

当前位置: 首页>期刊文章

【小中大】 【打印】 【关闭窗口】 【PDF版查看】

转载需注明出处

《科学文化评论》第3卷 第2期 (2006):

科技与社会

“七下八上”的中国高能加速器建设

丁兆君 胡化凯*

摘要 高能加速器属于当代高科技研究的特大型基础设备,其建设工作属于大科学工程。中国的高能加速器建造走过了一个曲折的发展过程。本文考察了新中国关于高能加速器的研制历史,分析了我国的科技水平、政治和经济因素以及国际环境对这项工作的影响,并对其取得的成果进行了简单评价。

关键词 高能物理 高能加速器 北京正负电子对撞机

高能加速器是进行粒子物理(高能物理)研究的必要手段,也是进行其他一些基础科学和应用研究的重要工具。“高能”是一个历史性的概念。在1900年前后,1MeV(10^6 电子伏)已可称为高能 [Pais 1999];到1950年前后,加速器的能量达到1GeV(10^9 电子伏);而到了20世纪末,加速器能量则已达到1TeV(10^{12} 电子伏),昔日的“高能”也逐渐演变为“中能”,以至“低能”。当今的“高能”定位于1GeV之上。

高能加速器建设属于技术要求高和经费投入高的大科学工程,国家要有较强的经济实力和较高的科技水平。新中国的高能加速器建设经历了近30年“七上七下”的曲折发展过程,最终于上个世纪80年代末建成北京正负电子对撞机和合肥同步辐射装置。几十年来,为了建造中国自己的高能加速器,几代科学家不懈努力,国家领导人大力支持,旅居海外的华人科学家和国际友人积极帮助,结果使中国的高能物理研究在国际同行中占有了一席之地。中国所走过的这一发展历程,有不少东西是值得总结和回味的。

一 20世纪70年代前的高能加速器建造计划

上个世纪50年代初,美国已经拥有相当先进的加速器。如布鲁克海文(BNL)的Cosmotron加速器能量达到3GeV,伯克利(LBL)的Bevatron加速器能量已达到6GeV。新中国这时尚处于零起点上。1955年,赵忠尧利用从美国带回的部件主持建成了一台700keV(10^3 电子伏)的质子静电加速器,由此中国在此领域实现了零的突破。同年,谢家麟自美国回国,开始了电子直线加速器的研制。赵忠尧主持建造的加速器以及后来陆续建造的一些加速器,均属于低能小型加速器,仅适于做低能的核物理实验,对于高能粒子物理实验却只有“望能兴叹”。但通过建造一系列的低能或中能加速器,逐渐发展了我国的真空技术、高电压技术、离子源技术及核物理实验方法。并且在建立实验室和研制加速器的过程中,培养出了如叶铭汉、徐建铭、金建中、潘惠宝、朱孚泉等一批专门人才,为我国高能加速器的建造奠定了基础。

1956年,由周恩来总理主持制定了我国第一个科学技术发展规划——《1956—1967年全国科学技术发展远景规划》(简称十二年规划)。此前,中国科学院物理研究所成立了由王淦昌任组长的“和平利用原子能规划组”,所编制的规划草案经修订构成了十二年规划的一部分 [吴玉崑 1987, 页103]。规划明确提出:“必须组织力量,发展原子核物理及基本粒子物理(包括宇宙线)的研究,立即进行普通加速器和探测仪器的工业生产,并在短期内着手制造适当的高能加速器。”[①]同年,由原苏联、中国等12个社会主义国家共同建立了杜布纳联合原子核研究所。为了落实高能物理研究计划,1957年在王淦昌的领导下,选派了一个七人小组赴苏联学习高能加速器的设计与建造。经过一年多的努力,在苏联专家的指导下,他们完成了2GeV电子同步加速器的设计,准备回国实施。



科学文化评论

1958年中国进入“大跃进”年代，各项建设指标纷纷提高。一些人觉得2GeV电子同步加速器能量太低，且认为用电子作物理实验范围太窄，因而原定的这个作为中国发展高能物理第一步的加速器方案因“保守落后”而下马。

新的方案建议建造15GeV强聚集质子同步加速器。中国的赴苏实习组在苏联当时建造的7GeV质子同步加速器的基础上，经过修改，最后完成了12GeV的质子同步加速器的设计。由于未能吸收欧美一些新的设计思想，该方案规模大而性能差，后来经中科院原子能研究所钱三强等专家研究，决定暂停。于是，这个经过“大跃进”的高能加速器建设方案再次下马。

1959年底，杜布纳联合所的科学家发明了螺旋线回旋加速器。在该所工作的王淦昌、朱洪元、周光召、何祚麻等建议我国建造一台比较适合我国国情的中能强流回旋加速器。经报告聂荣臻副总理，该建议被采纳。后由原子能所副所长力一带领一批人到杜布纳联合所实习和进行初步方案设计，并将加速器能量定为420MeV。在完成了物理设计之后，他们回国继续完善设计方案，并开展预制研究。这个建设计划被称为“205工程”。后来经过论证，认为建造该加速器对物理工作意义不大。加之国内工业技术条件不具备，科学水平和技术力量不够，1961年，在“调整、巩固、充实、提高”的八字方针下，该设计方案被取消^[②]。经过在杜布纳联合所的学习和实践工作，新中国培养出了方守贤等一批加速器理论与实验人才。1965年，我国退出联合所，决定建设自己的高能物理实验基地。按照钱三强的建议，在力一的主持下，计划建造一台3.2GeV的质子同步加速器，后又将能量提高到6GeV。在进行同步加速器的方案设计同时，还进行了选址勘察工作。1966年文化大革命开始，这个项目再次下马。

