



欢迎关注
“四川科协”微信公众号



欢迎关注
四川科技网

新闻热线
028-65059830

四川省科学技术协会主管、主办 总编辑(代):姚海军 国内统一刊号:CN51-0046 邮发代号:61-71 网址:www.sckjw.com.cn 本期共8版

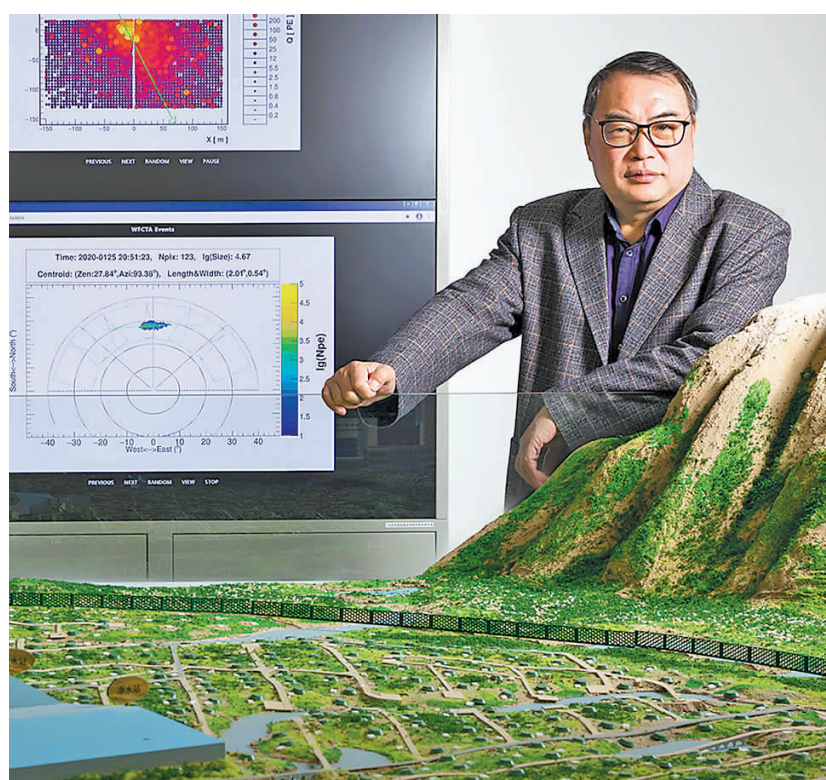
弘扬科学家精神 勇当新时代先锋

为高能物理探索乐章添上中国音符

——专访“高海拔宇宙线观测站”(LHAASO)首席科学家曹臻

在渔猎农耕时代,人们便观察太阳、月亮和星星的运动并以此辨别方向,编制历法,确定时间和季节、指导农业生产……在无数人仰望星空的追问和探索中,我们的文明完成了一次次蜕变。如今,人类对宇宙的认知不断刷新,目之所及的光也从可见光延伸到各个波段的电磁波。毕竟,宇宙中还有许多肉眼无法看见的粒子在接近光速飞行,其中不少会从各个方向穿过大气层“光顾”地球。这些“沉默不语”的“客人”是来自外太空的唯一物质样品,是被称为“宇宙信使”的宇宙线。而能够到达地球附近的初级宇宙线能量跨度很大,不同的能量反映了它们不同的起源。

1903年,英国著名物理学家、原子核物理学之父欧内斯特·卢瑟福和库克首次在实验中发现宇宙线的存在,由此拉开了人类探索宇宙高能加速器的序幕。1912年,奥地利物理学家赫斯乘坐气球将高压电离室带到5350米高空完成了多次重要的实验,据此,他首次提出一种新的假说:“这种迄今为止尚不为人知的东西主要在高空发现……它可能是来自太空的穿透辐射。”从那时开始,从布莱克特到恩利克·费米……一代又一代的物理学家们对宇宙射线的各种效应和起源问题进行了广泛研究,不断拓展、完善高能物理知识体系,也拓展着人类认知的边界。



>>> 人物名片:

曹臻,国家重大科技基础设施项目“高海拔宇宙线观测站”(LHAASO)首席科学家,四川天府新区宇宙线研究中心主任,中国科学院高能物理研究所粒子天体物理中心研究员,中国科学院粒子天体物理重点实验室副主任,博士生导师。2022年四川“最美科技工作者”。主持完成了1993至1996年HiRes prototype的数据处理和物理分析,证实了位于亚EeV能区的宇宙线能谱“第二个膝”的存在和相应的宇宙线成分的变化,在PRL和APJ等杂志上发表多篇文章,引发了当今对银河系宇宙线高能能谱的深入研究。

次。在高原,曹臻和团队不只要应对繁重的工作,还要面对强烈的高原反应,头痛、气喘、整夜睡不着觉……为了保持状态,他们随时都背着血氧机和氧气瓶,当血氧仪中的数字下降到百分之七八十,就做几下深呼吸,或者吸几口氧。而为了保证入睡,曹臻每天都靠安眠药辅助。面对艰苦的条件,很多工人都选择了离开,甚至有人都没有下车便直接打道回府。“但是100多人的科学团队,没有一个人退下来,因为我们坚信这件事是值得的。”曹臻说。

