

李政道先生和北京正负电子对撞机重大改造工程

陈和生

(中国科学院高能物理研究所 100049)

李政道先生是世界著名的物理学家,为20世纪物理学的发展做出了重大贡献。作为炎黄子孙,李政道先生致力于发展祖国的科学事业,为我国科学事业,特别是高能物理事业的发展和人才培养呕心沥血,做出了重大的贡献。北京正负电子对撞机凝聚了李先生最多的心血,对中国高能物理和大科学装置的发展做出了巨大的贡献。从20世纪90年代中期开始,北京正负电子对撞机的未来发展战略成为了中国高能物理持续发展的焦点。李政道先生极为关心北京正负电子对撞机的未来发展,对北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPCII)的立项和实施发挥了极为重要的作用。BEPCII的成功建设和丰硕成果再铸了中国高能物理的辉煌。值此李先生九十五华诞之际,我想回顾李先生关心和支持在北京正负电子对撞机重大改造工程的历史足迹。

一、北京正负电子对撞机的建设

中国高能物理加速器的建设方案经历了七上七下的曲折历程。1981年3月李先生和一些美国科学家建议中国建造 2×2.2 GeV的正负电子对撞机,开展粲物理研究。李先生的这个建议得到了中国高能物理学家的支持。在李先生的帮助下,高能物理研究所开始进行设计和预制研究工作。1984年10月7日邓小平同志来到高能物理研究所为北京正负电子对撞机工程奠基,并为中国科学院高能物理研究所和北京正负电子对撞机题词。小平同志亲切接见了李先生,感谢他为中国高能物理发展的努力。1988年10月高能物理研究所按计划高质

量地建成了BEPC,成功地首次实现正负电子对撞。10月24日党和国家领导人来到高能物理研究所参加了落成典礼。在李先生陪同下参观了对撞机。小平同志发表了“中国必须在高科技领域占有一席之地”的著名讲话,深刻阐述了发展中国科学技术的战略思想,强调中国高能物理的发展不能断线。小平同志再次高度赞扬了李先生对发展中国高能物理的贡献。

BEPC投入运行后,迅速达到设计指标,成为了世界八大高能加速器中心之一,取得许多重大物理成果, τ -粲物理研究处于国际领先,在世界高能物理领域占有一席之地。北京同步辐射装置(BSRF)成为我国主要的广谱同步光源,为多学科交叉前沿研究提供了大型平台。北京谱仪(BES)是一个以我为主的大型国际合作组。BES的一系列重大成果使粲物理研究成为国际粒子物理研究热点之一。北京谱仪国际合作组主要的成果包括:

1. τ 轻子质量精确测量:使 τ 轻子质量世界平均值改变了3倍标准差,精度提高了10倍,验证了轻子普适性,获1995年国家自然科学二等奖。

2. 2-5 GeV能区强子产生截面R值精确测量:平均测量精度提高了2~3倍,使精细结构常数 $\alpha(M_z^2)$ 的误差减少了两倍,大大提高了标准模型对Higgs粒子质量的预测精度。获国家自然科学二等奖。

二、BEPC/BES/BSRF升级项目延误

BEPC/BES的成功是中国高能物理研究的里

程碑。中国物理界对 BEPC/BES 的发展寄予厚望。为了改进其性能,在李政道先生的推动下,1993 年 5 月中国科学院批准了 BEPC/BES/BSRF 升级改进项目,以改进其性能,获得更多的物理结果,预算为 3500 万元。升级项目主要包括:

- 直线加速器将电子和正电子的束能量提高到 1.55 GeV(J/ψ 全能量);
- 储存环的亮度增加 1 倍;
- BES 探测器升级(BES II),用新的主漂移室 MDC II 替代老化的 MDC。

1995 年夏 BEPC 停止运行,开始进行升级改进。但是由于以下困难,这个项目受到延误:

- 由于速调管性能不稳定,直线加速器束流能量未能达到 1.55 GeV;
- 储存环的亮度没有达到增加一倍的目标。
- MDC II 的 HV feedthrough 的质量问题严重影响了 BESII 的调试。
- 探测器出现严重的噪音,尤其是在 MDC II 中,来源不明。

