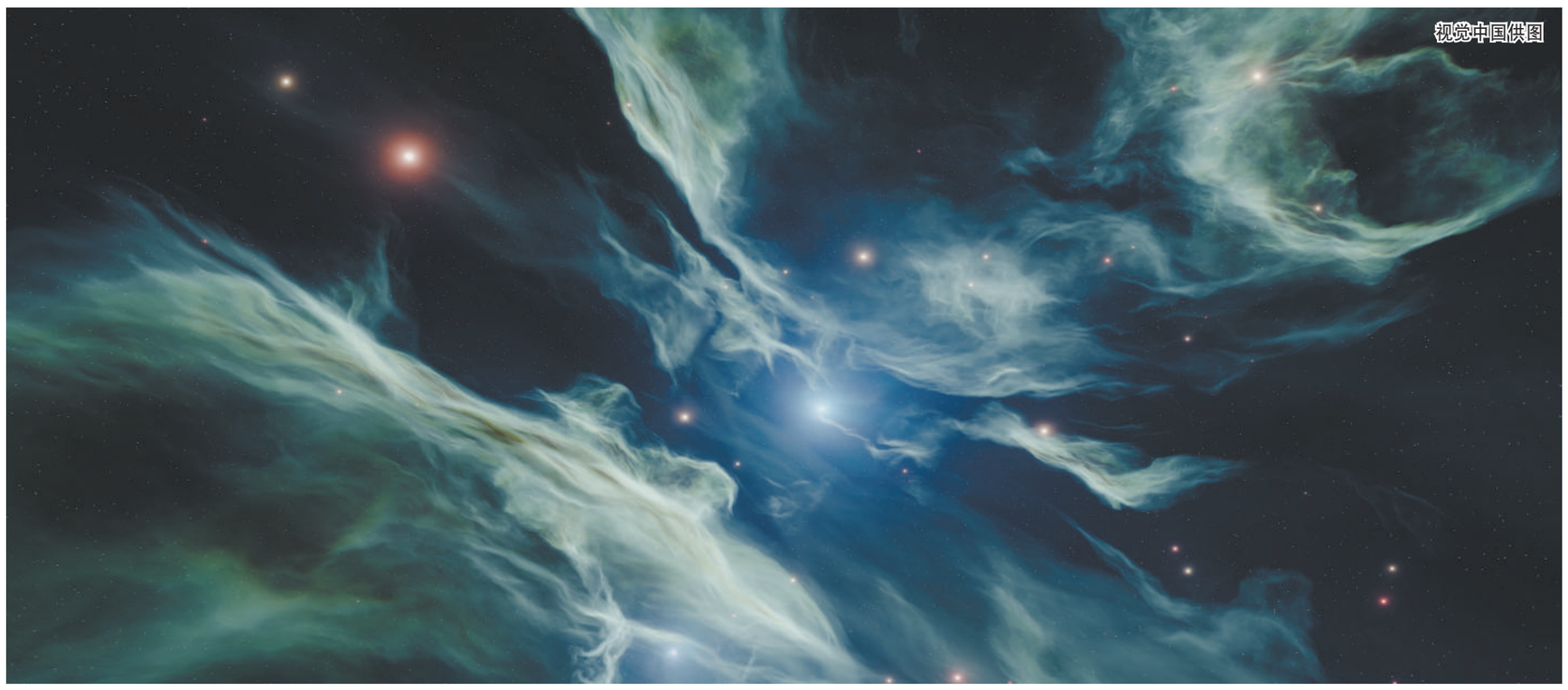
视觉中国供图

能使粒子能量达到10^{13}电子伏特

新星跻身宇宙线加速器行列

◎本报记者 唐 芳

近日，科学家利用位于非洲纳米比亚的伽马射线天文台，首次观测到新星产生的冲击波撕裂了其周围的介质，将粒子拉扯在一起并加速到极高能量，此次观测到的伽马射线，能量高达10^{12}电子伏特，新星“蛇夫座RS”甚至可使粒子加速至理论极限速度。相关研究成果发表在国际学术期刊《科学》上。

