

# 从一份计划书看高能所的 传承与发展

张 闯

(中国科学院高能物理研究所 100049)

中国科学院高能物理研究所(简称“高能所”)成立50周年之际,所里决定编写一部所志。这些日子里,我奔波于档案馆室之间,徜徉在文件资料之中,感受到科学的发展和历史的厚重。在所档案室里,中国科学院近代物理研究所编制的一九五一年工作计划及预算(下称“计划书”)映入了我的眼帘。这是一份保存下来的珍贵文档,文件的纸张已经泛黄,告诉我们那久远年代的实情。计划书记述了近代物理所成立之初阶段的工作重心、职工队伍、研究内容和经费预算等。计划书由三个专家组共同起草编制,计划预算组:赵忠尧、金星南、王树芬、萧健、王淦昌;仪器购置规划组:杨澄中、邓稼先、戴传曾、祁贤杰、赵佩珩;仪器保管规划组:杨承宗、王素明、胡文琦、许霖、蒋铮。这份计划书把我们带到那共和国核科技艰辛起步的岁月,我不禁联想起高能所50年的发展,忆昔抚今,感慨万千。

## 一、沿革

高能所的前身是中国科学院近代物理研究所。1950年5月中国科学院近代物理研究所在北平研究院原子学所和中央研究院物理所的原子核物理学实验室的基础上成立,主要研究领域是理论物理、原子核物理、宇宙线和放射化学。在这份计划书上,提出了研究所成立之初阶段的工作重心:(一)逐步研究近代物理所必须的实验环境;(二)选拔适当的青年予以近代物理技术的及理论的训练。

70年过去,当年“新成立”的中国科学院近代物

理所,已经成为新中国核科学技术研究机构的“老母鸡”。从钱三强先生手绘的这份“老母鸡下蛋”图(图1)中可以看出,随着学科不断发展、壮大,近代物理研究所先后改称中国科学院物理研究所(1953年10月)和中国科学院原子能研究所(1958年7月)。近代物理研究所更名为物理研究所后,中国科学院决定,将陈芳允负责的“电子学研究所筹备处”和由数学研究所闵乃大负责的“电子计算机部分”合并

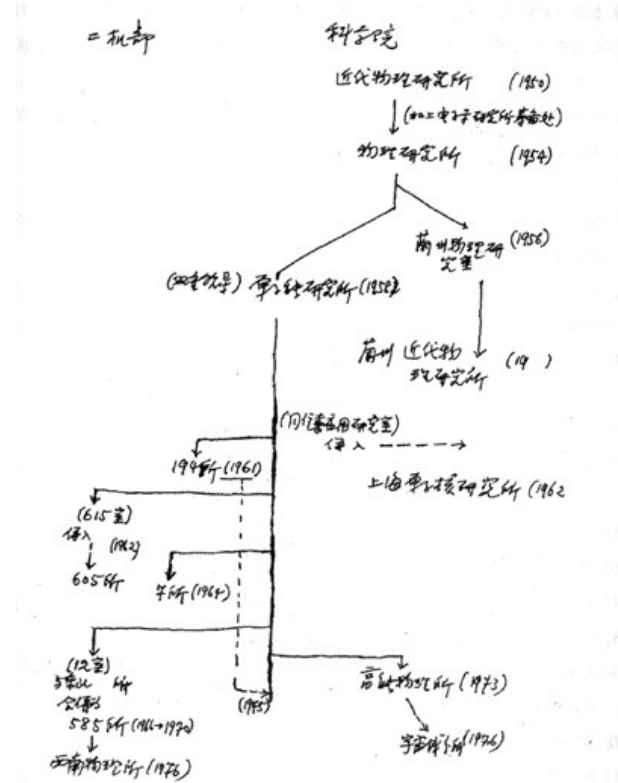


图1 钱三强先生手绘的“老母鸡下蛋”图

到物理研究所。1956年“十二年科学技术规划”制订后,陈芳允和黄武汉等调出物理所,建立了电子研究所;夏培肃等领命筹建计算机所。1957年春季,在物理所内成立了“兰州物理研究室”,下半年迁往兰州,1962年1月正式成立中国科学院近代物理研究所。1962年,张家骅带领同位素应用研究室和电子静电加速器组与上海理化研究所合并,成立中国科学院原子核研究所。遵照周总理的指示,研究所协助北京大学创办技术物理系,并支持清华大学建立工程物理系。这两校的两系为国家培养了大批核科技人才。在原子能研究所这条线上,先后“裂变”产生了反应堆工程研究所(194所)、理化工程研究院(华北605所)、华北辐射防护研究所(7所)和西南物理研究院(585所)等核科技研究机构。