加速器和探测器的调试都遇到了很大的困难,未能按计划恢复正常运行。升级项目的长期延迟使高能物理研究所陷入了十分困难的境地,承受着巨大的压力。

当时高能物理研究所的处境比较困难。研究所的经费严重不足,职工工资低,人才流失加剧。BEPC 运行和维护经费严重短缺。例如 1998 年高能物理研究所的总预算大约只有 7000 万元,其中 2700 万用于 BEPC 的运行和维护。运行和维护预算在十年间只增加了 30%。由于缺乏维修和备件,BEPC 的设备逐渐老化。故障率增加,严重影响运行效率。经费短缺造成加速器和探测器等新技术的研发不足。

为了帮助高能所克服在改进过程遇到的困难,在李先生的建议下,中国科学院聘请了美国著名的加速器物理学家 Maury Tigner 教授来高能所指导工作,培养技术骨干,开展新的加速器技术的研究。

三、高能物理研究所的未来发展

从 20 世纪 90 年代中期开始,中国高能物理界就高能物理所的未来计划进行了广泛的讨论。李政道先生对高能物理研究所的未来发展十分关心,对于能够推动中国高能物理发展的设想都一如既往、满腔热情地给予支持。

关于高能物理研究所未来发展的广泛讨论始于 1993 年。未来发展的方案主要有两个方向:

1. 第三代同步辐射光源成为国际大科学装置发展的热点,对诸多学科交叉前沿的研究越来越重要。国内科技界对建设中国的第三代同步辐射光源和散裂中子源的呼声不断高涨。以满足中国科学界对同步辐射光源的强烈需求,并为 τ -Charm 物理升级 BEPC(如 BEPCII)。下一代 τ -Charm 物理设施的建设将来再考虑。

1993 年丁大钊、方守贤和冼鼎昌三位院士提出高能物理研究所建设中国第三代同步辐射光源。这是中国科技界的迫切需求和主流意见。高能物理研究所拥有中国最强的加速器团队和同步辐射团队。北京地区拥有国内最多的用户,成为建设第三代同步辐射光源的首选地。中国科学院认为,高能物理研究所是建设该设施的首选。然而,高能物理研究所领导的兴趣主要集中在 τ -Charm 工厂(TCF)项目。1995 年复旦大学教授杨福家和谢希德提议在上海建造第三代同步辐射光源,得到上海市政府的支持。上海市政府决定承建中国第三代同步辐射光源,并承担 12 亿建设经费的三分之一。中国科学院决定支持上海市建造第三代同步辐射光源。李政道先生敏锐地认识到在中国建设第三代同步辐射光源的重要性,积极支持上海建设第三代同步辐射光源,将其纳入中美高能物理合作会谈的内容,动员美国的国家实验室帮助设计,并邀请国际知名专家系统组织讲习班,培养技术骨干。

根据中国科学院领导的安排,1998 年底高能物理研究所的 20 多名资深加速器和同步辐射物理学家到上海应用物理研究所负责上海光源的设计和

研发,并培养同步辐射光源的设计和队伍。上海光源的建设拉开序幕。

时任中国科学院院长的周光召教授后来曾多次对我说:高能物理研究所的最大失误是放弃了第三代光源。

2. τ -Charm 能区物理的精确测量 BES 实验的巨大成功显示了 τ -Charm 能区的巨大物理潜力,引起了国际高能物理界的广泛关注。未来 τ -Charm 物理研究需要增加 1~2 个数量级的数据样本和高性能探测器,即高精度研究前沿。在三个有重要物理意义,适于建造这种大量产生某种粒子的“工厂”的能区中,美国和日本分别建造了能量约 10 GeV 的 B 介子工厂,意大利建造了能量为 1 GeV 的 Φ 介子工厂,均已投入运行,主要研究 CP 破坏。唯一留下的窗口是 BEPC 工作的 τ -粲能区。BEPC 未来发展的定位于 τ -粲能区的高精度物理测量是必然的选择。实现的方案大致可以分为两种:

a) 新建高亮度双环对撞机,即 τ -Charm 工厂 (TCF)。西班牙和俄罗斯先后都提出了建造 TCF 的方案。高能物理研究所提出了在园区西侧新建 TCF 的方案,它是一台质心系能量为 4GeV,具有单色能量和极化束流的双环对撞机,周长 400 米,初步预计造价约 12 亿元。高能物理研究所在 τ -Charm 物理研究、TCF 加速器和探测器设计等方面做了大量的工作,并举办了关于 TCF 的国际研讨会。李政道先生对这个能区的 τ -轻子物理进行了深入研究,发表了文章,讨论可能开展的研究课题。高能所完成了 TCF 的可行性研究报告,并提交给中国科学院。

然而,中国高能物理界对 TCF 方案存在很大的分歧。主要的批评意见是:

- 物理目标:一些物理学家认为与巨大的投入相比,TCF 提出的主要物理目标不够明确,很可能最终只是改进对一些物理过程存在的 limit。

- 12 亿元的造价明显被低估。而且即使是 12 亿元,对国家当时的“五年计划”期间对大科学装置设施的总投资来说也太多。这是否符合国家科技发展政策的优先级?

