引，使等离子体向黑洞运动，而辐射场/磁场对冕的作用使得其背离黑洞向外运动。这就像是在“拔河”，当辐射场/磁场对冕的作用强于黑洞引力场时，冕在到达黑洞事件视界之前，便能够背离黑洞向外运动。

研究团队进一步发现，冕尺度越小，速度越大，因此冕物质运动的相对论性集束效应抑制了黑洞的引力弯曲效应。此研究成果第一次系统地描绘了黑洞X射线双星在爆发过程中，等离子体流逃离黑洞引力场的速度演化，对于理解黑洞吸积过程和相对论效应意义重大。

慧眼卫星通过其时变数据，在MAXI J1820+070的黑洞视界附近发现了以接近光速向外运动的等离子体流及其进动过程；而利用其能谱数据，研究人员也发现了以接近光速向外运动的等离子体流及其速度的演化。

对此，论文共同通讯作者、中国科学院高能物理研究所研究员张双南表示，这两项相互印证的研究成果，展示了慧眼卫星进行宽能段时变和能谱研究的综合优势。

天问一号登陆火星前 不妨先来一睹这颗红色星球的风采

身边的天文学

◎李 鉴

火星，一颗令人难以捉摸的红色行星，从来都是人们夜观星空的焦点之一。在亚述（古代西亚奴隶制国家），火星被称为“流血的星”，是死亡、不幸和灾难之神的化身。古希腊和古罗马人则把它视为战神。而中国古人对它的称谓——荧惑，似乎更能体现其特点：荧荧似火而又行踪不定，最让人捉摸不透。

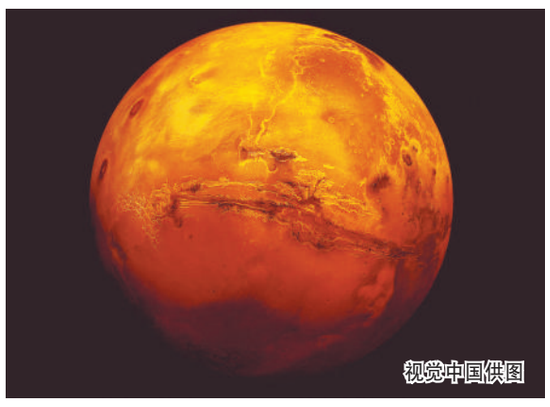
这段时间，火星探测又掀高潮，各国探测器将陆续登陆这颗红色的星球，我国天问一号火星探测器刚踩了一脚“刹车”，将于不久后抵达火星。在天问一号登陆火星前，我们不妨走出家门，“先行一步”看看这颗近日的“网红”星球。

“黑科技”帮忙捕捉火星踪迹

观测火星之前，我们首先需要知道火星的位置。行星之所以叫行星，就是因为它们在星空中的位置游移不定。尤其是火星，堪称行星中最难以捉摸的，有时候它一整年的观测条件都不错，有时候却又连续四五个月都难觅踪影。这是因为火星的会合周期是所有行星中最长的，平均为780天左右，比排第二的金星会合周期长了近200天。在这780天里，大约有120天火星离太阳的角度不超过20度，在地球上很难观测到；也有差不多200天，火星离太阳的角度都在90度以上，每晚至少有一半的时间仰望星空都能见到它。

虽然“难觅踪影”，我们还是可以依靠黑科技——手机和电脑上比较流行的星图软件，来查询火星以及其他各类天体的位置。

2021年火星的运行情况大致为：2月底至3月份，火星在金牛座运行，日落后位于西南方天空，大约在次日凌晨落山，前半夜观测条件不错。到四五月份，火星由金牛座运行至双子座，落山时间提前至23点左右，前半夜可见。再往后，它的落山时间逐日提前。从8月上旬一直到年底，它都在太阳附近运行，就难以看到了。



如何分辨火星和“邻居”毕宿五

3月，天黑之后，我们向西南方向的高空望去，可以见到两颗颜色发红的亮星，在天空中相隔不到两个拳头。它们就是火星和金牛座的最亮星——毕宿五。

这段时间火星的亮度和毕宿五差不多，两者颜色也比较接近，都呈橙黄色，火星只是显得略红一点儿。在高度上，它俩也相差不大。要想区分它们，有一个简单的方法：行星不闪恒星闪。恒星离地球非常遥远，都是点光源，当星光透过地球大气层时，由于大气抖动的影响，就会出现闪烁。而行星离地球近，是面光源，相当于由许多点光源聚集而成。各点的光虽然都有波动，但这些波动既不同时发生，也不在同一方向，会相互抵消。所以我们不会看到火星发生明显闪烁，而毕宿五则经常会“一闪一闪眨眼睛”。