随着物质微观结构的研究从原子核进入“基本”粒子层次,1967年11月原子能研究所建立了高能物理研究所筹备组。为了加强高能物理研究和高能加速器的预制研究,在周恩来总理的亲切关怀下,高能所于1973年2月1日在原子能所“一部”的基础上正式成立。高能所的成立,是中国高能物理发展具有重大意义的里程碑。经过50年的发展,高能所已成为我国高能物理领域的旗舰,正向着“国际一流的高能物理研究中心和大型综合性多学科研究基地”的目标驶进。

## 二、传承

近代物理所刚组建时,全所只有来自中央研究院的吴有训、赵忠尧、李寿枏、程兆坚、周中治、黎维舜等和来自北平研究院的钱三强、何泽慧、杨光中、黄静仪等,加起来不过10余人。近代物理所成立后,成为分散在国内外的中国核科学技术工作者聚集的中心。在周总理的亲切关怀下,钱三强先生四处奔波,延揽人才,从清华大学调来彭桓武、金建中等,从浙江大学调来王淦昌、祁贤杰等。此后,又陆续吸收了国外归来的理论物理学家朱洪元、邓稼先、胡宁、金星南,核物理学家杨澄中、梅镇岳,理论化学家郭挺章,放射化学家杨承宗,实验物理学家

萧健、戴传曾等。与此同时,近代物理所又从国内有关单位和大学选调了黄祖洽、叶龙飞、王树芬、陆祖荫、李德平、于敏、叶铭汉等一批年轻的物理工作者和优秀毕业生(图2)。这份预算书中提出,计划在1951年将本所工作人员增加到65人,全年工资预算总额为47万斤小米。



图2 近代物理所成立初期的人员合影

前排左起:胡文琦、肖振熹、邓稼先、彭桓武、赵忠尧、钱三强、何泽慧、肖健、王素铭;中排右四:叶铭汉,后排右2:于敏

共和国成立之初,百废俱兴,物价尚不稳定。用“小米”这样的实物预算工资,体现了国家对科技人员的关怀。1951年全所预算总工资47万斤小米平均到65人,人均每年7230斤,按当时的小米价格换算(计划书以每斤0.1055元折算)人均月工资约60元。这在当时还是不低的待遇,也说明国家对科学的尊重。但这样的待遇比起他们中的许多“海归”科学家在国外的条件,又着实相差甚远。他们中很多人在欧美的学术界已有很高的地位,正是新中国的召唤,让他们义无反顾地归来。正是这样一批科学家,在十分艰苦的生活和工作条件下,数十年如一日努力奋斗,带领团队创建了共和国的核科技事业。从他们中间,走出了6位两弹一星元勋:钱三强、王淦昌、彭桓武、邓稼先、于敏和陈芳允;走出了谢家麟、于敏两位国家最高科学技术奖获得者;也涌现出一大批泰斗级的院士和专家。

高能所继承了老一辈近物所的科学家精神,在高能物理领域辛勤耕耘、努力奋斗。在北京正负电子对撞机的建设中,全体工程科技人员、工人和干部,以满腔热情和忘我奉献的精神,顽强拼搏。当

时职工的收入还很低,许多人多年来一直拿着每月56元的工资。在BEPC工程后期,李鹏总理为了鼓励建设人员,特批了每人每月15元的专项奖金。这从现在看起来是很少的一点钱,但大家都十分珍视,更没有人计较和抱怨。每个人都很清楚,当时国家还很穷,要搞这样先进的加速器,必须发扬艰苦奋斗的精神。正是有了这种精神,很多人放弃了出国工作的机会,更多人舍去了节假日,自觉加班加点,不少人克服了家庭和生活上的困难,长期驻厂工作。正是有了这种精神,科研工程团队坚持高标准、严要求,从材料选用、部件加工到设备运输、安装测试、调束运行,各个环节都做到一丝不苟,确保了对撞机工程按指标、按经费、按进度圆满完成。

