

# PHYSICS

ISSN 0379-4148

CN 11-1957/O4

# 物理

第42卷 第9期 2013



北大物理百年  
Physics at Peking University 1913-2013

物理学院

物理学院学术公告栏

北大物理百年专题

硅烯:一种新型的二维狄拉克电子材料

太阳磁重联的新证据



中国物理学会 主办  
中国科学院物理研究所

# 北京大学核物理学科近十几年的几件事

叶沿林<sup>†</sup>

(北京大学物理学院 核物理与核技术国家重点实验室 北京 100871)

2013-07-10收到

† email: yeyl@pku.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20130906

北京大学物理学科100周年之际,徐仁新老师来电话说,要给《物理》杂志写一些回忆性的文章;除了早些年的历史之外,最好也有点近些年的内容。我本人应该说远不具备写“回忆”的资格,但为了“填补”一个时间段,也只好勉强为之。而我印象最深的,还是涉及核物理学科的几件事情。

## 1 重要的历史转折

我是1988年12月从国外回到当时的北京大学(简称北大)技术物理系的。上世纪90年代,我们国家的教育科研经历了一段十分艰苦的时期。在市场化的浪潮中,“造原子弹的不如卖茶鸡蛋的”成为一种社会常态,北大也不得有推倒南墙之举,以方便做生意。我在1993年评了教授,国家工资是390元,加上各种杂费,每月收入大约500元。老师们的生活十分清苦,许多年青老师都在琢磨两件事:下海或出国。核物理核技术学科当时的状况更有些“雪上加霜”,那就是1996年的“核禁试”之后(以及当时要水电不要核电的风潮兴起),核物理核技术学科从国家重点扶持的学科(一直有专门的归口主管部门),一下子变成了没人喜欢的孩子。大部分高等学校(简称高校)都把核学科砍了(等离子体物理学科砍得更干净),或者彻底改造了。这好像也是我们过去行业发展的一种特色,就是容易跟风,大起大落。国外发达国家一般采取不大一样的做法,在面临大的事业发生变动的时候,往往会把核心队伍转移到高校里保存起来,使学科能够稳定发展,在需要的时候就可以很快搭起平台。北大的情况稳

定一些,一般不会彻底砍,再加上当时陈佳洱先生担任校领导,我们就还能“幸存”。当时技术物理系的师资主体还是“文革”之前的大学毕业生,年青教师很少,于是我在1996年41岁的时候被推上了当时技术物理系主任的位子,而主要任务就是“谋生存”。本科招生很难,很大一个系(教职工一百多人),已经砍到了每年核物理本科招20人(尽管有40个名额),应用化学(原来的放射化学)招20人。由于年青师资流失严重,经费紧缺,科研自然很难开展。当时很多得力的人都去做能够在市场上见效的事。举个例,我们实验核物理教研室就凑了点钱做成本,由教研室负责人刘洪涛老师抽出部分时间,牵头去开发“核子秤”,后来丁富荣老师等还注册了一个小公司去大力开发市场,还真卖出了几台,最后算是还上本钱,不赔不赚。

当时最大的问题是年青教师的稳定。我当时是实验核物理方面少有的年青骨干,那时可是不缺办公用房,我一人用了加速器楼二层5—6间屋,只是没东西做事,工会办舞会就来我们空空的实验室(好几间连起来的大屋子)。最典型的要算我们理论核物理教研室,当时做理论的中青年教师中,就只有郭华老师还在老老实实在地讲课做事。但他实在太苦,每月工资单下来,扣掉必须交给学校的各种支出(幼儿园、水电、房租……)之后,基本都是负数。我清楚记得有个晚上,郭华老师(当时的理论教研室主任)来找我这个穷系主任,很不好意思的说要调到中国科学院一个研究所去,因为那边承诺给他每月900元的工资,这对他的“存活”非常重要。可郭华老师当时是我们系在核理论方面的核心(包括讲基础课),对

单位和学科的“存活”也非常重要。所以我费尽口舌说服他再等半年，随后费了大劲才把系里的讲课费翻一倍，从每课时3元增加到每课时6元，也算是向一线教师“倾斜”，实际没多大用，但体现心意。后来学校也搞了主干基础课来给些津贴，情况略有好转。国家提出科教兴国战略之后，主管教育科研的李岚清副总理调研基层情况，技术物理系整理了一份以郭华老师为代表的年青教师生活状况报告，上报学校，学校又层层上报中央，这或许也为后来岗位津贴的实行提供了一个侧面的依据。李岚清副总理曾两次亲自走访郭华老师当时住的“筒子楼”房间(在畅春园55楼)，一次在改造前，一次在改造后。而当时全国兴起的“筒子楼”改造工程，的确是改善青年教师居住条件的一大善举，我想所有经历过的人都会念念不忘。

