

·成果简介·

自然科学基金与羊八井宇宙线实验

谭有恒

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

[关键词] 羊八井(YBJ), 宇宙线, EAS, 地毯式阵列

在拉萨西北 90 km, 青藏公路和铁路旁边, 有一个念青唐古拉山护卫下的海拔 4300 m 的山间盆地, 这就是驰名中外的羊八井。它的驰名不仅因为它是我国最大的地热能源基地, 也因为作为北半球最高、最活跃的宇宙线观测基地而受到中外瞩目。

自羊八井兵站取道中尼公路西行约 2 km, 就可看到一个巨大的蓝顶白墙建筑物稳卧在盆地之中。那就是世界最大的高山实验厅, 即将正式投入观测的中意合作 ARGO 地毯式阵列就建于其中。越过中国电讯的高塔, 一片满布着白色“蜂箱”(野外探测器)的地面进入视野。这就是中日合作 AS-GAMMA 传统取样型阵列。它们都在日夜不停、风雨无阻地观测着来自宇宙深处的高能宇宙线粒子在大气层中引起的广延大气簇射(EAS)。羊八井观测站的从无到有从小到大的成长, 牵动着一段 20 多年的科学创业史, 见证了中华崛起、西藏繁荣的巨变过程, 得到了国家自然科学基金自始至终的支持。

1 在基金支持下起步和成长

上世纪 50 年代, 在肖健先生带领下, 我国的宇宙线研究以云南落雪山实验室为基地, 以多板云室和小磁云室为手段, 在“奇异粒子”和 10 GeV 能区高能核作用研究上取得过辉煌的成就。60 年代云南站大云雾室组建成, 不幸遭遇文革磨难; 到了 70 年代后期, 手工操作、效率低下的云雾室, 已很难在加速器突飞猛进的情况下在 Sub-TeV (1 TeV = 1000 GeV) 能区的粒子物理研究中找到自己的位置和适应现代的竞争。面临国门的开放, 我国的宇宙线研究之路该怎么走, 是当时中国的宇宙线研究者必须面对的问题。

其实, 宇宙线这种来自天外的高能粒子流, 同时具有宇观、微观和环境三大属性。因此, 跃进到 100

TeV(超高能)以上去探索粒子物理中的新现象和在 1—10 TeV 的甚高能区着重开发宇宙线的天文学信息, 是上世纪 70 年代末的大思考中我们得出的朴素的结论。

考虑到当时我国有限的国力和技术条件, 明确认识到在宇宙线观测的空间、地面和地下(或水下)三种方式中, 我国的优势只存在于地面。而在地面观测中, 高山乳胶室虽正在势头上, 然其被动式的性质、手工化的处理、有限的面积和事例统计量不足等根本性弱点, 在自动化大生产的现代实验面前已难看到光明前景, 而其天然的偏重于记录质子事例的选择特性和太少的事例数, 又使之失去了用于宇宙线天文观测的价值。这种认识使我们的目光自然地落到了 EAS 头上。

我在日本明野 EAS 阵列上的实习中, 认识到当前 EAS 实验存在两大问题: 对付 EAS 发展涨落的无能和 EAS 阵列的粗放, 这普遍使得 EAS 对天文信息的灵敏度为簇射发展的涨落所掩盖, 在结果的解释上陷入原初成分与作用模型互为因果的纠缠而不能解脱。上高山和阵列精细化, 应是解开此死结的方向之一。于是, 一个在不同海拔高度对 EAS 纵向发展实施统一观测的大胆思维逐渐强化, 而上 4—5 km 高山建立观测站成了其中的核心内容。然而当我带着这个想法和一些自购的集成电路块于 1981 年 5 月回国时, 研究室里已然出现了许多小课题, 使这个当时看来有些好高骛远的课题建议无法得到任何自上而下的科研经费。幸好, 1982 年在科学院内成立了基金局, 自此, 我们就与基金结下了不解之缘。1982 年以“EAS 纵向发展的统一观测”为题申请到了 40 万元的“院内科学基金”, 接着又于 1985 年以“EAS 超高能现象及超高能宇宙线研究”为题申请到 27 万元资助, 从而“西藏计划”的准备阶

本文于 2007 年 3 月 22 日收到。

段“怀柔 EAS 阵列”的建造得以启动和完成。利用这些资助,我们自力更生地建成了我国第一个真正意义上的 EAS 观测阵列,开展了 EAS 现象学的研究,完成了西藏计划的技术、人才和方案准备,还实施了 1984 和 1988 年的羊八井选址考察及 1986 年的北京“西藏计划国际研讨会”,基本完成了西藏计划的前期准备工作,这才导致了 1990 年元月羊八井宇宙线观测站的出世。