对撞机建成后,迅速达到设计指标,实现高效运行。世纪之交,研究所又遇到了新的考验:在改革开放和市场经济的新体制下,怎样吸引更多有志献身于祖国科学技术事业的科技人才,真正形成一支科技国家队?当时,社会上流传着“搞原子弹的不如做茶叶蛋”的说法,业内许多公司的收入都远高于研究所,高能所不仅难以吸引优秀人才,所内队伍的稳定也成了问题。就在这个时候,国家科教领导小组两次讨论中国高能物理的发展战略,中央领导做了重要批示,指出“要加强高能物理研究,不要再错过历史时机”,“对撞机也要在原有的基础上,尽可能提高性能,继续取得新的成果”。遵照中央的指示,高能所进一步明确了学科方向,提出了对BEPC进行重大改造的方案,坚持“以事业凝聚人,以发展吸引人”,并在知识创新工程中,逐步提高经费、实行三元工资,从而稳定了科研队伍,在新的历史条件下继续发展高能事业。

从近代物理所到高能物理所,从首都北京到雪域高原,从天上的卫星到地下的实验室,从粤港澳大湾区到国内外合作单位,高能人筚路蓝缕、砥砺前行。如今的高能所拥有职工1400余人,其中专业技术人员1200余人,包括中国科学院院士5人、中

国工程院院士2人,国家杰出青年科学基金获得者等领军人才及高层次研究骨干逾百人。随着国家经济社会的发展,人员收入也在逐年提高,人均年收入可以10万元为计,按小米计算的待遇也远高于当年的近代物理所,但与发达国家的相比仍有不小差距。高能所秉承近代物理所“以身许国”的精神,不忘初心、牢记使命,发扬“团结、唯实、创新、奉献”的所风,努力攀登科学和人生的高峰。这里,也将走出一批国际级和国家级的科技大师和专家学者。

### 三、重器

计划书在1951年研究工作计划中列出的第一项是Van der Graff高电压加速器,“此机器部分装备已由赵忠尧先生买到南京,因等候赵先生返国尚未开箱,不知所缺部分是否能在国内制造”,因而申请了100万斤小米的“研究设备费”。除了静电加速器,还有盖革-米勒计数器、放射化学实验设备、分谱仪、图书和工厂设备等。

研制粒子加速器、建设中国的高能物理实验基地,是科学家长期的梦想。1946年夏,赵忠尧以观察员身份,赴美国太平洋基尼岛参观原子弹试验,并为国内正在筹设的近代物理研究所购置5万美元的核物理实验设备。当时订购一台能量为2MeV的静电加速器需要40万美元以上。粒子加速器是核物理研究的重要工具,赵忠尧决定自行设计制造一台规模较小但结构先进的高气压型静电加速器,这样只需要在美国购买和加工国内无法制造的部件,运回国内加工和安装调试。在以后两年多的时间里,赵忠尧辗转于美国各大实验室,先后在加州理工学院、麻省理工学院和卡内基地磁研究所访问、工作,进行静电加速器设计,采购电子学器件和核物理实验器材,制作加速器部件。1949年10月新中国成立,赵忠尧开始做回国的准备,并把大小30多箱的加速器部件和核物理器材装船运回祖国。1950年8月,赵忠尧启程回国。轮船抵达日本横滨

时,他和另外两位科学家被美国便衣特务扣留,关进了日本巢鸭监狱。在中国政府、人民和国际科学界的声援下,1950年11月,赵忠尧等三位科学家获得释放,回到了祖国的怀抱,在近代物理研究所着手静电加速器的研制。

经过三年的努力,700keV 静电加速器于1953年底初步建成产生质子束,1955年完成了能量校正等工作,正式建成。这台加速器是在赵忠尧的主持下,利用从美国收集和采购的设备,研究人员共同设计、研制完成的。在建成700keV 静电加速器之后,1958年建成了2.5MeV 静电加速器。这台加速器是在赵忠尧在美国做的设计基础上,做了后期的相关改进设计,重新设计、研制了加速管的电极、高压电源和静电分析器等部件,解决了加速管封接、输电带转轴动平衡等关键技术问题。两台静电加