1998年，北京大学百年校庆，确定了建设世界一流大学的目标。国家实施“985工程”，1999年下半年开始启动了岗位津贴，大幅度提高了教师工资待遇。国家科教兴国战略的实施，为学科和师资队伍建设带来了生机。在学校的支持下，核物理学科抓住机遇，从国外吸引了一批优秀学者加盟或回归，包括钱思进、孟杰、班勇、许甫荣、冒亚军、郭秋菊等等，他们现在都成了学科或方向的带头人。2001年5月，按照学校的统一部署，原技术物理系的粒子物理与核物理学科，核技术及其应用学科进入物理学院，应用化学学科并入了化学学院和环境学院，在新时期迎来了新的发展。但很遗憾的是，在转折时期，作为核理论教研室主任和后来物理学院主管本科教学副院长的郭华老师，不幸得了不治之症，于2006年在43岁时英年早逝。他自己一直安贫乐道，却不遗余力地为人才引进创造条件，经常为了很多琐碎和困难的事情为新来的人跑上跑下，默默奉献。他的贡献和品格，应该被永远铭记。

## 2 高能物理实验方向的建立

多年来，北大一直有很强的高能物理理论队

伍，但缺少高能实验方向。上世纪60年代，粒子物理标准模型被提出，在科学发展史上具有里程碑的意义。到1983年，在欧洲核子研究中心(CERN)的超级质子同步加速器(SPS)上发现了标准模型预言的W和Z<sup>0</sup>玻色子，使得电弱统一的规范场理论得到验证，大大提升了人们对标准模型的认可度。但标准模型中还有个最为核心的问题，就是质量的来源问题。满足规范对称性的体系，要求各种基本粒子的质量为零。需要通过与一种理论预言的希格斯(Higgs)场发生作用，同时对称性自发破缺，才能使现实物理世界里各种粒子获得质量。显然，Higgs机制在这里具有决定性的作用，而能否在实验上寻找到Higgs，也成为标准模型能否成立的关键。从上世纪80年代开始直到1993年底，美国曾经在德克萨斯(Texas)州建设超级超导对撞机(SSC)，首要目标就是寻找Higgs。当时中国派出了许多学者参与，我本人也在那里工作了相当长一段时间，直到SSC下马。上世纪90年代中后期，在日内瓦的欧洲核子中心接过了寻找Higgs的任务，开始全力兴建大型强子对撞机(LHC)。其中一个大型实验装置“紧凑型缪子螺旋管(CMS)”，正在广泛寻求合作。当时准备来北大工作的钱思进博士和中国科学院高能物理研究所的王运永研究员(他在CMS访问工作)带来了这方面的信息，并推动北大参加CMS合作。1996年，北大方面委托钱思进在CMS合作组报告了北大的情况和意愿，北大得到批准正式成为CMS合作组成员。但商讨北大能承担什么具体的硬件建设任务，就要复杂和困难得多。我们手里实在没什么好的家当，实验室看起来很不上档次。图1是1998年10月8日，CMS的几位负责人来“现场考察”，我们摆出了全套家当，但显然让人很不放心。当时CMS最紧急的是要找到队伍承担前向阻性版探测器(FW-RPC)的研制、批量制作和安装测试。FW-RPC用于小角度缪子触发，需要承受极高的计数率并保持极低的本底，大面积探测的时间分辨率也要低于1 ns，等等。按照*CMS Bulletin* (季刊)1996年第1期上“Letter from

