

从高空气球到载人航天

顾逸东

(中国科学院空间应用工程与技术中心 100094)

1974年到1994年,我在高能所宇宙线研究室工作了20年,有幸参与了宇宙线早期发展的一些工作。高能所是我科技生涯的起点和重要阶段,也有一段难以忘怀的工作经历。

一、高空气球的酝酿和组织

我曾参加过云南高山站大云雾室组自动化和触发判选改造工程,我国首颗返回卫星舱内辐射通量监测等工作。文革结束后,春天般和煦的气息、国门初开看清差距的紧迫感同时弥漫在科技界。面对国际上加速器能量不断提升,长期作为粒子物理研究重要手段的宇宙线如何发展?经过酝酿和准备,1977年6月高能所召开了宇宙线规划会议,会上李惕碛作了“宇宙线天文学简介”的报告,讨论热烈。会议决定在继续推进宇宙线超高能研究同时,成立天体物理大组,部分转向高能天体物理研究。探测宇宙高能电磁辐射和原初宇宙线必须避开地球大气,当时开展卫星观测不具备现实条件,而气球可飞行在大气顶层(30~45千米,剩余大气只剩1%~0.1%),成为起步发展的关键运载手段。

会议提出“近8年尽快掌握高空气球技术,开展宇宙线天体物理观测,之后争取发射卫星”的发展思路,这就意味着下决心自起炉灶,从创造基本条件开始发展高能天体物理研究。会后决定由我担纲气球工作,我没有任何犹豫。

我和同事们开展了进一步调研和规划,主笔编写了“关于发展我国高空科学气球的建议”,与李惕碛等在1977年9-10月的全国自然科学学科规划会议上正式提出,并进一步了解到美、法、日等多国的空间机构科学气球技术已经比较成熟,建成了包括

大型气球、发放设施、测控数传、飞行控制、吊舱姿态控制和回收等的先进系统,成为重要的高空和空间研究设施。我国基本从零开始,需要重点突破气球材料、设计制造、发放等专门技术,并组织各方力量建成完整系统。为取得必要经验,我们当年就开始研制气球薄膜材料,在大气所香河观测站试验了70、100和300立方米气球,1978年试验了500和1000立方米气球,用气象雷达和探空仪测试了飞行性能(图1)。与此同时,我开始恶补必要的跨域知识,到处联系请教,跑了很多科研院所、高校、企业,以及电子、航空、化工、轻纺等工业部门调研,联系合作伙伴,酝酿工程组织和参加单位。



图1 1977年冬与发展气球的倡议者贾恩凯、陆柱国、李惕碛、顾逸东(从左到右)在大气所香河站

1978年夏在高能所召开了第一次高空气球工作会议,讨论气球工程的组织和发展,何泽慧先生等在会上大声疾呼抓紧推动科学气球发展,当年还召开了气球科学讨论会,周秀骥、李惕碛、吕达仁等在会上做了多学科气球观测研究的报告。当时高能加速器预制研究全面展开,中科院两星一站(天文卫星、遥感卫星和遥感卫星地面站)任务正在推进,高空气球这一小工程并不受重视,但在比较宽

松民主的氛围和老一辈科学家鼎力支持下仍提上日程,1978年9月科学院秘书长办公会议批准开展中科院高空科学气球第一期工程。领导小组组长为叶笃正副院长,副组长是地学部副主任赵北克、王遵亲,何泽慧、周秀骥等为领导小组成员;参加单位及分工是,高能所负责气球研制、发放设施、回收降落伞系统等,大气所负责测控信道、跟踪定位和发放场,空间中心负责测控和数据传输,上海天文台负责吊舱姿态控制技术,广州电子所负责回收信标和测向设备。成立了技术总体组,力一副所长任组长,我为常务副组长。1979年正式开始了中科院高空科学气球一期工程。我中断了所里选派人员参加的英语口语培训班学习,义务回顾全身投入,后因工作紧张,也未能参加亲爱祖母的葬礼,只能在心里送她老人家最后一程。