- 对某些关键技术的可行性提出疑问,例如单色能量束流……

b) BEPC II, 即重大改造方案:

在有限的预算内,升级现有加速器是国际上许多大型加速器普遍采用的策略,如美国 SLAC 的 PEP II 从 PEP 升级改造而来、日本 KEK 的 KEKB 从 Tristan 升级改造而来,后来进一步升级到 Super-KEKB。因此 BEPC 的升级,即 BEPCII,是另一个可能的选择。

我认为 BEPC 未来发展的定位是 Charm 能区物理的精确测量,物理窗口主要是在 3~4 GeV 能区精确测量和研究 J/ψ 和 ψ' 能区内的稀有衰变,这是研究微扰和非微扰量子色动力学及其过渡阶段性质的最佳能区。BEPC 运行在截面很高的 J/ψ 和 ψ' 共振峰,具有独特的阈值优势,能提供具有最小本底的高统计的数据样本。这样不再需要建设新的 TCF 加速器,而是以较少的投入对加速器和探测器作重大改造的 BEPCII 是最佳选择,将亮度提高 1 个数量级。

CESR 改进的成功经验对我们是很好的启发。CESR 原来运行在 10GeV 的能区,成功实现了麻花轨道,多束团对撞大幅度地提高了亮度,因此是 BEPC 升级的一个可能和现实的选择。方守贤院士团队进行了 BEPCII 麻花轨道方案的 Lattice 计算,认为在加速器物理上是可行的,技术上是可以实现的。

经过长时间讨论后,中科院明确不支持 TCF 方案。高能物理研究所面临着不确定的未来,必须为 BEPC 的未来发展找到一个现实的方案,更重要的是要为中国粒子物理和先进加速器的长期发展制定一个正确战略。

四、BEPCII 方案

1997 年 2 月我被任命为高能物理研究所副所长。研究和制定高能物理所的发展战略是我的主要任务之一。我组织了 BEPCII 单环方案的初步设计和可行性研究。BEPCII 的基本设计为:

- 直线加速器升级:提高正电子注入速率以缩

短注入时间。

- 储存环的升级:在现有的加速器实现麻花轨道方案,将亮度提高10倍。

- BESIII探测器:采用新的晶体量能器和新的主漂移室。

BEPChII的造价估计约为4亿元人民币。我相信BEPChII方案将以可能的造价保持BEPCh在 τ -Charm物理的国际领先地位。

1997年7月,高能所向中国科学院提交了《北京正负电子对撞机未来发展预研项目建议书》,中国科学院领导对北京正负电子对撞机的这个重大改造的方案持肯定态度,鼓励我们进一步深入研究其可行性。

中国科学院于1998年6月组织了院士咨询委员会,对高能所未来发展规划进行咨询,建议如下:

- BEPC未来发展采用BEPChII方案;
- 重视非加速器粒子物理实验的研究;
- 重视辐射技术的应用。

1998年7月,我被任命为高能物理研究所所长。李卫国副所长负责BESII的运行和调试。张闯副所长负责加速器的运行和调试。当时,我们面临三个大的挑战:

- 恢复加速器和探测器的运行;
- 尽快达到BEPCh升级项目的指标;
- 确定高能物理研究所发展的路线图,特别是BEPCh的发展战略。

1998年7月李政道先生给国务院领导写了一封信,明确表示“如果近期没有物理方面的重大突破,我认为中国没有必要建立TCF。”

五、BEPCh升级达到设计目标

我们调整了高能所的管理体制,优化了BEPCh/BES团队。1998年10月BEPCh加速器恢复了运行,开始升级改进的调试。我们鼓励物理学家和工程师尽一切可能找出并解决BEPCh/BES中的故障。在 高能所团队的努力下,加速器和探测器的调试工

