

北京正负电子对撞机

方守贤

(中国科学院高能物理研究所 100049)

粒子加速器利用电磁场将带电粒子加速到高能，是探索物质微观结构的利器。新中国成立伊始，就十分重视科学技术的发展，支持中国的科学家们积极投入物质结构的研究。当时，我国的经济力量还十分薄弱，但党和国家仍然把高能物理研究提到了议事日程上。1956年制订的我国科学发展的十二年远景规划中就提出“制造适当的高能加速器”的构想。光荣之路必艰辛，我国高能加速器的建设经历了七上七下的坎坷曲折，经过几代人艰辛的努力，终于取得了北京正负电子对撞机的成功。

一、七上七下，曲折艰辛

早在1957年，国家就选派了一批年轻的科学家，在王淦昌教授的领导下，赴前苏联学习高能加速器的设计及建造。一年后，在前苏联专家的指导下，完成了2 GeV电子同步加速器的设计。但在1958年的大跃进的形势下，这一设计被认为是保守落后的，于是把方案改成15 GeV的质子同步加速器。当时前苏联正在建造的加速器最高能量为7 GeV，这一建议就受到了苏联专家的“冷遇”，说：如果中方要建造，唯一的可能不是重新设计，而是在他们原有7 GeV的磁铁截面加以修补，将能量勉强升高到12 GeV。这样修修补补的方案十分不理想，更谈不上先进，遭到了我们设计人员的抵制，后来为钱三强教授所否决。

1959年末，前苏联杜布纳联合核子研究所的科学家发明了螺旋线回旋加速器。当时在联合所工作的中国科学家王淦昌、朱洪元、周光召、何祚庥等，建议我国建造一台比较适合我国国情的强流中能回旋加速器。这个建议很快得到采纳，并在原子

能研究所力一副所长的领导下，带领一批同志去联合所实习，进行设计，加速器的能量确定为450 MeV。我们在1960年5月完成了这台加速器的初步设计，回国后在原子能研究所二部成立了研究小组，继续完善设计，并开展有关研制工作。但由于当时国内的经济困难，这一方案很快就名存实亡，到1963年项目就被取消，仅保留一些有关等时性回旋加速器的理论研究，大部分同志转向低能回旋加速器及直线加速器的工作。

1965年，由于当时中苏关系的恶化，我国正式退出杜布纳联合所，决定在国内建造自己的高能加速器。按照二机部钱三强副部长的指示，在力一同志的主持下，又提出了建造一台能量为3.2 GeV的质子同步加速器，后来又把能量提高到6 GeV。我们在理论设计的同时，还进行了选址，根据当时靠山隐蔽的方针，基地初步选在延安。尽管这一方案很快为文革的风浪所摧折，但周恩来总理仍对高能物理的发展给予了极大的关怀。1968年，二机部决定把高能加速器的队伍集中到原子能研究所一部，成立高能筹建处。响应中央“面向实际面向应用”的号召，在1969年提出了一个直接为国防建设服务的“强流、质子、超导、直线”方针，计划建造一台强流直线加速器，能量约为1 GeV，用于探索研究生产核燃料。与此同时，原子能所二部的同志也提出了另外两种方案，即烟圈加速器和分离轨道回旋加速器，为此曾有过一场论战，双方争论不下。

1972年9月，张文裕、朱洪元、何祚庥等18位科学家联名上书中央，希望重视高能物理的研究。周总理给张文裕先生、朱光亚先生写了亲笔回信，指出：“这件事再也不能延迟了，科学院必须把基础科

学和理论研究抓起来,同时要把理论与科学实验结合起来,高能物理研究和高能加速器的预制研究,应成为科学院要抓的主要项目之一”。遵照周总理指示,高能物理研究由二机部划归中国科学院主管。同年年底,中国科学院召开了香山会议,就高能加速器的规划作了初步探讨,并于1973年初正式宣布,以原子能研究所一部为基础成立高能物理研究所,张文裕先生为第一任所长。同年5月,以张文裕为团长的高能物理代表团,对美国及西欧有关的高能物理实验室进行了考察,在此基础上提出了建造的40 GeV质子同步加速器的方案,投资为4亿人民币,计划于1985年建成。国家计委于1975年3月向国务院提出了“关于高能加速器预制研究和建造问题的报告”(“七五三”工程),得到了邓小平同志的同意。周总理在病中批准了这个报告。但由于四人帮的破坏,这一计划又搁浅了。

文革结束后,广大科技人员欢欣鼓舞,感到真正施展才能的时期来到了。但是一种急于求成、脱离实际的情绪又抬了头。1977年11月的“关于加快建设高能物理实验中心的请示报告”中,提出了一个更为激进的计划(“八七工程”):在1987年底,建设一个规模可与西欧核子中心相比拟的高能物理实验基地,包括在1982年底建成30 GeV(后来又提高到50 GeV)的强流质子环形加速器,投资3亿元;1987年建成400 GeV质子同步加速器,投资7亿元。这一“大跃进式”的计划显然与当时中国的国情不符。1980年底,在基本建设紧缩、国民经济调整的方针下,这一方案再次被迫下马。

