

·成果简介·

# 高能物理研究的国际合作

陈和生

(中国科学院高能物理研究所,北京 100039)

[关键词] 粒子物理, 高能物理, 国际合作

## 1 国际合作是发展高能物理研究的基本方式

粒子物理, 又称为高能物理, 是研究物质的最小组元构成及其相互作用规律的最前沿学科, 并在宇宙的起源和进化、天体的形成和演化的研究中起着重要的作用。粒子物理实验是国际上基础科学研究的最前沿和知识创新的热点。世界各发达国家都投入巨大的人力和物力开展粒子物理实验。粒子物理实验研究有力地推动了加速器技术的发展, 并广泛应用到许多领域, 使之成为一项具有战略意义的高技术产业。伴随加速器技术发展起来的同步辐射、散裂中子源, 自由电子激光等给许多学科提供了最新的研究手段, 使它们发生了深刻的变化。

高能物理实验, 包括基于加速器的物理实验和非基于加速器的物理实验。基于加速器的物理实验主要依托投资巨大的大型加速器和大型探测器。非基于加速器的物理实验尽管不要求加速器, 但由于主要以寻找稀有事例为研究目标, 因此使用的探测器规模也非常巨大。因此, 粒子物理实验装置是典型的大科学工程, 其规模巨大, 投资高, 建造周期长并需大量地采用世界上最先进的高技术和投入大量的人力。粒子物理实验装置对资金, 技术和人力(数量和水平)的需求往往超过了世界上任何一个国家的能力, 因此, 国际合作是世界各国发展粒子物理实验研究的基本方式。

中国的高能物理实验研究也是在与世界各国高能物理界的密切合作中发展起来的。北京正负电子对撞机(BEPC)能够成为世界高能加速器研究中心之一, 并以丰硕的物理成果在世界占领了一席之地, 是与世界各国高能物理学家的帮助和重大贡献分不开的。通过国际合作, 中国高能物理学家能够参与

国际高能物理前沿研究几乎所有重要的实验, 对许多重大或重要的成果做出重要的贡献, 同时学到了新技术, 培养了人才, 推动了我国高技术的发展。

高能物理国际合作的含义实际上早已超过了通常意义上的高能物理实验范围, 主要合作的内容和方式包含:

国外科学家参加在国内进行的粒子物理实验的合作; 中国科学家参加在国外进行的粒子物理实验研究和探测器研究的合作; 粒子物理理论的合作及交流; 先进加速器技术的合作及交流; 同步辐射技术及应用的合作及交流。

## 2 自然科学基金资助的国际合作项目的成果

目前我国粒子物理研究的国际合作项目几乎都是由国家自然科学基金委员会支持的。下面就国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)支持我所参与的重大国际合作项目的主要成果介绍如下:

### 2.1 北京谱仪国际合作

近十年来北京谱仪(BES)的“ $\tau$  粲物理研究”一直作为自然科学基金的重大项目得到稳定支持。该重大项目支持了北京谱仪的  $\tau$  粲物理的研究工作, 包括北京谱仪国际合作组的国际合作和交流。来自美国、日本、英国、韩国等国的科学家参加了这项合作。该重大项目取得了许多重大成果, 包括两项国家自然科学基金二等奖:  $\tau$  质量精确测量和  $\Psi'$  衰变性质。最近在 2—5 GeV 强子 R 值精确测量又获得了重大成果。

### 2.2 LHC 实验 CMS 和 ATLAS 的合作

欧洲核子研究中心(CERN)正在研制的大型强

本文于 2003 年 2 月 11 日收到。

子对撞机(LHC)将是世界上最高能量的质子对撞机。它的两个大型高能物理实验 CMS 和 ATLAS 将开展寻找 Higgs 粒子和新物理现象等高能物理前沿重大课题的研究。根据自然科学基金委、中国科学院与欧洲核子研究中心(CERN)达成的合作协议,以我所为牵头单位的两个中方合作组正式参加 CMS 合作组和 ATLAS 合作组,分别承担了部分探测器的研制。同时,我们还参加了 LHC 实验数据分析的网格计算(Grid)的国际合作。