二、高空气球发展的历程

1978年起我们提前开展了气球主要系统的全面准备,1979年起,整个工程在边研制边试验过程中推进,类似于现在的快速迭代开发。

为保证气球进入平流层,耐受对流层顶-75~-85℃的低温,球膜需要用高分子量低密度聚乙烯(LDPE)树脂(其表征是熔融指数 $MI \leq 0.3$),国内仅前进化工厂生产,苑克伟连续驻厂精心挑选工艺稳定、熔指达标的原材料;薄膜加工要制备宽幅、极薄(18~20微米)、厚度均匀、各向机械物理性能差异小的球膜材料,我与厂家反复研究制定工艺,并下厂倒班跟产确保工艺实现。球形设计采用国际通行的“自然形”,逐步完善了载重因子、充气/排气管,球顶/球底固件(Top/bottom fitting)等系列气球设计准则,认真研究了气球应力分布和误差控制要求,探索更合理的球形和设计方法,这些工作使气球基本性能得以保证。我们自行设计研制了气球飞行控制的所有器材设备,包括气球排气阀、电磁压舱阀,定时-气压控制器、火工分离器等。

外场发放气球要应对地面风干扰,包括危害性的“风帆”效应、风力风向变化对气球和吊舱起飞安

全的影响,大流量灌注氢气等,有许多不确定性和危险性,需要技术保障和经验积累。一期工程采用球体夹持固定/释放的静态发放方法,设备由高能所工厂设计加工,1979年开始使用。初期在香河站院内、后在院外稍大的场地上开展气球发放,1982年起,在香河县城西4公里的大罗屯建设了约25亩地的发放场和30米长的气球静态发展转台,加上巧妙的“防风扎口”(手动解锁、气压开关解锁)等技术,形成了较为完善的特色静态发放系统,较好保证了总浮力600公斤以内系列气球的成功发放。

由荆其一领导并亲自动手,大气所从部队库存中调来702(1.83米抛物面天线,1804 MHz)和705(16振子天线,800 MHz)两种应答式气象探空雷达,自己动手改造成连续波测控接收发射和跟踪设备(跟踪角精度 0.1°),自己设计制作了球载发射机(发射功率0.3瓦),大气所还承担了发放场和指挥室建设、气象设备配置(包括701雷达测风)、吊舱回收实施、任务条件保障等工作;空间中心在张亚臣、周建秋、张豹武领导下设计研制了测控数传设备,包括采用IRIG标准的频分遥测设备(其中可调制480bps数字遥测,后又研制了专门的数字遥测设备)和指令编码设备(初期仅6路指令),加上测距音上下行闭环,用很少经费建成了气球一期工程的基本测控系统(图2、3)。而当时正在研发的我国S波段统一测控设备需要几百万元。上海天文台在邹惠成领导下,与西北工业大学合作研制了我国首套地磁敏感器-反作用飞轮-反捻电机解耦的气球单轴(方



图2 1980年与任务负责人荆其一(右1)、张亚臣(中)等访问法国CNES期间在一起



图3 一期工程建立的静态发放系统和气球发放场景

位)姿态控制系统,成为各天文观测项目姿态控制的基础;广州电子所在叶仕伟领导下,研制了球载信标机和配套的测向设备,为气球吊舱降落中指示方位和吊舱回收提供了保障。

在大家共同努力下,气球系统研制试验进入快车道。1979年在香河站院内试验成功500~3000立方米气球,载荷30公斤;1980年和1981年试飞成功1万和3万立方米气球,1984年实验成功5万立方米气球,载荷300公斤,飞行高度超过35公里。

在高空回收伞试验中,发现在高空低密度大气和零初速开始下降时伞衣张不开,空气进不去,延后数秒突然开伞造成大过载失败,即小速压稳定开伞问题,采取多种措施解决难题,逐步发展了7039、8020、8024等不同重量吊舱的专用高空回收伞系列,原航空部520厂张恒发挥了重要作用。