羊八井和怀柔观测站的同时运行一直得到科学基金的大力资助,我们获得了重点项目“超高能宇宙线粒子源的观测研究”(1992—1995)的资助。1997 年我们又获得了“八五”重点项目支持(“10 TeV GAMMA 射线源及超高能宇宙线研究”)。在这期间,基金的经常性支持和其他渠道的筹资,带动了日方的投入,我们因此得以实现 AS-GAMMA 阵列的二期、三期扩建和部分加密,以及 1998 年太阳中子监测器和中子望远镜的引进。为着促进中日合作物流的通畅,基金委国际合作局自 1997 年第八次中日科技联委会起,连续三次将羊八井基金项目列入了中日政府间合作项目。

也正因为有这些经费垫底,我们才有可能大胆提出并实施了羊八井“地毯”计划的预先研究。对有些超前的项目,基金委采取了既慎重又积极的态度。1997 年冬天的 50 m² RPC(高阻平板粒子探测器)现场试验的成功,为中意合作 ARGO 实验的立项扫除了最大的技术障碍。1997 年 5 月 9 日的学界评议会,1999 年 8 月 6 日三单位对 ARGO 计划的联合预审,以及各次相关的 CCAST 研讨会,基金委都有人员参加。2000 年 12 月 6 日,三主管单位(中国科学院、科技部和基金委)组织有 5 位院士参加的正式的项目评审会,由王乃彦副主任主持,一致通过了我们“羊八井全覆盖式阵列及其天体粒子物理学研究”项目 3400 万元的申请,基金委在国际合作重大课题项目承担了其中的 890 万元资助。2001 年 6 月,基金委王杰副主任率团出席了羊八井 ARGO 实验大厅落成典礼并与与会的中科院、科技部领导共商羊八井的建设和发展问题。自此,ARGO 地毯式阵列的建设得以大规模地展开。1996 年 6 月底,ARGO 一期的 5000 m² 中心地毯建成投入试观测,基金委等有关部门负责人前来祝贺并出席 ARGO 实验研讨会。回想起这段长达 25 年的历史,如果没有基金的连续资助,“西藏计划”可能根本就难以出土,何谈今日的羊八井辉煌?

2 国际合作促成跨越式发展

羊八井成长的另一大因素是成功的国际合作。虽然开发羊八井高海拔物理潜力的原始创意是出自我们,是我们主动把外国科学家而不是他们把我们拉进这项(由我们策划组织起来的)国际合作的。虽然我们曾在 20 世纪 80 年代以完全自力更生的方式,用(除关键的 IC 组件外)纯国产的器材建成了怀柔 EAS 阵列。这费了我们整整 6 年的光阴和极大的心血劳苦,然而建成时它在技术上已落到了国际三流水平。当然,它全面锻炼了队伍,让我们收获了信心,为我国宇宙线研究的转型和国际合作的开展奠定了基础。然而,下一步要直奔中国宇宙线发展的大目标时,就不能拘泥于原有的自力更生或事事对等的合作的观念,而必须能动地利用国际合作,获取急需的国外资金、技术和人才,以便在最短时间内在激烈的国际竞争中一举打开局面、突上学科的前沿。科研上民间自发的国际合作,其成功有三个条件:共同的思路和目标;互惠、互补的优势及学术领头人之间的默契和个人友谊。在“西藏计划”上,我们与日方几乎具备上述这三项条件。特别是我们拥有羊八井这个得天独厚的高山站址,有一支经过怀柔练兵的 EAS 实验队伍;日方则有资金、技术和海量数据存储处理设备。它们都是各自缺乏又互相需要的硬环境,分开都难以施展,合起来则可在国际上形成比较优势。所以合作是大局,问题可在发展中逐步求得解决。

回头再看当年的中日合作,其历史功绩还是应当肯定的。首先,在 1986 年达成的中、日、意、美四方合作意向后,因我方的迟迟不能启动致使“西藏计划”几乎流产的时候,中日合作作为“西藏计划”的存活起到了关键作用。其次,它帮我们赢得了时间,使之很快以最低的阈能和次高的触发率出现在国际 EAS 实验的前沿。第三,这又转而促进了国际同行的认同和主管部门的了解,尤其是它的长期持续运行打破了人们普遍存在的在西藏难以长久的疑虑,有利于获得政府支持和策划更大的将来计划。第四,它在中方人才培养上也功不可没:日方提供的资助使我们能每年派出 4 至 6 人次年轻人去东京利用他们的数据处理设备和通畅的网络与国际接轨地开展物理工作,合作组成员中也有七八个人成了日方的研究生或博士后。总体上说,还是使多数合作者在国际环境中得到了锻炼。中日合作的经验在后来组织中意合作中和将来计划在更大范围、更高层次上整