“这项研究揭示了新星是甚高能（能量大于10^{11}电子伏特）宇宙线加速器。”中国科学院高能物理研究所研究员陈松战在接受科技日报记者采访时表示，未来，可产生10^{12}电子伏特伽马射线的新星将会成为地面探测装置的重要研究目标。作为宇宙线加速器，新星还是一种理想的天体物理实验室，可以用于检验激波加速粒子的现有理论。

> 能够产生高能宇宙粒子（包括强子和电子）的天体，被统称为宇宙粒子加速器。其中，能够产生强子的天体被称为宇宙线加速器。迄今为止，人们观测到的宇宙线的最高能量已达到10^{20}电子伏特
>
> **陈松战**
> 中国科学院高能物理研究所研究员

加速能力弱而激波演变快

宇宙线是来自宇宙空间的高能粒子流，广义的宇宙线由各种原子核以及非常少量的电子、光子和中微子等组成，狭义的宇宙线主要是指强子。

宇宙线也被称作“银河陨石”、传递宇宙大事件的“信使”。这是因为宇宙线本身就是组成宇宙天体的物质成分，携带着宇宙起源、天体演化的宝贵信息来到地球。

“能够产生高能宇宙粒子（包括强子和电子）的天体，被统称为宇宙粒子加速器。其中，能够产生强子的天体被称为宇宙线加速器。”陈松战表示，迄今为止，人们观测到的宇宙线的最高能量已达到10^{20}电子伏特，是目前人类最大的粒子加速器——欧洲核子中心大型强子对撞机（LHC）所能加速粒子能量的1000万倍。

1912年，奥地利科学家赫斯发现宇宙线，开辟了基本粒子研究的新领域，赫斯也因此获得了诺贝尔物理学奖。2004年，宇宙线起源及其加速机制，被确定为新世纪11个“世纪谜题”之一，科学家为此展开深入研究，希望能够揭开宇宙线的身世之谜。

百年后的今天，人类对于宇宙线又有哪些新的认知？

宇宙线很难被追根溯源。陈松战表示，宇宙线主要是带电粒子，在宇宙空间飞行时会受星际磁场影响发生偏转，逐渐偏离最初的方向。因此，根据地球上观测到的宇宙线到达地球的方向，很难反推出宇宙线发射源的方向。

好在宇宙线中的伽马射线给科学家留了“一扇窗”。宇宙线会与其诞生处附近的星际气体碰撞产生中性的高能伽马射线，伽马射线是由高能光子组成的粒子流，与带电粒子不同，光子的传播不受磁场影响，因此伽马射线在宇宙空间沿直线传播。“通过探测伽马射线，就可以直接找到其父辈带电粒子的加速源头。”他说。

据了解，科学家已经发现了200个甚高能伽马射线源，但它们只能被称为宇宙线源候选体，因为除宇宙线外，电子也会产生伽马射线。

加速机制符合主流理论模型

陈松战指出，目前粒子天体物理学最核心的问题，是寻找能够加速强子到10^{15}电子伏特及以上的宇宙线加速器。

在加速机制方面，陈松战表示，宇宙粒子加速器是如何加速粒子的，仍然是目前科学研究中的前沿问题，已经知道的是，不同种类天体的加速机制可能不同，但是新星、超新星及其遗迹为同类天体，其加速机制是一样的。

普遍认为，粒子是由新星、超新星及其遗迹抛出的高速物质与周围介质碰撞产生的激波加速的，粒子反复穿越激波面逐步获得能量，这就是耗散激波加速理论。陈松战说，这是目前已知的非常有效的粒子加速机制，它可以将激波约10%的机械能转化为被加速粒子的能量。

宇宙粒子加速器主要有超新星爆发及其遗迹星云、脉冲星、伽马射线暴、年轻大质量星团、活动星系核等。一般认为能量在10^{15}电子伏特及以下的宇宙线，来源于银河系内天体，而更高能量的宇宙线来源于银河系外天体。

