



## 稻城高海拔宇宙线观测站收到来自天鹅座内 4700 年前的信号

# 我国科学家 捕获迄今为止最高能量光子

5月17日,中国科学院高能物理研究所联合 Springer Nature 召开新闻发布会,公布国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站(LHAASO)”在银河系内发现大量超高能“宇宙加速器”,并记录到能量达 1.4 拍电子伏的伽马光子(拍 = 千万亿),这是人类观测到的最高能量光子,突破了人类对银河系粒子加速的传统认知,开启了“超高能伽马天文学”时代。这些发现于 5 月 17 日发表在“Nature”(《自然》)。

该研究工作由中国科学院高能物理研究所牵头的 LHAASO 国际合作组完成。据 LHAASO 首席科学家曹臻介绍,这次报道的成果是基于已经建成的 1/2 规模探测装置,在 2020 年内 11 个月的观测数据。科学家发现最高能量的光子来自天鹅座内距地球 4700 光年的非常活跃的恒星形成区,还发现了 12 个超高能伽马射线源,光子能量一直延伸到 1 拍电子伏附近,这是位于 LHAASO 视场内最明亮的一批银河系伽马射线源,测到的伽马光子信号高于背景 7 倍标准偏差以上,源的位置测量精度优于 0.3 度。虽然这次使用的数据还很有限,但所有能被 LHAASO 观测到的源,它们都具有 0.1 拍电子伏以上的伽马辐射,也叫“超高能伽马辐射”。这表明银河系内遍布拍电子伏加速器,而人类在地球上建造的最大加速器(欧洲核子研究中心的 LHC)只能将粒子加速到 0.01 拍电子伏。银河系内的宇宙线加速器存在能量极限是个“常识”,过去预言的极限就在拍电子伏附近,从而预言的伽马射线能谱在 0.1 拍电子伏附近会有“截断”现象,LHAASO 的结果完全突破了“极限”。

曹臻介绍,这次发现开启了“超高能伽马天文”观测时代,表明年轻的大质量星团、超新星遗迹、脉冲星风云等是银河系内加速超高能宇宙线的最佳候选天体,有助于破解宇宙线起源这个“世纪之谜”。LHAASO 的结果表明,科学家们需要重新认识银河系高能粒子的产生、传播机制,进一步研究极端天体现象及其相关的物理过程,并在极端条件下检验基本物理规律。

水切伦科夫探测器内安装到位的部分探测器阵列



缪子探测器(MD)



电磁粒子探测器(ED)



广角切伦科夫望远镜(WFCTA)



水切伦科夫探测器(WCDA)

建设中的高海拔宇宙线观测站航拍图(2020年12月28日摄)

## >>> 对话 LHAASO 首席科学家曹臻

针对这次科学发现,本报记者就一些科学问题采访了 LHAASO 首席科学家曹臻。

记者:LHAASO 研究什么? 它的研究有什么意义?

曹臻:宇宙线携带着宇宙起源、天体演化、太阳活动及地球空间环境等重要科学信息,研究宇宙线及其起源是人类探索宇宙的重要途径。LHAASO 是以宇宙线观测研究为核心的国家重大科技基础设施,位于四川省甘孜州稻城县海拔 4410 米的海子山,占地面积约 1.36 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 1 平方公里地面簇射粒子阵列(简称 KM2A)、78000 平方米水切伦科夫探测器、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、多变量地测量宇宙线。

宇宙线有一个重要的特点,就是能量非常高,远远超过地球上人类能够建造出来的人工加速器产生的能量。LHAASO 的核心科学目标是探索高能宇宙线起源以及相关的宇宙演化和高能天体活动,并寻找暗物质;广泛搜索宇宙中尤其是银河系内部的伽马射线源,精确测量它们从低于 1TeV (1 万亿电子伏,也叫“太电子伏”)到超过 1 PeV (1000 万亿电子伏,也叫“拍电子伏”)的宽广能量范围内的能谱;测量更高能量的弥散宇宙线的成分与能谱,揭示宇宙线加速和传播的规律,探索新物理前沿。

记者:这次发现有什么科学突破? 曹臻:这次发现意义重大。

一是突破了人类对银河系粒子加速的传统认知。这次发现揭示了银河系内普遍存在能够将粒子能量加速超过 1 PeV 的“宇宙加速器”。过去大家普遍认为,银河系是一个非常温和的星系,天体也不是很活跃,不会有高能加速器。但是 LHAASO 这一次观测到,银河系里有一些天区实际上非常活跃,比如这次发现最高能量光子的天鹅座里的恒星形成区。其中充满着大质量恒星,它们质量大,不稳定,快速死亡。这样的区域就容易产生高能光子。因此,我们这次的发现证明银河系并不那么温和稳定,只是我们所处的太阳系位置比较稳定。同时,LHAASO 发现银河系内