作取得了良好的进展。到1998年底,

- 直线加速器束流能量达到了设计目标:1.55 GeV电子和正电子注入。

- 束流能量为1.55 GeV时,储存环的亮度达到了 $5.8 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 的设计目标。

- 确定探测器噪声的来源是对撞点附近的DCCT。通过改进其屏蔽,解决了探测器的噪声问题。

- 降低MDC-II运行的高压。BESII的调试显示出良好的性能。

BEPCh/BES/BSRF的升级终于达到了设计目标,并于1999年2月7日通过了科学院的鉴定验收。

1999年春天,BESII进行了2~5 GeV强子R值的精确测量。结果表明,R值的精度由15%~20%提高到6.6%。这一优异的测量结果对希格斯质量的预测等产生了很大的影响。国际高能物理界对R值测量结果进行了高度评价。

BEPCh达到了改进项目的目标,实现了稳定高效的运行,而且BESII获得了许多重要的物理结果。中国高能物理研究终于摆脱了困境。

六、《中国高能物理发展战略》报告

中国高能物理未来的发展必须面向国际高能物理的最新发展,必须符合中国的国情,必须满足国家科学技术发展的战略需求。经过多年广泛深入的讨论,受中国科学院的委托,我作为主要执笔人,编写了《中国高能物理发展战略》的报告。要点包括:

- BEPC的未来发展方案是BEPChII:物理目标定位在粲物理精确测量的国际前沿,采用国际通常采用的对现有设施进行重大改造。

- 非加速器物理实验:由于微观的粒子物理研究和宇观的宇宙学和天体物理研究的交叉融合,形成了粒子天体物理交叉前沿,中微子物理实验、粒子天体物理实验、宇宙线观测等成为了研究的热点。我们应当根据国际前沿发展动向,发挥我国的

特点,选择合适的切入点。

- 国际合作:参加高能量前沿大型实验的合作,例如 LHC 实验的国际合作和国际直线对撞机 ILC 的 R&D。

- 积极发展基于加速器的大型科学研究平台,如先进同步辐射光源,散裂中子源、硬 X 射线自由电子激光等,为多学科交叉前沿研究提供有力的研究工具。

1999年6月28日中科院向国家科教领导小组第五次会议提交了《中国高能物理发展战略》报告。会议讨论了这个报告,并要求中科院进一步研究中国高能物理界的路线图,并听取国际粒子物理学家的意见。并同意了报告中提出的增加 BEPC 运行和维护改进预算的建议:

- 将 BEPC 的年度运行经费从 2700 万元提高到 5000 万元。
- 1999~2001 年期间,每年提供 3000 万元专项经费用于 BEPC 设备的改进和未来发展的研发。

BEPC 运行和维护改进费用的大幅度提高是雪中送炭,极大地增强了 BEPC 的运行和维护工作,为稳定高效运行和 BES 的物理产出奠定了基础。随后我院其他大科学装置的运行维护费用也得到了提高。这对当时的国家对基础研究的投入的力度来讲是非常不容易的。李政道先生积极推动了 BEPC 的运行和维护改进费用的增加。

对预算增加,高能所在 BEPC 运行性能和效率方面作出了下列承诺:

- 年度运行时间从 7 个月增加到 9.5 个月,其中 BES 的对撞实验为 5 个月,同步辐射专用运行 3 个月,机器研究为 1.5 个月。
- 加速器启动时间由 1 个月缩短至半个月以内。
- 提高注入效率,直线加速器注入束流能量 1:3→1:5。
- BEPC 的故障率小于 6%。
- 在 2000-2002 年期间,BES II 将获取 5000 万 J/ ψ 事例。

在这些有力的支持下,高能所员工的士气高

涨。维修和备件方面的显著改善。BEPC 运行性能不断提高,更换了陈旧设备,提高了亮度和运行效率,上述承诺都得以实现。BESII 仅用了一年半的时间就获取了 5800 万 J/ ψ 事例,随后半年里又收集了 14 个 pb^{-1} 的 ψ' 事例,取得了多项重要的物理结果。全所的职工有了自信心和对未来发展的信心,也从根本改善了高能物理研究所所在科学院的形象,为我们争取 BEPC 未来发展的重大计划奠定了坚实的基础。

