

科技自立自强之路

1 七“上”七“下”

1975年3月，乍暖还寒，春日的气息还不算浓郁。

正在辽宁省北票矿务局工作的张闯趁着到北京出差开会的空隙，来到中关村，看望自己的大学老师、清华大学教授张礼。张闯曾在清华大学工程物理系攻读粒子加速器专业，毕业后被分配至煤矿工作，但他与老师一直保持着密切的联系。

敲开门，进屋坐下，二人还没寒暄两句，张礼就兴奋地对张闯说：“周总理有批示，高能物理要上！”

张礼的声音不大，却让张闯为之一震。它像一枚钥匙，打开了张闯心中一扇久闭的大门。

事情要从3年前说起。

1972年8月18日，张文裕、朱洪元、谢家麟等18位科学家给周总理写了封信。信中，他们诉苦：“高能物理实验几乎是一片空白，高能物理理论研究则是依靠国外的实验数据。”

高能物理研究是认识物质微观结构及其运动规律最前沿的学科，而高能加速器和相应的探测装置是这项前沿研究的重要工具。

早在新中国成立后不久，1950年10月，中国科学院的物理学家们就提出要建设粒子加速器，开展核物理实验研究。1953年，世界第一台高能加速器在美国问世，赵忠尧、张文裕、王淦昌等老一辈中国物理学家开始努力推动建造中国的高能加速器。然而，政治风云的变幻与国民经济的兴衰，让这一梦想多次“上马”，又多次“下马”。

信中，他们呼吁：“尽快确定发展高能物理的方针政策，同时组织上给以保证，尽快成立高能物理研究所，并划归基础理论研究的主管部门领导。”

1972年9月11日，周恩来总理批示：“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，同时又要把理论研究与科学实验结合起来。”

1973年2月1日，在党和国家领导

人的关心下，中国科学院成立了高能所。在张闯心中，那曾是可望而不可即的“殿堂”。

两年后，1975年3月，高能所组织科学家经过深入研究，向国务院上报《关于高能加速器研制研究和建造问题的报告》，明确提出要在10年内，建造一台能量为400亿电子伏特的质子同步加速器。

在医院病床上，周总理审阅并批准了该报告。此后，高能加速器研制工程有了自己的代号——“七五三工程”。

“学校已把加速器专业毕业的同学推荐给了高能所，你也在名单里。”张礼告诉张闯。为了满足“七五三工程”需要，高能所开始召集散落在全国各地的相关专业人员。

那天，张闯从老师家里走出来时，出差的疲惫一扫而光。此时，路边的树杈还有些光秃，但张闯的心里已经开出了小花。那是他和老师们盼了许久的梦。

1976年秋天，科学家满怀信心，重新论证“七五三工程”方案，提出了更宏伟的“八七工程”计划，并得到国家批准。

“八七工程”分三步走：第一步，耗资3亿元，建成300亿电子伏特的慢速质子环加速器；第二步，耗资7亿元，到1987年底建成400亿电子伏特的质子环加速器；第三步，到20世纪末，建成世界一流的高能加速器。

然而，没过多久，我国国民经济调整，紧缩基建，高能质子加速器因属于“国家非急需”而在“下马”之列——这已是项目的第七次“下马”。得知消息后，张文裕等老一辈科学家和张闯等年轻一辈都心急如焚。

1980年5月，张文裕、赵忠尧、朱洪元等39位高能物理学家联名上书，恳求“八七工程”不要“下马”。邓小平同志批示：“此事影响太大，不宜‘下马’。”

这一批示给中国科学家们留下了机会。尽管工程陷入停滞，但希望仍在。

所有人都开始重新思考更符合国情的加速器方案，奔向第八次希望。

中国首个大科学装置

诞生记

本报记者 倪思洁

1984年10月7日上午10点，北京西郊玉泉路的高能所里，彩旗飘扬。邓小平、杨尚昆、万里、方毅等党和国家领导人以及专程从美国赶来的科学家们聚在这里。大家盼望已久的北京正负电子对撞机终于破土动工。

