



高海拔宇宙线观测站对地方 科教及经济社会的影响*

文 / 白云翔 罗小安

中国科学院高能物理研究所 北京 100049

【摘要】 高海拔宇宙线观测站(Large High Altitude Air Shower Observatory, LHAASO)项目是中国科学家在国际宇宙线研究领域提出的重大前沿项目,也是中国西南地区布局的又一重大科技基础设施。LHAASO项目的实施将最终建成具有国际先进水平的宇宙线研究中心,与世界其他3个宇宙线观测站(位于阿根廷的极高能宇宙线观测站、位于南极的中微子天文观测站、待建的甚高能伽玛天文观测站)形成优势互补,对宇宙线起源这一世纪之谜发起冲击,并推动粒子物理学、天文学、宇宙学领域的相关科学研究产生突破性进展。同时,项目的建设运行也将对设施所在地的科学研究、学科发展、人才培养有重要影响,提高地区科学普及水平,并带动相关经济文化发展。文章将针对重大科技基础设施对地方的科技教育及经济社会影响进行初步分析。

【关键词】 重大科技基础设施,高海拔宇宙线观测站,院地合作,成果转化

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.05.011

高海拔宇宙线观测站(Large High Altitude Air Shower Observatory, LHAASO)是《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030)》^[1]优先安排的16个重大科技基础设施之一,该规划于2013年1月16日由国务院常务会议审议通过。

LHAASO位于四川省甘孜州稻城县海子山,海拔4 410米LHAASO作为基础研究的重大科技基础设施,是国家科学技术水平和综合实力的重要体现,对国家科学技术的发展具有重要的推动

作用。LHAASO是以宇宙线物理为核心的专用研究设施,与中国已建成的北京正负电子对撞机、托克马克可控热核聚变装置等专用设施一样,LHAASO的建设运行,可极大地提高本学科领域研究能力,为该领域产生突破性成果创造基础条件,同时培养造就一支高水平的科研和管理队伍,为中国宇宙线科学的可持续发展积累人才优势,逐步形成高水平的科技教育基地。同时,LHAASO将大大提升我国尤其是设施所在地区在国际科技合作项目中的地位和参与国际竞争的能力,有利于组织以中国为主导的国际合作,促进高

* 修改稿收到日期:2015年9月2日

层次的国际交流,有利于随时掌握国际前沿研究的最新动态,精准地判断研究方向。工艺技术的复杂性和综合性是重大科技基础设施的最大特点之一,LHAASO建设过程中产生的新技术将首先带动设施所在地区的高新技术发展,形成产业链条,促进地区的经济发展。另外,LHAASO将发挥科学设施独特的人文优势和社会功能,为科学设施所在地的科普教育、旅游经济、公众科学素养做出贡献。

根据LHAASO的科学要求,项目站址需在海拔4 000米以上的高海拔地区,经勘察论证,位于四川省甘孜州稻城县的海子山被确定为项目建设地,本文将就LHAASO对四川省及周边相邻地区的科技、教育、经济和社会文化等方面的影响做初步分析。

1 项目介绍

宇宙线是来自宇宙空间的高能粒子,是联接宇观与微观的重要载体,也是贯穿粒子物理学、宇宙学、天文学三大学科领域的基本研究对象,对宇宙线的研究直接关系到宇宙线起源问题本身,以及宇宙线的加速和传播机制,关系到宇宙演化、高能天体演化等相关的科学命题,现代物理学发展过程中,宇宙线研究占有重要地位。

LHAASO项目采用复合、精确的测量手段,对从外太空进入地球大气层的宇宙线粒子做全息式的测量,即对粒子能量、种类、几何信息的测量^[2]。通过对宇宙线长周期测量,LHAASO项目将对21世纪11个重大前沿科学难题之一——宇宙线起源之谜^[3]形成强有力的冲击,这一问题直接关系到宇宙演化、高能天体演化等相关问题。

LHAASO观测站总占地面积约2 000亩,站区包括探测器阵列(图1)及综合科技中心等附属建筑,建设期为4年。LHAASO探测阵列由4个部分组成,包括由5 630台电磁粒子探测器和1 220台分布式缪子探测器组成的约1平方公里复合地面阵列,面积为90 000平方米用于伽马射线源全天普查研究的水契伦科夫探测器阵列,由24台用于宇宙线能谱高精度测量的大气荧光暨契伦科夫探测器组成的望远镜阵列,由425台用于确定宇宙线的原初成份的簇射芯探测器组成的阵列。各探测器阵列中的单元探测器通过闪烁体或水等转换介质将宇宙线原初粒子在空气簇射中产生的次级带电粒子在介质中沉积的能量转化成光子,经光电倍增管接收放大后由后续电子学读出并记录。通过物理重建,落在LHAASO视场内的原初宇宙线事例的能量、时间、几何、种类等信息被获知,并用于科学分析。