七、《中国高能物理与先进加速器发展目标》报告

根据国家科技领导小组的精神,我们在中国粒子物理学界组织了关于中国粒子物理和加速器路线图的广泛讨论。国际粒子物理学的发展趋势证明了路线图中的策略是正确的。越来越多的高能所的科技人员支持该路线图。多位诺贝尔物理学奖得主和国际上主要粒子物理实验室主任都对高能物理所的这个发展战略给予积极的评价。BEPC 这两年的巨大进步和丰硕成果证明了高能物理研究所有能力去实现 BEPC 未来的发展。BEPCII 决策的时机已经成熟。我们进一步完善了这个报告,包括国际粒子物理的最新的发展,以及更加强调大型多学科交叉前沿研究平台的建设。该路线图的更新版本被称为“中国高能物理和先进加速器发展战略”。

2000年7月中科院将该报告提交给了国家科学技术指导委员会第七次会议。我列席了这次会议。会议原则上同意了《中国高能物理与先进加速器发展战略》报告,并批准了投资 4 亿元进行的 BEPC 的重大改造(BEPCII)。

2000年10月我向李政道先生汇报了《中国高能物理与先进加速器发展战略》的要点,以及我们实施这个战略的部署。李先生十分肯定这个发展战略,认为报告很好地规划了中国高能物理的发展。他积极组织美国各大国家实验室通过中美高能物理会谈的合作机制支持高能物理所进行的

BEPCII的设计和R&D。

八、来自 CESRc 竞争

从1999年夏天开始,高能所开始 BEPCII 的设计和R&D。然而2000年底,CESR考虑到 Charm 能区丰富的物理成果,决定将其质心系能量从10 GeV 区域降低到 Charm 能量区域,即所谓的 CESRc,设计亮度为 $3 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$,与 BEPCII 单环方案的亮度相同。为了讨论北京正负电子对撞机 II 的设计,我和张闯、李卫国于2000年1月访问了美国康奈尔大学的 CESR 和 SLAC。CESR 的领导对我们的访问颇为冷淡,没有进行任何技术性讨论,也没有安排参观超导腔实验室。CESR 所长 M. Tigler 教授认为,CESR 已成功实现了10 GeV 的加速器麻花轨道,在两年内降低能量,转换为 CESRc 是相当容易的。这使 BEPCII 计划面临着非常激烈的竞争。显然,单环版 BEPCII 的麻花轨道方案需要相当长的建设和调试时间,很难与 CESRc 竞争,于是我们考虑了采用双环方案。随后我们访问了 SLAC。SLAC 主任 J. Dorfan 和 B. Richter 教授鼓励我们继续进行双环方案。他们认为与 CESRc 的短期方案相比, BEPCII 双环方案更加可行和可靠。

李先生知道了这些变化,意味深长地说:“Life is interesting”。

CESRc 对 BEPCII 的冲击是巨大的,所内外有些有人很悲观,认为 BEPC 在与 CESRc 的竞争中必败无疑。

九、BEPC II:双环设计

我们注意到,日本高能加速器中心在 KEKB 成功实现了大交叉角碰撞。这使得在 BEPC 现有的隧道内设计大交叉角对撞,建设双环对撞机成为可行。我们发现 BEPCII 的双环设计的亮度可能远远超过 CESRc。因此我们集中力量开始了 BEPCII 的双环设计研究。我们深入进行 BEPCII 的双环方案设计。详细的 Lattice 计算表明,利用 KEKB 相互作

用区域的大交叉角对撞,高性能双环方案可以在 BEPC 隧道中实现。同时我们认为,从加速器物理的角度来看,CESRc 是一个短平快的方案,有很大的不确定性,以前从未做过,很难预测是否可行。我们不能放弃竞争。BEPC II 应在 J/ψ' 和 ψ' 能量上进行优化,其物理潜力要比 CESRc 高得多。设计亮度应比 CESRc 的设计亮度高3~4倍。

我们确定了双环 BEPCII 的设计方案:

- 在 BEPC 隧道现有环内建造新环,两个半新环和两个半旧环在两个相互作用区域交叉,形成双环对撞机;

- 11 mrad 大交叉角水平碰撞;

- 每环93束,总束电流约为1A;

- 每个环采用一个500 MHz 的超导射频腔,对撞区使用超导插入磁铁;

- Linac 升级:正电子注入速率 > 50mA/min;

- 束流能量为1.89 GeV 时,亮度为 $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$,比 BEPC 增加了两个数量级;