1969年，为了响应中央“面向实际，面向应用”的号召，一部分人提出了一个直接为国防建设服务的“强流、质子、超导、直线”八字方案，计划建造一台以生产核燃料为目的的1GeV质子直线加速器，被称为“698方案”。还有人提出要建造烟圈式加速器和分离轨道回旋加速器。但后来由于原子能所关于设计方案的讨论不能达成共识，“698方案”最后不了了之^[方守贤 1996, pp.1—6]。

从新中国成立到20世纪60年代，我国先后建成了高压加速器、静电加速器、感应加速器、电子直线加速器、回旋加速器，通过这些低能加速器的建造实践，为我国高能加速器的建造培养和储备了人才，同时在技术方面也奠定了必要的基础^[张文裕 1984, pp.1—6]。但是，由于各种因素的影响，一系列关于高能加速器的设计方案被一个个搁浅。

二 从高能所成立到“七五三工程”

早在1965年，原子能所就曾向二机部提出“关于建立中国科学院高能物理研究所的建议”。1972年8月，张文裕、朱洪元、谢家麟等共18人联名，先后致信国务院总理周恩来、二机部副部长刘西尧和中科院院长郭沫若。信中提到“高能物理工作十几年以来五起五落，方针一直未定”的状况，再次强调发展高能物理的重要性，并指出发展高能物理不能仅依靠宇宙线，而必须建造高能加速器。此外，信中还提出，考虑到当前中国高能物理技术力量薄弱且经济力量有限，因而不主张马上建造高能加速器，但必须抓紧时间进行有关高能加速器的预先研究^[③]。同年9月11日，周恩来总理在给张文裕和朱光亚的回信中指示：“这件事不能再延迟了。科学院必须把基础科学和理论研究抓起来，同时又要把握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，应该成为科学院要抓的主要项目之一。”^[④]几天之后，在朱光亚的召集下，二机部、国防科委、科学院、北京大学等有关方面的负责人就如何贯彻周恩来总理的回信精神进行了讨论。之后，中科院与二机部及有关单位经过研究，提出了建设高能物理实验基地的初步方案，包括成立高能物理研究所，建设高能加速器和附属设备。这个方案报告得到了周恩来总理的同意批示^[⑤]。1973年初，成立了中科院高能所，张文裕任所长。

1973年3月13日至4月7日，中科院在北京香山召开了高能物理研究和高能加速器预制研究工作会议。全国36个单位的119位代表参加了会议。朱洪元、霍安祥、王祝翔、郑林生、叶铭汉等18位代表在会上做了报告。会议分析了当前高能加速器正向高能与强流两个方向发展的趋势，决定预制项目中作为高能加速器模型的中能加速器由一个直线的（利于强流）和一个圆形的（利于超高能）常规加速器组成，初步设想高能加速器的预制研究阶段为1973年—1980年。会议建议充实有关大学理论物理、核物理与加速器方面的专业，建议一机部、二机部、冶金部、四机部等单位分工负责，配合完成与高能加速器相关的各方面研制任务。为了学习国外的经验，1973年5—7月间，以张文裕为首的中国高能物理考察组赴美国对其9个相关研究单位进行了考察，回国途中顺访了欧洲核子研究中心（CERN）和瑞士原子核研究所（DESY）。考察组回国后对香山会议制定的方案作了进一步补充和修改，并设想了几种具体方案，其中包括向美国购买一台刚关闭不久的6GeV电子同步加速器（CEA）以及新建一台40GeV的质子同步加速器^[⑥]。可能由于对这次考察的讨论一时未能形成定论的缘故，9月份科学院向国务院提交的关于香山会议的结果与建议的报告中并未论及这几种方案^[⑦]。科学院的报告明确提出要预制一台质子环形（同步）加速器（包括直线注入器），能量为1GeV或更高，流强争取超过国际现有的同类加速器，约需耗资3亿元人民币^[⑧]。同年12月4日，国务院副总理李先念对此做出同意批示，建议工程选址不一定放在北京，并原则同意进口一台高速大容量计算机^[⑨]。