图3 1955年建成的700keV静电加速器(左)和1958年建成的2.5MeV静电加速器(右)

速器(图3)的建成,也为国家核物理和高能物理实验基地的建设培养了人才、积累了技术。中国科学家“在这两台加速器上开始了中国的核反应实验,将中国核物理研究的能力提升到世界水平(李政道语)”。

同赵忠尧先生一样,谢家麟在美国斯坦福大学获博士学位后不久,1951年9月就毅然启程回国,在轮船中途停靠檀香山时,却被美国方面无理扣留,并以“交战国掌握与军事有关的科技人员不得离开美国”为由遣返美国。1955年初,他收到美国移民局来信,要他在做永久居民和限期离境之间做出抉择,谢家麟毫不犹豫地选择了后者,于当年7月终于回到祖国,进入物理研究所从事微波技术和电子直线加速器的研究。

当时国内的技术条件还很差,所需尖端器材受国际封锁,谢家麟带领团队以“想吃馒头,先种麦子”的自力更生精神,建立了微波实验室和脉冲调制器实验室,研制了驻波测量线、微波信号发生器、核磁共振磁场测量仪、波导管等多种微波元件和火花球高压触发器、脉冲变压器磁芯绕制机等设备,并建立了加速器装配车间和精密金工车间,设计制造了加速管热膨胀蒸汽包和阑片冷缩装置等,还与北京电子管厂建立了大功率速调管研制工艺的合作关系,为加速器部件进行玻璃阴极套筒的封

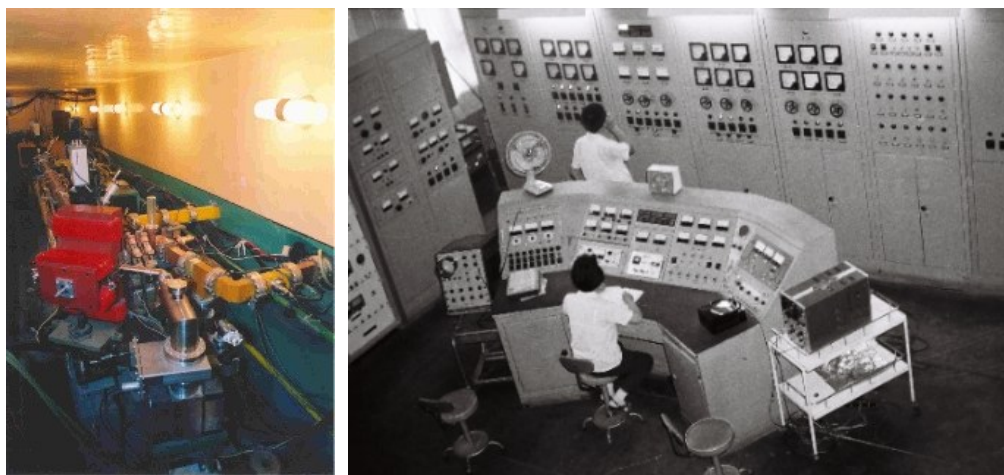


图4 1964年建成的30MeV电子直线加速器

接等。谢家麟带领团队从研制基本关键部件做起,先后在1962年研制成功第一根加速管,1964年研制成功第一台大功率速调管。经过八年的奋斗,中国第一台电子直线加速器于1964年建成(图4),电子束的能量达到30 MeV。在这台加速器上进行的第一项实验工作,就是模拟核爆产生的辐射,进行探测器的校正和电子学硬化的研究。30 MeV电子直线加速器的建设,为后来北京正负电子对撞机和北京自由电子激光装置的建设奠定了人才和技术基础,发展了大功率速调管、加速管和微波管等一系列先进技术,带动了中国加速器事业的发展。