- 保持同步辐射运行模式,包括专用光和兼用光,性能大幅度提高。

我们决定建造新的探测器 BESIII,用1 Tesla 的大超导磁体,CsI 晶体量能器和主漂移室。BESIII 将提供小的系统误差和非常高的数据采集率,以匹配高亮度的加速器。

BEPCII/BESIII 的设计和建造得到了国际高能物理界特别是美国国家实验室和 KEK 的大力支持,包括关键部件的设计、评审、研发和制造。中美高能物理合作会议以 BEPCII/BESIII 合作为重点,协调在关键技术和部件方面的努力。

2001年4月我在高能所的大会上强调:CESRc 实际上隐含巨大的技术风险和不确定性。国际上许多著名加速器专家对它并不看好。BEPCII 采用双环方案仍有诸多优势。我们的基点必须放在竞争上。中国的高能物理没有退路。退,就意味着中国高能物理实验国内基地的终止,必须破釜沉舟,背水一战。两军相逢勇者胜。

2001年6月我向李政道先生详细汇报了 BEP-

CII的双环方案和面临的竞争。李政道先生明确支持双环方案,并强调:

- CESR 转入粲能区运行,表明粲物理重要,我们的发展战略是正确的。
- 竞争利大于弊,能逼迫我们努力奋斗,并吸引国际高能界的重视,互相检验重大成果。
- 充分发挥中美高能物理会谈合作渠道,支持 BEPCII。
- 一定要在竞争中取胜。

李先生的这些指教和鼓励大大增强了我们推动 BEPCII 双环方案的信心。

在深入计算双环方案的 Lattice 的基础上,我们逐步完善了双环对撞机的设计方案,逐一落实了关键设备的设计及其可行性。我们的设计方案在南北 2 个对撞点采用了特殊的设计,使得一机两用得以继续。储存环的设计保留已有的同步辐射光束线不变。我们组织了国际顾问委员会对加速器的双环方案和 BESIII 探测器方案进行了深入评审,确认基本设计方案是可行的。对于我们基础薄弱的超导插入四极磁铁和超导高频腔,我们分别落实了与美国 BNL 和日本 KEK 的合作设计和研制。李政道先生在推动与 BNL 的合作方面发挥了重要的作用。双环方案的造价估计为 6.4 亿元,远超过原来计划的 4 亿元。我们请示中国科学院路甬祥院长,确定申请国家投资从 4 亿元增加到 5.6 亿元,高能所自筹 1 亿元,来自前述国家科技领导小组确定给 BEPC 安排的维护改进费和运行费。

李政道先生亲自给朱镕基总理,科技部部长,国家自然科学基金委主任等有关领导一一写信,力推 BEPCII 采用双环设计方案,支持 BEPCII 的国家拨款经费增加到 5.4 亿元。

经过各方的共同努力, BEPCII 双环方案顺利通过了国家发改委的各项立项程序,2003 年 11 月 3 日 BEPCII 动工报告获得了批准。

十、BEPCII 的建设

BEPCII 工程于 2004 年 1 月动工。BEPCII/BESIII

的建设意味着中国加速器和探测器技术的巨大飞跃,包括许多中国从未有过的尖端技术。施工过程中经历了许多困难和曲折。全所同仁团结一心,顽强拼搏。他们夜以继日地努力工作,克服了一个又一个技术困难,保证计划的完工日期“后墙不倒”。

BEPCII 的合作成为了这十多年中美高能物理会谈的主题。李先生运用他在美国高能物理界的巨大影响力,动员和协调美国各个国家实验室帮助我们进行 BEPCII 的设计和关键技术的研发。每年的中美高能物理会谈深入讨论我们在 BEPCII 中遇到的技术问题和需求,逐项安排,一一落实。例如,实现 BEPCII 对撞区大交叉角对撞的关键设备是超导插入磁铁。它是当时世界上最复杂和紧凑的超导插入磁铁。李先生协调美国 BNL 与我们合作,成功地设计和建造了这一对超导插入磁铁,保证了大交叉角对撞的实现。李政道先生密切注视 BEPCII 建设的进展,帮助我们解决技术困难,为我们取得的进展感到高兴。他多次亲自到 BEPC 隧道视察工程进展,图 1 是李先生 2006 年 6 月视察 BEPC 隧道。图 2 是 2007 年 6 月在 BEPCII 和 BESIII 三台大型超导磁体联合励磁成功后,李政道先生亲临 BES 谱仪大厅,表示祝贺。