当然，我们也可以利用软件的实时星空功能，只需把手机对着天空，屏幕上会自动显示出这片天区里的天体，火星、毕宿五等天体都就会“原形毕露”。

选对望远镜也很重要

如果用肉眼观测，行星和恒星除了亮度和闪烁等差别外，并没有什么不同。所以，如果想要一览火星的表面风光，就必须借助于望远镜。

城区的光污染对行星观测影响不大，但大气宁静度和透明度则是越佳越好。所以我们不必专程赶往郊外，而应该尽量选择一个无风的晴夜观测。另外，火星的视直径最大为25角秒左右（1度=3600角秒），大多数时候都只有十几角秒甚至几角秒，至少需要放大数十倍才能看到。常见的双筒望远镜都不足以胜任。

一般的60—80毫米小口径天文望远镜，配合70倍以上的放大倍数，可以看到火星视圆面。使用口径更大、焦距更长的望远镜，能看到它两极的白色极冠，甚至还能看出南北半球的差异。火星的地势特点是南高北阔，南半球海拔更高、陨击坑多，颜色偏暗黑。北半球则几乎都是低缓开阔的熔岩平原，呈橘黄色。

今年3月，火星的视直径只有6角秒左右，需要使用短焦距目镜或增倍镜来获得更高的放大倍数。不过倍数也不是越大越好，最大不要超过口径（以毫米为单位）的2倍，例如80毫米口径的极限放大倍数就是160倍。实际上，由于物镜、目镜的光学质量限制，很多望远镜的极限倍数甚至还达不到口径的数值。例如有的102毫米折射望远镜在100倍时，无论怎么调焦，视野里都是模糊一片。这意味着望远镜的分辨率不足以匹配这么大的倍数，分辨不出更多的细节了。

我们在网上见到的那些漂亮火星照片，大都是把相机或网络摄像头接在望远镜后面，拍摄多张，再用软件叠加处理而成。用望远镜目视，是看不到这种效果的。而像著名的水手谷、奥林匹斯山等火星地貌，以及火卫一和火卫二等目标，更是大大超出了小望远镜的观测能力。关于这颗红色星球的更多细节，期待天问一号能给人们带来新的惊喜！

（作者系北京天文馆副研究员）

亮点追踪

今年我国航天发射有望首次突破40次

科技日报讯（记者**付毅飞**）记者从中国航天科技集团2月24日举行的《中国航天科技活动蓝皮书（2020年）》（以下简称《蓝皮书》）发布会上获悉，2021年我国全年发射次数有望首次突破40次。载人航天空间站工程、天问一号、多颗民用空间基础设施业务卫星发射等令人瞩目。

据悉，中国载人航天空间站工程进入关键技术验证和建造阶段；天问一号到达火星，实施中国首次火星“绕、着、巡”探测；多颗民用空间基础设施业务卫星发射，满足国家经济建设和科技发展需要。这些重大事件将在2021年谱写中国航天新篇章。

航天科技集团宇航部部长林益明介绍，中国载人航天空间站工程是全年宇航任务重中之重。其中，长征五号B遥二火箭发射空间站核心舱任务拟于今年春季在中国文昌航天发射场执行。按照任务规划，今明两年将接续实施11次飞行任务，包括3次空间站舱段发射，4次货运飞船以及4次载人飞船发射，于2022年完成空间站在轨建造，实现中国载人航天工程三步走发展战略第三步的任务目标。

我国首次火星探测任务天问一号探测器在环绕火星成功，成为我国第一颗人造火星卫星后，于2月24日成功实施第三次近火制动，进入近火点280千米、远火点5.9万千米、周期2个火星日的火星停泊轨道。探测器将在停泊轨道上运行约3个月，进行科学探测，同时为5月至6月择机着陆火星做好准备。