合国际资源、组织国际合作时已经起到并将起着积极的作用。

3 天时地利人和共铸今日辉煌

一到羊八井就可以看到近 800 个闪烁探测器整齐排列的 AS-GAMMA 阵列以及内有 RPC“地毯”的壮观的 ARGO 实验厅,还有由太阳中子监测器、中子望远镜及气象、云量、雷电自动记录仪等组成的太阳活动及地球环境监测设备。这种规模和气势,是国家实力和合作规模的体现。这些自动化、数字化的计数器型设备,(除了停电和检修)都是风雨无阻、经年不停、持续运行的,时时刻刻在执行着它的对天观测任务。

中日合作 AS-GAMMA 阵列已经历三个发展阶段,共有效运行十五六年,在蟹状星云稳定 γ 发射、活动星系核 γ 射线爆发、宇宙线太阳阴影、超高能宇宙线能谱、银河宇宙线非各向同性和宇宙线等离子体绕银心共转等方面取得了重要成果。新建成的中意合作 ARGO“地毯”,待完成对北天已知 γ 源的检测性观测之后,预定的多项物理工作即可同时展开,如 Multi-10 GeV γ 暴, Sub-TeV γ 源,宇宙线太阳阴影和太阳活动变化,宇宙线月亮阴影和宇宙反质子流,弥散 γ 及暗物质存在证据,小 EAS 结构及膝前区宇宙线能谱等。为此我们需要获取和处理大量的数据。这些高到每天约 300 GB 的海量数据,如果没有兰青拉通讯光缆的建成和高速宽带网的开通,像现在这样的原始数据的网上在线传输和 ARGO 运行的远程监控是不可能得以实现的。

兰青拉通讯光缆的开通和青藏铁路的建成,进一步拉近了羊八井与内地的距离,消除了蛮荒与现代的差距,使羊八井甚至具备了能建设和运行任何大型高技术设备的能力。国家对科技投入的增加和管理者对学科发展的战略眼光,使得羊八井这样的基础的、长线的工作也有了发展的空间。这些前所未有的外在科研环境,构成了羊八井的“天时”。

更应感谢羊八井这片神奇的土地。谁在地球上别的什么地方看见过海拔 4000 多米的地面这么平坦开阔? 这样气候温和、冬无积雪? 这样有庄稼、有牛羊还有公路、铁路和高速互联网? 它是天赐的科研宝地,理想的人与宇宙对话的地方。这使我们能做别人不敢想不能做,或者可以做但做不好的事情。这就是我们独有的“地利”。

还要感谢羊八井的科研团队、国际合作伙伴以及支持过我们的所有的人们。他们为着共同的科学理想,或不畏艰苦、甘于寂寞、立足高原、埋头苦干,

以他们的辛勤和智慧;或以种种的协助和鼓励,帮助我们实现了我国宇宙线研究从手工化到自动化的历史转变,创造出了羊八井实验的今日辉煌。

4 继续奋斗迎接光辉未来

羊八井的今日辉煌不是奋斗的终点而是新长征的起点。这起点已非 20 年前那个从无到有的低起点,而是在国际前沿层次上的出发点。ARGO 全覆盖式 EAS 阵列的出世,标志着宇宙线地面实验精细化时代的到来。我们要充分发挥它既多(每秒约 2 万个 EAS 事例)且精(粒子取样自 1% 提高到 92%)的独家优点和全天候、宽视场的特点,把计划好的诸项课题优质地开展起来;同时也要积极准备下期计划,为攀登新的高度而再次出发。为此,一个以 ARGO 为中心的羊八井超级复合阵列计划(“YSCA”)已经提出,它将要求为每个 RPC 装备一个大动态的模拟读出,把 RPC“地毯”扩大到整个 $1 \times 10^4 \text{ m}^2$ 大厅,在厅内以不破坏地毯连续性的方式均匀分布 5 个 170 m^2 RPC μ 子探测器,在厅外以 4 个 432 m^2 的流光管 μ 子探测器分列于阵列的四角,并以 264 个大型闪烁探测器环绕大厅布成一个 $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ 的复合阵列,形成 YSCA 的基本框架。这将不仅能以更好的性能支持原先计划的所有工作,而且能最好地利用 γ -EAS 与 P-EAS 在 μ 子密度上(1:60 级)的大差距去寻找超高能 γ 源,亦即迄今仍无任何实验看到的宇宙线产生的源头和故乡。它还可能充分利用“地毯”所呈现的 EAS 粒子盘的详尽图像的个体特征差异,在 μ 子信息等的协助下,找到逐事例地区分 EAS 祖先粒子的元素成分的有效方法,成为打开“膝区物理”老大难之门的一把钥匙,解开宇宙线研究“成分/模型纠缠”的一柄快刀,发现稀有事例、未知现象的一种利器,并成为功能全面而强大、能覆盖广阔能区、能支持多个课题、能为多种学科长期服务的羊八井当家设备。