在发展过程中有多次失败,但大家从不气馁,不断总结经验,不断完善,到1984共发放气球50余次,同步开展了初级宇宙线重核成分测量、太阳红外亮度温度测量、宇宙线高能粒子核作用研究、大气电离探测、 γ 射线本底测量、 γ 射线感生的中子本底测量、蟹状星云脉冲星观测等科学观测,建成包括1~5万立方米气球系列以及发放、测控、姿控、气象、回收等完整的系统,载荷能力450 kg,飞行高度35 km。1984年对蟹状星云脉冲星 PSR-0531 的观测是我国首次得到脉冲星的硬 X 射线脉冲周期,获中科院自然科学二等奖,也标志我国气球具备了开展科学探索的能力(图4)。这样我们按计划完成了中科院高空科学气球第一期工程,1986年获国家科



图4 1984年6月天体组庆祝蟹状星云脉冲星观测成功聚餐,气球组全体合影纪念我们的共同奋斗。左起丁克尔、杨家伟、张希元、张国华、顾逸东、王根华、姜鲁华、李宇航(研究生)、任为人、马治国、苑克伟、张童

技进步二等奖。1984年访问日本时,东京大学宇宙线所西村纯所长称“中国气球的发展速度超过预期,将成为世界上重要的气球国家”。国际空间研究委员会(COSPAR)是国际空间科学界主要的学术机构,我参加了1984年和之后的例会,是中国最早出席会议的少量学者之一,被推举为Penal of Scientific Ballooning(气球技术及科学观测)成员,标志着我国在国际上有了一席之地。

一期工程结束后,科学气球一方面投入运行,服务于多学科研究,同时继续发展大型气球提升能力。1985年赵连义建议并协调,在高能所南小瓦窑租用建设了气球生产车间(长150米,宽8米),我们设计了台式气球生产线,研制了轨道移动铺料和热合设备、加强带连续生产设备,所有设备都是自行设计、组装或改装的,连上千平方米的地板漆都是全组动手涂刷的。张童在制球设备设计改造中发挥了重要作用;王根华负责气球生产和工艺,制造质量逐年提高;1986年我在西西里岛的特拉巴尼气球站参加了法国-西班牙联合跨地中海气球飞行实验,观摩了大型重载气球动态发放系统,回来后用3个多月设计了滚筒式动态发放设备。具备上述条件后我们在1986~1988年研制试飞成功10万、20万和30万立方米加强带气球,新研制了添加线性低密度聚乙烯(LLDPE)的材料提高球膜的低温韧性,

气球飞行成功率进一步提高,飞行高度达40公里,接近当时国际先进水平。1992年中我到日本ISAS做访问学者一年,之后参加载人航天工作,气球工作由姜鲁华负责,在他领导下研制成功40万立方米气球,载荷重量超过1.5吨,高度达40公里,并继续向气球技术新应用领域拓展(图5)。



图5 40万立方米气球载X望远镜HAPI-4的动态发放场景

气球科学实验领域在不断扩大,除高能所成功实施了天鹅座X1、X3和武仙座硬X观测外,中科院大气所、上海天文台、紫金山天文台、贵阳地化所、安徽光机所、空间中心等开展了平流层大气流场、大气微量成分、大气湍流微结构、远红外天文(塞弗特星系红外辐射)、平流层宇宙尘采集、中纬地区粒子沉降、大气成分质谱计、微重力粉尘燃爆、对地光学遥感、生物遗传等30多项科学实验和技术试验。我主持载人航天应用工作后,推动了载人航天任务的紫外光谱仪、太阳常数监测仪气球飞行验证,开展中德合作微重力实验,我方细胞电融合、V型火焰燃烧实验获成功,为空间任务取得成功打下坚实基础。

1987年2月的SN1987A是近代最明亮的超新星爆发,天文界高度关注,这一过程肯定伴随高能电磁辐射,经协调英国两个研究组和巴西空间研究所(INPE),通过提供全部所需6个10万立方米气球获得经费开展联合观测,于1987年12月到1988年

