

* 国际交流与合作 *

中国高能物理研究的进展与国际合作

——从第 17 届轻子光子相互作用国际会议(LP'95)谈起

郑志鹏* 巨 新

(高能物理研究所 北京 100039)

提要 本文概述了第 17 届轻子光子相互作用国际会议(LP'95)的盛况,简要介绍了近年中国高能物理研究取得的重要成果,充分说明了高能物理学界国际交流与合作的必要性和重要性。

在 21 世纪即将到来之际,人们都在谈论高能物理的“危机”。如何看待这一问题?李政道教授有一种独特的看法,他认为:按照中文的意思,所谓“危机”包含了危险和机遇两个方面,正如其他学科的发展一样,某个阶段的徘徊会促使人们探索新的研究方法和途径,往往孕育着新的突破。那么,“危机”究竟来自何方?如何转化为机遇?高能物理是研究物质最小组元及其相互作用规律的一门学科。从 50 年代初第一台高能加速器诞生至今的 40 多年里,高能物理已经逐步建立和发展了一种描述微观世界规律的“标准模型”理论。但是,仍有许多基本问题悬而未决。另一方面,如要从根本上回答这些问题,需要建造新的高能加速器和探测器,巨额的建造经费困扰着高能物理学家们。

事实上,近年来,在国际高能物理学界的艰苦努力下,已取得一些重大的成果,例如,1995 年 3 月,美国费米国家实验室宣布发现了顶夸克;同时,随着世界经济的复苏,欧洲委员会已批准大型强子对撞机 LHC 的建造计划。这些都预示着高能物理研究的新曙光。第 17 届轻子光子相互作用国际会议正是在这种背景下召开的。

一、LP'95 概况

1995 年国际高能物理学界最重要的会议——第 17 届轻子光子相互作用国际会议于 1995 年 8 月 10 日至 15 日在北京国际会议中心举行。本次大会经国际纯粹和应用物理协会(IUPAP)授权,由中国科学院高能物理研究所主办,得到国家科学技术委员会、中国科学院、国家自然科学基金委员会和中国物理学会等国家最高科学管理机构 and 学术团体的支持。来自世界上 30 多个国家近 700 名高能物理学家聚首北京,与 200 多名中国同行交流近年来高能物理研究领域内的最新成果和动态。代表均来自高能物理理论和实验研究的第一线,其中包括世界上各大高能物理实验室的主要负责人、IUPAP 和国际未来加速器委员会(ICFA)的成员。李

* 中国科学院高能物理研究所所长。

政道和丁肇中教授自始至终参加了大会,并就近年来国际高能物理理论和实验研究进展做了综述报告。另外,本次会议还有大会报告 32 个,会议代表还依据报告专题提交论文 357 篇。按照国际惯例,会议为参加者提供了会议图书馆和国际计算机联网通讯服务,并为每位大会报告人专门配备了学术秘书。

本次会议得以在中国举行,乃是中国高能物理学家经过多年努力奋斗的结果,特别是成功地建造了北京正负电子对撞机(BEPC)/北京谱仪(BES),及获得的一系列出色的物理结果,也是国际合作的一个成功范例。中国高能物理研究所的李金、陈和生研究员和北京大学的赵光达教授在大会上分别做了题为“粲子素和轻强子谱的实验进展”、“ τ 物理”和“粲夸克能区中的物理”的报告,引起了普遍关注。通过此次会议,使中国高能物理学界,尤其是年轻一代高能物理工作者,有机会了解高能物理的发展现状、研究内容和成果,同时,我们有机会把自己的研究成果介绍给全世界,将进一步促进和发展国家及实验室之间的国际合作。

与会代表普遍认为,大会报告选题全面地概括了当今实验和理论高能物理的重要研究方向与最新成果,为国际间学术交流创造了良好的机会。其中,美国费米实验室的代表介绍了顶夸克发现的研究成果;欧洲粒子物理中心(CERN)的代表介绍了国际高能物理学界十分关心的大型强子对撞机(LHC)的进展状况。

二、国际高能物理学研究的一些进展

在世界范围内,高能物理学家的努力及成功可以用周光召院长在 LP'95 开幕式上的一段讲话来概括,他说:“基本粒子物理是基础研究的前沿学科之一。在过去几十年中,为探索物质最终结构及其相互作用规律起到了至关重要的作用并获得了丰硕的成果,从而大大丰富了人类对自然的认识,同时对其它学科和新技术的发展做出了重要贡献。多年来,高能物理学家们一直在不懈地进行各种目标的高能物理实验,终以最近在费米实验室万亿电子伏特对撞机上发现顶夸克而达到顶峰。”