1974年，全国展开了“批林批孔”运动，“四人帮”借此攻击周恩来总理。在周总理关心下所开展的高能加速器预制研究计划也就此搁浅。

1975年初，中科院和国家计委再次向国务院上报了关于高能加速器预制研究和建造的计划，计划在10年内经预制研究建造一座能量为40GeV，流强为0.75μA的质子环形加速器，约需经费4亿元，并要求为高能所增补专业人员600人^[⑩]。该报告经华国锋批示，由时任国务院副总理兼国家计委主任的余秋里转呈周恩来与邓小平圈阅批示同意（1975年3月）^[⑪]。经中科院建议，国家计委同意把高能加速器研制工程列为国家重点科研项目，代号定为“七五三工程”^[⑫]。1975年11月，“批邓反击右倾翻案风”运动开始，在“四人帮”的操作下，邓小平被撤销了党内外一切职务。“批邓”运动对高能加速器建设产生了消极的影响。尽管1976年，由杜东生等人所组成的以学习加速器建设为目的的中国高能物理考察组再次赴欧洲核子研究中心进行访问考察；同年，美国斯坦福直线加速器中心（SLAC）主任潘诺夫斯基（W. K. H. Panofsky）应邀来中科院高能所进行学术交流，并为我国发展高能加速器提出建议方案^[⑬]。但在文化大革命的政治背景下，“七五三工程”并未能顺利实施。由于“四人帮”及其代理人的干扰和破坏，致使“七五三工程”一拖再拖。甚至在“文革”结束后的1977年，北京市有关部门在加速器建设工程即将开工之际还表示抵制。张文裕、赵忠尧等36人为此特地写信向时任中共中央第一副主席兼国务院总理的华国锋汇报，针对一些反对意见提出反驳^[⑭]。

经过“文革”十年浩劫，中国的高能物理研究水平与欧、美等先进国家拉开了更大距离。文革十年间，美国已相继建成了33GeV的电子直线加速器（SLAC, 1966）、12GeV的电子同步加速器（Cornell, 1967）、8GeV的SPEAR正负电子存储环对撞机（SLAC, 1972）、400GeV的质子同步回旋加速器（FNAL, 1972）；欧洲CERN先后建成了62GeV的质子-质子存储环对撞机ISR（1971）、400GeV的SPS质子加速器（1976）；德国DESY建成了10GeV正负电子存储环对撞机DORIS（1973），并正在兴建46GeV的PETRA正负电子存储环对撞机（1978年完工）；苏联建成了76GeV质子同步回旋加速器（Serpukhov, 1967）；日本建成了12GeV的质子加速器（KEK, 1976）。而中国的高能加速器建设却依然处于纸上谈兵的阶段。

1977年8月至10月，刚刚恢复工作的邓小平先后接见了美籍华裔诺贝尔物理学奖获得者丁肇中、欧洲核子研究中心主任阿达姆斯（J. B. Adams）和美国费米国家实验室（FNAL）的加速器专家、美国最大高能加速器的设计者美籍华人邓昌黎。邓小平十分重视我国的高能物理发展事业，对高能加速器的建设做了一系列重要的指示。在一次同中科院副院长方毅、吴有训等人的谈话中，邓小平强调：“这件事（指七五三工程）现在不要再拖了。我们下命令，立即开工，限期完成。”^[15]在接见丁肇中时，他提出派出10人去西德电子同步加速器研究所（DESY）参加丁肇中的高能物理实验组工作，丁肇中当即表示接受^[16]。之后不久，由唐孝威带队的10人小组赴DESY丁肇中实验组进行了一年多的工作，这是新中国成立以来首次参加西方国家大规模国际合作实验研究。在会见阿达姆斯与邓昌黎时，邓小平与他们分别商定派人赴西欧与美国工作和学习，同时他强调虽然建造高能加速器耗资巨大，但从长远看很有意义，“不搞不行”^[17]。

邓小平几番接见欧美高能物理专家，体现了国家对于高能物理研究与高能加速器建设的高度重视。之后不久，国家科委、国家计委联合向华国锋、邓小平等中央领导请示报告，要求加快建设中国的高能物理实验中心，并将建设步骤划分为三个阶段：首先建造一台30GeV的慢脉冲强流质子环形加速器，能量达到60年代世界水平，流强达到70年代世界水平；到1987年底，建成一台400GeV左右的质子环形加速器，并完成相应的实验探测器的建造，建成我国高能物理实验中心，规模相当于当时的欧洲核子研究中心（400GeV的SPS质子加速器）或美国费米实验室（400GeV的质子同步回旋加速器）；到20世纪末建成世界第一流的高能加速器，在实验物理和理论研究方面的人才与成果达到世界第一流水平。按照该报告计划，在十年内，实验中心的建设投资约需10亿元人民币，此外尚需外汇3千万美元左右^[18]。该报告经邓小平批示“拟同意”，然后又经华国锋、李先念等领导人圈阅批示同意^[19]。这标志着中国的高能物理进入了一个新的发展阶段。高能物理实验中心建设自此排上了日程，工程指挥部旋即成立，由国家科委副主任赵东宛任总指挥，国家建委副主任张百发、北京市建委副主任林春荣、中科院副秘书长钱三强、一机部副部长孙有余、四机部副部长王士光、高能所党组副组长季诚龙等6人任副总指挥。工程代号定为“八七工程”，谢家麟被任命为加速器总设计师，徐建铭为副总设计师，方守贤等9人为主任设计师^[20]。