自然科学基金委、中国科学院和科技部联合支持中国科学院高能物理研究所(以下简称高能所)和北京大学参加 CMS 合作,首次在境外国际合作中投入超过千万人民币,对 CMS 探测器做出超过 400 万瑞士法郎的实物贡献。高能所主要承担的任务是:端部  $\mu$  探测器 1/3 阴极条室的研制、磁铁支架的研制和桶部  $\mu$  探测器 12 000 块高压板的组装测试。几年来合作进展十分顺利,2002 年夏天 CMS 合作组对我所阴极条室实验室和样机的研制进行了评估,认为我所阴极条室的研制和测试水平完全达到了 CMS 的要求,同意从试制阶段转向批量组装。北京大学承担了 RPC 的研制。

自然科学基金委与科技部共同支持高能所,南京大学、山东大学和中国科学技术大学等组成中国合作组,对 ATLAS 的建设做出超过 100 万瑞士法郎的实物贡献。高能所承担了建造 ATLAS 探测器  $\mu$  子谱仪桶部与端盖之间过度区的 BEE 室系统的工作,包括 32 个精密监控漂移管室(MDT)。目前 MDT 的研制工作进展顺利。

### 2.3 L3 宇宙线测量国际合作

L3 是欧洲核子研究中心大型正负电子对撞机上的大型实验装置,是目前世界上最大的磁谱仪。高能所于 1982 年参加了 L3 国际合作组。在多年成功合作的基础上,中国与德国、荷兰、瑞士等国科研机构 and 大学决定利用 L3 大型磁谱仪对宇宙线前沿领域进行研究,是世界上第一次利用大型的高能加速器实验装置开展宇宙线的精确测量。

该实验主要的物理目标是寻找宇宙线中类似于云南站粒子的弱作用重质量粒子(WIMP),同时进行宇宙线  $\mu$  子能谱的精确测量等。经过两年的运行,获取了 120 亿个宇宙线事例。目前正在进行分析,预期将能取得重要成果。

自然科学基金委、中国科学院、科技部大力支持境外这项基础科学研究领域的国际合作,使我们在合作中起到重要作用并做出比较大的贡献。我们研

制了 200 平方米的闪烁探测器,并在触发判选电路设计研制、径迹重建软件、蒙特卡罗模拟等方面做出了重要贡献。我们派驻一批人员在 CERN 承担探测器运行维护和数据获取、数据分析和物理研究等大部分工作。

### 2.4 西藏羊八井国际宇宙线观测站

世界屋脊上的西藏羊八井国际宇宙线观测站具有得天独厚的地理条件。1988 年起与日本东京大学宇宙线研究所等单位合作建造了广延大气簇射阵列,得到了自然科学基金委的大力支持,取得了许多重要成果。1999 年自然科学基金委、中国科学院、科技部联合支持我所与意大利国家核科学院进行大规模的中意合作——羊八井-ARGO 实验室,中方将投入 3 400 万人民币,意方将投入 450 万美元。

该实验是在海拔 4 300 m 的西藏羊八井建造 10 000m<sup>2</sup>阻性板室(RPC)全覆盖式“地毯”阵列,实现对宇宙线大气簇射的低阈能、高灵敏度和高精度观测,从而以全天候、宽视场的阵列技术统一覆盖 10GeV—100TeV 的宽广能区,开展多项宇宙线和天体粒子物理前沿课题研究。其基本研究目标是: $\gamma$ 天文、 $\gamma$ 暴物理、反质子丰度测定等。

目前这一合作进展顺利,1.5 万 m<sup>2</sup>ARGO 实验大厅已于去年初在羊八井建成,开始安装首批 RPC。预计整套设备可于 2003 年全部建成并投入观测。羊八井已成为国际上最具代表性的高山宇宙线实验基地。

### 2.5 阿尔法磁谱仪

阿尔法磁谱仪(AMS)是丁肇中教授领导的大型国际合作科学实验。AMS 的科学目标是寻找宇宙中的反物质和暗物质,并精确测量同位素的丰度和高能  $\gamma$  光子。实现 AMS 科学目标的关键是能在空间条件下运行的强磁体。AMS 是人类历史上第一台送入太空的磁谱仪,在宇宙空间对带电粒子进行直接观测,开创了一个全新的科学领域。