丁肇中教授在 LP'95 的实验总结报告中指出:“近两年来最重要的物理结果是来自费米实验室的数据,即顶夸克的发现及其质量的测量。”今年三月,在美国费米国家实验室 1.8TeV 的 TEVATRON 质子—反质子对撞机上工作的 CDF 和 D0 组宣布了顶夸克的发现,其质量分别是 176 ± 8 (统计误差) ± 10 (系统误差) GeV/ c^2 和 199^{+19}_{-21} (统计误差) ± 22 (系统误差) GeV/ c^2 , 产生截面分别为 $6.8^{+3.1}_{-2.1}$ pb 和 6.4 ± 2.2 pb。但精确的测量以及顶夸克的特性的研究还需进一步完善。例如:顶夸克质量有金的原子核那么大,比粲夸克和底夸克大很多,是什么原因? 夸克的质量来源是什么? ……。近年来的其它重要成果还包括夸克只有三代的实验证据、轻子普适性的实验检验、B 介子衰变到 K^* 和光子的事例观察、 $B^0 - \bar{B}^0$ 混合以及标准模型参数测量精度的大规模提高等等。

建在中国科学院高能物理研究所的 BEPC/BES 是目前国际上唯一在 3.0—5.6 GeV 能区稳定运行、产生最大数据量的正负电子对撞机和探测器,主要进行 τ 轻子和粲物理的实验研究。几年来,已积累了 900 万 J/ψ 粒子, 340 万 ψ' 粒子, 10 万 τ 轻子以及 $22\text{pb}^{-1}\text{Ds}$ 粒子的数据。通过对这些数据的分析,中国高能物理学家获得了一批在国际高能物理界有影响的成果。例如 τ 轻子质量的精确测量。是近年来国际高能物理学界最重要的实验结果之一。再如 BES 合作

组在 $J/\psi \rightarrow \gamma K^+ K^-$, $\gamma K_s K_s$ 的研究中重复了美国 SLAC MARK III 的结果, 进一步确认了 $\xi(2230)$ 的存在。并发现了两个新的衰变道: $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$, $\gamma \pi^+ \pi^-$, 这是首次发现的新衰变道, 成为“胶子球”存在证据的重要预示。

D_s 粒子的衰变性质是目前世界上研究较少的领域。BES 合作组对 D_s 的衰变常数 f_{D_s} 进行了首次模型无关的直接测量。该参数值对于粒子物理中的 CP 破坏问题有重要意义。BES 合作组还报道了迄今为止世界上最精确的 J/ψ 粒子衰变宽度实验结果, 包括它的总宽度、强子衰变宽度、电子和 μ 子衰变宽度等。另外, 按照 QCD 理论, ψ' 和 J/ψ 的衰变分支比有一定的比例, 大约为 15%。但实验发现少数衰变有压低现象, 称之为矢量赝标量疑难。BES 的研究不仅证实了这一压低现象, 而且还发现在矢量张量的衰变中也有压低现象出现。从而改变了人们对这些疑难现象的认识, 也给理论提出了挑战。此外, 还在世界上首次测定了 ψ' 粒子衰变为一对 τ 轻子的分支比以及重子对的衰变。不少衰变分支比的测量精度都是世界上最好的。

BEPC 实验给我国粒子物理理论研究提供了极好的机遇和挑战, 特别是从 J/ψ 家族的衰变中大量轻夸克组成的束缚态、奇特态、多夸克态和胶子球态(胶子束缚态)等需要从理论上了解它们的性质, 我国理论工作者围绕这些课题开展了共振态的自旋宇称分析和 QED 辐射修正效应的研究, 预言了各类共振态的能谱及其衰变特征, 特别是胶子球的能谱及其衰变特征, 用以指导实验上寻找胶子球态。

国际高能物理界对于 BEPC 取得的上述成果给予了高度评价, 丁肇中教授在 LP'95 的实验总结报告中谈到近两年来国际高能物理研究的重要成果时, 将 BEPC/BES 的 τ 质量的进一步精确测量、 $\xi(2230)$ 新衰变道的发现和 ψ' 、 D_s 的新结果都包括了进去。

美国夏威夷大学的 S. L. Olsen 教授是日本 KEK B 工厂探测器的发言人, 也是 BES 的合作者之一。他说: “有两个例子能很好地说明中国人的成就, 一个是 τ 轻子质量的测量, 这是粒子的基本参数, 在北京测量的精确度比其它地方高 10 倍。另一个是 BES 合作组最终确认了 $\xi(2230)$ 的存在, 它很像高能物理学家正极力寻找的‘胶子球’, 这也是在北京得到的独特结果。现在 BEPC/BES 已在 τ -粲物理中起领导作用。”在 CERN 工作并最早提出建造 τ -c 工厂计划的 J. Kirkby 教授则说: “经过几年的论证和工作的比较, 中国在过去的高能物理, 尤其是 τ -粲物理研究中, 做出了非常重要的成果, 在许多粒子物理的国际会议上, 有很多结果被引证, 说明中国人的水平很高。”以上充分表明: 中国在 τ -粲物理研究领域内占有十分重要的地位, BEPC 已成为在世界范围内有影响的实验室之一。