the Spokesperson(发言人的信)”的表述，缪子探测是CMS的“two main flagships(两面旗帜)”之一，而“design, funding and construction of the forward RPCs remains a very high priority for CMS (FW-RPC的设计、投资和建设在CMS一直具有很高的优先度”。以当时北京大学研究组的基础和能力，要承担FW-RPC的硬任务风险非常大，当然如果成功，国际影响和能力提升也会比较大。CMS方面自然很不放心，写信说“this is less realistic as the construction of such devices may be very delicate and the technology has not been finalized(由于要建造的这种探测器可能非常精巧并且所需技术尚未成熟，北京大学组承担这项任务不大现实)”。当时我们衡量了自己的力量，认为尽管设备基础较差，但技术能力并不弱。我们向学校陈佳洱校长和王义遒常务副校长汇报，学校认为世界一流大学没有不参加高能物理实验国际大合作的，因此认为实质性加入LHC是个难得的机遇，必须抓住。随后，参加LHC实验装置建设(CMS和ATLAS-超环面仪器)又得到国家自然科学基金委员会和中国科技部、中国科学院的大力支持，基金委王乃彦副主任带队访问LHC，签署了投资支持CMS和ATLAS实验合作的协议，这是我国首次正式投资参加国际高能物理大科学合作。北大组和中国科学院高能物理研究所一起，于1999年起承担了首批重大项目，直到2008年初结题，历时8年。我本人一直担任北大项目组的负责人，任务就是要做出CMS的部分FW-RPC(RE1/2和RE1/3)。

第一步当然就是要全面掌握大面积雪崩型RPC技术。此前我们压根没见过RPC。1997—1999年，学校给了点预研经费，我们基本上依据文献，就开始从头制作RPC。包括与厂家合作研制合适的阻性板，自己动手反复摸索喷涂半导电的石墨电极层(见图2)，制作气体室、贴读出条、做外支撑泡沫板等等。而1.5万伏直流高压电源和高采样率数字示波器，在当时也是很难找到的设施。但也正因为是“土法上马”，所以对所有细节理解和掌握得十分透彻。在第一个样品完成的最后阶段(1999年7月)，CMS的工程师I. Crotty来我们实验室帮助设计机械结构。当我们经过不知多少次反复，终于在自己“捏”出来的样品探测器上看到真切的RPC雪崩信号的时候<sup>[1]</sup>(见图5)，那个兴奋劲不用提了(见图3)。这个百分之百的国产RPC，随后被运到CERN去做束流测试(见图4)，得到相当漂亮的结果，发表在文献[2]上。文献[1]和[2]大概是中国学者最早发表的关于RPC的学术论文。

为了赶时间，我们临时在技物楼后院平房里开始了第一个样品探测器的研制工作(见图3)，同时建设较大规模的实验室。按照CMS方面的要求，实验室的无隔离空间要达到100 m<sup>2</sup>以上，以便摆放大面积防震工作台，上部空高5 m以上，以便安装小型天车。我们的大楼里很难找到这样的实验室。后来发现技物楼大院中间的锅炉房有这条件。正好北京市组织集中供暖，技物楼自己烧煤的锅炉房被废弃。当时学校科研处长史守旭老师特别支持，想方设法请校领导批



图1 1998年10月8日，CMS代表团访问加速器楼探测器实验室



图2 1999年6月，在技物楼后平房喷涂石墨电极层



图3 1999年7月，第一个国产大面积雪崩型RPC样品制作成功之后<sup>[1]</sup>

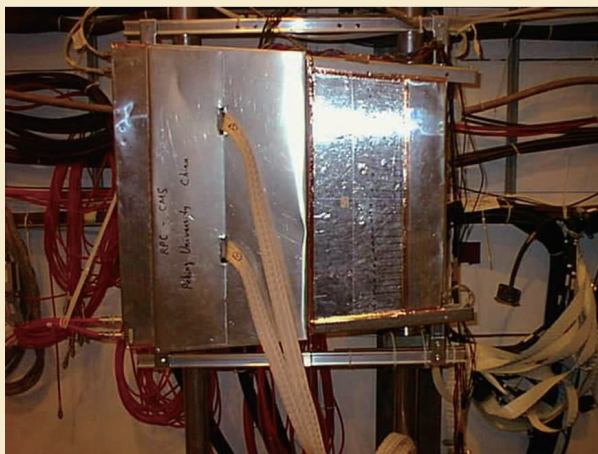


图4 1999年8月, 中国第一个大面积RPC在CERN做束流测试<sup>[2]</sup>



图5 2000年12月18日, CMS代表团访问新建成的粒子探测实验室

准, 从后勤手中要过来破旧的锅炉房。我们请工程队拆掉锅炉、水泵等, 填平大煤坑, 做了彻底装修, 改造出一个相当不错的实验室(见图5)。2000年, CMS负责人又来检查, 这次对我们就比较放心了。