LHAASO总占地1.36平方公里,由占地面积1平方公里的地面簇射粒子阵列、5216个电磁粒子探测器、1188个缪子探测器以及78000平方米水切伦科夫探测器组成。三大探测器阵列,都是世界最大规模。水切伦科夫探测器面积相当于2.5个“水立方”,内部是深4.5米、蓄水量到35万吨的密闭纯净水池,水底布满拥有3000多路探测单元的水切伦科夫探测器阵列,比美国同类探测器大4倍左右。规模大,能量覆盖范围就广,灵敏度就高,但建设难度也更高。曹臻既是项目首席科学家,也是项目经理。除了复杂的自然环境,他还要应对施工过程中不断出现

的状况。

水切伦科夫探测器的水池下面要修建精度要求极高的水泥底板;水流循环使用泄漏率要控制在15%;在海拔4410米,年最低气温零下35摄氏度的高寒地区,水池不能结冰;水池需要悬吊,但钢架要求极为轻薄;顶棚不能遮挡宇宙线穿过……诸多要求在设计施工团队看来极为苛刻,而这样的工程造价超出预算几十倍,甚至有设计师直接说“做不了,达不到安全标准,按你这个要求我不能在工地上签字!”没办法,曹臻和团队与设计施工团队反复开会、研究,共同想办法。最终,设计施工单位在国内首创了特有的“薄壁混凝土现浇边墙+软基土工膜防渗系统+大跨度轻钢屋面”结构,大幅节省建设周期、节约工程造价,成功实现了探测器对避光、防冻、防锈蚀和水位保持等超标准指标要求,并荣获2020年度四川省优秀工程勘察一等奖与设计一等奖(“天府杯”)。LHAASO的建设也有赖于我们国家强大的工业、建设体系,而大科学装置的建设也推动了工业体系发展,我们提出的要求基本上都做到了,所以能获得“天府杯”是实至名归。”曹臻说。

3

以精益求精推动自主创新

不仅如此,LHAASO还应用了多项我国自主研发的技术和设备,完成了多项关键核心技术攻关。

广角切伦科夫望远镜被称为甚高能 γ 射线天文观测的利器,能捕捉原子核产生窄角切伦科夫辐射发出黯淡的光。但切伦科夫持续短,强度弱,因此大多主要的切伦科夫望远镜都选择了相对“古老”的光电倍增管。这种子古老的光电管对光源特别敏感,只能在漆黑没有一点光源的夜晚运行,“电筒的光一晃就报废了,我们团队自主创新,首次在大视场成像切伦科夫望远镜中大规模使用新型硅光电管,彻底改变了这类望远镜不能在月夜工作的传统观测模式,甚至白天也能运行。而这项技术也不再局限于实验室,甚至可以拓展到自动驾驶领域,提高摄像机的灵敏度。”曹臻骄傲地说。

同时,项目团队还发展了基于“小白兔”技术,适应4000米以上高海拔野外工况的大面积、多节点、高精度时钟同步技术,提升了该技术远距离同步精度5倍到0.2纳秒;采用了国

产20英寸超大型光电倍增管,并将时间响应提高了3倍,突破了国际上的技术垄断;把观测阈能从300 GeV(十亿电子伏特)降低到70 GeV,大大扩展了观测能力;在海量数据获取技术上取得显著进步,发展并实现了“无触发”数据获取,对数据量高达4GB/s的宇宙线事例实现“零死时间”观测;采用特殊的数据筛选技术,对海量数据进行无损压缩,实现从海子山到高能所的实时数据传输。

“在修建一号水池时,中科院高能物理研究所与北方夜视技术股份有限公司联合研发出我国具有完全自主知识产权的20英寸光电倍增管。”曹臻自豪地说,这实现了技术上的突破,打破了国际上单一供应商垄断的局面,LHAASO 2/3的面积也用上了这种先进的设备,提升了探测器的能力。

一项项关键技术的突破,一个个先进设备的应用,为LHAASO开启观测“超高能伽马射线天文学”的新窗口提供了有力支撑。LHAASO也被国际著名天体物理学家誉为“已经投入观测运行了的未来探测器”。(下转02版)

1

接过中国高能物理研究接力棒

中国的高能物理研究始于20世纪50年代,以王淦昌、张文裕、何泽慧、肖健为代表的科学家们,从海外回到中国,开启了中国宇宙线观测研究。他们在海拔3200米的云南落雪山建成我国第一间宇宙线实验室——落雪站。他们以多板云室和小磁云室为手段,在“奇异粒子”和高能核作用研究上取得过辉煌的成就。至此,中国的物理学家们也开一代又一代在世界高能物理知识体系中写上中国注脚,而曹臻便是其中之一。

1982年,曹臻毕业于云南大学物理系。20世纪80年代末,他进入中科院高能物理研究所宇宙线团队,师从第二代宇宙线研究科学家霍安祥、丁林垲和谭有恒。高能物理对于曹臻来说,就像他喜欢的巴赫的古典音乐一样,严谨、深沉又广阔。1990年,海拔4300米的羊八井观测站(以下简称“羊八井”)建成,并以其不可替代的特色立足于国际前沿。作为谭有恒的学生,曹臻跟随老一代科学家们开启了我国宇宙线研究从单一课题到多学科方向、从手工化到现代化大科学的转型。1994年,他前

2

牵头建设大科学装置 LHAASO

2017年,LHAASO主体工程动工;2022年10月,项目通过验收,正式投入运行。五年里,曹臻自己都数不清在北京、成都、稻城来回奔波了多少



曹臻(右三)在LHAASO施工现场