1995 年,自然科学基金委张存浩主任代表中国方面与丁肇中签订了合作协议。在原国家科委、自然科学基金委和中国科学院的共同支持下,中国科学院电工研究所、高能物理研究所和中国运载火箭技术研究院承担了阿尔法磁谱仪永磁体系统项目的设计、研制、测试和空间环境模拟实验,成功地研制出了人类送入宇宙空间的第一个大型磁体系统。1998 年 6 月 2—12 日,阿尔法磁谱仪搭载美国“发现号”航天飞机成功地进行了首次飞行,取得了许多重大物理成果,包括以下重要发现:在赤道上空正电子

与负电子之比为4:1, $^3\text{He}$ 远远多于 $^4\text{He}$ ;在原始宇宙线质子谱外存在第二个宇宙线质子谱;此外将反氦核存在的上限降低到 $10^{-6}$ 。

阿尔法磁谱仪永磁体系统获2000年国家科技进步奖一等奖。自然科学基金委、科技部和中国科学院联合支持高能所参加阿尔法磁谱仪二期工程的电磁量能器的研制工作,电工所参加超导磁体的研制工作。改进后的阿尔法磁谱仪预计于2005年送到国际空间站运行。

### 3 对高能物理国际合作的建议

中国以相对较小的投入参加高能物理研究大科学工程国际合作对推动我国高能物理研究的发展,跟踪国际科学前沿,并对国际高能物理研究的发展做出贡献具有重要意义,是中国高能物理发展的必由之路。认真总结我国高能物理国际合作的经验和教训,加强高能物理国际合作的规划、组织和管理,具有十分重要的意义。国家自然科学基金委员会提出的“十五”期间国际合作工作的思路对高能物理国际合作具有重要的指导意义。

目前,我国高能物理国际合作的方式已从最初的以人员交流为主发展到大型的合作实验,从早期国际高能物理界帮助我们建造北京正负电子对撞机到我们参与美国和日本的B介子工厂、欧洲大型强子对撞机的建造并做出贡献,合作范围也从早期围绕高能加速器的合作扩展到今天的包括非加速器物理实验、同步辐射应用、强流质子加速器等领域在内的多学科的合作,从早期仅与少数国外科研机构的合作扩展到今天与包括美国、欧洲和日本等各国的科研机构和大学在内的全方位的合作。我们建立了若干国内大科学实验的基地,特别是北京正负电子对撞机的成功建造及其重大成果使它成为了世界八大高能物理加速器中心之一。许多国外的科学家来到中国参加以我为主的大科学实验装置的合作,如北京谱仪、羊八井宇宙线观测站等。经验表明,只要能在国际科技合作中发掘我们自身的优势并做出高水平的工作,不仅能够吸引国外科学家的参与和投资,而且完全能够在合作中起主导作用。

随着中国经济的发展和科学投入的增加,越来越多的国际合作邀请中国科学家参加,并要求中国科学家分担加速器和探测器的建造和运行费用,做出实质性的贡献。但是,我们必须清醒地认识到:

(1)我国仍然是一个发展中国家。尽管近年来,

中国对国际合作的投入有较大的增加,但与发达国家相比,在可以预见的将来,对高能物理的投入仍然是十分有限的;

(2)我国高能物理研究的队伍规模不大,缺乏高水平的人才,整体水平还有待提高;

(3)我国的工业基础,特别是许多高技术仍然比较落后,在一定程度上制约了我们在国际合作中的地位和作用。

必须承认,上述因素限制了使我国在国际科技合作中整体水平的发挥。在多数国际合作中我方参与的显示度不高,仅在少数国际合作中占领了一席之地。这与当前科教兴国和知识创新的要求很不适应。大幅度提高国际科技合作的水平是实现知识创新目标的重要组成部分。我们必须在国际合作中提高显示度,占领一席之地,为原创性成果做出重要贡献。大幅度提高国际合作的水平,提高国际知名度,也是建立国际一流研究所和国际一流大学的必要条件。

中国高能物理的未来发展必须进一步加强国际合作,总结二十多年来的经验和教训,我们有以下的思考和建议:

(1)大力支持以国内的实验装置为基地进行实验研究的国际合作,例如BEPIC/BES和羊八井。高能所正在建造BEPICII,将亮度提高两个数量级,并建造探测器BESIII,预期将能获得许多重大物理学成果。许多国外的科学家表示了强烈的兴趣,有意参加合作,做出自己重要的贡献。我们期望自然科学基金委能进一步加强对这些项目及其国际合作的支持,包括:(i)加大对国内这些实验装置上研究工作的支持力度,提高我们的研究水平;(ii)争取更多的外国科学家来中国参加BEPICII/BESIII,并对加速器和探测器的建造做出贡献。为此,希望自然科学基金委能与有关国家的科学基金组织(如美国、日本、韩国等)谈判,签订有关BEPICII/BESIII的合作协议,为参加合作的该国科学家提供必要的经费支持,包括分担探测器的建造费用;(iii)建立支持国外科学家来华参加这些国际合作的机制,包括长期和短期的访问学者。建议自然科学基金委建立类似于日本JSPS支持访问学者和博士后的机制。这将有助于提高国内研究水平。

(2)正确选择国际合作项目以及我方承担的任务至关重要。必须集中有限的人力和财力,坚持“有所为,有所不为”的原则,慎重选择项目,这样才可能在合作组中占有一席之地,在前沿科学领域做出有

显示度的工作。建议考虑选择合作项目的的主要因素包括:(i)有重大或重要科学意义的前沿项目;(ii)我方具有一定的优势,能对该项目做出重要的贡献,例如,物理研究的积累,技术或资源优势;(iii)有一支稳定的对此项合作有兴趣并能胜任合作的队伍和年富力强的学术带头人;(iv)国际合作组提出的条件(经费或设备贡献,包括后期运行费)合理,是我们力所能及的。

一个实验组也必须“有所为,有所不为”,不宜同时参加多个国际合作项目。提倡国内单位联合起来,共同参加一个国际合作项目。可以考虑借鉴国外经验,如英国卢瑟福实验室和大学的合作方式,探索出高能物理研究所与大学优势互补的合作方式。

(3)建议科技部、自然科学基金委和中国科学院协调,共同建立一个固定任期的高能物理国际合作咨询委员会,统一规划和评审我国参加高能物理国际合作项目。评审项目时应考虑国家可能给高能物理国际合作提供的总经费限制。

(4)对国际合作探测器的经费投入应重点支持能促进国内相关探测技术和高技术发展的项目,改变目前多数是劳动力密集或原材料密集设备的贡献方式。

(5)应当保证对参加国际合作的后续经费支持,特别是进行数据分析和网络的支持。建议尽快落实参加LHC实验国际合作所需的数据分析计算环境和网络通讯的经费。

(6)加大对先进加速器技术及应用,同步辐射技术及应用和先进探测器技术研究国际合作及交流的支持。这些方面的合作意义重大:(i)促进国内这些重要研究领域发展;(ii)推动相关高技术的产业化;(iii)为今后参加国际合作提供技术储备。

(7)积极部署和支持可能具备重大科学意义的长远项目的前期研究,如从日本JHF到北京的超长基线中微子振荡实验。

(8)加大对在中国举行的重要国际学术会议和讲习班的支持力度。

## INTERNATIONAL COOPERATION IN HIGH-ENERGY PHYSICS RESEARCH

Chen Hesheng

( Institute of High-energy Physics, CAS, Beijing 100039)

**Key words** particle physics, high-energy, international cooperation

·成果简介·

# 重大项目“半导体复合光功能材料与器件的基础性研究”成果介绍

何杰 夏传钺

(国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100085)

**[关键词]** 半导体,复合光功能材料,重大项目,成果

国家自然科学基金“九五”重大项目“半导体复合光功能材料与器件的基础性研究”日前通过验收,顺利结题。该项目的负责人为阙端麟院士,由浙江

大学、山东大学和中国科学院半导体研究所等单位联合承担,并组成以阙端麟院士和蒋民华院士为首、由7名科学家组成的学术领导小组,具体指导与协

本文于2003年2月21日收到。