当然, 我们手工制作的RPC只适用于掌握技术, 批量制作则必须按照规范程序, 并采用质量和一致性非常好的部件。因此, 我们随后改用意大利生产的标准气体室, 设计制作全尺寸样品。其中很大的难点是要比原计划大大减小探测器厚度, 以保障整体安装要求。我们为此设计测试了薄型大面积RPC, 后来这种设计作为标准为其他部分FW-RPC所采用。2002年, 全尺寸样品经过束流测试完全达到设计要求, 在CMS大厅作为成果展示了两个月(见图6)。随后, 又开始了艰苦的批量制作过程。这时讲究的是严格的规范程序、质量控制、成套工具的研制和使用等等。这是具有工程性质的阶段, 是通常做科学研究的人不熟悉和不习惯的。我们的好几位教师和工程技术人员为此付出了巨大努力, 终于圆满完成任务。2006年, 北大组负责的批量FW-RPC在CMS大环上安装完备, *CMS Bulletin*做了封面报道(见图7), 指出“these detectors were built by Chinese colleagues from Peking Uni-

versity…(这些探测器是由北京大学的中国同事建造的……)”。2009年, 这些FW-RPC投入LHC-CMS首期运行, 表现很好。2012年7月4日, CERN正式宣布发现似Higgs粒子, 在全世界引起轰动, 被*science*评为2012年度突破(breakthrough)第一位<sup>[3, 4]</sup>。CMS的RPC探测器的性能完全达到要求, 北京大学组在其中发挥了实质性重要作用(是所有FW-RPC中最靠近探测中心和最先安装的)。在CMS发表的发现Higgs-like玻色子的文章中, 北大组15人署名, 单位名称(国家重点实验室)也单独列出<sup>[3, 4]</sup>。应该说, 十几年前在我们条件很差的时候, 北大决策参加LHC-CMS还是很有远见和勇气的, 使得北大物理学科在人类追求了几十年的重大发现中没有缺席, 而且有实质性重要贡献。CMS后来组织的升级项目(2008—2011年), 继续邀请北大组承担了重要任务, 也得到我国基金委的大力支持。在硬件贡献取得门票的基础上, 北大组在赵光达老师等理论同行们的大力支持下, 由冒亚军老师负责, 组织了比较强的高能实验队伍参加到LHC-CMS的物理数据分析工作中, 已经取得很大成绩。这样, 经过十年来努力, 北大的高能物理实验方向可以说是一步到位地进入到世界一流大学的格局和水平。

### 3 发展机遇与国家重点实验室等的建立

进入21世纪,我国能源需求和发展的格局发生了很大变化。由于环境保护的要求,具有绿色能源性质的核能的重要性引起极大的关注。在国家规划中,我国的核能将有一个长期快速的发展(在日本福岛事故之后有所调整,但大的方向不变)。大体的说法,装机容量从2010年的大约10个GW(大体上1个GW相当于建一个核电站),增加到2020年左右的约70 GW,2030年的约200 GW,2050年的约400 GW(相当于那时世界核电装机容量的一半左右)。与此同时,我国在2005—2006前后决策投资参加国际热核实验堆(ITER)计划。这对核科技教育提出了巨大的需求和挑战(各核电站每年需要招聘上万人)。2005年后,全国出现了办核学院的风潮,一下子出来了四五十个核学院。北京大学有我国高校中最早的核学科(1955年开始招收本科生),在新的形势下需要抓住机遇快速发展。但显然在北大不可能是规模的扩张,也不可能是在较低层次上的重复建设,而是要发挥自己的优势,在一流大学的框架下完善学科,提高质量和水平。