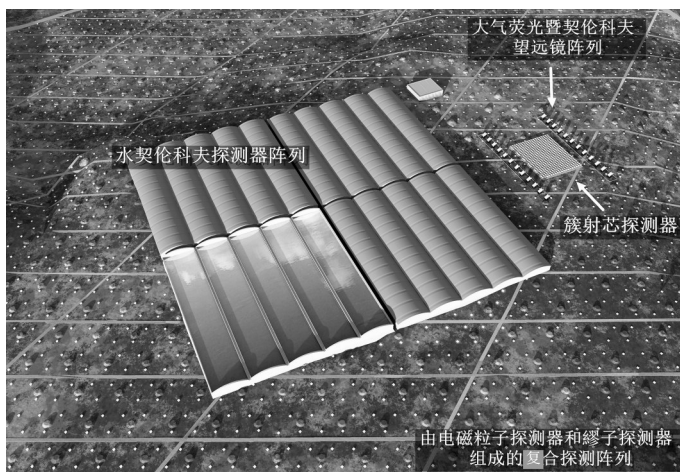


图1 LHAASO中心阵列示意图

LHAASO将最终建成具有国际先进水平的高灵敏度、宽能谱 γ 射线巡天观测能力的高海拔宇宙线研究中心^[4],成为具有国际竞争力、独具特色的综合开放式科学研究平台,与现有国际三大宇宙线研究中心形成极好的互补,即极高能宇宙线观测站(AU-



GER)、中微子天文观测站(ICECUBE)、甚高能伽玛天文观测站(CTA)^[5],同时也为开展天文学、宇宙学、粒子物理、空间环境等多种形式的前沿科学交叉研究提供天然的实验平台。

2 科技影响

(1)依托重大科技基础设施,取得重大科学突破。美国国家科学委员会(National Science Board, NSB)的调查显示^[6],诺贝尔物理学奖中有8项直接与仪器技术有关,更多诺贝尔奖的工作则与先进的科学设施有不可分割的关系。根据中科院大科学装置发展战略研究组的统计研究,自1932年劳伦斯建成回旋加速器,并产生人工放射性同位素荣获1939年诺贝尔物理学奖以来,众多诺贝尔物理学奖的科学成果和物理学方面的重大发现都是依托重大设施获得的。因此,“重大设施催生重大突破”已成为国际上的普遍认识。科学发展进入21世纪,诸如宇宙线起源以及暗物质、暗能量、宇宙起源、引力性质等重大科学问题成为人类认知世界过程中的瓶颈问题,随着科学问题的日益复杂化,所涉学科综合多元化,要想在这些问题上有所突破,只能依托于技术复杂、投资巨大、运行周期较长的大型科学设施。宇宙线自20世纪被发现以来已经100多年过去了,但高能宇宙线的起源一直是全世界科学家尚未认识的问题之一,LHAASO项目将以发现宇宙线起源为核心科学目标挑战世纪之谜,取得重大突破。

(2)LHAASO带动以宇宙线研究为核心的相关学科发展,为相关学科的交叉研究提供平台。重大科技基础设施是国家为解决重大科技前沿、国家战略需求中的战略性、基础性和前瞻性科技问题而投资建设的大型研究设施项目,是国家基础设施的重要组成部分^[7]。LHAASO是我国科学家在“十二五”期间提出的解决国际科学前沿问题的重大科技基础设施,是国家科技发展在西南地区的重大布局,科学设施的建设运行必将对地方在该领域的研究产生质的影响,成为我国尤其是西南地区的科研机构完成相关学术研究的重要依

托,推动相关研究机构和高校在粒子物理、天体物理、天文学等研究领域的发展。LHAASO将凭借多手段、多参数、高精度、宽能谱的测量优势,成为吸引国际其他科学实验来中国开展联合观测、合作研究的综合性基础平台,形成集群效应,建成国际天文、粒子物理学综合研究的基地,带动和提升西南地区科研院所的科研发展水平。