此前观测研究已表明，新星为GeV（10亿电子伏特）宇宙粒子加速器，其加速粒子能力比上文提到的几种天体弱很多。所以，在地面伽马探测器观测中很难被探测到。

陈松战表示，此次最新研究是地面探测器首次观测到来源于新星的、能量大于10^{11}电子伏特的伽马辐射，而宇宙线能量一般是其次级伽马光子能量的10倍，所以通过探测到10^{12}电子伏特的伽马射线，证明了新星能够加速宇宙线粒子到10^{13}电子伏特，也就是说，新星成为了TeV（万亿电子伏特）宇宙线加速器。“尽管如此，新星其实还是相对比较弱的宇宙线加速器。”他解释说，从能量上看，TeV与PeV（千万亿电子伏特）相比能量有些低；从宇宙线的流强（每秒每平方米到达地球上的宇宙线数目）上看，新星产生的宇宙线远少于地球观测到宇宙线的总量。

那么，新星作为宇宙线加速器，其加速机制是怎样的？陈松战表示，新星一般产生于由白矮星和普通恒星组成的双星系统中，是由吸积在白矮星表面的氢被白矮星高温加热造成剧烈的核子爆炸现象，爆炸时抛出的高速物质与伴星星风碰撞产生强激波，激波可以加速粒子。

“新星最大的特点是辐射存在快速演化现象，在‘天’的时间尺度上存在显著变化，而超新星爆炸形成的激波会持续万年。所以说，新星可以作为理想的天体物理实验室，来检验现有的激波加速粒子理论。”陈松战说。

观测结果符合理论最高加速能量

是什么样的天体在加速宇宙线？粒子是如何被加速到极端高能的？这是新世纪科学家需要解答的宇宙难题之一。

此次最新研究中，科学家给出的理论预期最高能量为10^{13}电子伏特。陈松战表示，这项研究中的宇宙粒子加速器的理论极限，其实是根据耗散激波加速理论估计的粒子最高加速能量得出的。

粒子能获得的最高能量受激波的速度、存在时间及对粒子的束缚能力等条件限制。耗散激波加速理论根据抛出物的速度、质量及其周围介质的密度等条件，对加速粒子的最高能量进行估计。

科学家根据观测到伽马射线的最高能量来反推出其父辈粒子的能量，也就是在新星激波中加速粒子的能量，这个能量与耗散激波加速理论预期的最高能量相当。

我国四川稻城县高海拔宇宙线观测站（LHAASO）的主要科学目标，就是通过探测能量在10^{14}电子伏特以上的伽马射线，寻找能够加速10^{15}电子伏特粒子的宇宙线加速器。超新星爆发及其遗迹星云能否加速宇宙线至10^{15}电子伏特？这将需要LHAASO来探索和回答。

2021年，根据LHAASO的首批探测数据，科学家取得了重要的研究进展——发现了首批10^{15}电子伏特宇宙粒子加速器，并观测到1400万亿电子伏特的迄今最高能量光子。

“长久以来，超新星爆发及其遗迹被认为是银河系内宇宙线的主要加速源，根据观测验证，只有大质量星产生的超新星爆发才可能加速粒子至10^{15}电子伏特能量。”陈松战说。

用“甜甜圈裱花”的“舞蹈”寻找极轻粒子

◎实习记者 娄玉琳

黑洞事件视界望远镜（EHT）合作组观测到的巨型星系Messier 87中的黑洞（M87*）阴影图像为天文学和引力研究带来了丰富的信息。除了惊叹于首次目睹的黑洞“真面目”，我们还能从中了解到什么？近日，利用黑洞偏振图像的变化，来自中国科学院理论物理研究所等单位的研究人员对被认为是暗物质候选粒子的轴子和可见光子之间的耦合给出了一个新的约束。研究成果3月17日发表在《自然·天文学》期刊上。