接下来，科学家们要用4年甚至更短的时间，从站台“跳”上国际高能物理这列飞驰的“特快列车”。

北京正负电子对撞机由注入器、输运线、储存环、北京谱仪、同步辐射装置等部分组成，工程涉及的专用设备多达上万台，技术复杂、精度要求极高，中国此前从未做过。工程一开始就遇到了关键问题：是全面引进，还是自主研发？

作为工程领导小组组长，谷羽带领小组成员认真分析了中国的科技和工业状况，最终决定，除计算机和少数当时中国无力研制的设备以及用量很少、不值得花人力和物力研制的设备、元件、材料外，主要依靠自己的力量设计和研制。

为了提供一个极端的粒子对撞环境，北京正负电子对撞机各类设备的技术指标均向极限逼近，其中涉及的高功率微波、高性能磁铁、高稳定电源、超高真空等技术，设计指标几乎都超出当时的技术能力。

例如，对撞机要给电子加速，就需要有稳定的微波电磁场，而一种名叫“S波段高功率速调管”的部件就是微波磁场电子系统的“心脏”。当时，国内技术水平最高的S波段高功率速调管，脉冲输出功率能达到15至20兆瓦，但

3 跳上“特快列车”

这根本无法满足对撞机工程的需要。

于是，高能所科研人员和工厂联手，吸收消化国外上世纪80年代初期全部生产工艺，改造原先的生产线，不仅将速调管的微波功率提升到34兆瓦，还将国产调制器的功率从50兆瓦提升到100至200兆瓦，工作寿命从1000小时提高到10000小时。

这一突破不仅满足了对撞机对微波功率高功率、高稳定度、长寿



1988年，北京正负电子对撞机建成，张文裕和工程经理谢家麟（右二）、副经理陈森玉（右一）、总工程师徐绍旺（左一）在储存环隧道里交流。

的先驱。

1988年10月的一天，时任高能所所长叶铭汉找到负责北京谱仪建造、安装、调试任务的郑志鹏。

“近日要开始中美高能会谈了，美方专家正在北京，如果此时能实现正负电子对撞，那将是一个很适当的时间。”叶铭汉说。

郑志鹏立刻找到负责亮度检测器的同事们，商量如何区分信号和噪声。经过几个昼夜的连续调试，他们慢慢摸清了装置的“脾气”。

1988年10月16日凌晨，当北京正负电子对撞机处于对撞模式时，亮度监测器上显示出正负电子的散射信号，而且计数随时间不断增长；将对撞机从对撞模式调成单束模式后，信号消失。反复多次，终于，大家确认，“对撞了”。

大厅里，所有人都高兴得跳了起来，一夜的疲惫烟消云散。得知消息的叶铭汉天刚亮就来到运行室和谱仪大厅，确认正负电子实现对撞的事实。

好消息很快传遍整个高能所，又通过媒体传遍全国。

1988年10月24日，刚刚过去的一场秋雨使北京凉爽宜人，邓小平同志再次来到高能所。这一天，北京正负电子对撞机宣布建造成功！

“过去也好，今天也好，将来也好，中国必须发展自己的高科技，在世界高科技领域占有一席之地。”邓小平同志在建成典礼上说。

4年时间，中国科学家真的“跳”上了国际高能物理这列飞驰的列车。“对撞机的成功是中国科技发展的重要里程碑。”诺贝尔物理学奖获得者里克特如是评价。

从此，中国大科学计划的时代正式开启。

命的技术要求，也使合肥同步辐射光源、北京自由电子激光、上海自由电子激光等我国“八五”期间的几大加速器工程，都逐步用上了国产的微波功率源和特种波导元件。

类似的技术突破在对撞机研制过程中还有很多。为了建成对撞机，我国在真空技术、电磁铁、大功率高稳定度电源等方面都达到更高的技术水平。此外，高能所还于1987年建成我国第一条国际计算机通信线路，成为我国建设“国际信息高速公路”