2021年我国还将发射高分五号02星、海洋二号D星、中星9B卫星、风云三号05星等多颗国家民用空间基础设施业务卫星，满足生态环境、自然资源、广播电视、气象等各个领域用户的应用需求。同时航天科技集团计划实施7次左右商业发射任务。

此外林益明介绍，航天科技集团2021年将重点开展以空间站实验舱、探月工程四期等为代表的多个型号研制工作，并重点加快推动北斗导航等国家重大科技工程在民用航空等领域应用落地。

据《蓝皮书》统计，2020年全球共实施114次发射任务，发射航天器共计1277个，创历史新高。其中我国开展39次航天发射，发射89个航天器，发射航天器总质量再创新高，达到103.06吨，较上一年度增长29.3%，发射次数和发射载荷质量均位居世界第二。

“中国天眼”捕获3例新高色散快速射电暴

科技日报讯（记者**陆成宽**）2月24日，记者从中国科学院国家天文台获悉，国家天文台研究人员在“中国天眼”（FAST）的海量数据中搜寻出3例新的高色散快速射电暴。结合去年发表的FAST首例新快速射电暴，这些发现预示了在FAST高灵敏度下每天可探测的快速射电暴多达12万个，将有效扩展快速射电暴样本的红移—亮度覆盖区域，揭示宇宙物质构成并约束快速射电暴本征光度函数。

快速射电暴是一种持续约千分之一秒的神秘宇宙射电信号。快速射电暴宇宙学起源的确认至今不到5年，蕴含了推动天体物理研究的巨大潜力，是目前观测天文学领域主要的前沿热点。澳大利亚香农博士等比对分析了帕克斯望远镜和澳大利亚平方公里先导阵的快速射电暴样本，得出快速射电暴的流量通量与色散存在一定的关系。

“FAST探测到的这几例快速射电暴事件具有流量通量低，色散值高的特点。”中国科学院国家天文台研究员、FAST首席科学家李菂说，虽然现在的样本量还很小，但是模型研究表明，FAST探测的快速射电暴样本可以延展到宇宙早期。FAST探测出来的样本在宇宙里的分布跟快速射电暴的本身特征相关，这为人们提供了一个深入研究快速射电暴起源的手段，有助于揭开此类暴发现象的神秘面纱。

铁发射线的迟滞效应帮助人们理解活动星系核

科技日报讯（记者**吴长锋**）2月28日，记者从中国科学技术大学获悉，该校天文学系王挺贵教授团队首次探测到黑洞潮汐撕裂恒星事件中光学铁发射线的迟滞效应。研究成果以论文的形式日前在线发表于《天体物理快报》上。

星系中心普遍存在超大质量黑洞，当它处于高速吸积增长阶段，就表现为活动星系核。多成分混合的铁发射线是活动星系核紫外和光学光谱最重要的特征之一。然而，由于铁线能级的复杂性，截至目前，人们对于铁线的产生机制和区域都不清楚，制约着我们对于活动星系核的理解。

近些年，时域巡天发现了一批区别于活动星系核的黑洞暂现吸积事件——黑洞潮汐撕裂恒星事件。在活动星系核中，如果发生黑洞潮汐撕裂恒星事件，黑洞吸积率会比一般活动星系核有更剧烈的变化，这为科学家提供了一个极佳的机会研究发射线对中心辐射的响应，以及了解活动星系核的结构。研究团队在前期的工作中探测到了超强的尘埃环红外回响的信号，且早期阶段伴随尘埃升华过程，由此猜测尘埃中的铁元素被释放进入气态，进而产生了观测到的增强的铁发射线辐射。

研究团队首次发现，在相同的中心光度下，爆发后的铁发射线强度高于爆发前，表明爆发过程中产生铁的气体量确实增加了。当中心光度衰减到爆发前水平时，铁发射线的强度并没有回到爆发前的水平，而是高于爆发前，这是一种迟滞效应。这种效应在很多领域都常见，例如在铁磁体、铁电材料、橡胶管的变形、形状记忆合金中均可以见到。但这种效应第一次在活动星系核中被发现，可以解释为黑洞潮汐撕裂恒星事件中铁发射线起源于刚刚从尘埃升华而来的气体。

这项研究对于理解黑洞吸积系统具有重要研究价值。中国科学技术大学与紫金山天文台共建的大视场巡天望远镜（WFST）预计会发现大量的此类事件，将会推动黑洞吸积系统研究的发展。