利用超大质量黑洞寻找极轻粒子

2019年，结合地球各地望远镜的观测结果，EHT合作组公布了一张分辨率极高的超大质量黑洞M87*的照片，照片展示了一个中心为黑色的明亮环状结构，看上去有点像甜甜圈。外圈明亮的圆环源于黑洞周围吸积流的辐射，“甜甜圈”中心的黑色是黑洞吞噬了中心区域光线的结果。

2021年，EHT合作组更新了同一张照片，在原有基础上显示了更精细的结构——表示线偏振方向（EVPA）的纹理线，将“甜甜圈”变成了一个“裱花”的图样。这些照片给出了黑洞存在的最直接证据，并揭示了黑洞外的磁场。

如何把超大质量黑洞转换成极轻粒子的探测器？这可以追溯到1969年英国物理学家罗杰·彭罗斯提出的一个物理过程：自旋为整数的玻色粒子可以从旋转黑洞中提取能量，形成围绕黑洞的高密度玻色云块。玻色子提取黑洞旋转能的过程被称为超辐射。

为了使这一过程发生，玻色子的康普顿波长需要与黑洞视界大小相当。因此，超大质量黑洞就成了极轻粒子的天然探测器。

在超越粒子物理学标准模型预言的各种极轻粒子中，轴子是最有希望的候选者之一。同时，轴子也是一个完美的冷暗物质候选者。长久以来，寻找轴子是粒子物理学的首要任务之一。

轴子让黑洞“裱花”按特定模式“舞蹈”

理论预期，轴子和光子之间存在微弱的相互作用，其中一种效果就是线偏振光的偏振面在轴子场中会发生偏转，类似磁场中的法拉第旋转效应。而黑洞周围如果形成致密的轴子云将显著地放大这个效应。

中国科学院理论物理研究所研究员舒菁说：“轴子的存在能使线偏振的方向产生额外的周期性旋转，周期在5—20天。偏振角的变化表现为沿着明亮的光环方向传播的波，这时‘裱花’图案的‘舞蹈’会出现一个特定的模式，而不是如同一个醉汉般随机行走。”

科研人员可以通过比较黑洞附近偏振的分布及其随时间的演化，来确认是否存在轴子引起的“裱花”图案的“舞蹈”。

EHT的偏振测量提供了4天的EVPA的高分辨率图像，这正是研究人员搜索轴子所需要的信息。

舒菁表示，利用“裱花”图样4天变化的不同情况，我们可以使轴子和光子之间的耦合突破到以前未曾探索的区域。“‘跳舞’是我们预言的轴子存在的信号形式，如果没有看到‘跳舞’的形式，就可以限制轴子的参数区间，比过去的限制都要强。”

论文作者之一、研究团队成员陈一帆说：“为了降低黑洞吸积流的湍流变化的不确定度，我们引入了一种新的分析策略，将两个连续天之间的差异作为观测量来限制轴子引起的EVPA变化。未来，通过更详细的数据，特别是更多的连续时间观测和更好的空间分辨率的数据，我们可以探测到更大的参数空间。”

观星台

狮子座：春季星空“一哥”

新华社讯（记者**周润健**）星空是迷人的，让人如痴如醉。每个季节的星空各不相同，也都有各自的代表星座，你知道春季星空的代表星座是哪个吗？

这就是家喻户晓的狮子座。狮子座并不难找，北京市天文爱好者王俊峰介绍，首先要找到北斗七星，从斗口依次顺延为：天枢、天璇、天玑、天权、玉衡、开阳和摇光。由天枢向天璇方向延伸，大约为这两颗星距离七倍远的地方，就是狮子座。

春季，狮子座会在入夜后于东方升起，它位于室女座与巨蟹座之间。在全天88个星座中，狮子座的面积排行第12位。每年3月1日前后的子夜，狮子座的中心都会高悬天顶正中间。

狮子座是一个明亮的星座，在春季星空中很容易辨认。其中，轩辕十四、轩辕十三、轩辕十二等六颗恒星组成了“镰刀”（或反写的“问号”）结构，它们代表了狮子的头、颈及鬃毛部分。