大量存在 PeV 宇宙加速器,也向着解决宇宙线起源这一科学难题迈出了至关重要的一步。

二是开启了“超高能伽马天文学”时代。1989 年,亚利桑那州惠普尔天文台成功发现了首个具有 0.1 TeV 以上伽马辐射的天体,标志着“甚高能”伽马射线天文学时代的开启,在随后的 30 年里,已经发现超过 200 个“甚高能”伽马射线源。直到 2019 年,人类才探测到首个具有“超高能”伽马射线辐射的天体。出人意料的是,仅基于 1/2 规模的 LHAASO 不到 1 年的观测数据,就将“超高能”伽马射线源数量提升到了 12 个。

三是能量超过 1 PeV 的伽马射线光子首现天鹅座区域和蟹状星云。这次发现使得这个本来就备受关注的天鹅座恒星形成区成为寻找超高能宇宙线的最佳天区,也使其成为有望成为解开“世纪之谜”的突破口。另外,历史上对蟹状星云大量的观测研究,使之成为几乎唯一具有清楚辐射机制的标准伽马射线源。然而,LHAASO 测到的超高能光谱,严重挑战了这个高能天体物理的“标准模型”,甚至于对更加基本的电子加速理论提出了挑战。

记者:这次发现与我们的生活有什么关系?

曹臻:人类建加速器的历史其实并不长,上世纪 50 年代才开始有比较大规模的粒子加速器,到现在有大规模的粒子加速器。人类对粒子物理的认知,从宇宙线第一次发现有单个粒子的存在到现在对整个物质结构有完整的清晰的认识,就是依赖加速器的发展所实现的。因此,我们也希望新的发现,能带来新的知识理论。

而新的知识理论必将带来新的技术变革。比如:20 世纪初,人们认为电磁学是解释所有物理的理论。但是后来出现了量子力学、相对论……这些理论催生了半导体、手机、量子通信设备等,使得我们今天的生活有了突飞猛进的发展。另外,为了开展粒子物理研究而研制的加速器已经运用在比如肿瘤治疗、精密诊断、工业无损探伤等日常生活相关的领域,带来了医疗、工业制造等领域的突飞猛进。

记者:LHAASO 的建设对于人才培养和国家产业发展有什么

促进作用呢?

曹臻:LHAASO 可以说是世界上最先进的、灵敏度最高的宇宙射线观测站。主体工程于 2017 年开始建设,2019 年 4 月完成 1/4 的规模建设并投入科学运行。2020 年 1 月,LHAASO 完成了 1/2 规模的建设并投入运行,预计今年底将全部建成并投入运行。

LHAASO 这类的大科学装置的建设主要的设备,甚至于核心的元器件,关键核心技术都需要我们自主研发。我们提出了各种奇奇怪怪的、非常苛刻的要求,也使得企业的技术标准、工艺规范不断的更新升级,有的甚至达到了世界领先水平。举个例子,我们需要使用一种叫光电倍增管的设备,尺寸达到 50 厘米。这个核心器件此前只有日本一家企业会做,价格高达 6 万~7 万元,还不能完全达到我们要求的效果。后来,我们与国内的企业合作,突破并升级了该项技术,导致这个产品的价格在国际市场竞价过程中成倍地下降。这个例子足以证明我们国家已经具备很好的产业配套。大科学装置的建设必然对相关产业提出创新性的要求,也就促使这些行业不断去完善、实现技术的提升。

青藏高原天文观测的资源非常丰富,跟随 LHAASO 而来,中国科学院的空间中心又在稻城县成功选址了子午工程二期的一个主干设备:环形相干射电望远镜阵列。未来还有可能会引进更多类似的大型项目。

我们的观测站建成以后会吸引全球顶级的科研团队参与基于观测站的相关科学研究。现在已经有许多国际同行希望参与进来,国际上著名的大型实验组纷纷向我们发出邀请,希望开展合作研究,这在 LHAASO 建成之前的二十多年里从未出现过。我们的年轻科学家因此得到了更多的机会参与到国际上高水平的研究中。四川的两所高校——西南交和四川大学是工程建设单位。他们有很多科研人员参与其中,也作出了重要的贡献,未来也将参与到更多的科研合作中来,对于高校自身的科研水平有极大的提升作用。以西南交大为例,他们现在已经吸引到国际、国内先进研究机构的优秀人才,壮大了自己的队伍,在 LHAASO 实验中开展高水平的科学研究。

(本报记者 马静璠)

本版图片由中国科学院高能物理研究所提供