高能所成立后,开始了建设高能物理实验基地的新征程。1973年9月,中国科学院向国务院上报《关于高能物理研究和高能加速器预制研究工作会议的报告》。1975年3月,国家计委向国务院提交了“关于高能加速器预制研究和建造问题的报告”。报告中提出:计划在十年内,经过预制研究,建造一台能量为40 GeV的质子同步加速器,代号为“七五三工程”。邓小平同志和周恩来总理先后批示,批准了这份报告。1976年10月,文革结束后,高能所又重新论证高能加速器的方案,并开展了设计研究。1977年10月,国家计委、国家科委在

给国务院的《关于加快建设高能物理实验中心的请示报告》中提出,高能物理实验中心的建设分为三步:第一步是直接建造一台能量为30 GeV的强流质子同步加速器;第二步是1987年底,建成一台能量为400 GeV左右的质子同步加速器;完成相应的实验探测器的建造,建成国家高能物理实验中心。第三步是到20世纪末,建成世界一流的高能加速器,并在实验物理和理论物理研究方面出世界一流的人才和成果。这个工程的代号为“八七工程”。11月15日,党中央批准国家计委、国家科委报送的这份报告。

在“八七工程”工程指挥部的带领下,工程团队完成了高能加速器理论设计、750 keV 质子预注入器、200 MeV 质子直线加速器、50 GeV 质子同步环形加速器等项目的设计;在关键技术预制研究方面开展了注入器、高频腔、电磁铁和注入引出等设备的样机研制,建成了一台750 keV的预注入器和10 MeV(后来束流能量又扩展到35 MeV)质子直线加速器(见图5),以及偏转磁铁、增强器磁铁、大电流磁铁电源和切割磁铁电源等设备样机。但由于当时国家的经济状况,国民经济计划调整,基本建设项目压缩,高能加速器在排查中被认为属于国家非急需的项目,1980年底,“八七工程”下马。

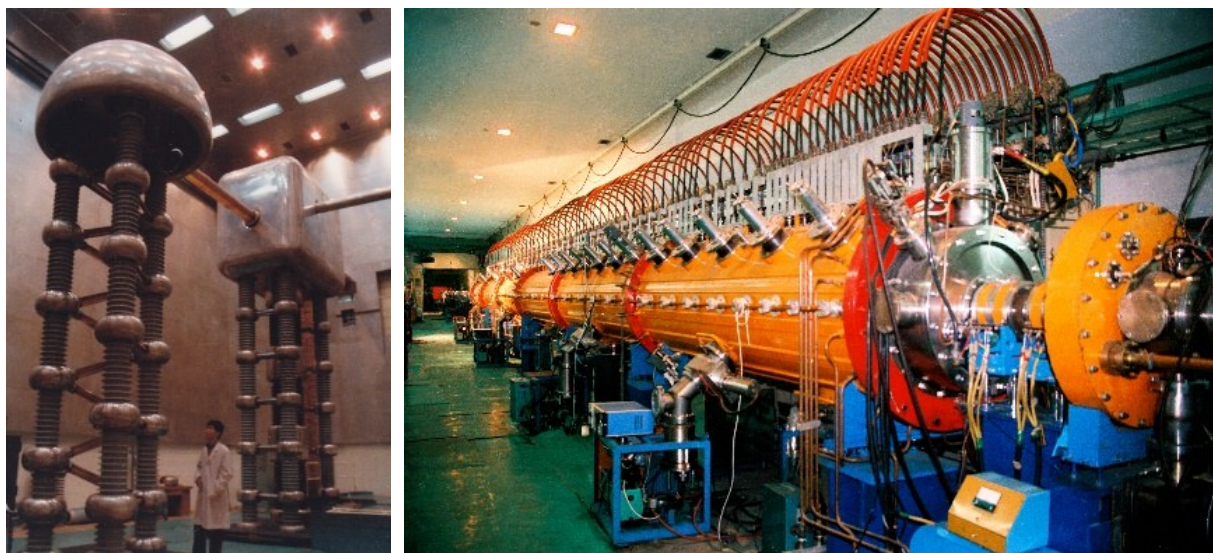


图5 “八七工程”建成的750 keV倍压加速器(左)和10 MeV质子直线加速器(右)