安装完成的北京谱仪。



北京正负电子对撞机工程安装完成的储存环。



北京正负电子对撞机建设期间，科研人员在北京谱仪上安装主漂移室信号丝。



北京正负电子对撞机中控室。本版图片由受访者供图

2 第八次希望

1981年，受“八七工程”停滞问题影响，中美高能物理联合会议未能如期举行。得知消息后，华裔物理学家袁家骝、吴健雄夫妇和李政道都心急如焚，他们向国家领导人建议，立即派专家赴美洽谈。

1981年3月，中国科学院派高能所的朱洪元、谢家麟前往美国洽谈。他们与李政道、袁家骝、吴健雄以及美国斯坦福直线加速器中心主任潘诺夫斯基等美国高能物理学家开会，讨论中国高能物理的前景。最终，大家一致认为在中国建造2×22亿电子伏特正负电子对撞机是最好的方案。

新的方案，造价只需“八七工程”的三分之一，不仅物理窗口内容丰富，还可以在低能物理研究的同时，做同步辐射应用研究，实现“一机两用”。

然而，当朱洪元、谢家麟把这一方案带回国内，一场激烈的争论开始了。

研制对撞机，技术难度和风险很大。正负电子对撞机要让两束极细、高速运行、稀薄的电子束束撞到一起，既要“对得准”，又要“撞得充分”。大家有各种各样的担心：“中国能不能做得了？”“即便研制出来，性能指标是否达标？”“进度如果拖下来，物理窗口关闭了怎么办？”

有人还打了个比方：“以当时中国的薄弱基础，要想建成正负电子对撞机，就好比站在铁路站台上，想跳上一列飞驰而来的特快列车。如果跳上了就飞驰向前，如果没有抓住，就粉身碎骨。”

1981年9月，中国科学院数学学部主持召开“丰台会议”，专门讨论了3天。与此同时，高能所内部也组织了多次研

讨会。每个人都在为国家高能物理的未来谋一条最切合实际的出路。

方案一直讨论到1981年底。其间，中国科学院又派院内主管部门负责人邓照明和谢家麟、朱洪元一起再赴美国。在李政道等的坚持下，邓照明与中国科学院领导通了电话，经过近一个小时的协商，院领导肯定了正负电子对撞机的方案。

1981年12月5日，中国科学院上报了《关于建造北京正负电子对撞机预研的报告》。看过报告后，邓小平同志批示：“这项工程已进行到这个程度，不宜中断，他们所提方针，比较切实可行。我赞成加以批准，不再犹豫。”

1983年4月，我国正式批准北京正负电子对撞机项目，计划于1988年底建成。

此后担任北京正负电子对撞机工程领导小组组长的谷羽曾感慨：“这一批示给中国的高能物理事业注入了生机和活力，把中国的高能加速器从危机中解放出来。”



“八七工程”停滞后，高能物理学家们一起研究方案调整问题。

1990年，经过一年多的调试，北京正负电子对撞机正式运行。

它很快成为中国高能物理基础研究的“宝地”。凭借它产出的数据，中国科学家取得了一批在国际高能物理界有重要研究成果：实现迄今对τ轻子质量的最精确测量；实现20亿至50亿电子伏特能区正负电子对撞强子反应截面(R值)的精确测量；发现“质子-反质子”质量阈值处新共振态；发现新粒子X(1835)……

世纪之交，国际高能物理竞争越发激烈，而北京正负电子对撞机已经运行了10年。中国科学家们有了一个新想法：升级！

时任高能所所长陈和生一直密切关注国际高能物理前沿的发展。2000年，他主持制定的“中国高能物理和先进加速器发展目标”得到国家科技领导小组原则同意，其中包括对北京正负电子对撞机的重大改造。

得知这一消息，美国康奈尔大学的康奈尔正负电子对撞机团队感受到了威胁。他们宣称，将采用“短平快”的方法改造康奈尔正负电子对撞机，预计比改造后的北京正负电子对撞机早两年达到同样的性能指标。