三、广泛的国际交流与合作是高能物理研究的必要条件

从研究成果和在未来发展中的地位两个方面来看, 高能物理这门大科学, 有着十分特殊的学科属性。事实上, 在 BEPC 建设伊始, 就开始了中美高能物理合作, 并成立了有关委员会。中美会谈轮流在两国举行, 商讨在 BEPC 建造过程中的问题。例如: 解决了获取和处理高能物理数据的快电子元件与先进的计算机系统及尖端的测试仪器; BEPC 工程还引进了有关工艺技术, 大大提高了我国大功率束调管的寿命, 等等。这说明国际合作是 BEPC 成功的重要保证条件之一。正是 BEPC 的成功, 使我国的加速器和探测器技术得到很大提高, 使国际社会对我国的工业技术水平刮目相看。BEPC 每一部件及分系统的质量已直接成为我国在国际加速器重

大项目上夺标的重要判据。在此基础上,我国已为美、欧、日等大型加速器研制了各种部件,如 SLAC 和 KEK 的 B 工厂, CERN 的大型强子对撞机 LHC 等。在 BEPC 预算内按期建成后,吸引了众多的国际作者,美国的 SLAC、MIT、CALTEC 等十个单位 40 多名科学家来华参加 BES 合作,两国高能物理学家在探测器设计和加工制造中紧密配合,使 BES 达到了国际先进水平。而后精心选择物理课题,共同商讨分析数据,在每年一度的 BES 年会上,对取得的成果进行总结,今年已经是第四届。因此,上述研究成果也是中美两国科学家精诚合作的结果。此外,我们加强了与欧洲和日本的合作,我国按照有关协议每年均选派人员参加在其大型加速器上的国际合作实验项目。同时,国际高能物理学界越来越重视中国高能物理学家的参加,例如,1995 年 3 月美国费米实验室宣布发现顶夸克,其中就有中国科学家的贡献。在 LP'95 上,德国 DESY、美国 SLAC 和日本 KEK 等实验室先后与高能所进行了认真坦率的合作会谈,确定了具体的合作项目。

本世纪末,在中国建立 τ -c 工厂的计划事关中国高能物理学科在 21 世纪的发展以及在国际上的地位,也成为 LP'95 最感兴趣的话题之一,国际高能物理学界对此表示了极大的热情。作为国际高能物理学界最具权威的组织, ICFA 主席 Peoples 教授在闭幕式上发表的声明中肯定了 1994 年 8 月在 SLAC 举行的题为“在 B 工厂之后的 τ -c 工厂的地位”的讨论会和今年 6 月由高能所和美国阿贡国家实验室共同主办的 τ -c 工厂讨论会,并代表 ICFA 支持和鼓励中国政府和学术界对推进 τ -c 工厂的建造计划所做的努力。同时指出,当前国际高能物理研究有高能量和高亮度、高精度两大发展方向。而 τ -c 工厂是唯一在 τ -c 能区做 τ -c 物理的对撞机,系统误差和本底小,在寻找胶子球、 τ 的 CP 破坏、粲子素结构等物理目标具有唯一的优势,是其它加速器如 B 工厂和固定靶实验不能取代的。并强调 BEPC 正是工作在这个能区,在 τ -c 物理研究中已取得世人瞩目的研究成果,还有可以利用的设施(如电子直线加速器)和一支由数百人组成的有经验的队伍,加之中国已经开展了可行性研究,因而希望由中国牵头,以国际合作的方式建立一个 τ -c 物理的研究中心。

李政道和丁肇中教授在各自的 LP'95 总结报告中,也着重论述了 τ -c 工厂建造的意义,从物理目标、加速器和探测器多方面综述了 8 年来国际讨论的结果,强调了其不可替代性和重要性。并多次指出:“ τ -c 工厂:21 世纪中国高能物理发展的最佳选择和唯一的机会。” τ -c 工厂计划的创始者 J. Kirkby 教授也表达了诚恳的愿望:“谁拥有 τ -c 工厂,谁就会占有粒子物理的新现象,就像一张门票,可以进入任何国际高能物理的会议。我们原来认为在 CERN 做这个工作比较合适,现在如果要在世界某个地方建造 τ -c 工厂,北京正是一个合适的地方。”

目前,中国已经启动“ τ -c 工厂可行性研究”,组织了国内一些研究所和大学的近百名专家对物理目标、加速器和探测器设计进行论证,并邀请多位国际专家担任顾问,参与可行性研究。通过对国际国内最先进技术地了解,在理论计算、Monte Carlo 模拟、机器研究和必要的原理性模型测试的基础上,掌握关键技术和对策。计划在 1996 年举行一系列国际研讨会,并在适当时候邀请数名国际著名专家对可行性研究进行评审。

多年来,中国粒子物理学家以在 BEPC/BES 上取得一系列出色的研究成果向世界展示了高能物理研究在中国的活力和发展前景。通过不断的国际交流与合作,我们已跻身于国际大家庭,国际高能物理界在建造 τ -c 工厂计划上对我们的期望正反映了中国的地位。因此,可以相信,我们在未来世纪的国际高能物理研究领域仍将占据重要地位。