“七五三”工程和“八七工程”虽然先后下马,但人们从工程的立项和预研中得到了宝贵的经验和教训。“七五三”工程建造的“三厅一厂”在以后高能物理实验基地的建设中发挥了重要的作用。“八七工程”预研项目和设计研究,不仅为以后建设35 MeV质子直线加速器打下了基础,也为北京正负电子对撞机的建设,在科学技术和人才队伍以及工程管理等方面准备了条件。

“八七工程”下马后,邓小平同志指示时任中科院院长方毅同志主持,邀请国内外专家充分论证我国高能物理和高能加速器的发展方向。1981年3月,斯坦福直线加速器中心主任潘诺夫斯基在中美非正式会谈中提出建造 $2 \times 2.2$  GeV正负电子对撞机的方案,得到了双方大多数专家的赞同。中国科学院在组织专家反复深入论证的基础上,向国家计委

提交了建造北京正负电子对撞机的计划。1983年4月,国务院批准国家计委《关于审批 $2 \times 22$ 亿电子伏特正负电子对撞机建设计划的请示报告》,北京正负电子对撞机(BEPC)工程正式立项。12月,中共中央书记处会议确定BEPC为国家重点建设工程项目,代号为8312工程,要求在5年左右建成,并成立了工程领导小组,负责组织领导工程实施。

1984年10月7日,北京正负电子对撞机工程破土动工。邓小平等党和国家领导人和科学家共同为工程奠基,并会见了撞机科研工程人员的代表。经过四年的努力,1988年10月BEPC按计划建成(图6),10月16日实现正负电子对撞,《人民日报》在题为“北京正负电子对撞机对撞成功”的报道中指出:“这是我国继原子弹、氢弹爆炸成功、人造卫星上天之后,在高科技领域又一重大突破性成