2005年起,北大首先是为恢复等离子体学科做了大量工作。北大曾经有很强的等离子体物理

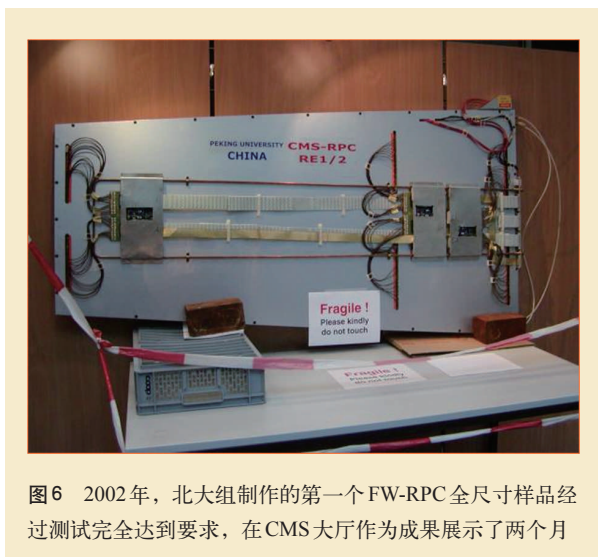


图6 2002年,北大组制作的第一个FW-RPC全尺寸样品经过测试完全达到要求,在CMS大厅作为成果展示了两个月



图7 2006年,北大组制作的批量FW-RPC安装到CMS支架上(左图),CMS季度刊做封面报道

学科,但在上世纪末中断了。2005年9月,物理学院召开内部“十一五”发展务虚会,大家一致认为,应该推动恢复和发展等离子体学科。2005年10月,学校科研部和物理学院在北京西郊宾馆举行研讨会,请了当时在从美国工作多年后回到大连理工大学的王晓钢教授作报告,北大常务副校长林建华、校长助理李晓明和科研部领导以及物理学院、地空学院、力学系等院系的有关领导和老师参加了会议。会上,学校领导和到会学者一致认为,应该推动等离子体和聚变物理学科的发展,建立相应的机构;设立了由李晓明校长助理、叶沿林院长、科研部周辉副部长牵头的校内筹备组,开始具体工作。随后,通过郑春开老师等积极联络,组织了几次到国内磁约束聚变方面的主要科研单位访问,召开了规模比较大的国际会议,专门拜访了科技部“国际热核实验堆(ITER)”办公室和ITER中国专家组组长霍裕平先生等。从2006年起,北大开始在本科高年级开设等离子体和聚变方面课程,并开始招收等离子体方向的研究生。由于世界范围内等离子体物理人才的短缺,我们引进学科带头人十分困难。最终王晓刚教授于2006年下半年从大连理工大学调入北大,学校为此安排了专门的编制和岗

位，等离子体物理与聚变研究所作为物理学院下属的实体正式建立起来。2008年，学校批准设立了等离子体物理二级学科博士点，从此开始规范培养研究生。

2007年，是北大核学科发展的一个重要年份，发生了很多具有历史意义的事件，包括经科技部批准北大核科学进入国家重点实验室建设期；经教育部批准将原来的半个理科基地扩大为一个完整的独立基地；经国防科工局批准建设国防紧缺学科；北大牵头的核物理国家重点基础研究发展计划项目(973项目)得到批准等等。国家重点实验室是上世纪80年代中期开始由原国家计委(1998年后归科技部)组织建设的国家级科研机构系列，在各个领域已经有较完整的分布。但由于一开始是由世界银行贷款启动的，将与核科技有关的领域排除在外。20年之后，情况已经发生了很大变化，这种限制已经没有意义，在核事业大发展的背景下，实现核类国家重点实验室零的突破成为必然。在核科技行业的陈佳洱等一批老先生的呼吁下，2006年科技部在发布的指南中列入了核物理与核技术国家重点实验室的条目。我本人正好在2006年接替郭之虞老师担任了“重离子物理教育部重点实验室”的主任，马上就面临竞争国家重点实验室的难得机遇。当时北京大学已经有很多年没有新增国家重点实验室，因此对我们的申报非常重视和支持。按照国家重点实验室的要求，我们将原有队伍进行重组，并增加了强子物理的力量，以“放射性核束物理”、“强子物理”、“先进粒子加速器技术”、“核技术应用”四个方向为构架，申报国家重点实验室。经过多轮评审答辩，我们在三个候选实验室中胜出。2007年4月，科技部正式下达“关于组织国家重点实验室建设计划的通知”(国科基函[2007]8号)，列入名单的包括依托北京大学的“核物理与核技术”国家重点实验室。随后科技部组织了建设计划评审和现场考察等，我们均顺利通过。经过两年的建设，2009年实验室正式通过建设验收，成为正式的国家重点实验室。需要说明的是，从2007年开始，国家财政给予重点实验室