“八七工程”确定加速器的能量是30GeV，与欧洲CERN的PS加速器（能量为28GeV）、美国BNL的AGS加速器（能量为33GeV）相近。在工程开工之际，丁肇中、阿达姆斯等人来电来信，建议应当提高新建加速器的能量，否则建设意义不大。邓昌黎也曾提出过类似建议。李政道、袁家骝与吴健雄也曾联名致信张文裕，认为建造高能质子的步子要跨大一些。听取这些国际专家的意见后，经各方反复研究，1978年3月，高能所再次向上级汇报，要求将待建的30GeV质子同步加速器的能量指标提高到50GeV。另外，报告中还提到，在较快发展超导技术的前提下，原定方案第二步建造的400GeV加速器能量可能跃升为1.2TeV，可以赶超美国费米实验室（FNAL）在建的1TeV超导加速器Tevatron^[21]。这个提高能量的要求再次为邓小平等领导人所批准。50GeV质子同步加速器（简称BPS）的建造一时成为万众关注的焦点。在《1978—1985年全国科学技术发展规划纲要（草案）》中，高能物理被列为国家“八个影响全局的综合性科学技术领域、重大新兴技术领域和带头学科”之一。该《规划》中明确提出要在“五年内建成能量为三百亿—五百亿电子伏的质子加速器，十年内建成四千亿电子伏左右的质子加速器”，并且将此列为重点科学技术研究项目中的自然科学理论方面的第一项^[22]。

由于我国在高能加速器建设方面缺乏实践经验，在初步完成“八七工程”理论设计之后，工程指挥部派出了两个考察组出国考察，深化设计。何龙和方守贤到欧洲CERN，而谢家麟、钟辉等六人赴美国FNAL，由邓昌黎负责安排。鉴于BPS与美国BNL的AGS加速器能区相近，谢家麟等人在FNAL完成深化设计后，在李政道与袁家骝的建议下，又到BNL进行了短期工作学习，并与该所相关专家商讨适合BPS的探测器与计算机制造等问题^{[谢家麟 1993][23]}。为了加强与国际同行的学习交流，截止到1978年9月底，我国先后派出考察和学习人员5批32人，请进相关专家10多批^[24]；1979年派往欧（CERN、DESY）、美（ANL、BNL、FNAL、LBL、SLAC）、日（KEK）各大高能物理实验室考察与学习的人员更是多达百余人。尤其重要的是，1979年1月，邓小平率中国政府代表团访美期间，与美国签订了“在高能物理领域进行合作的执行协议”，并成立了中美高能物理联合委员会。同年6月，中美高能物理联合委员会第一次会议在北京召开。中国方面参加会议的有林宗棠、张文裕、朱洪元、胡宁、谢家麟与肖健等人；美国方面有李政道、袁家骝、潘诺夫斯基及几个高能物理国家实验室的其他代表。双方签订了上述执行协议的附件与一年内高能物理技术合作项目，邓小平在人民大会堂接见了委员会成员。中美高能物理联合委员会的成立无论是在培养我国高能物理和高能加速器建设人才方面，还是引进先进技术与仪器设备方面，都发挥了重要的作用。

“文革”刚刚结束后，中国面临的建设任务十分繁重，经济压力很大。1979年进入国民经济三年调整时期，中央提出了“调整、改革、整顿、提高”的新八字方针，高能物理实验中心的建设进度也相应做了调整。根据国家科委与中科院1979年5月的一份报告显示，原计划的第一期工程竣工日期由1982年延至1985年，人员编制由4500人调整至3000人，解决入京户口由500户减少至300户，建筑面积由52万m²缩减至39万m²。即使经过如此调整，一期工程的建设投资仍需7.5亿元^[25]。1979年底，上报国家的一期工程任务书，将建设规模和投资额度再度进行了压缩^[26]。在第五届人大、政协会议召开期间，一些人大代表、政协委员对高能加速器建设提出了反对意见。针对这种情况，时任“八七工程”指挥部总工程师的林宗棠在这次会议上详细汇报了工程耗资、用电、选址、党中央的一贯重视与国内外知名科学家的赞同与支持等情况，强调：“只要认真学习国外的先进技术，经过艰苦努力，是完全可以在自力更生的基础上，建造高能加速器的。”^[27]

在国民经济调整，基本建设紧缩的大趋势下，“八七工程”面临下马的可能。高能物理实验中心的设计任务书先后三次上报国家计委均未获批准，国内外也不断有人对我国建设高能加速器提出反对意见。1980年5月，张文裕、赵忠尧等39人就此问题致信方毅并转呈华国锋、邓小平、胡耀邦与赵紫阳等中央领导，希望高能物理不要下马，尽快批准高能物理实验中心的设计任务书。邓小平对此做出批示：“此事影响太大，不能下马，应坚决按原计划进行。”^[28]在邓小平“从速处理”的批示下，国务院终于对高能物

理实验中心第一期工程建设批复同意。随即，国家计委批准了“八七工程”的设计任务书。根据两次“调整”的结果，1987年前完成第一期工程，建成一台能量为50GeV，流强为 1×10^{13} 质子/脉冲的同步加速器，建设总投资为5.4亿元，建筑面积28万 m^2 ，人员编制2300人。同年6月在美国FNAL举行的中美高能物理联合委员会第二次会议上，张文裕与林宗棠就国内高能加速器建造计划的调整与美方进行了交流[29]。国家批准“八七工程”建设后，国内外仍不断有反对的呼声。如聂华桐等14位美籍华裔科学家曾联名致信邓小平等中央领导，认为建造50GeV质子同步加速器耗资大，技术水平只相当于国际上50年代末的水平，没有明确的物理目标，做出有意义的研究结果的可能性十分渺茫[王恒久 1997, pp.310—316]。1980年底，在国民经济调整的大局下，中央有关部门最终还是决定“八七工程”缓建。此后，各项工作中断，工艺设计告一段落，资料存档。