如果说,上述计划的实施尚待时日,那么一个专注于在 100 TeV 能区寻找(源的、称为“AS γ -III + MUON”的中日合作计划已酝酿成熟。为此,计划在 AS-GAMMA III 的边缘四周修建总面积约 8000 m^2 的地下水池,以探测 EAS 中的 μ 子作为选取 γ 引起的 EAS 的判别标准。它将有可能率先在超高能 γ 源,因而宇宙线源的寻找上作出贡献。

除了纯基础的研究而外,羊八井也开始关注宇宙线的环境属性。为了长期监测宇宙线的变化并捕捉突发的太阳粒子事件,除 1998 年引进的一套由

28支超级中子管组成的太阳中子监测器和一套由9 m²闪烁体组成的太阳中子望远镜外,又正在自制一套6 m²的中子 μ 子复合望远镜,并尝试利用ARGO“地毯”的单粒子计数资源。来自大气所、寒旱所以及德国的气象、雷电、云量监测仪器也已在站上投入观测,打算以寻找宇宙线强度与中低空云量变化

(因而地面温度变化)间的联系以及大EAS与雷云的生成、闪电的触发之间的联系为切入点开始太阳活动及地球环境变化的监测研究。只是所涉及的系统十分庞大复杂,需要多种学科的交叉和长期的合作。因此,正如路甬祥院长所曾指出的那样,建造羊八井多学科研究平台,成为了我们的又一任务。

THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA AND THE YBJ COSMIC RAY RESEARCH

Tan Youheng

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

Key Words YBJ (YangBaJing), cosmic ray, EAS(Extensive Air Shower), carpet array

·资料·信息·

昆明植物所杜鹃花新品种通过国家植物新品种审查

昆明植物所张长芹研究员带领的课题组,多年来一直从事高山野生花卉特别是杜鹃花的引种驯化和杜鹃花新品种的选育研究工作,在国家自然科学基金项目、国家科技部攻关项目、云南省自然科学基金项目以及中科院昆明分院科技项目的连续支持下,经过近二十年的努力,在前期成功驯化126种云南野生杜鹃花,出版专著2部,获得2项国家发明专利的基础上,在杂交育种的基础上又重点开展了芽变品种的选育研究,选育出的六个杜鹃花新品种“红晕”、“雪美人”、“金踟蹰”、“紫艳”、“娇艳”和“喜临门”(其中“娇艳”和“喜临门”两种杜鹃花新品种与云南绿大地生物科技有限公司合作申请)于2007年3月27日通过了由国家林业局新品种办公室组织的同行专家进行的实质性审查。这是昆明植物所第一次自主选育的新品种通过国家植物新品种权实质性审查。

与会专家们一致认为:项目组利用已栽培野生杜鹃花种质资源和栽培品种资源选育出6个具有较高观赏价值的杜鹃花新品种,这些新品种属于AZALEA类杜鹃花,常绿灌木至小灌木,株形优美,花繁叶茂,适应性强,生长快,花繁叶茂,适应性强,繁殖、栽培容易,是适合庭园、街道等多种环境露地、以及盆栽的优良园艺新品种。以上六个新品种具备新颖性、特异性、一致性和稳定性,并有相应的科学命名,命名符合国际园艺植物命名法规及园艺新品种的条

件。被鉴定的新品种已进行了扦插、播种等繁育技术的研究并获成功,具有创新性和实用性,是国内首例通过国家林业局审查的杜鹃花新品种。

据了解,植物新品种,是指经过人工培育的或者对发现的野生植物加以开发,具备新颖性、特异性、一致性和稳定性并有适当的命名的植物新品种。植物新品种权则是指由国家授予植物育种者利用其品种排他的独占权利。育种者培育出新品种后,如需获得新品种权,必须向国家林业局或农业部提出品种权申请,经过受理、形式审查、初步审查、实质审查阶段,批准授予品种权后,才可以得到国家的保护。完成育种的单位和个人对其授权的品种,享有排他的独占权,即植物新品种权。植物新品种权与专利权、著作权、商标权一样属于知识产权的范畴。任何单位或者个人,未经品种权人的许可,不得以商业目的的生产或者销售该授权品种的繁殖材料,不得为商业目的将该授权品种的繁殖材料重复使用于生产另一品种的繁殖材料。也就是说,只有品种权所有者有权出售品种的繁殖材料,或者以销售为目的而生产这种繁殖材料,其他任何组织和个人只在品种权人的授这样做。繁殖材料是指整株植物(包括苗木)、种子(包括根、茎、叶、花、果实等)以及构成植物体的任何部分(包括组织、细胞)。

(中国科学院昆明植物研究所 供稿)