由中科院高能物理所和成都分院联合成立的宇宙线研究中心整合国内一流的粒子天体物理学家,组成以宇宙线研究为核心的学术研究队伍,将更加有利于形成团队优势,有力地推动学科整体发展。同时,宇宙线研究中心的建设与发展也整合了西南地区在空间天气、日地环境、生态、生物、气候等方面的学科优势,将成为西南地区开展与宇宙线相关的交叉学科的研究基地,LHAASO将成为交叉学科开展研究的重要实验依托。

(3)LHAASO建设中产生的新技术将影响带动地方的高新技术发展。LHAASO不仅有丰富的科学内涵,也是先进探测技术、核电子学技术、数据处理技术等高新技术的综合体,尤其是项目建设过程中所发展出来的多项国际领先的技术,比如,与法国合作引进的先进微电子学技术、与欧洲核子研究中心联合开发的高精度时钟分配与同步技术,同时,国内自主研发高计数率条件下的前端信号数字化和数据传输、计算集群协助下的事例触发判选、大数据量条件下的实时在线处理等大量创新性技术,均具有国际领先水平。这些技术将率先应用于项目所在地的高新技术行业,如高性能芯片集成、海量数据处理、核探测技术等,为孕育形成更完善、更丰富的产业链奠定技术基础。

(4)整合周边科学台站资源,形成多台站验证。中国的西南地区具有独特的地理优势和气候条件,是天文观测研究的首选地点^[8],我国的天文台站也主要分布在中国西南地区。LHAASO作为又一落户西南的国家级重大科技基础设施,将充分发掘区域内独特而丰富的天文观测资源优势,把项目所在地打造成为国际宇宙线研究和天文观

测研究中心,以及拥有国家级高水平科研基地的基础研究大省,最终形成具有国际吸引力的大型科研基地。通过吸引国内外相关实验依托 LHAASO 实验平台展开合作研究,将进一步提升 LHAASO 观测站的科学探索能力,形成多台站联动观测、多波段复合验证的优势。同时,在整合西南地区丰富的天文资源的过程中,LHAASO 将与其他观测台站(表 1^[9,10])形成互补提升优势,产出更多的科学成果。

总之,重大科技基础设施往往是众多高新技术诞生的源泉和高新技术产业的摇篮,在 LHAASO 建设和科学运行过程中,科学前沿的探索和高新技术的发展也必将孕育和衍生新现象的发现和新技术的发明,多方位、多层次的影响当地的科技发展。

3 人才培养与学科建设影响

在 LHAASO 前期研究和验证的过程中,国内已有近 20 个高校和科研院所加入了 LHAASO 合作,这些研究院校在项目预研过程以及后期建设中分别承担了读出电子学研制、关键部件检测定标、时钟分配系统研制、望远镜光学成像系统研制等工程研发任务,这种发挥多学科优势、多研究院所合作的方式已经成为我国大科学装置的建设模式。在装置建设的同时,也为地方培养

了相关的人才,完善学科建设。

宇宙线研究中心是 LHAASO 项目的核心研究团队,此外西南交通大学、四川大学、云南大学、云南天文台、西藏大学也是 LHAASO 项目在西南地区的合作单位,这种强强联合的合作方式将一直延续到项目运行后。随着项目进展,LHAASO 将实现全面开放共享,会有更多的研究机构和大学参与进来,依托 LHAASO 的科学平台,开展宇宙线物理及相关交叉学科的研究(表 2)。根据项目发展需求,LHAASO 将与地方研究院所密切合作共同建设粒子天体物理国家重点实验室,并逐步建立依托大装置的研究中心以及其他相关领域的重点实验室,将西南地区基础研究的持续发展推上一个新的台阶。

作为国际合作项目,LHAASO 将把国际合作单位的优势学科和先进管理经验带到项目建设以及后期运行管理中。通过研究生互换、学者互访的方式,加强项目合作单位之间学术联系,为西南地区相关院所培养国际化人才。依托 LHAASO 观测平台,广泛开展国际合作,拓宽国内合作机构尤其是西南地区的学术研究视野,活跃学术气氛。此外,项目建设和运行期间,科学家之间的密切往来以及频繁的学术活动开展,必