与此前的几次仅限于纸上谈兵的高能加速器建造计划不同的是，“八七工程”取得了一些实质性的进展。从1978年到1980年的高能加速器预制研究阶段，做了大量的工作：选定了实验中心的建设地址，完成了工程前期的勘探和实验中心的规划设计；建成了北京玉泉路预制研究基地，包括6个实验大厅和1个装备一流的实验工厂；从全国各地调入约200名工程技术人员及管理骨干，开展了加速器主要部件的预制研究；建成了10MeV质子直线加速器，与国际同行建立了广泛的交流，这些工作都为后来的高能加速器建设奠定了坚实的基础[方守贤 pp.29—38]。[30]

四 “八三一二工程”——北京正负电子对撞机建设

1981年初，邓小平在对聂华桐等人来信的批示中，要求方毅召集一个专家会议进行论证，重新讨论高能加速器的建造方案[31]。“八七工程”下马已成定局，可如何处理丢下的“半拉子工程”和预研经费成为一个亟待解决的问题。经调研、论证，中央决定利用“八七工程”预制研究剩余的部分经费进行较小规模的高能物理建设。

由于原计划将于1981年6月在北京举行的中美高能物理联合委员会第三次会议召开在即，而中国的高能加速器建设计划却遇波折，李政道来电询问关于下一步中美高能物理合作事宜。为此，中科院派朱洪元和谢家麟会同当时在美国访问的叶铭汉在李政道的协调下到美国FNAL与中美高能物理联合委员会的几个成员实验室的所长、专家进行了非正式会晤，通报中国高能加速器调整方案，并听取他们的建议。潘诺夫斯基提出中国可以建造一台2.2GeV正负电子对撞机的建议[谢家麟 2002, pp.307—309.]。后来，严武光等学者又提出建造一台3—5GeV正负电子对撞机的建议；诺贝尔奖获得者里克特(B. Richter)也提出建造一个能在5.7GeV能区工作的对撞机的方案。

朱洪元、谢家麟回国后，中科院数学部与国家科委“八七工程”指挥部在北京联合召开“高能物理玉泉路研究基地调整方案论证会”，同意建造一台2.2GeV正负电子对撞机的方案，同时将原先建成的10MeV质子直线加速器能量扩大到35.5MeV。此后又经多次会议讨论与论证，多数人认为，建造一台 2×2.2 GeV的正负电子对撞机，不仅可以使我国高能物理的研究进入世界前沿，而且还可以利用电子储存环产生的同步辐射开展生物、化学、医学、材料科学、固体物理等方面的研究工作，直接为其它学科和国民经济服务。1981年底，李昌、钱三强致信中央领导，请求批准正负电子对撞机方案。邓小平批示：“这项工程已进行到这个程度，不宜中断。他们所提方案比较切实可行，我赞成加以批准，不再犹豫。”[32]

自20世纪70年代以来，对撞机已逐渐成为占主导地位的高能加速器。因而对撞机，尤其是正负电子对撞机建设，已成为国际高能物理学界加速器建设的主流。除了前述ISR、SPEAR、DORIS、PETRA等对撞机之外，美国又相继建成了CESR(16GeV, Cornell, 1979)、PEP(36GeV, SLAC, 1980)，苏联Novosibirsk建成了VEPP4(14GeV, 1979)，欧洲DESY建成了质子—反质子对撞机(600GeV, 1982)。日本KEK后来也建成了TRISTAN(70GeV, 1987)。相对固定靶加速器而言，对撞机建造技术要求高，如束流不稳定性和超高真空都是建造过程中的困难问题。对于从无高能加速器建造经验的中国来说，一开始起步就建造难度较大的正负电子对撞机，是否能够成功？当时国内外很多人都持怀疑态度。另外，中国对于大科研工程的组织管理缺乏经验；资金有限，“八七工程”的预研经费只剩下大约9千万元；有美国SLAC的8GeV电子对撞机SPEAR在先，难以预料将来建成的北京正负电子对撞机(简称BEPC)是否还有研究工作可做；进行高能物理实验需要的尖端测试仪器和处理数据的快电子学元件及先进的计算机系统等国内尚不能生产，而进口又面临着诸多困难。这一系列问题的存在，使得BEPC的建造起步维艰。

1982年，BEPC工程总体组及各分总体组成立。总体组由谢家麟、朱洪元、肖健、郑林生、徐建铭、叶铭汉等组成；电子直线分总体组由周述、朱孚泉、潘惠宝等组成；电子储存环分总体组由徐建铭、方守贤、严太玄等组成；对撞机谱仪分总体组由叶铭汉、肖健、章乃森等组成[33]。高能所完成了BEPC预制研究方案的初步设计，基本确定了加速器的主要参数，为下一步开展扩初设计和技术设计打下了良好基础。在1982年度中美高能物理联合委员会第三次会议期间，潘诺夫斯基强调了2.8GeV能区聚重子方面有大量工作可做，希望中方在建造加速器时注意该能区研究工作的开发，力争束流高亮度和对强子探测的高效率[34]。后来经谢家麟向中科院副院长钱三强汇报，决定将BEPC的能量由2.2GeV延伸至2.8GeV，以有助于扩展其研究领域，延长其使用寿命，于是即将BEPC的能量指标定为 $2.2 / 2.8$ GeV。