2月用HAPI-3球载X射线望远镜在INPE的圣保罗州坎波斯基地开展了飞行实验。

1989—1991年,高能所与苏联列别杰夫研究所开展中苏长时间气球飞行合作。1990年8月和1991年8月,气球分别从香河和锦州起飞,利用盛夏稳定的平流层东风环流沿北纬41度线飞到苏联境内的里海东岸,航程3000余千米,飞行时间3天,用苏方的Kaspas-Soset搜索救援卫星进行跟踪定位和昼夜高度自动控制,成功实现了北半球距离最长的气球飞行航线,开展了宇宙反质子探测、初级宇宙线和高能核-核作用等研究。我方还向苏方提供了2个60万立方米大型气球用于其火星计划需要的高空测试,苏方则提供了重型卡玛兹越野卡车和2组工作压力为300大气压的大型氢气储气排,配套了一台车载式高压氢气压缩机,支持中苏合作飞行和我国后续大型重载气球的发展。

1992年李惕碛、吴枚建立了直接解调成像方法,我当时在日本ISAS做访问学者,与时任ISAS所长西村纯教授进行了讨论,他认为通过气球飞行验证最有说服力,我将建议告知李惕碛(图6)。1993年9月,在香河用18万立方米气球载HAPI-4硬X望远镜对CygX-1进行了扫描观测,得到十分清晰的图像,角分辨率约 $10'$,远超准直器 3° 的内禀视场,实现了准直器型的非位置灵敏探测器对实际天体的成像,促进HXMT进入科技部重大研发计划和慧眼卫星立项。



图6 钱三强先生、何泽慧先生到宇宙线研究室高能天体组与李惕碛、吴枚交谈

2005年以后,气球组工作转到专业发展条件更适宜的中科院光电研究院(现中科院空天信息院),不断发展取得新的成绩。

三、艰苦工作的往事和怀念

气球任务起步时没有工程专款,需各单位自筹。力一副所长曾在会议上宣布“我们就以五万元起家”。1982年起院地学部极力争取了少量专款,1985年后的运行由地学部协调各学部每年出资共25万元,经费拮据可想而知。

最早期的气球是在主楼5层的楼道内放样剪裁的,我曾背着几十斤的膜片料到通县塑料厂去加工。氢气储运设备是我多方打听到北京玻璃总厂用氢氧焰烧制水晶棺可能有剩余设备,到厂里看到约100个氢气钢瓶、枕木和汇气排(紫铜管银焊,质量很好)等设备已拆解,厂方同意将其连同三台解放半挂拖车全数无偿调拨,高兴坏了。在主楼前重新组装时正值夏天,70多公斤的钢瓶逐个扛起嵌入枕木凹槽,调整瓶口连接汇气排,挥汗如雨的情景仍历历在目。氢气供应来自北京酿酒总厂发酵尾气,每立方米0.5元,大大降低了耗材费用。丁克尔带领所车队司机师傅来回灌装运输氢气经常是通宵达旦。

静态发放设备装载在一台废旧的苏式旧探照灯底盘上,这个旧底盘后来又用于装载滚筒式动态发放设备,用铅条和铅砖加重抵消发放时气球浮力;从所里调拨的一台叉车成为滚筒装置的牵引车,进出发放场牵引多部挂车和装载、起重都用这台叉车;动态发放的移动式吊舱固定起飞装置是借用车队的八吨汽车吊,加装头部锁紧/释放机构和吊臂上的安全防护装置,任务后拆卸后完璧归赵;加强带连续生产设备是采购塑料印刷电火花处理主机和无级调速系统,去除电火花发生器仅600元,自己设计研制连续热合和分切部件完成的,加强带并丝机则全部自研;测试薄膜低温双向机械物理性能的简易设备(吹胀、冲击)也是自行设计组装的,等等。这样,靠修旧利废、自己动手,主要设备在花费

很少情况下得到解决,也培养了气球组人员的动手能力。野外工作少不了车辆,而当年车辆奇缺,最早所里给了一辆旧的东风挎斗摩托,后来调拨来一台泉城牌人货两用面包,到1988年才购买了一台大发牌小面包,成为组里的至宝。

从1979年起的十多年,气球组全体人员和参加实验的同事,每年5月中到7月中,8月中到10月初在香河开展繁重紧张的野外工作,其他时间在所里搞研究、设备研制和各项准备。