表 1 西南地区的天文台站资源

台站名称	地点	归属单位
羊八井宇宙线观测站	西藏羊八井	中科院高能物理所
丽江高美谷观测研究基地	云南高美谷	中科院云南天文台
抚仙湖太阳观测研究基地	云南抚仙湖	中科院云南天文台
云南凤凰山观测基地	昆明凤凰山	中科院云南天文台
FAST 望远镜	贵州大窝凼	中科院国家天文台
德令哈天文观测基地	青海德令哈	紫金山天文台
锦屏山深地实验室	四川雅砻江	清华大学



中国科学院

表2 西南地区在项目前期已参与LHAASO的合作单位

教研机构	相关学科	合作内容
四川大学	核电子学	电子学研制
西南交大	太阳物理,雷电天气,伽玛天文	物理分析,电子学研制
云南大学	高能天体物理,光学,环境、生态	大气契伦科夫望远镜的研制,高原生态、环境等交叉学科的研究
云南天文台	活动星系核、恒星演化	定点观测装置
西藏大学	宇宙线物理	物理分析

将使得地方学术研究呈现出更为繁荣的局面,带动和影响学科发展。

地方大学和科研院所的参与不仅为项目的建设、运行和成果产出提供重要的技术支撑,反过来,项目的实施将直接为地方培养从本科到硕士、博士的大批高端人才。尤其在设施的科学运行期间,通过开放共享将有更多的科学家直接受益。据统计,仅在2013年,就有2 317个实验课题基于中科院所属的公共实验设施结题,4 653名科学家直接依托装置开展研究^[1],产生了相应的科学成果。LHAASO建成之后将成为国内高海拔地区中最优越的科研、教育和人才培养基地,为四川的教学科研发展培养大批的高端人才,并通过建立相应的光学实验室、电子学实验室、交叉学科实验室等,进一步提升当地科教机构的影响力,推动相关学科步入国际先进行列。

4 经济影响

一般来说,一项重大科技基础设施的直接投资体量远大于一般的科学研究项目,巨额的公共投资会给科学设施所在地经济带来广泛而深远的影响,同时在研发设计、建造、运行和维护的各环节中所产生的间接经济影响也是巨大的。以我国在“十一五”期间立项建设的散裂中子源工程为例,据经济学家分析,散裂中子源的建设和长期运行将对我国珠三角地区的产业升级与改造产生深

远影响,在建设运行期间该地区受本项目的直接和间接影响而新增的产业规模超过7 000亿元^[12]。作为10亿元以上的国家级重大科技基础设施项目,LHAASO的建设及运营无疑将给区域经济和社会发展带来全方位的影响,尤其是对于以旅游、自然、人文经济为主导经济推动的四川甘孜地区来讲,尤为重要。

(1)LHAASO观测站的建设将会直接拉动地方经济的有效需求。LHAASO观测站预计总投资约13亿元,包括初期观测站设备投入及安装、配套设施建设、道路铺设、场地平整及测控基地的建设,预计在4—5年内建成规模宏大的宇宙线观测基地。项目采用“就地取材,当地用工”的建设原则,注入当地的直接投资将占总投资的一半以上,大量属地化的用工需求也将缓解当地的就业压力。

项目建成后,LHAASO科学运行期间,年度运营费用投入约8 000万元,主要用于电力、水资源、交通、实验研究和设备更换等;大量的科学实验工作将从不同渠道获得每年上千万元的经费支持。与此同时,伴随科学研究的进行,国际交流、学术论坛、学术会议、科学普及和公众参观等也将带来更为宽泛的消费需求。国内外相关研究表明,一个大科学装置对地方经济的带动将产生其建设经费几十倍的放大效益。

(2)LHAASO观测站的建设将大力促进地方会议经济、旅游经济的发展,成为地方绿色GDP的重要推动力量。依托观测站的科学影响力和国际知名度,LHAASO将联合省内多家科研机构,凭借周边独特的自然资源优势,将项目所在地打造成国际高海拔宇宙线论坛的主办地,同时也将成为其他相关学术会议、大型论坛适宜的举办地,通过吸引众多国际科技人才来此研讨交流、休闲思考,为科学家提供一流的交流服务平台,向世界展示中国。

近年,结合科普开拓旅游市场,成为旅游经济的热点模式,尤其是结合罕见天文现象产生的旅游经济有着巨大经济回报^[13]。作为一个综合研究基地,LHAASO站区内不仅拥有科学研究的专有实验设施,而且兼具开展天文科普教育的功能。作为稀缺的天文旅游资源,LHAASO观测站大部分区域将向公众开放,科研观测站的体验展示区作为科技展示平台,形成具有天文主题的科普旅游,成为甘孜旅游支柱产业的又一特色。LHAASO将结合当地的旅游资源,在建成后与地方政府规划开发体验式的天文旅游项目,建成世界占地规模最大且真正依托天文科学研究的天文主题公园。