根据中美高能物理合作执行协议，高能所和美国五个高能物理国家实验室(ANL、BNL、FNAL、LBL、SLAC)建立了技术合作关系，并在美国设立了办公室，负责协调双方的合作项目和在美国采购高能工程急需的仪器和元器件。1983年4月，万里、方毅、张劲夫、姚依林等批示同意了《关于 2×22 亿电子伏正负电子对撞机建设计划的请示报告》，BEPC工程从此正式立项，总投资9580万元。同年12月，中央书记处会议决定将BEPC列入国家重点工程建设项目，并成立由中科院新技术局局长谷羽、国家计委副主任张寿、国家经委副主任林宗棠以及北京市副市长张百发组成的工程领导小组(亦称四人领导小组)，在中央书记处的直接领导下，对BEPC工程实施领导。后来BEPC建造工程被定名为“8312工程”。

1984年初，“8312工程”四人领导小组向中央汇报，要求调整工程建设方针为“一机两用，应用为主”，将同步辐射应用研究直接编入对撞机工程的扩初设计。在一次与李政道的会谈中，邓小平了解到，当时中国共有三台加速器正在建设，一台在北京(正负电子对撞机)，一台在合肥(同步辐射加速器)，另一台在台湾(同步辐射加速器)，这三者都准备在五、六年左右建成。在另外一次与丁肇中的谈话中，邓小平表示一定要将我们的加速器赶在台湾的前面建成。1984年6月底至7月初，在北京举行了关于BEPC与合肥同步辐射实验室扩初设计审查会，会议建议国家对这两项工程采取特殊措施和政策，确保其保质保量按期完成[35]。邓小平还为此专门批示：“我们的加速器，必须保证如期甚至提前完成。”同年9月，国务院批准了国家计委关于审批BEPC建设任务和规模的报告，明确了“一机两用”的方针，增加了同步辐射光实验区的建设。批准总投资为2.4亿元[36]。1984年10月7日，BEPC工程在玉泉路高能所内破土动工，邓小平等中央领导人参加了奠基仪式。他在奠基仪式上说：“我相信，这件事不会错。”[37] 10月底，国务院重大技术装备领导小组和BEPC工程领导小组召开了“研制北京正负电子对撞机工程设备会议”，决定将这套工程设

对于BEPC的最终建造成功，作为国家领导人的邓小平的决策起到了关键的作用。当时，不仅科学界对建造对撞机存有疑虑，中央领导人的意见也不统一。正是邓小平的一贯支持，使得BEPC建造得以顺利进行。BEPC作为一个大科学工程，“既有工程的规模，又有科研的性质。”1984年2月，谢家麟和方守贤分别被任命为工程项目经理和副经理。为了保证工程的顺利实施，谢家麟等人发展并推广了国外对于大科学工程所采用的临界路程方法（CPM）来指导工程进展。通过对技术问题的全面分析和对完成时间的正确估计，输入准确、可靠的数据，使得CPM起到了较好的指导作用。此外，谢家麟还提出了六条设计指导思想，即：（1）以保证高亮度为首要考虑；（2）采用经过考验的先进技术；（3）设计中强调简单、可靠；（4）采用能达到性能指标的最经济的技术路线；（5）设计中保留以后改进的余地；（6）设计中保留一机多用的可能。这些指导原则，对解决设计中多种因素的制约关系，使各系统统一口径、协调匹配起到了积极的作用[39]。

1988年10月16日，BEPC首次实现正负电子对撞。《人民日报》称“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就”，“它的建成和对撞成功，为我国粒子物理和同步辐射应用开辟了广阔的前景，揭开了我国高能物理研究的新篇章”。10月24日，邓小平参观了北京正负电子对撞机，并发表了讲话，强调“中国必须在世界高科技领域占有一席之地”。他说：“说起我们这个正负电子对撞机，我先讲一个故事。有一位欧洲朋友，是位科学家，向我提了一个问题：你们目前经济并不发达，为什么要搞这个东西？我就回答他，这是从长远发展的利益着眼，不能只看到眼前。”[邓小平 1993, pp.279—280]

短短几年之中所完成的“8312工程”，除对撞机（BEPC）本体外，还相继建成了大型通用探测器——北京谱仪（BES）与北京同步辐射装置（BSRF）。BEPC/BES的建成，为T—c物理实验研究提供了一个极为重要的手段，其亮度为同能区加速器SPEAR的四倍。为此，美国SLAC决定停止SPEAR的物理运行，从而使得BEPC成为世界上唯一工作在这一能区的正负电子对撞机；而BSRF是一台可提供较宽波段X光的光源，可提供多学科用户开展同步辐射应用研究与实验研究。1991年，国家计委正式批准成立北京正负电子对撞机国家实验室。同一时期，中国科技大学也建成了能量达800MeV的同步辐射加速器（HLS），成立了合肥国家同步辐射实验室（NSRL）。合肥加速器偏重于软X射线及真空紫外光领域的同步辐射研究应用，与BSRF光源相互补充，相互衔接。此后，台湾新竹建成1.3GeV同步辐射加速器（SRRC），性能较为优越。20世纪末，上海同步辐射装置（SSRL）的预制研究全面启动，新建加速器能量将达3.5GeV。目前该项工程正在建设之中。

