

宇宙线来自哪里,是困扰科学家的世纪谜题——

“拉索”确认首个超级宇宙线起源天体

发现一个巨型超高能伽马射线泡状结构

宇宙线是来自宇宙空间的高能粒子,主要由质子和多种元素的原子核组成,并包括少量电子和光子以及中微子,时刻存在于我们的星球之上。

1912年,奥地利科学家赫斯首次发现宇宙线。此后的100年间,与之相关的探索与研究已经产生了多个诺贝尔奖,但人类却始终没有发现宇宙线的起源。2004年,美国国家科学技术委员会研究确定了新世纪科学研究的11个世纪谜题,宇宙线起源及其加速机制名列其中。

宇宙线来自哪里为何这么难以判断?捕捉高能宇宙线极其不易,要根据获得的这些少之又少的宇宙线粒子样本确定它们来自何方,更是难上加难。因为宇宙线多为带电粒子,会在传播过程中被宇宙中无处不在的星际磁场所偏转,等到达地球时早已失去了原初的方向信息,所以无法反推它源自何方。

“先前的研究表明,超新星爆发、黑洞爆发、巨大星系之间的碰撞等,都可能是我们要找的来源。到底谁才是真正的来源,还需要继续寻找证据。‘拉索’正是瞄准这一重大科学难题建立的。”中国科学院院士、高能物理研究所研究员曹臻说。

2020年,“拉索”找到了12颗超高能伽马光子,有2颗来自位于银河系北部天区最亮的天鹅座。其中,能量最高的一颗也在天鹅座,高达1.4千万亿电子伏特。此后,“拉索”又陆续在天鹅座里找到了另外7颗超高能光子,能量最高的一颗达到2千万亿电子伏特。

获得了足够多的超高能光子数据后,研究团队在天鹅座恒星形成区看到了一个巨型超高能伽马射线泡状结构。

“这个泡状结构距我们约5000光年,尺度超过1000万个太阳系,里面可以清楚地看到有多个能量超过1千万亿电子伏特的光子均匀分布其中,最高达到2千万亿电子伏特。”曹臻指着泡状结构示意图上的亮斑

宇宙线是来自宇宙空间的高能粒子,携带着宇宙起源、天体演化等方面的重要科学信息,研究宇宙线及其起源是人类探索宇宙的重要途径。我国高海拔宇宙线观测站“拉索”正是瞄准这一重大科学难题建立的。

日前,由中国科学院高能物理研究所牵头的高海拔宇宙线观测站“拉索”国际合作组宣布,在银河系北部天区天鹅座恒星形成区发现了一个巨型超高能伽马射线泡状结构,历史上首次找到能量高于1亿电子伏特的宇宙线的起源天体。

这是迄今为止人们能够确认的第一个超级宇宙线源。该成果近日以封面文章的形式在《科学通报》上正式发表。

密集区域,“而且,这些代表超高能光子的亮斑清晰地分布在星际空间中气体物质密集的地方。”

合作组科研人员推断:“这里就是宇宙线诞生的地方,而且是超级宇宙线加速源,宇宙线能量可高达1亿电子伏特以上。”

“拉索”的三大阵列互相配合,对宇宙线特征、起源等进行精密分析

此次“拉索”在银河系天鹅座区域内发现的巨型超高能伽马射线泡状结构,内有多多个能量超过1千万亿电子伏特的光子。

团队成员、中国科学院高能物理研究所副研究员李骢说:“一般来说,产生能量为2千万亿电子伏特的伽马光子,需要能量至少高10倍的宇宙线粒子。因此,这表明泡状结构内部存在超级宇宙线加速器,源源不断地产生能量至少达到2亿亿电子伏



巨型超高能伽马射线泡状结构模拟示意图
中国科学院高能物理研究所供图

特的高能宇宙线粒子,并注入到星际空间。”研究表明,位于泡状结构中心附近的大质量恒星星团是超级宇宙线源最可能的对应天体。

宇宙线能量越高就越稀少,所以越大规模的探测器才越有可能捕捉到足够多可供研究的高能宇宙线样本。

高山实验是宇宙线观测研究中能够充分利用大气作为探测介质、在地面上进行观测的手段,探测器规模可远大于大气层外的天基探测器。对于超高能量的宇宙线观测,这是唯一手段。“拉索”就是中国的第三代高山宇宙线实验室。

曹臻说:“宇宙线中的伽马射线是能量很高的光子,它进入地球大气后会与大气中的原子核发生碰撞,形成一系列新粒子,纷纷落到地面。‘拉索’的3个不同类型的探测器阵列分别对这些落下的粒子进行探测。”