旅游业是甘孜州的六大支柱产业之一,2013年旅游收入实现63.25亿元,占地区生产总值的31.43%^[14]。LHAASO观测站的建立,将丰富过去以自然景观为主旅游产业的内涵,促进绿色GDP的有益增长。

(3)LHAASO观测站的建设推动地方与科研院校的合作,引入前沿科学技术,产学研结合获得更大的经济效益。根据国际大科学装置建设经验,在一个科学工程建设和运行的生命周期内,通常会拉动当地多个产业的发展。LHAASO项目建设中发展起来的高新技术将形成对地方实体经济有贡献

的科研成果,通过向企业转化,促进地方产业升级。

同时,LHAASO项目的合作参与单位来自于国内20余个不同优势领域的科研院所,有丰富的科研成果和先进的技术优势。地方与院校的合作,可根据当地经济发展需求因地制宜地引入中科院权属技术和科技团队,实现地方产业和科研成果的有机结合,解决当地科技、经济发展过程中的现实问题,推动地方产业的发展,获得良好的经济效益。

2013年,甘孜州全年争取省级以上科技项目22项,到位资金855万元,全年完成技术合同登记2项,科技成果的转化主要集中于当地特色的中藏医药业^[14]。LHAASO项目在甘孜州的建设,直接到位的科技项目资金超过10亿元,长期的科学运行与持续的科学产出将使地方的科技水平发生质的变化,实现更多产研成果转化。

5 社会人文影响

作为一个综合研究基地,LHAASO站区内不仅拥有面向科学研究的专有实验设施,而且兼具开展天文科普教育的潜在功能。LHAASO观测站大部分区域将向公众开放,可以在国际范围宣传和普及科学知识,这不仅能提升项目所在地区人民的科学文化素养,同时也会逐渐辐射周边区域和省份,整体推动全社会科学化进程。LHAASO有望成为青藏高原上最优秀的科技示范窗口和各级科技管理者参观访问、相互交流的平台,为国家的科普教育做贡献,开拓科普和旅游双赢发展的新路。通过LHAASO项目的建设运营,将给当地少数民族居民带来经济生活的变化,如就业吸纳、科教普及和外来消费需求增加等,有利于维护民族团结和社会稳定,推动经济效益和社会效益的长远共同发展。



中国科学院

更值得一提的是,甘孜州是一个拥有25个民族聚居的自治州,其中主体民族藏族约占全州人口的80%。在2000多年的历史长河中,藏民族基于天文观测基础发展起来的天文历算学是中华民族优秀文化的组成部分,是藏族优秀传统文化中最具代表性的学科,藏族人民对于天文学有着高度崇敬的宗教情感,LHAASO在天文观测方面的科学成果将影响当地藏民族对宇宙观、物质观以及天文历法等科学认知,丰富藏族传统文化科学内涵,为弘扬民族优秀传统文化精神、提升本民族的文化自信有深远意义。同时,在LHAASO建设和科学运行期间,大批的科学家将涌入当地城市,高知人群的聚集将极大地影响区域科学文化发展水平,提升人文科学素养,推动社会长远发展。

6 结论

20世纪,中国的宇宙线研究扎根青藏高原,并经历了两次大的飞跃,以1956年的云南落雪山站为起点,到1989年羊八井国际宇宙线观测站的设立^[15],中国科学家在雪域高原不懈求索奋战,为中国宇宙线科学事业的发展夯实了基础。随着我国经济快速发展所带来的对科学技术的动力需求,LHAASO项目代表着科技发展前沿和国家基础研究战略需求被列入国家规划,成为我国宇宙线研究的又一次大转折,同时也是国家重大科技基础设施在西南地区的又一重大布局。作为一个我国基础科研设施水平和装备制造能力的集中体现,LHAASO是支撑天体粒子物理前沿研究和相关学科交叉前沿研究的公共科学平台,其建设和运行水平标志着我国宇宙线实验研究原始创新能力进一步提高。LHAASO的建设运行将成为围绕宇宙线科学等诸多领域取得突破的必要条件,同时也将促进项目所在地的经济社会全面、协调、可持续发展,并将这种长期的、深远的影响辐射到整个西南地区的相关领域。