轩辕十四是狮子座中第一亮星，是一颗蓝白色恒星，象征着狮子的心脏。它和同样处在黄道附近的金牛座的毕宿五、天蝎座的心宿二和南鱼座的北落师门被称为黄道带的“四大天王”。

五帝座一是狮子座中第二亮星，是一颗白色恒星，也是一颗变星，与牧夫座的大角星及室女座的角宿一组成一个等边三角形，称为“春季大三角”。而这三颗恒星和猎犬座的常陈一又组成“春季大钻石”。

既然提到狮子座，那必然少不了被称为“流星雨之王”的狮子座流星雨。1998年、1999年及2001年的狮子座流星雨给不少人留下了极其深刻的印象。

“需要说明的是，大名鼎鼎的狮子座流星雨并不是缘自狮子座。该流星雨是由一颗叫作坦普尔·塔特尔的彗星抛撒的物质在划过大气层时形成。因为形成流星雨的方位在天球上的投影恰好与狮子座在天球上的投影相重合，在地球上看起来就好像流星雨是从狮子座喷射出来，因此被称为狮子座流星雨。”王俊峰说。

春回大地，天气渐暖，赏星正当时。挑一个好天气，相约三五好友，背上器材，去和春季星空来一场“浪漫约会”，寻觅“雄狮”的踪迹吧。

视觉中国供图

观赏“银河拱桥”有诀窍

新华社讯（记者**周润健**）炎炎夏日，“银河落九天”的美景令人难忘，其实，银河远不止夏季的陪伴，春季银河也很漂亮，尤其是又美又飒的“银河拱桥”更是让人眼前一亮。

天津市天文学会理事、天文科普专家修立鹏介绍，每年公历3月至5月为春季，此时节的晴夜，在没有光污染的地方，感兴趣的朋友会在后半夜看到一条由无数繁星、星云和尘埃组成的银河从东方地平线缓缓升起。

初升的银河整体高度比较低，看上去就像是一座弯弯的拱桥，被天文爱好者形象地称为“银河拱桥”，极为壮观。“银河拱桥”能够很好地和地面景物相搭配，喜欢天文摄影的朋友通常也喜欢在拱桥下摆放各种物品，拍出个性化的照片。最漂亮的景观之一便是待到残月运行至拱桥之下时，拍到的“银拱之眼”现象，很有仙境之感。

随着时日的推移，相同时间看到的银河位置会越来越高，银河两岸的牛郎、织女星也会露面，那时，炎热的夏季就随之到来了。

如何对春季银河，特别是“银河拱桥”进行观测和拍摄呢？重庆市资深天文摄影爱好者戴建峰表示，一定要做好充分的前期准备工作，包括时间、地点和天气。3月，“银河拱桥”出现的时间是凌晨3点到5点。但随着斗转星移的变化，一个月后，也就是4月，“银河拱桥”出现的时间会提前2小时；两个月后，也就是5月，会提前4小时。同时还必须考虑月相的因素。在“银河拱桥”出现时，一定要避开满月，否则月光会将银河的星光遮蔽，拍摄效果大打折扣。

另外，最好是寻一个远离城市光污染之处，因为灯光和星光两者相互对立，在城市里是基本没法拍到银河的，还有一些器材也需要提前准备，比如相机、镜头、三脚架，有其他需求的天文爱好者还可以携带赤道仪、柔焦镜等。

戴建峰表示，要拍摄银河其实并不难，到了正确的时间与地点，按照一定的拍摄参数，对着银河拍摄就可以了。拍出单张银河，距离拍摄“银河拱桥”还差一步。由于“银河拱桥”非常广阔，视角接近180度，所以即使用超广角镜头也没法一次性拍摄完成，这个时候就需要使用全景拼接的拍摄技术。

“将相机或手机固定在三脚架上，从银河的一端开始，从左往右或从右往左，依次转动相机或手机进行拍摄单张银河照片，拍摄时保证相邻两张照片间的重合度超过30%。最后将所有单张照片用软件拼接到一起，就能得到精美的‘银河拱桥’照片了。”戴建峰说。

视觉中国供图