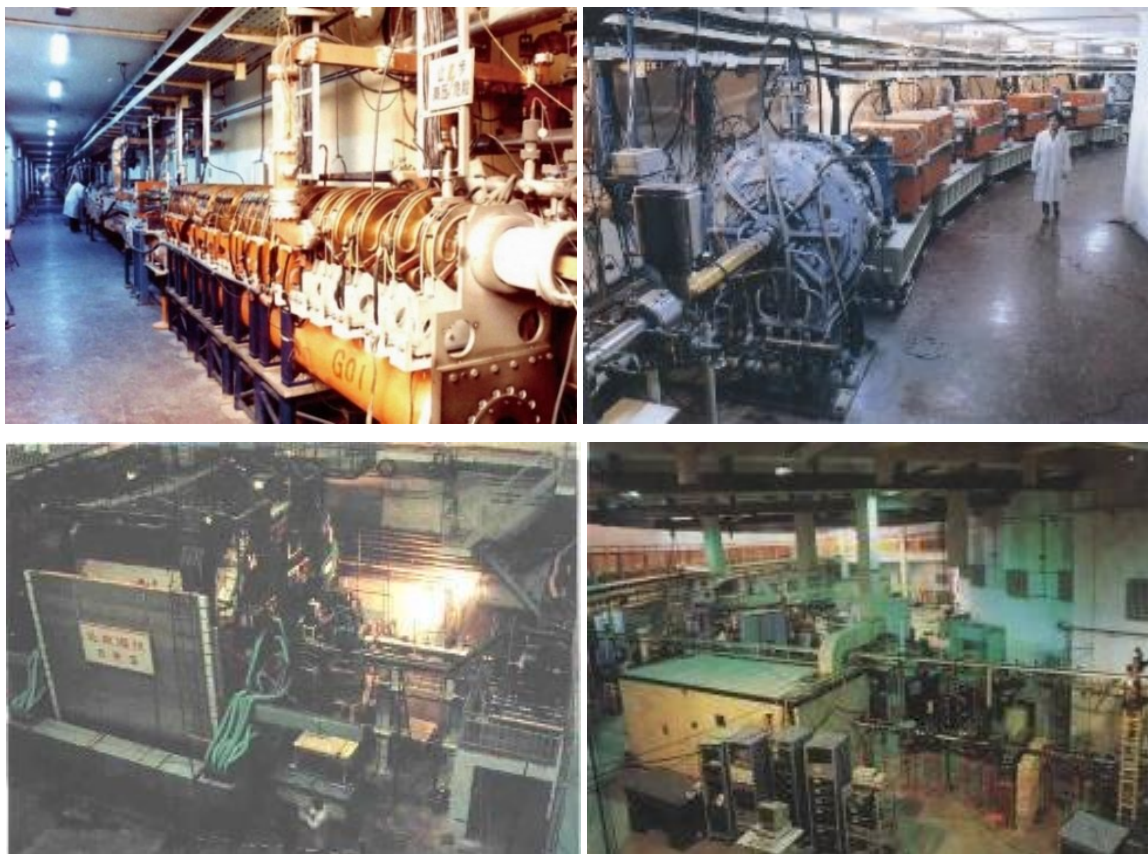


图6 北京正负电子对撞机  
注入器(上左),储存环(上右),北京谱仪(下左)和北京同步辐射装置(下右)

就”。10月24日,邓小平等党和国家领导人视察北京正负电子对撞机工程,会见了参加工程建设的代表,发表了《中国必须在高科技领域占据一席之地》的重要讲话。

BEPC建成后迅速达到设计指标,成为在 $\tau$ -粲能区国际领先的高能加速器和高性能同步辐射装置,成为我国高能物理发展史上的重大里程碑。北京谱仪合作组成为以我为主的大型国际合作,获得了 $\tau$ 轻子质量精确测量、R值精确测量和新共振结构的发现等一批国际领先的重大成果。北京同步辐射装置作为我国众多学科的大型公共实验平台,每年向来自全国数百个研究所和高等院校用户开放,取得了包括重要蛋白质结构测定在内的许多重要结果。为了充分发挥BEPC的作用,使之在性能上继续保持世界领先地位,高能所提出了BEPC/BES/BSRF改进计划,在1993年5月得到中国科学院的批准。项目建设的内容包括注入器、储存环、北京谱仪和同步辐射装置四个方面的改进。项目团队在实现高效运行的同时,深入研究、改进设备,经过努力于1999年2月完成了各项任务,通过了科学院组织的专家测试和项目验收。

在BEPC成功的基础上,高能所提出了北京正负电子对撞机重大改造工程BEPCII的计划。2001年初,陈和生、李卫国和我访问美国康奈尔大学,我们报告了BEPC升级的方案,又详细了解对方的工作计划。美国康奈尔大学有一台正负电子对撞机

CESR,计划把束流能量从5.6 GeV降低到 $\tau$ -粲能区工作(称为CESRc),设计亮度与当时我们的升级指标相同。面对美国康奈尔大学CESRc的挑战,高能所迎难而上,决定把单环麻花轨道方案改为双环对撞方案,设计亮度比BEPC高100倍,是CESRc的3-7倍,从而大大提高了竞争力。经过全体工程人员的共同努力,工程按指标、按计划、按预算、高质量地完成了各项建设任务,并于2009年7月通过了国家竣工验收。验收意见指出:“工程的建成,将我国对撞机和谱仪技术推进到国际前沿,得到了国际高能物理界的高度评价,是中国高能物理发展的又一个重大的里程碑。”

BEPCII(图7)建成后立即投入运行,实现了稳定、高效和高水平的运行,继续保持并发展了我国在 $\tau$ -粲物理领域的国际领先地位。以我为主的BE-SIII大型国际合作组,在粲能区的共振峰上采集的世界上最大的数据样本,在粒子物理的高精度前沿取得了包括发现四夸克态物质等一批重要成果。BSRF成为我国北方重要的同步辐射实验基地,为国内外数百个用户单位在专用和兼用模式下提供同步辐射光,取得许多重要研究成果。

在BEPC和BEPCII的基础上,高能所向新的目标不断前进,成功建设了中国散裂中子源,积极开展加速器驱动核废料嬗变系统研究,建设世界上设计亮度最高的高能光源,对BEPCII进行进一步升级改造(BEPCII-U),并提出了大型环形正负电子对



图7 北京正负电子对撞机重大的改造工程,储存环(左)和北京谱仪(右)