参考文献

- 1 国务院. 国务院关于印发国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)的通知. [2015-8-25]. http://www.gov.cn/jzw8k/2013-03/04/content_234189.htm.
- 2 曹臻,白云翔,刘加丽. 物理学中的世纪难题: 高能宇宙线的起源之谜. 自然杂志, 2009, 31: 342-347.
- 3 Committee on the Physics of the Universe, National Research Council. Connecting quarks with the cosmos: eleven science questions for the new century. 3rd, Jun, 2003.
- 4 何会海. 宇宙线研究进展评述与展望. 物理, 2013, 42(01): 33-39.
- 5 曹臻,何会海. 大科学装置与高能宇宙线起源的探索. 中国科学: 物理学、力学、天文学, 2014, 44(10): 1095-1107.
- 6 National Science Board. Science and Engineering infrastructure for the 21st century: The role of the national science foundation. NSB 02-190, Feb, 6, 2003.
- 7 杜澄,尚智丛. 国家大科学工程研究. 北京: 北京理工大学出版社, 2011.
- 8 张永婧,姚永强. 中国天天气象条件的地域分布. 中国科学: 物理学、力学、天文学, 2010, 40(10): 1302-1314.
- 9 中国科学院. 中国科学院重大科技基础设施. [2015-8-20]. <http://lssf.cas.cn/>
- 10 中国科学院. 中国科学院野外台站. [2015-8-20]. <http://www.cas.cn/zt/kjzt/ywtz/>
- 11 中国科学院年报编辑委员会. 中国科学院重大科技基础设施2013年度报告. 2013, 13-17.
- 12 武一. 珠三角专题研究报告: 中国大朗散裂中子源经济影响评估. 北京: 中国时代经济出版社, 2011, 110-113.
- 13 侯琳. 浙江发展天文旅游初探. 农村经济与科技, 2012, 23: 70-72.
- 14 甘孜州统计局. 甘孜州2013年国民经济和社会发展统计公报. 甘孜统计年鉴, 2014.
- 15 谭有恒. 从乌蒙山到念青唐古拉. 物理, 2013, 42(01): 13-22.

Influence on Local Science, Education, Economy and Society by Large High Altitude Air Shower Observatory

Bai Yunxiang Luo Xiaolan

(Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO) project is a major frontier project proposed by Chinese scientists in the field of cosmic ray research, it also is another major scientific and technological infrastructure deployed in the southwest region of China. The implementation of LHAASO project will finally establish a cosmic ray research center of advanced class, and will form complement advantages among this observatory and the other three cosmic ray observatories, namely the Pierre Auger Observatory, located in Argentina, the IceCube Neutrino Observatory, located in the South Pole, and the Cherenkov Telescope Array Observatory, to be built. These observatories will allow scientists to find the origin of cosmic ray, which is one of the centurial mysteries, and will promote the revolutionary development of related scientific researches in the field of particle physics, astronomy, and cosmology. Meanwhile, the construction and operation of this project will have important effects on the scientific research, academic development, and talent training where the facility is located, and will improve the regional science awareness, and promote related economic and cultural development. This article will carry out a preliminary analysis on the influence on the local science, education, economy, and society by this major scientific and technological infrastructure.

Keywords major scientific and technological infrastructure, high altitude cosmic ray observatory, cooperation between Chinese Academy of Sciences and local government, achievement transformation

白云翔 中科院高能物理所副研究员,理学博士,粒子物理与原子核物理专业。2008年7月就职于中核建设集团,从事国家科技重大专项高温气冷堆建设管理工作,2009年8月就职中科院高能所,从事宇宙线物理及契伦柯夫成像望远镜相关研究,2013年,从事国家重大科技基础设施“高海拔宇宙线观测站”的建设管理工作至今。E-mail: baiyx@ihep.ac.cn

Bai Yunxiang, associate professor in Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences (CAS), achieved Ph.D. in particle physics and nuclear physics. He has worked on administration of high temperature gas cooled reactor which is a National Science and Technology Major Project in 2008. He has focused on research of cosmic ray physics and Cherenkov image telescope since 2009 to 2013. He has devoted to administration and construction of LHAASO, i.e. Large High Altitude Air Shower Observatory, a major national science and technology infrastructure project of CAS since 2013. E-mail: baiyx@ihep.ac.cn



中国科学院