稳定且较大幅度的支持，我们从建设期开始正好获得了这种支持。理科基地是教育部在上世纪90年代初开始对基础学科人才培养采取的一种保护措施。核物理学科经过多方努力，于1993年(第二批)获准作为半个基地补充到北京大学物理学基地之中。新世纪以来，核事业迎来了大发展的新局面。在核物理领域的许多专家学者的支持下，北京大学适时向教育部提出申请，将核物理半个基地扩展为一个完整的独立基地。2007年1月18日，教育部正式发出“对《北京大学关于核物理基地单独申报和评审的请示》的复函”(教高司函[2007]13号)，批准了北大的申请，从此有了全国高校中唯一独立组织的核物理理科基地，北大的核科学教育也迎来了新的发展阶段。也是在2007年，国防科工委在全国范围组织国防紧缺学科申报，北大申报的核物理、核技术、核化工与核燃料工程在各申报学校中均占明显优势，获得批准和较大幅度的支持，推动了学科建设和人才培养。我国核物理学科的国家重点基础研究发展计划项目“放射性核束物理和核天体物理”第一轮(2001—2005)申报时，由中国科学院上海应用物理研究所沈文庆院士作为首席科学家；第二轮的项目申报，由我本人接任首席，2007年经过激烈竞争取得成功，对稳定核物理基础研究起到重要作用(2011年结题后，2013年再次开始了第三轮的项目实施(2012年申报获得批准))。

自从2001年原技术物理系分开进入物理学院、化学学院、环境学院之后，北大的各个核类学科之间的联系减弱了。但核事业有其特殊性，有归口的部门和行业，完全按照分散的学科分别去应对就很不方便，有时会失去联系的渠道和机会。为此，陈佳洱先生和几个核学科的负责人一起，积极推动建立一个新的机构。由于本科教育和师资效益在学校现有学科结构下具有较明显的优势，因此不宜再回到过去核类学科单独安排本科招生和教学的方式上去，而比较适合在科学研究的层面加强联系和组织。具体提出的方案是在北大建立“核科学与技术研究院(INST)(简称核研

院”。该方案得到学校大力支持。核研院于2010年6月13日正式成立，学校聘请杜祥琬院士担任院长，王乃彦院士任学术委员会主任，陈佳洱先生任国际顾问委员会共同主任(另一位是S. Nagamiya教授)，我本人担任常务副院长。按照学校的规定，核研院“相对独立地行使对外交流和对内组织科研活动的职能；行政管理挂靠物理学院”(校发[2010]51号)。核研院设立了6个研究中心：核科学基础研究中心、核能研究中心、核技术研究中心、核化学研究中心、核医学与工程研究中心、核政策与法律研究中心。核研院花了近一年时间做发展规划，其中比较核心的部分是提出与外单位合作在北京周边地区建设一项在线同位素分离(ISOL)型大科学工程。随后与在北京郊区的中国原子能科学研究院开展了一系列研讨和商谈。2011年10月31日，当时的王恩哥副校长与万钢院长正式签署了《北京大学与中国原子能科学研究院共同推动建设ISOL型大科学装置的协议》。Beijing ISOL的设想和初步设计，已经经过两次国际顾问委员会讨论，在国际上反响热烈。装置将为未来基础前沿热点的丰中子非稳核研究以及涉及国家重大需求的核能系统材料研究提供支撑。初步准备第13个五年计划期间正式向国家提出建议。如果建成，有望在2030年前后使我国在相关领域发挥引领作用。

总之，在本世纪初叶核事业再次振兴(有人称为“第二个春天”)的背景下，北大核学科抓住机遇加快建设，应该说在国内各高校中是进展比较突出的。

#### 4 放射性核束物理研究按照国际国内大科学合作模式发展

物质世界是按层次划分的，不同层次相互关联，但又相互屏蔽和相对独立，否则层次就消失了。就实验观测而言，不同层次是既互补又互斥的。就如人的手，能看清血肉关联时，就看不见里边的骨质；用较高能量较短波长的X光，能看清骨质，但血肉就变得透明，看不见那些丰富多

彩的关联了。实际上，“看”清楚了原子，就“看”不见外边的化学键关联，也“看”不透更小的原子核；“看”清楚了原子核，就“看”不见外边的原子结构，也“看”不透更小的核子(质子和中子)；而用更高能量和更短波长的探针看见了核子内部结构，外部原子核层次的“血肉关联”就消失了。实际上，每个层次都有自己独特的结构单元、有效相互作用和运动规律，以不同的波段和外部交往，相互不能取代。原子核就是一个非常独特的物质结构层次，具有多种相互作用和内秉自由度以及丰富多彩的关联特征，在若干费米(fm,  $10^{-15}$  m)的波段上与外部交往。原子核的知识对认识天体中元素的生成和能量的变迁有决定性作用，同时对人类的生存与发展和国家的地位与安全产生了重大影响。