在香河的日子里,吊舱实验系统组装调试、姿态控制标定、无线链路测试、电源充放电和容量测试、吊舱保温板被覆和着陆缓冲垫固定,降落伞和飞行吊索(Flight train)结缆和强度测试、氢气灌装运输等工作细致繁杂,为抓住有限的天气条件,没有节假日和准时的作息,甚至通宵达旦工作。吴枚曾在香河工作中突发胃穿孔,紧急送北京做了部分胃切除手术,我也一直忍受长期十二指肠溃疡和腰椎间盘突出疾患坚持现场工作,参试团队所有人都克服各种困难,无人退缩。

气球发放大多利用天气系统过后稍平静两三天清晨(有时傍晚)地面风较小的时间窗口,气球进场前,要深夜起来观察天气实况,落实预报,再一次检查设备,常常彻夜不眠。气球发放的2-3个小时是高强度体力和精力付出的过程,要铺设几十米上百米长的苫布,将上百到几百公斤的球体细心托举顺序延展,解开气球包装,固定气球头部,打开数十上百个氢气钢瓶阀门,连接充气管,氢气充注要随时防止管道扭曲破裂的危险,遇到阵风要靠人力拖拽气球防止大幅摆动造成破坏;发放前,静态发放要随风调整方向和吊舱位置,动态发放要随机规划动态吊舱发放车路径;一切就绪后,由我喊出发放口令,气球在巨大浮力作用下腾空,动态发放车随风移动解锁吊舱安全升起,目测气球升空速度正常,紧张心情稍微放松,才感到全身汗水和嗓子火烧般干渴,成为特殊的生理记忆,气球组同事们都感同身受。气球组还派人参加吊舱回收,经历长途奔波的辛劳。我曾因通宵未眠清早开摩托车回京,

在京津公路上进入半睡状态而不能自拔,幸亏那时车少未酿成事故。在装备匮乏和人力最小化情况下,气球组人人成为多面手,操作熟练,配合默契,杨家伟和任为人操纵吊舱动态发放车堪称绝配……气球组全体不怕吃苦疲劳,不惧困难危险,是一支特别能干事的队伍。

怀念那一段紧张艰苦又亲密无间的工作氛围,无论是气球组,还是天体组都团结一心,相互支持;参加气球工程的五个单位分工不分家,密切配合,还积极协助参加实验的团队,共同的奋斗也使事业伙伴成为终身的朋友。

怀念老一辈科学家给予气球工作的特殊关怀和鼎力支持。1978年钱三强、何泽慧夫妇就亲临香河站观看气球发放,给刚起步的工作热情支持,何先生更是多次赴香河观看气球发放试验,我也曾多次去她办公室和家中汇报,无论是成功和失败,她都让我们放手工作,从不责备,处处都能感到她的爱护和鼓励。1988年针对气球吊舱着陆后遭哄抢事件,她大声疾呼保护科研设备,尊重科学,支持科学。1994年为推进气球技术发展和解决相关问题,召开了高空气球工作与学术讨论会,何先生全程参加会议,并罕见地为论文集提词(图7)。

感谢历届所领导的支持和理解包容,感谢霍安

祥、丁林恺、徐春娴、吴枚(公认的气球组编外成员,特别怀念他热心为气球发展做了出色工作)、黄无量、徐春娴、戴江、沈培若、沈长铨、李延国、张承模等同事,以及陆续进入气球组的戴义方、王立祥、刘斌、王挺鹤、朱德庆、郑荣庭、孔敏南、杨虎之、李灿章、宣百辞等的支持和奉献;感谢院地学部主管张琦娟女士十余年里热心细致的组织协调和倾力支持。

回顾早期发展气球和高能天体物理研究、开展多学科实验研究活动,对于高能所宇宙线高能天体物理和我国其他空间研究及早起步、发展技术、取得成果和经验、形成特色、培养人才有重要作用。

我力所能及地参与了发展系列硬X射线望远镜系统和飞行实验工作,组织了多学科气球科学探测,努力了解各项实验的科学内涵和技术特点,组织并指挥发放操作实施了100多次气球飞行。这些经历使我逐步了解空间科学的不同学科,为组织领域更宽的空间科学任务和主持航天工程总体打下了基础。