失败和挫折使人们清醒过来,认识到发展高能加速器必须合乎国情。1981年,为了对“八七工程”下马后的工作进行重新调整,朱洪元、谢家麟先生等先后两次赴美,在李政道教授及潘诺夫斯基等美国专家的帮助下,经过国内专家的深入研究和反复论证,中国科学院提出了一个既适合我国国情、又能使我国高能物理研究进入世界前沿的正负电子对撞机方案,建造 2×2.2 GeV的正负电子对撞机。小平同志在听取这个方案的汇报后给与了肯定,在

批示中明确指出:“我赞成加以批准,不再犹豫”。1983年4月,国务院批准了这个计划,同年12月党中央、国务院将其列入国家重点工程项目,定名为“8312工程”,成立了以谷羽为组长的工程领导小组,要求在五年左右完成。

回顾从1957年到1983年的这段历史,高能加速器经过了七上七下,真可谓坎坷曲折。但是在老一辈科学家的带领下,几代人百折不挠、坚忍不拔,最后总算找到了一条成功的道路,使这个第八次上马的北京正负电子对撞机(BEPC)一往直前,将几代人建造我国高能加速器的梦想变成了现实。

二、协力创新,一步登顶

对撞机是80年代加速器发展的主流,它比传统的打静止靶的加速器性能要好得多,但技术难度也大。

按照国际上高能加速器的发展过程,都是先建造打静止靶加速器,后建设对撞机。当时,就有人提出,中国连打静止靶加速器都没有做过,一步就要造对撞机,相当于“一步登顶”,风险太大。在我们的队伍中也有这样的担心,觉得BEPC作为对撞机,其中包含许多顶尖技术,难度比一般加速器大得多,中国能造出来吗?我们认真分析了我国科技和工业的状况,认为研制对撞机的设备,虽然存在很大的挑战,但完全可以充分发挥我们社会主义制度的优越性,坚持改革开放下的自力更生,在集中统一的领导下,调动全国各方面的力量,协力创新,逐项攻关,有能力主要依靠自己的力量完成对撞机的建设,实现在高能加速器领域的“一步登顶”。

在1986年初,也就是加速器破土动工的一年半后,磁铁、高频机、速调管、调制器等八大难度较高的专用设备试制成功后,上面的问题就得到了初步的回答。可是能否按期完成,四年还是六年,甚至八年?到1987年初,批量生产的部件按质按期陆续交货,加速器隧道初具规模,250 MeV直线加速器(图1)调束成功,没有人再担心是否能按期完成了。BEPC在1988年10月按时建成,实现了正负电子对

撞,接下来的问题是, BEPC 的主要性能——亮度到底能达到多高? 这一问题到 1988 年底,就是对撞后的两个月,也得到了回答。BEPC 的亮度是世界上同能量加速器中最高的,为美国的正负电子对撞机 SPEAR 的 4 倍以上。BEPC 运行效率也达到 70% 以上,又回答了能否长期稳定运行的问题(图 2)。不仅如此,它还是一台“一机两用”的装置,利用电子绕圈发出的强大的同步辐射光源,可以开展物质、材料、生物等方面的应用研究,为我国同步辐射光的应用起了先导作用。

对撞机涉及一系列高技术,包括高精度磁铁技术、电源技术、高频微波技术,真空技术、束流测量技术、自动控制技术、辐射防护技术、精密机械和准直安装技术等等, BEPC 的建造使我国的加速器和探测器技术跨越了 20 世纪的 50~70 年代,一步进入了 80 年代的国际先进水平,也推动了我国有关工业



图1 BEPC 的注入器—正负电子直线加速器



图2 BEPC 的储存环

的提高。例如, BEPC 建造中发展了大功率速调管,应用于雷达和通讯,采用 S 波段大功率速调管研制过程中形成的工艺,我国宽带连续波 30 kW 彩电速调管,使其质量和寿命有很大的提高。对撞机工程研发的高技术设备,不仅满足了 BEPC 的需求,也开拓了相关高技术产品的国际市场,如:等梯度加速管、能量倍增器、高精度磁铁、微波系统波导元件等高科技产品也生产并输出美国、日本、意大利、韩国、巴西等国家,为中国赢得了荣誉。