五 结语

在此有必要说明一下李政道和杨振宁对中国高能加速器建造的态度。

在1972年张文裕等18人致信周恩来总理之前，曾举行了一次关于“高能物理发展与展望”的座谈会（1972年7月4日），杨振宁、张文裕、徐绍旺、汪容、何祚麻、严太玄、沈鼎昌等人参加了座谈会。在会上，杨振宁力排众议，“舌战群儒”，不赞成中国花费上亿美金的代价建造高能加速器及全力发展高能物理实验研究的计划。杨先生说：“中国应当对人类有较大的贡献，但我不觉得应当就是在高能加速器方面；”“如果有一亿美元为什么不拿来造计算机，发展生物化学，培养更多的人才？而一定要拿来研究高能加速器？”“建造贵的加速器与目前中国的需要不符合。”[江才健 2003, pp.24—26]

1978年8月，杨振宁受到邓小平和方毅接见后，在与张文裕、周培源、吴有训、钱三强等物理学家座谈时，依然表示不赞成中国急于建造大型加速器，认为大型加速器的建造对中国的四个现代化建设并不重要，“三十年内对农业的影响很小，对工业和国防的影响也不太大。……到本世纪末，中国如果在国防上不能保卫自己，即使在高能物理上很先进，也没有一点用处。”[40] 1980年初，在广州从化召开粒子物理国际会议期间，众多海外华裔物理学家共同参与草拟了一封致中国政府支持BPS建造的信，参与者一致签名表示赞同。杨振宁则避开了这次活动。之后在一封公开信中他再次表明了自己的立场。他在信中提到“八七工程”在中国有很强烈的反对意见，BPS建造计划“被认为象是一个‘超级强权’，而其它的领域是‘第三世界’。”他表示：“我不能无愧于心的去签署这一个文件，因为我认为真正需要的不是我的签名，而是中国人民的签名。”[江才健 2003, pp.30—34] 他坚持认为，建造耗资巨大的高能加速器，不是中国当时急需做的事情。但是自从北京正负电子对撞机建设工程上马后，杨振宁的态度大有转变，他赞同进行同步辐射的应用研究。

李政道对于中国的高能物理事业给予了积极的支持。1972年，周恩来总理在接见首次回国的李政道时，提出如何发展中国的高能物理事业问题。此后李政道一直思考，在中国高能加速器建造中，怎样才能将基础和应用研究相结合。1976年，他通过SLAC寄回国内一份成套的关于电子对撞机及有关同步辐射的资料。1977年，李政道回国时提出建造一台二、三十亿电子伏的正负电子对撞机的建议。后来吴健雄、袁家骝夫妇建议中国建造质子加速器，被邀联名的李政道在建议书上加了一个关于电子加速器的附录，强调小型电子加速器的价值。在“八七工程”下马之后，李政道提出了建造兼顾同步辐射的小型电子对撞机的方案[李政道 1999, pp25—26]。事实上，李政道对于“八七工程”这种“超高能”加速器建设计划也并不十分热心，只不过出于对祖国的热爱和对国家领导人的尊重，他一直努力帮助中国，尽力促成其高能加速器建造的早日实现。北京正负电子对撞机建设工程耗资比较低，而且性能比较先进，因此李政道热心予以支持。

李政道和杨振宁对于中国高能加速器建设所持的态度虽然有所不同，但都表达了炎黄子孙的赤子之心，都反映了对祖国科技事业的高度关心和支持，体现了他们高度的责任心和使命感，其精神都是令人敬佩的。

中国的加速器建设，经过了建国初期低能加速器研制过程的知识奠基与人才培养，又经过仅限于纸上谈兵的高能加速器预制研究方案的五起五落，直至高能物理研究所成立及“七五三工程”上马，才出现了较大的转机。“八七工程”虽未成功，但却在各方面奠定了重要的基础，是中国高能加速器建造过程中至为关键的一步。经过了七次高能加速器建造项目的下马，第八次上马的北京正负电子对撞机最终建造成功。人们把我国高能加速器的建造历史称为“七下八上”，较为准确的反映了这一曲折过程。

纵观新中国高能加速器建设的历史可以看出,出现“七下八上”的原因,既与我国科学技术发展水平的制约有关,也与政治与经济因素的影响明显有关。20世纪中叶,在世界范围内掀起了研制核武器的热潮,原子核科技和高能物理受到世界各国的重视。建国初期,我国根本没有条件建造高能加速器。但鉴于它的技术及应用可能与核工业有关 [张文裕 1984, pp.1—6] 在国家第一个科技发展规划中即计划“在短期内着手制造适当的高能加速器”。高能加速器作为一种大型基础研究设备,从中国相当一段时期的科技水平和发展状况来看,其建造的必要性和现实性确实不大。杨振宁即是坚持这种认识。聂华桐等美籍华人在致邓小平等中央领导反对BPS建造的信中,所陈述的第一条理由也是认为高能物理并不是一门影响全局的学科,在二十年内也不大可能会引起像20世纪40年代核能所引起的重大科技突破。我国国家领导人对这项事业的长期大力支持,主要是从国家发展的长远策略考虑。据说周恩来总理在病危之际还再三嘱咐邓小平,一定要在中国搞一个加速器的高能物理研究基地 [江才健 2002][41]。