四、参加载人航天等空间任务

在努力发展气球技术及科学观测的同时,大家也盼望进入太空开展天文和空间研究。很早时我

祝
我国的高空科学气球事业
不断发展。
何泽慧
1994. 4. 7日

图7 何泽慧先生为气球会议文集的题词

曾问过日本 Astro-C 卫星负责人 Dr.Makino 搞卫星难不难,他说你搞过气球探测设备,其实是一样的,只是环境条件严苛一些。陆柱国曾牵头推动与英国合作的 Chixsat 卫星提案,1993 年李惕碛/李启斌提出 HXMT 提案,开始了 20 年的立项长跑。我参加了 1992 年 1 月起的载人航天工程技术经济可行性论证,在科学与应用组讨论时建议增加高能天文项目,选择了伽马暴/太阳爆发探测项目。1992 年 9 月 21 日,中央政治局常委会正式批准载人航天工程立项,代号为 921 工程。

中科院作为载人航天工程主要参加部门之一,负责 921-2 系统即载人航天的空间科学与应用任务,1993 年专门成立了空间科学与应用总体部,院高技术局局长张厚英(高能所原副所长)任总体部主任和总指挥,经他推荐,我于 1993 年 7 月参加总体部工作,任副总指挥,1994 年 4 月起任总设计师 15 年,1999 年起兼任总指挥到 2006 年。

由于多年来中科院空间任务少,队伍分散、工程经验不足,机构不全,中科院负责的载人航天应用在起步时遇到很大困难。在张厚英总指挥领导下,调集各方人马,逐步将参加任务的院内外 40 余个单位,不同部门近千科研人员组成任务明确、责任落实的分系统、子系统,建成了完整的工程体系。我则边干边学,与各位副总师一起着重于加强总体力量,梳理与各大系统的接口,优化总体设计,深入各项任务,组织方案论证与方案优化,推进质量系统建设,有效管控技术状态。在总体部领导下,研制了统一的载荷信息管理和能源公用系统,完善地面有效载荷监控管理中心功能,形成了载人航天空间应用任务的天地支持架构,通过加强地面实验,完善系统测试,科学安排验证流程,建立自上而下的技术、质量体系,解决了大量技术问题,基本实现了进入发射场不出现质量和技术问题,解除了各级领导对中科院牵头航天任务的质量保障担忧。

在载人航天工程第一阶段神舟 2 号到神舟 6 号系列飞船上,921-2 系统负责的全部 28 项任务,包括大部分国内首次开展的重要对地观测、空间环

境、空间天文、生命科学、流体和材料科学等均圆满完成。由马玉菡和紫台张南负责的 γ 暴探测装置得到 30 例宇宙 γ 射线暴和 80 多例太阳爆发事例,实现了我国第一次空间高能天文观测。

作为载人航天空间科学和应用的总体机构,我们组织国内各领域上千位专家,集中科学界集体智慧,开展持续的任务论证规划,遴选和推荐优秀项目,承担起牵引载人航天空间科学发展的责任,努力做好科学和工程的桥梁。在后续的载人飞船、空间实验室、货运飞船上开展了上百项空间科学和应用项目,扩展和深化研究内涵,向科学前沿推进,取得了国际首次空间激光冷却冷原子钟实验、国际首台微波成像高度计,以及高等植物种子到种子生长、新材料制备、液桥热毛细对流转捩特征、蒸发冷凝新现象、胶体晶体生长、干细胞空间培育分化,以及伴飞卫星、量子密钥分发、激光通讯、空间惯性传感器等重要科技成果;在光谱成像、高分辨光学成像、先进微波干涉、偏振和多角度等对地观测技术方面发挥了引领作用,取得跨越发展(图 8)。张双南负责的与瑞士合作的 POLAR 项目获得了迄今样本最多的伽马暴偏振事例并发现随爆发时间偏振度的变化,并取得了脉冲星导航新进展。