撞机 CEPC 和未来超级质子对撞机 SPPC 的计划(图 8)。

半个世纪以来,高能所从近代物理所-物理所-原子能所的静电加速器和电子直线加速器的基础上再出发,走过了艰辛而光荣历程,建设了一系列先进的高能加速器装置,一步一个脚印地走到了国际高能物理舞台的中央,不仅在 $\tau$ -粲能区的高亮度前沿占据世界领先地位,而且要引领国际高能量前沿的发展。

### 四、思源

计划书提出的 1951 年近代物理所的科研经费为 300 万斤小米,加上办公费 3 万斤小米和 47 万斤小米人员费用,总经费为 350 万斤小米,折合人民币约 35 万元,人均经费 0.54 万元。70 年后的 2021 年,高能所的年度总经费达到 30 亿元,人均约 210 万元,按小米计算也提高了许多倍。下面,让我们来算两笔账。

第一笔是关于总经费的账。近代物理所 1951 年的经费 350 万斤小米,按小米亩产 350 斤、每个农户 10 亩地估算,大约需要 1000 户农民供养。高能所 2021 年度的总经费约为 30 亿元,按当年我国人均 GDP 的 8.1 万元计算,需要 3.7 万人支撑。因此,无论是在 70 年前的近代物理所,还是在今天的高能物理所,归根结底都是老百姓供养和支撑的。饮水思源,我们必须为国家做贡献、为社会谋发展,全心全意地为人民服务。

第二笔是关于装置建设费的账。1951 年近代物理所用于静电加速器的经费预算 100 万斤小米,折合人民币 10 万元,约占当年全国 GDP 569 亿元的 0.00018%。这在当时国家经济还很困难的条件下,是很不容易的。BEPC 建设期的 1984—1988 年,正是我国改革开放的初期,国家投入 2.4 亿元建设对撞机,这个经费约占 BEPC 建设期间 4 年 GDP 4.68 万亿元的 0.0051%。CEPC 的建设经费按 350 亿元分 10 年计算,年均费用 35 亿元约占 2021 年全国 GDP 114 万亿元的 0.0031%。

由此可见,经费是开展科学研究永久性的问题,特别是核物理和粒子物理研究,需要巨大的实验装置,由于能量的提高和性能的提升,装置的规模越来越大,经费的需求量也不断攀升。随着国家实力的增强和科学的发展,科研经费仍然是很大问题,但又不成为最终的决定性问题,更加重要的是装置的科学意义和投入与产出之比。因此,科学家要把科学目标说明白,工程师须将技术可行性讲清楚,使我们的大科学装置建立在坚实的科学与技术基础之上,真正做到对人民负责。

“路漫漫其修远兮”,纪念高能物理所成立 50 周年,回望近代物理所创建之初年,我们颇多感慨、颇多喜悦,又更其自信、更其振奋。高能所在今后的年代里,仍将继续探索、不断开拓创新,必能再铸辉煌、取得更大成绩,为人类认识物质世界的规律、为我国科学技术的发展和中华民族的伟大复兴做出更大的贡献。

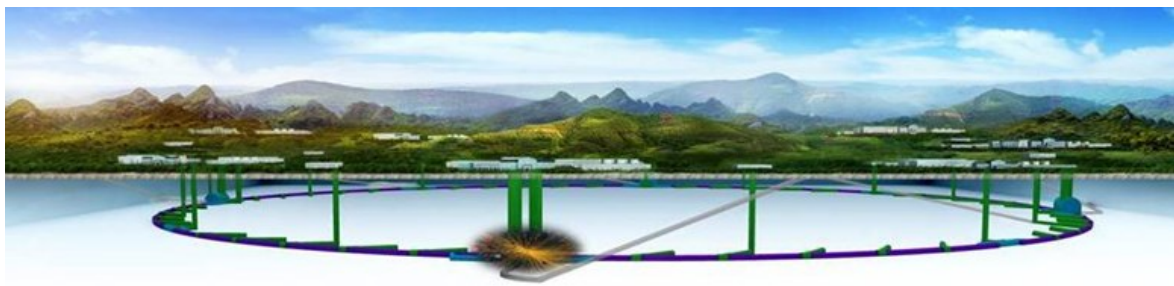


图 8 环形正负电子对撞机 CEPC 和未来超级质子对撞机 SPPC 布局示意图