经济条件的限制是致使中国高能加速器建造“七上七下”的一个重要因素。建造一台大型高能加速器,需要巨额的投资。这对于经济实力相对薄弱的中国,是一笔不小的经济开支。撇开三年自然灾害与文革时期不谈,仅以“八七工程”为例,1978年我国国民生产总值仅3千亿元,吃饭问题尚未完全解决。而“八七工程”需耗资10亿元,这显然是与当时的经济条件不相称的。即使是经济实力雄厚的美国,其20TeV超导超级对撞机(SSC)建造,在已投资20多亿美元的情况下,最终还是因耗资过多而于1994年被国会勒令下马。

高能物理对于微观粒子和基本相互作用的研究可揭示物质深层次的规律,且为各门自然科学研究提供必要的基础。作为一个大国,从事高能加速器建造对于中国发展高能物理研究和基础科学及应用技术都是非常重要的,但要实现这一目标,需要考虑国家的经济条件和基本国情。北京正负电子对撞机是一台适合中国国情,规模适中的高能加速器。自其于1989年建成运行以来,积累了大量粒子物理实验数据,取得了一批有国际影响的研究成果,其中多项研究结果被载入国际粒子数据手册(PDG)。尤其是对于 T 轻子质量的测量,使其精度提高了10倍;结合同时期国际上关于 T 轻子寿命和衰变分支比的精确测定,以很高的精度证实了轻子普适性原理。这项研究被国际公认为是“1992年高能物理领域中最重要成果之一” [42]。此外, BEPC/BES在2—5GeV能区的 R 值精确测量方面的工作也在国际高能物理学界产生了很大的影响。这些工作使我国在国际高能物理研究领域占有了一定的位置。另外, BEPC的建成对我国机电工业技术的发展也起到了重要的促进作用,有力的推动了我国在微波和高频技术、快电子学技术、超真空技术、高精度电磁铁与高稳定度电源技术、同步辐射光学工程技术等方面的进步和新产品的开发[43]。同步辐射装置已经成为我国物理学、化学、生物学、医学、农学、材料科学、微机械和电子工业在研究与应用方面的一个强有力的工具。

“七下八上”的中国高能加速器建造,历经三十年的艰难曲折,终于取得了北京正负电子对撞机的建设成功。在政治、经济因素与科学技术发展水平的交互制约下,中国最终选择了一条符合时代背景、国际环境与实际国情的高能物理发展之路。在BEPC/BES上所做出的一系列成就证实了这一选择的正确性。

致谢 在完成本文之前,笔者之一曾就中国加速器建造问题拜访请教了谢家麟、叶铭汉两位院士,在此谨向二位先生表示诚挚的谢意。

参考文献

李政道 1999. 小平先生的一次会见·《李政道文录》·杭州:浙江文艺出版社.

方守贤 1996. 北京正负电子对撞机的建设及成就.

江才健 2003.《规范与对称之美——杨振宁传》·台湾:天下文化书坊.

Pais, A. 1999. Theoretical particle physics. *Reviews of Modern Physics*. **71**(2): S16—24.

王恒久 1997. 发展高能物理是战略需要·《中共中央党史研究室·再造中华辉煌:邓小平纪事》·北京:中共党史出版社. 310—316.

吴玉崑等 1987. 中国原子能科学研究院简史(1950—1985)·《内部资料》103.

谢家麟 1993. 关于北京正负电子对撞机方案、设计、预研和建造的回忆片段·《现代物理知识》(5)

谢家麟 1996.《北京正负电子对撞机和北京谱仪》·杭州:浙江科学技术出版社.

谢家麟 2002. 纪念我国杰出理论物理学家朱洪元逝世十周年·《朱洪元论文选集》.

张文裕 1984. 我国高能物理三十五年的回顾·《高能物理》.(3): 1—6.

张文裕 1984. 我国高能物理三十五年的回顾·《高能物理》.(3): 1—6.

* 作者简介：丁兆君，中国科学技术大学科技史与科技考古系硕士研究生；胡化凯，中国科学技术大学科技史与科技考古系教授。

[①]1956—1967年科学技术发展远景规划纲要（修正草案），中华人民共和国科学技术部网页：
http://www.most.gov.cn/ztlz/gjzccqgy/zcqqylshg/t20050831_24440.htm。

[②]中国原子能科学研究院，1950—1985年大事记（初稿），《内部资料》，1987，116—117页。

[③]张文裕等十八位同志给刘西尧同志的信，《中国科学院高能物理研究所年报（1972—1979）》，（以下简称年报）4—5页。

[④]周总理给张文裕、朱光亚同志的信，《年报》1—3页

[⑤]关于高能物理研究和高能加速器预制研究的报告，《年报》6—7页。

[⑥]对于建造高能超高能加速器的一些初步设想，《年报》，17—19页。

[⑦]高能物理研究和高能加速器预制研究工作会议纪要（摘要），《年报》9—12页。

[⑧]中国科学院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，《年报》12—14页。

[⑨]李先念副总理批示，《年报》15页。

[⑩]关于高能加速器预制研究和建造问题的报告，《年报》23—24页。

[⑪]华国锋同志对《关于高能加速器预制研究和建造问题的报告》的批示，周总理、邓小平同志圈阅批示的余秋里同志的报告，《年报》21页。

[⑫]国家计划委员会会议纪要 [1975] 2号，《年报》24—25页。