我国空间站建造圆满完成并将运行十年以上,成为国家太空实验室,是我国发展空间科学的历史机遇,空间站规划了空间生命科学与人体研究、微重力物理学(含流体物理与热物理、燃烧科学、空间材料、基础物理)、空间天文和地球科学以及空间新技术试验四个大方向和 32 个研究主题,研制了 13 个先进的开展生命、材料、流体、燃烧和基础物理(超冷原子、高精度时间频率系统)的精密空间实验设施(科学实验柜),将开展上千项科学实验。正在研制的“空间站巡天空间望远镜(CSST)”是旗舰级光学天文项目,具有 2 米口径离轴高像质大视场光学系统,将以与哈勃望远镜接近的角分辨(0.15")开展多色测光 and 无缝光谱巡天,与空间站共轨飞行,可与空间站交会对接进行维修升级,有望在宇宙学、星系科学、恒星和银河系研究等方面取得重大成



图8 2004年求是科学基金会创始人查济民、顾问周光召与载人航天集体获奖者黄春平、戚发轫、施金苗、顾逸东合影

果。由高能所提出并负责研制的另一旗舰型项目“宇宙高能辐射探测设施(HERD)”将在运营期送上空间站,争取在研究暗物质性质、宇宙线成分和起源以及高能伽马天文取得突破。

在紧张从事载人航天相关工作的同时,我一直关注并尽力协助推动慧眼卫星的立项和研制。2012年慧眼卫星立项后,我担任了卫星工程副总师,虽然延迟多年,我仍相信经历了扎实的科学技术积累和精心研制,以其独特的成像能力和宽能区、高灵敏度、高能量分辨率、高时间分辨率特色,能够在国际高能天体物理研究的蓬勃发展中做出独特的贡献。慧眼作为我国首颗X射线天文卫星正进入高科学产出期,令人欣慰,也圆了我们年轻时代的一个梦想。

我还担任了中法航天合作项目“空间暂现源监视器(SVOM)”和中科院空间先导专项二期科学卫星“爱因斯坦探针(EP)”的工程总师,高能所都承担了部分探测器研制和科学分析。这两颗卫星将于2023年发射,加上目前在轨的HXMT、GECAM、新技术实验1号和地月空间DRO卫星上的伽马探测器和后续安排,将迎来我国X天文集中爆发期。这些卫星的联合观测并与地面射电、光学等天文台的配合,将取得更多前沿成果。同时,我还在积极呼吁加强我国科学气球工作,使其在夯实我国空间科学

研究基础和培养人才方面发挥更大的作用。

我高兴的看到,我曾经工作过的高能所宇宙线研究室已经成为包括空间X- γ 射线天文、高海拔宇宙线和高能伽马天文、粒子天体物理、原初引力波探测、中微子探测等的综合性粒子天体物理重点实验室,具备承担科学卫星、空间重大设施(HXMT、GECAM、POLAR,后续的eXTP、HERD等)和地面重大基础研制(LHAASO、阿里AliCPT)任务、探测器研制、科学数据分析、理论研究的综合实力。高能所的大科学装置、研究与应用的各项事业也获得飞速发展。祝贺高能所建所50年来取得的巨大成就,愿未来更上层楼!

参考文献

- [1] 李惕碛, 顾逸东, 我国的高空科学气球及高能天文观测, 自然杂志, 7(3), 1984.
- [2] Yidong Gu, Balloon system and balloon borne experiments in Chin, <Adv.Space Res>,5(1) 1985.
- [3] 戴长江、吴枚、马玉倩, 李光华, 范楨子、徐春嫻、顾逸东, 张希元、李惕碛, 空间硬X射线望远镜HAPI-1及其对蟹状星云脉冲星的观测,《天体物理学报》7(7)1987, P140-144.
- [4] Yidong GU etc:《New balloon film development》AIAA-91-3658-CP.
- [5] 卢方军, 从球载实验到慧眼卫星,《现代物理知识》2021年第2期.
- [6] 高铭, 赵光恒, 顾逸东, 我国空间站的空间科学与应用任务,《中国科学院院刊》, DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.06.001.