在比较充分地认识近300个稳定原子核的基础上，近20多年来，人们进入到非稳定核的广阔未知区域(估计有8000—10000个非稳定核)，发现了一系列新现象，如晕结构、矮巨共振、新幻数、壳演化、集团和分子结构等等，而隐含的是有效核力和结构自由度在非稳定区的变化，需要引入张量力、三体力、密度相关自旋轨道作用、新的对力等等。研究这些现象和规律的学问，称为非稳定核物理，或放射性核束(RIB)物理。由于涉及一系列基础性重大科学问题和潜在的应用前景，世界上所有科技大国均部署了新一代的RIB

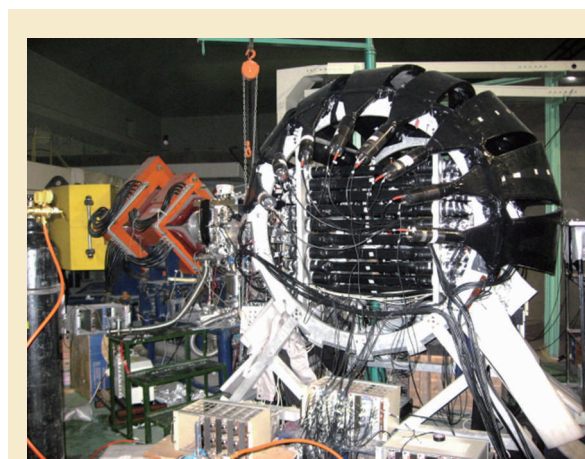


图8 2002—2008年建成的北大中子球应用于兰州核物理大科学装置上开展非稳定核衰变实验研究



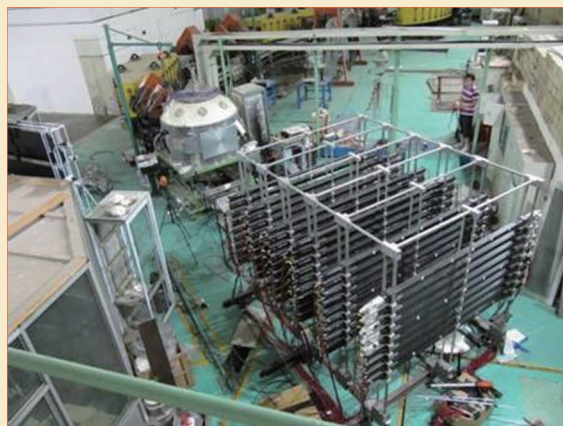


图9 新近建成的北大前向多中子关联谱仪于2012年6月在兰州做束流测试

大科学装置建设，投入竞争。核物理基础研究的大科学性质，决定了高校中的实验组必须能够走出去，在世界范围利用各种大装置开展适合自己目标的研究。

上世纪90年代，北大的核物理实验组在江栋兴、卢希庭、刘洪涛教授等的带领下，已经在我国兰州的重离子加速器装置上开展过一系列实验。自2000年承担973课题之后，我们长期坚持 $\beta$ 衰变延迟粒子发射和直接核反应两条实验路线，在国内大装置上持续开展特色实验研究。我们用7年时间研制和升级了北大中子球装置<sup>[5]</sup>(见图8)，是国际上3台高水平的同类装置之一，由此在国内开辟了 $\beta$ 衰变延迟中子发射的研究方向，并取得一批有重要国际影响的物理成果，成为我国高校在核物理大科学装置上建立实验终端

的典范，连续几年在大装置工作总结中重点报道。最近我们又成功研制和测试了前向多中子关联谱仪<sup>[6]</sup>(见图9)，在兰州重离子加速器装置上使用，用于丰中子核的中子关联特性研究。