据介绍,水切伦科夫探测器阵列专门用来探测能量较低的宇宙线,地面簇射粒子阵列主要用于探测能量稍高的宇宙线。而切伦科夫望远镜阵列

将开展宇宙线能谱的高精度测量。“三大阵列互相配合,对宇宙线特征、起源等进行精密分析和研究,最终有望破解宇宙线起源难题。”曹臻说。

“拉索”已规划再建设32台望远镜

科研团队表示,随着观测时间的增加,“拉索”将可能探测到更多的千万亿电子伏特乃至更高能量宇宙线的加速源,有望解决银河系宇宙线起源之谜。此外,“拉索”还根据观测推断出,泡状结构内部超级宇宙线加速器使得周边星际空间的宇宙线密度显著高于银河系内宇宙线的平均水平。

以往,天体物理学家认为,星际空间很“空”,宇宙线一旦被注入星际空间,就会像墨汁滴进清水一般迅速扩散开。但此次“拉索”的研究结果显示,宇宙线的扩散速度只是原来想象的1/100。

南京大学天文与空间科学学院研究员柳若愚推断,宇宙线的速度可能受到了星际磁场的影响,这意味着星际磁场的分布不仅不均匀,而且不规则程度极高。“‘拉索’的这次观测结果也为天体物理学家建立新模型提供了线索。”柳若愚说。

“拉索”是以宇宙线观测研究为主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,于2021年7月建成并开始高质量稳定运行,是国际上最灵敏的超高能伽马射线探测装置。设施的运行由中国科学院高能物理研究所承担,采用通用的国际合作模式,实现设施平台与观测数据的开放共享。目前,已有32个国内外天体物理研究机构成为“拉索”的国际合作组成员单位,成员约280人。

“未来,‘拉索’国际合作组还希望摸清与宇宙线起源相关的更基础的问题。”曹臻说,为进一步提升空间分辨能力,“拉索”已规划再建设32台望远镜,同时将联合中国天眼、爱因斯坦探针卫星等形成有组织的合作团队,合力深入探寻宇宙线的起源。

(据《人民日报》吴月辉)

太阳耀斑对地球有什么影响

据国家空间天气监测预警中心,今年以来,太阳表面已经爆发多次X级耀斑。从2月22日7时7分到23日6时34分,不到24小时,太阳已连续三次爆发X级大耀斑。什么是太阳耀斑?不同级别的太阳耀斑意味着什么?它将对地球产生什么影响?

“耀斑是太阳大气中两个最剧烈的爆发现象之一,源自太阳局部磁场作用短时间内快速释放出大量能量,包括产生全波段辐射增强、物质运动、粒子加速等。”探日卫星“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员甘为群介绍,耀斑持续时间从

几分钟到几十分钟不等。特大耀斑释放的能量甚至可以和太阳每秒钟释放的总能量相比拟。按软X射线爆发能量从小到大,耀斑分为A、B、C、M、X五个级别,每个级别间能量相差十倍,比如X1.0级耀斑比C1.0级耀斑强100倍。

耀斑的发生频率随着太阳活动周的变化呈现出约11年的周期性,从“活跃期”的一天数次,到“平静期”的平均一周不足一次,有很大变化。强度大的耀斑出现频率远低于强度小的,例如X10.0级以上耀斑平均每个周期发生不到10次,而M1.0级以上耀斑平均每个周期发生可达数千次。

“太阳目前正处于第25个活动周期,极大期将发生在2024年下半年至2025年上半年。”甘为群表示,这里所说的极大,是指届时太阳日面黑子数目将达到极大。黑子区反映的是太阳上强磁场区域,磁场的演化和相互作用导致太阳上爆发事件频发,磁能被转化成加速的高能粒子、增强的全波段辐射、高速运动的等离子体,从太阳上释放出来。其中,最具代表性的现象就是太阳耀斑和日冕物质抛射这两类太阳上最剧烈的爆发现象。

“需要提醒公众的是,根据以往经验,一些巨大的太阳爆发也可能发

生在极大期后的2到3年,特别是一些高能事件。因此我们需要对太阳时刻保持密切观测。”甘为群说。

太阳耀斑的爆发是否会对地球空间环境乃至地面设施产生重大影响,除了爆发的级别,还取决于爆发在日面上的位置、耀斑是否伴随日冕物质抛射、日冕物质抛射的方向等。甘为群说,以2月23日发生的近期最强X6.3级耀斑为例,该耀斑发生在太阳日面靠近东边缘处,并没有显著地伴随日冕物质抛射,所以尽管该耀斑强度很大,但对地球空间环境的影响有限。(据新华社王珏玲 邱冰清)