



公元1054年,天空上出现了一颗明亮的星,持续23天,这个现象被宋朝司天监记录为“客星”,是第一个被证认的具有清晰历史观测记录的超新星遗迹;公元2021年,稻城海子山上的中国科学家们对“这颗星”进行重新测量。宋史记载的“天关客星”是一次怎样的超新星爆发?千年之后对于“蟹状星云”的观测传递了哪些新讯息?新发现对人类宇宙探索有何重大影响?

定义标准烛光超高能段亮度 发现超高能伽马辐射光子

高海拔宇宙线观测站 挑战理论极限

本报讯 记者日前从中国科学院成都分院获悉,国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站(LHAASO)”精确测量了高能天文学标准烛光的亮度,覆盖3.5个量级的能量范围,为超高能伽马光源测定了新标准。这个标准烛光就是由宋朝的司天监发现并记录的“客星”经千年演化而形成的著名天体——蟹状星云。

这次观测还记录到能量达1.1拍电子伏(拍=千万亿)的伽马光子,由此确定在大约仅为太阳系1/10大小的(约5000倍日地距离)蟹状星云核心区内存在能力超强的电子加速器,加速能量达到了人工加速器产生的电子束的能量(欧洲核子研究中心大型正负电子对撞机LEP)两万倍左



高海拔宇宙线观测站(LHAASO)

右,直逼经典电动力学和理想磁流体力学理论所允许的加速极限。相关结果于美国东部时间7月8日在《科学》杂志(Science)上发表,由中

国科学院高能物理研究所牵头的LHAASO国际合作组完成。

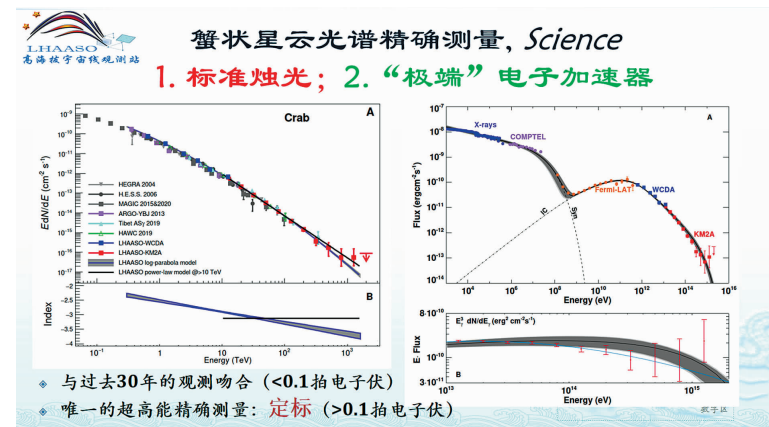
LHAASO测量了蟹状星云辐射的最高能量端能谱,覆盖了从0.0005

到1.1拍电子伏宽广的范围,不但确认了此范围内其他实验几十年的观测结果,还实现了前所未有的超高能区(0.3~1.1拍电子伏)的精确测量,为该能区标准烛光设定了亮度标准。

在LHAASO此前发现的12颗超高能伽马光源中,蟹状星云是两个具有拍电子伏光子发射能力的光源之一,同时也是唯一明确了辐射源的天体。而此次测到1.1拍电子伏光子,提供了2.3拍电子伏电子加速器存在的直接观测证据,这比人类在地球上建造的最大的电子加速器LEP(欧洲核子研究中心的LHC前身)产生的电子束的能量高两万倍左右。因为越高能电子越容易在磁场中损失能量,蟹状星云内的粒

子加速机制必须具有惊人效率才能克服这些电子的能量损失。据LHAASO的测量结果推算,其加速效率竟达到理论极限的15%,比超

新星爆发产生的爆震波的加速效率高约一千倍,挑战了高能天体物理中电子加速的“标准模型”。文章对此进行了深入的理论和讨论。



图片来自《科学》(Science)

对话科学家

针对这一新发现的科学问题,记者专访了中国科学院LHAASO项目首席科学家曹臻。我们一起来听听吧!

记者:什么叫标准烛光?为什么用“标准烛光”作为单位?

曹臻:我们都知道,作为计量单位,需要一个标准,比如长度我们用米、质量用公斤等。一直以来光的亮度计量也有一个标准计量单位,叫“标准烛光”。在古代,人们观测星星的亮度会用烛光作为参照,这种叫法一直延续到今天。

但是要作为计量标准需要进行测量,比如我们的长度单位以米为标准,也是经过测量和计算的。它有一个标准长度的原器,存放于巴黎国际计量局的地下室中。而标准烛光的标准是通过历史观测逐渐积累起来的。在过去30年里,科学家一直用一种大型的望远镜来给蟹状星云做测量,给大家建立起一个非常稳定的标准的蟹状星云的亮度,被作为标准烛光。这个亮度在我们的发现之前已经达到了0.1拍电子伏,而LHAASO把观测亮度提高到了0.1~1拍电子伏最高的这一段,因此,超出0.1拍电子伏这一段的亮度标准由LHAASO来制定。

记者:为什么会选蟹状星云作为标准烛光的标准呢?