这无异于一次“宣战”。“两军相逢勇者胜！”陈和生告诉身边的科研人员。他和国际上的专家反复讨论后发现，康奈尔大学的方案不一定能实现，而中国的设计方案只要努力就一定能够做成。

大家决定迎难而上，对北京正负电子对撞机改造(BEPCII)方案作出重大调整，采用国际先进的双环方案，计划将北京正负电子对撞机的性能提高100倍，以便在国际竞争中获得主动权。

2004年1月，BEPCII正式动工，建设内容包括注入器改造、建造双储存环对撞机、新建北京谱仪III和通用设施改造等。

一场激烈的国际竞赛由此展开。除高能所外，中国科学技术大学、中国科学院理化技术研究所、中国科学院合肥物质科学研

究院、中国科学院上海硅酸盐研究所、中国科学院上海应用物理研究所等和相关院外科研机构、企业都参与其中，形成建制化的攻关力量。

他们用5年时间，将北京正负电子对撞机的亮度和综合性能提高到国际领先水平，工程自主研制设备超过85%。

升级后的北京正负电子对撞机实现了微米级高流强束团精确对撞，峰值亮度约为改造前的100倍，加上探测器性能和运行效率的提升，日积分亮度较改造前提高100倍以上。

到2009年BEPCII工程完成时，康奈尔大学的对撞机只达到其设计指标的四分之一，不得不停止运行。在那时对撞机上做实验的许多高能物理学家加入了北京谱仪III合作组。

“这是中国高能物理实验研究的又一次重大飞跃，为中国在聚物理研究和τ轻子高能研究方面继续在国际上居于领先地位打下了坚实的基础。”李政道如是评价。

更高的性能带来更丰硕的科研成果。2013年3月，北京谱仪III合作组宣布发现新的共振结构Zc(3900)，这极可能是科学家长期寻找的“四夸克物质”，入选美国《物理》杂志公布的2013年物理学领域十一项重要成果，并列榜首。自2008年开始运行到2015年6月底，他们还观测到新粒子X(1870)、X(2120)、X(2370)等。

在科研过程中，年轻的高能物理研究人员也成长起来，一批批优秀的博士、博士后源源不断地输送到全国各大科研机构、高校，成为中国高能物理发展的新鲜血液。

高能所现任所长王贻芳感慨地说：“今天看来，建造北京正负电子对撞机是当时作的最好选择。它让中国高能物理在国际高能物理领域占有一席之地，培养了一支具有国际水平的队伍，也推动了国内其他大科学装置的建设。”

时至今日，北京正负电子对撞机的改造仍在进行。“我们正在对加速器部分做改造，把它的亮

4 “两军相逢勇者胜”



2006年11月18日凌晨5点多，北京正负电子对撞机经过重大改造后，成功实现电子束在储存环中的积累，科研人员在控制室记录了这一时刻。

度再提高3倍，之后，北京正负电子对撞机预计可以运行到2030年左右。”王贻芳说。

在很多过来人眼中，北京正负电子对撞机的建设是几代科技工作者接续奋斗的结果，是全国许多单位大力协同取得的成就，也得益于改革开放后的国际合作。

在王贻芳看来，北京正负电子对撞机留下的“启示”，包括“高能物理发展要综合考虑前沿科学目标、国家实力与需求、学科自身发展目标选择装置建造方案”，“要敢于接受国际上的挑战和竞争”，“国内的实验基地始终是巩固和发展国际地位的坚实基础”，“装置建设方案要尽可能兼顾其他学科的需求”，“要坚持自主创新与国际合作相结合”……

回顾过去，中国高能物理的起步艰辛而曲折，但科学家们从未失去希望与激情。曾经的挫折与荣光，成就了我国高能物理学家的胆识与气质。他们也为后来者积累了一个极其宝贵的经验——在困顿中坚守，在希望中奋进。

(实习生阎宇轩对此文亦有贡献)