三、总结经验,继续前进

纪念北京正负电子对撞机建成 30 周年,回顾历史、总结经验,对于展望未来、开拓进取是十分有益的。

1. 党中央和国务院的亲切关怀和大力支持是 BEPC 成功的最大保证

BEPC 作为国家重大科技工程,自始至终得到党中央的亲切关怀和大力支持,不仅批准了工程建设,还专门为 BEPC 成立了由国家计委(先为宋平,后为张寿)、国家经委(林宗棠)、中科院(先为谷羽,后为周光召)和北京市(张百发)各部门组成的工程领导小组,直接对中央负责。国务院通过重大技术装备领导小组办公室,全面协调和落实工程中的重大非标设备的研制和建造。邓小平同志亲自决策,对工程作出了多次重要批示,并先后两次亲临对撞机工地,为 BEPC 奠基和剪彩,给予全体工程建设者以极大的鼓舞。

2. 一支优秀的科研工程队伍是 BEPC 成功的基础

建造我国自己的加速器基地、发展高能物理事业,是几代人梦寐以求的愿望。20 世纪 60 年代中苏在高能物理研究方面的合作终断后,中国科学家都憋着一口气,决心在中国大地上建造自己的加速器。这一口气就转化为一股巨大的力量,有幸参加 BEPC 工程的科技人员、工人和干部,都以满腔热情和忘我献身的精神,顽强拼搏,投入 BEPC 工程的建设。

当时的工资还很低,在工程后期,李鹏总理为了鼓励建设人员,特批的奖金也仅有每月15元,但没有人抱怨和计较。大家都很清楚,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。因为他们懂得,不能为眼前的利益而失去为祖国的事业做贡献的机会。正是有了这种精神,很多同志放弃了节假日,自觉加班工作,许多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,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各个环节都做到一丝不苟,确保了工程质量。

3. 发挥社会主义制度的优越性,实施全国大协作是工程成功的关键

BEPC设备要求的精度高、难度大,当时我国的工业水平与技术能力,虽然具备完成建设的基本条件,但与国际先进水平相比还有明显差距。但我们有社会主义的大协作,可以集中优势、组织攻关。在BEPC建设过程中,很多单位和企业都争相承担任务,先后投入工程建设的单位有近百个。他们不管困难多大,都以主人翁的态度,配备技术骨干,发扬艰苦奋斗、自力更生和团结协作的精神,攻克了一个又一个技术难关,圆满完成了他们所承担的各项任务。

4. 良好的国际合作环境加速了BEPC工程的建设

BEPC的建设充分利用了改革开放所带来的良好国际合作环境。在BEPC建设过程中,中美高能物理联合委员会发挥了重要的作用,李政道和潘诺夫斯基是其中的核心人物。在中美高能合作的框架下,我们根据工程的需要,有针对性地派出技术骨干到国外的实验室短期培训和实习,同时也请少数国外专家对关键技术进行指导。BEPC第一块样机磁铁,就是在美方专家指导下完成的。我们研制的第一根速调管的寿命只有250小时,后来在美国

SLAC实验室的专家帮助下,改进了工艺,达到国际水平的2万小时以上。欧洲核子研究中心、德国DESY实验室和日本高能加速器研究机构等实验室的专家也给我们许多帮助。

5. 创新是BEPC争得并保持一席之地的根本

BEPC的成功,使我们深切体会到,创新是十分重要的。BEPC的设计吸收消化了国际上对撞机的经验,也在某些方面具有自己的特色和创新点,譬如BEPC的磁聚焦结构具有自己的特色,满足了高亮度和灵活性的要求;BEPC在补偿螺线管磁场采取了巧妙而独特的办法,解决了耦合校正的问题;BEPC上的许多设备,都结合中国的具体条件,采用了创新的工艺。正如邓小平同志在视察BEPC工程时所指出的:“现在我们有些方面落后,但不是一切都落后。这个工程本身也证明了这一点。”正因为如此,BEPC建成后才能迅速投入高效运行,亮度超过其他机器,成为在 τ 粲物理领域国际领先的对撞机,取得 τ 轻子质量精确测量、正负电子对撞强子反应截面的精确测量和新粒子X(1835)等一系列重要成果和一大批同步辐射研究成果。而后来的北京正负电子对撞机重大改造(BEPCII)的成功,使我国继续保持在 τ 粲物理领域的国际领先地位,为取得更多更大的科学成果创造了条件。更重要的是,BEPC为我国后来的大科学装置如三代同步辐射光源、散裂中子源等的发展,打下了深厚的人才及技术基础。

BEPC建成已有30年了,这是不平凡的30年。回忆过去,值得我们怀念和自豪。但是,我们决不能陶醉于过去的成绩,要保持和发展所取得的一席之地,也是十分不易的,还要坚持不懈地努力。我深信,只要我们发挥中华民族的聪明才智,在BEPC的基础上不断创新,我们一定能把我们高能物理研究、同步辐射应用和加速器技术推向一个新的高峰。我衷心希望年轻一代的科学家继续发扬BEPC的实事求是、无私奉献、顽强拼搏的精神,在未来的岁月中取得更加辉煌的成就。