曹臻:目前大家习惯用蟹状星云来作为光、能量的标准对照,原因是因为它在整个电磁波段上面都有辐射,包括可见光以及我们测量到最高能量的伽马光子。同时它又是一个非常稳定的光源,所以我们学术界普遍就用它来做一个标准。

蟹状星云距离地球约6500光年,诞生于公元1054年的一次超级明亮的超新星爆发,这是现代天文学中第一个被证认的具有清晰历史观测记录的超新星遗迹。超新星爆发是恒星在演化接近末期时经历的一种剧烈爆炸。这种爆炸都极其明亮,过程中所突发的电磁辐射经常能够照亮其所在的整个星系,并可持续几周至几个月才会逐渐衰减变为不可见。恒星通过爆炸会将其大部分甚至几乎所有物质以可高达十分之一光速的速度向外抛散,并向周围的空间物质辐射能量。这种激波会导致形成一个膨胀的气体和尘埃构成的壳状结构,这被称为超新星遗迹。科学家认为初级宇宙射线有很大的比例来自超新星。

蟹状星云中心有一颗以每秒30圈快速旋转的脉冲星。高速旋转的超强磁场将脉冲星表面磁层中的大量正负电子持续不断地吹向四周,形成一股速度近乎光速的强劲星风。星风中的电子与外部介质碰撞后会被进一步加速至更高能量并产生我们看到的星云。

蟹状星云是为数极少的在射电、红外、光学、紫外、X射线和伽马射线波段都有辐射的天体,历史上对其光谱已经进行了大量的观测研究,是非常明亮且稳定的高能辐射源,因此在多个波段它被作为标准烛光,也即是测量其它天体辐射强度的标尺。



LHAASO项目首席科学家曹臻

记者:我们这次还记录到了能量达1.1拍电子伏(拍=千万亿)的伽马光子,这是一个什么样的突破呢?

曹臻:描述光子能量通常有几种方法,其中一种就是我们通常用的波段。大家知道光是光波,光波最基本的特征就是,波长越长能量越低,波长越短能量越高。在长波的观测领域的观测手段是大家都知道的“中国天眼”(FAST)。这个500米口径球面射电望远镜能够测量到波长非常长的光辐射,大概是在分米到米的量级。而这

次LHAASO观测光波的波长比它小了万亿亿倍,这是一个非常非常小的一个尺度。比过去人类观测到的光波长还小了10倍。这个尺度已经远远小于我们现在能够想象的原子、原子核甚至在原子核内部的夸克的大小。相对的,它的能量也就高了万亿亿倍。

记者:这次发现有什么意义,可能会运用到哪些方面?

曹臻:首先,LHAASO是高海拔宇宙线观测站,顾名思义就是观测宇

宙线。宇宙线是来自宇宙空间的高能粒子,是连接宇观与微观的重要载体。对它们的研究贯穿粒子物理学、宇宙学、天体物理学三大学科领域,直接关系到宇宙中高能粒子如何被加速以及怎么传播,是人类探索宇宙及其演化的重要途径。

人类对宇宙的探索,总是在不断追求、探索未知的东西。在超高能伽马射线探测中,过去已知的探测到0.1个拍电子伏这个水平。现在LHAASO把观测的范围又扩展了10倍。这个发现的意义就是人类在了解这种高加速粒子加速到非常高速的过程中,人类的认知又进一步扩展。

现在我们观测到1.1个拍电子伏光子的出现,尤其是在蟹状星云

这样一个特定的环境下出现了这样高能量的光子,就意味着蟹状星云是一个能力超强的加速器。

加速器把电场和磁场进行组合,使粒子的能量提高到很高的量。其实,类似这种原理的低量级加速器在我们生活中很多领域已经有运用。比如医疗领域,运用伽马射线对癌症进行治疗等。

目前,生活中使用的加速器产生的能量远远低于我们这次发现的能量高度。而人类所能制作的加速器产生的能量(如北京正负电子对撞机束流能量)也比我们观测到的少10万倍。因此,当我们将对宇宙加速有了更深入的了解,必将对人类产生更加广泛的影响。(本报记者 马静璠)

>>> 相关链接

LHAASO是以宇宙线观测研究为核心的国家重大科技基础设施,位于四川省稻城县海拔4410米的海子山,占地面积约1.3平方公里,是由5195个电磁粒子探测器和1188个缪子探测器组成的一平方公里地面簇射粒子阵列、78000平方米水切伦科夫探测器阵列以及18台广角切伦科夫望远镜交错排布组成的复合阵列。LHAASO采用四种探测技术,可以全方位、多变量、立体地测量宇宙线或伽马射线在大气层中的反应,并重建它们的基本信息。这次报道的成果充分体现了LHAASO独特的多种探测手段相互交叉检验的能力和可靠性。LHAASO将于本月全部投入运行,预期每年可以记录到1~2个来自蟹状星云的拍电子伏光子。未来几年内,更多关于拍电子伏粒子加速的奥秘将被揭开。