到国外一流的实验室开展以我方为主的实验，是对我们学术研究和设备研制能力的更大挑战。2002年，我们在日本理化研究所提出并以我方为主实施了晕核 ${}^6\text{He}$ 的直接核反应实验，这是首次由中国课题组在国际一流装置上提出和完成的核物理实验。图10是当时从国内运去的部分关键探测设备，图11显示实验结束后大家的兴奋之情。当时其实很缺乏经验，实验中发生了不少突发问题，险些全盘失败。好在束流时间过半之后迅速做出了正确判断，及时改变了靶体周围布局，才使得实验基本成功。这些大装置上提供的束流价值昂贵，时间节点控制严格，稍有闪失就不可补救，风险很大。当地实验室的合作伙伴一般是规范地参与，但不大出主意，关键问题都得我们自己现场拿主意，确实非常的紧张和考验人。2009年，我们再次到日本理化所提出和自主开展丰中子滴线核 ${}^8\text{He}$ 的敲出反应实验，这时队伍的经验 and 能力都大大提升，实验可以说取得圆满成功(见图12)。这些实验结果在国际上发表后引起很好的反响，也实实在在地提高了我们的国际声誉和地位。北大组和日本理化研究所在科研合作、人员交往、人才培养等方面，都建立起了非常特殊和规范的关系，包括北大每年派出研究生在日本理化研究所长期学习工作，



图10 2002年，北大组在日本理化研究所的首次实验中使用的从国内运去的部分关键探测设备

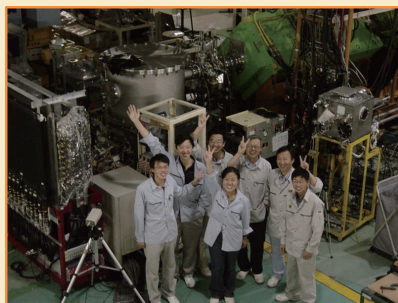


图11 2002年北大组首次在日本理化研究所提出并自主实施的 ${}^6\text{He}$ 直接核反应实验取得成功



图12 2009年在日本理化研究所提出并圆满完成中子滴线核 ${}^8\text{He}$ 的敲出反应实验



图13 2013年5月7日,中美奇特核物理理论研究所(CUSTIPEN)在北京大学成立



图14 2009年7月18日,亚洲核物理联合会(ANPhA)在北京大学正式成立

建立了高年级本科生实习基地(Nishina School)等等,日本理化研究所为此提供了很好的资源。

北大的核理论研究具有很好的基础,早年在胡济民先生的带领下就开展过很多有国际影响的工作。近些年,年青一代也表现得很活跃。孟杰教授组织过6期亚原子物理国际暑期学校。最近,许甫荣教授与美国同行合作,推动建立了中美奇特核物理理论研究所(China—U.S. Theory Institute for Physics with Exotic Nuclei, CUSTIPEN)”,已经得到美国能源部批准和中方基金委员会的支持,于2013年5月7日在北京大学正式成立(见图13)。这个研究所是一种新型的分布式研究机构,必将大大促进中国与美国核物理界在放射性核束物理方面的合作研究。

在近年来亚洲核物理基础设施和科学研究都显著提升的基础上,2009年,中日韩发起成立了亚洲核物理联合会(见图14),现在已经扩大到包括澳大利亚和印度在内的7个成员国家和地区,

在促进内部交流合作的同时,大大增强了与欧洲和北美的联系。我们一直在其中发挥着重要作用。

总之,经过十多年的努力,在国家重点基础研究发展计划项目和国家自然科学基金资助下以及学校多方面的支持下,我们在放射性核束物理前沿研究中坚持有自己特点的实验路线,建立了高水平 and 较大规模的亚原子粒子探测器实验室,使理论、实验和特色装置的研发紧密结合,在大科学合作中形成了符合国际标准的模式,研究队伍也相对比较年青,前景看好。

### 参考文献

- [1] Yin J, Ye Y L *et al.* J. Phys. G: Nucl. Phys., 2000, 26: 1291
- [2] Yin J, Ye Y L *et al.* Nucl. Instr. Meth. A, 2001, 459: 513
- [3] CMS collaboration. Phys. Lett. B, 2012, 716: 30
- [4] CMS collaboration. Science, 2012, 338: 1524, 1569
- [5] Lou J, Li Z H, Ye Y L *et al.* Nucl. Instr. Meth. A, 2009, 606: 645
- [6] You H B, Yang Z H, Ye Y L *et al.* Nucl. Instr. Meth. A, 2013, 728: 47

### 读者和编者

## 《物理》有奖征集封面素材

均有稿酬及全年《物理》杂志相送。

请将封面素材以附件形式发至: physics@iphy.ac.cn; 联系电话: 010-82649470; 82649029  
期待您的参与!

为充分体现物理科学的独特之美,本刊编辑部欢迎广大读者和作者踊跃投寄与物理学相关的封面素材。封面素材要求图片清晰,色泽饱满,具有较强的视觉冲击力和很好的物理科学内涵。被选用的封面素材提供者,

《物理》编辑部