直线加速器于 2007 年 12 月通过验收。BESIII 于 2009 年 4 月 2 日通过中科院验收。2008 年 7 月 16 日, BEPCII 实现了存储环的第一次对撞。2009 年 5 月, BEPCII 的亮度达到验收指标 $3 \times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, 李政道先生立即发来了贺信(图 3),表示热烈的祝



图 1 2006 年 6 月,李政道视察 BEPC 隧道

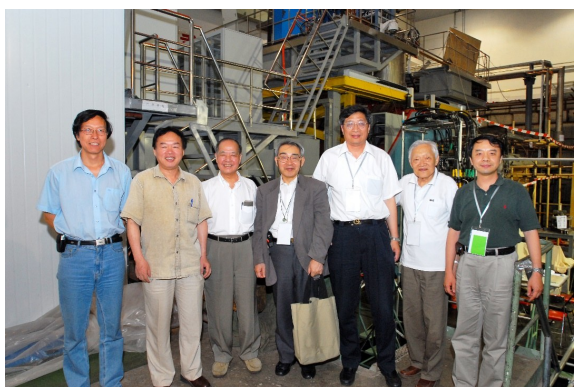
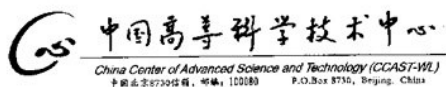


图2 李政道到北京谱仪大厅祝贺 BEPCII 三台超导磁体联合励磁成功



和生：

非常高兴得知在您的领导下,经过 BEPCII 工程全体同志的努力,13 日贮存环的亮度达到了 $3 \times 10^{23} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的验收指标,比改造前提高了 30 倍, BEPCII 工程圆满完成。这是中国高能物理实验研究的又一次重大的飞跃,为中国在聚物理研究和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。

特此向您和 BEPCII 工程全体同志致以最热烈的祝贺,祝愿你们在聚物理和轻子物理方面和加速器技术、探测器技术方面取得更多、更重要的成果。

政道
5/19/09

图3 2009年,李政道为 BEPCII 发来的贺信

贺。BESIII 获得了许多有趣的物理结果。BEPCII 按期完成了施工和调试,不超预算,并达到了验收指标。2009 年 7 月通过国家验收。正如我们所料,CESRc“短平快”的方案完全不能达到预期的设计目标,无法与 BEPCII 竞争。在 BEPCII 开始运行后不久,它就停止了对撞物理运行。

2016 年 4 月 BEPCII 的亮度达到了设计指标 $10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。李政道先生立即发来了贺信(图 4),

BEPCII 的成功,保持和发展了其在世界 charm 物理领域的领先地位。BEPCII 实现了中国加速器和粒子探测器技术的巨大飞跃,为此后十多年来的粒子实验和粒子加速器提供了支持。更重要的是,年轻一代的加速器和探测器物理学家和工程师在建造过程中成长起来。现在 BEPCII 正在准备新的升级,进一步提高束流能量和对撞亮度,提高国际竞争力。

和生、贻芳：

喜闻 BEPCII 对撞亮度达到 $1 \times 10^{33} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的设计指标,十分高兴。我向您和高能物理研究所全体同事,特别是在运行第一线上劳苦工作的同事们表示衷心的感谢。

我真诚地期望,高能物理研究所的全体同事继续努力,充分发挥 BEPCII 的性能,为祖国在世界高能物理研究中占居一席之地,取得更多第一流的成绩作出贡献。

志 此 祝

好

李政道
二〇一六年四月九日

图4 2016年,李政道为 BEPCII 发来的贺信

BEPCII 凝聚了李政道先生最多的心血,也是中国高能物理发展历史上的一个美好篇章。李先生的历史性贡献载入了史册。今天我们回顾这段历史,衷心感谢李先生对中国高能物理的巨大贡献,李先生对科学的执着,对真理的追求,对祖国的热爱和奉献,是我们学习的楷模,永远教育和激励着我们年轻一代团结奋斗,铸造中国高能物理新的辉煌。

作者简介:陈和生,中国科学院院士,北京正负电子对撞机国家实验室主任,高能物理研究所原所长,中国散裂中子源工程指挥部总指挥,工程经理;北京正负电子对撞机重大改造工程经理。