



核物理与核技术国家重点实验室 内部简报

(第 12 期, 2013 年 03 月 15 日)

重要事项

我实验室召开 2012 年度工作会



2013 年 1 月 18-19 日, 北京大学核物理与核技术国家重点实验室 2012 年度工作会议在北京天湖国际会议酒店召开, 重点实验室相关成员约 80 人参加此次会议, 学校主管部门代表也出席了会议。

1 月 18 日下午召开全体会议。实验室主任叶沿林教授首先就实验室整体情况以及 2012 年度各方面进展做了汇报。其后各研究方向负责人分别汇报了本方向的研究工作进展与未来发展构想, 还有几位年青教师和博士后做了典型工作

汇报。实验室学术委员会副主任赵光达院士做了即席讲话。郭之虞和马伯强教授主持了大会。

19 日上午各方向分组讨论, 深入探讨近期和中长期的工作规划。最后召开了集体总结会, 各方向负责人汇报了分组讨论的主要内容, 叶沿林教授做会议总结报告, 指出一年来实验室坚持“小规模、高水平、有特色”的方针, 在各方面都取得了很大成绩, 特别是近两年人才引进和争取重大项目成效显著。今后需要继续加强特色建设, 理论与实验紧密结合, 突出系统性重点工作, 同时加强成果组织和进一步规范管理和资料收集, 准备迎接下一轮评估。

会议时间紧凑、内容丰富、气氛热烈, 大家很受鼓舞和激励。

中美合作成立奇特核物理理论研究所 (CUSTIPEN)

2013 年 2 月 20 日左右, 美国能源部 (DOE) 批准资助中国-美国奇特核物理理论研究所 (China-U.S. Theory Institute for Physics with Exotic Nuclei, 简称 CUSTIPEN), 旨在进一步推动中国与美国核物理界在放射性核束物理方面的合作研究。

自然界天然存在的原子核素不到 300 个 (称为稳定原子核), 但科学家们预言物质世界可以存在的原子核素可达 8000 多个, 即不稳定原子核素占 95% 以上, 它们主宰着宇宙早期形成与演化过程, 并且已经显现出与稳定核很不一样的奇特性质, 将会深刻影响未来核能和核技术的发展。但目前实验室合成奇特原子核还是相当困难的, 为此, 国际上相继投入巨资建造若干先进的大型核科

学工程，用于奇特核物理研究。最近美国能源部和密歇根州批准共同出资超过 10 亿美元建造新一代大型放射性核束装置（“稀有同位素束流装置—FRIB”），我国也于 2013 年 1 月批准建设“十二·五”国家大科学工程“先进离子束装置—HIAF”，放射性核束物理是其主要科学目标。这都将给核物理研究带来巨大的新机遇。

为了更好地配合开展有关奇特核理论研究和促进理论与实验结合，中美两国核物理界经过近两年的商讨与酝酿，申请成立中美奇特核物理理论研究所（CUSTIPEN），这项计划最近得到美国能源部的批准和资助，并纳入中美科技合作计划。这是美国能源部批准资助的第三个类似合作研究机构（第一个是美日 JUSTIPEN，第二个是美法 FUSTIPEN）。在 CUSTIPEN 中，目前美方有 24 个单位、中方有 21 个单位参与；中方的挂靠单位是北京大学，美方的挂靠单位是 Texas A&M 大学。CUSTIPEN 设立了一个管理委员会（Governing Board），中方成员有：叶沿林（Co-Director、北京大学），许南荣（Managing Director、北京大学），詹文龙（院士、中科院副院长），张焕乔（院士、中国原子能研究院），马余刚（中科院上海应物所），任中洲（南京大学），张玉虎（中科院近物所），周善贵（中科院理论物理所）；美方成员有：P. Danielewicz (Co-Director、Michigan State University), Bao-An Li (Principal Investigator, Texas A&M University-Commerce), W. Nazarewicz (University of Tennessee and ORNL), J. Piekarewicz, (Florida State University), B. Sherrill (Michigan State University)。

国家重大科学仪器设备开发专项

“超小型激光加速器及关键技术研究”启动会举行

3 月 1 日上午，国家重大科学仪器设备开发专项——“超小型激光加速器及关键技术研究”项目启动会在北京大学中关村新园举行，宣布项目正式启动。

国家科技部条财司吴学梯副司长、国家教育部科技司雷朝滋副司长、国家科技部条财司郑健副处长，国家教育部科技司基础处邹晖副处长，北京大学常务副校长王恩哥院士，中国工程物理研究院杜祥琬院士，中国工程物理研究院贺贤土院士，原北京大学校长陈佳洱院士，物理学院院长谢心澄，科研部部长周辉，科研部副部长韦宇，实验室与设备部副部长黄凯，财务部副部长邵莉，物理学院副院长王宇钢教授和北京大学重离子物理研究所所长刘克新教授等出席了项目启动会。

“国家重大科学仪器设备开发专项”于 2011 年首次启动，强调面向市场、面向应用、面向产业化，重点支持具有市场推广前景的重大科学仪器设备开发。“超小型激光加速器及关键技术研究”是 2012 年获批的 66 项课题之一。

“超小型激光加速器及关键技术研究”的启动会得到了项目技术专家组、项目用户委员会以及其他参与单位的大力支持。项目技术专家组杜祥琬院士、陈佳洱院士先后发言，对该项目的启动提出了指导意见。两位院士都强调了这一专项的产业化特色，能否实现真正产业化，是检验该项目成功与否的重要条件。两位院士都对本项目寄予厚望，期待做出好的成果。项目技术专家组组长贺贤土院士组织了应用任务讨论环节，北京大学物理学院肖池阶研究员，复旦大学放射医学研究所教授邵春林，中国工程物理研究院激光聚变研究中心洪伟研究员和北京大学地球与空间科学学院宗秋刚教授纷纷发言，对项目开展提出了积极的建议和想法。

孟杰教授当选为“美国物理学会会士”

2012年美国物理学会会士（APS Fellow）增选结果揭晓，北京大学物理学院、核物理与和技术国家重点实验室孟杰教授当选“美国物理学会会士”（American Physical Society Fellow，见 <http://www.aps.org/programs/honors/fellowships/>）。

美国物理学会对其贡献的评价是：“For his many important and continuing contributions in developing the Relativistic Mean Field theory into a predictive tool for nuclear structure research and for creating an active international hub at Beijing in this field”。

美国物理学会每年增选新会士，人数不超过其当年会员人数的千分之五。2012年共选出217名会士，其中有29名是华人科学家。

付恩刚、宋慧超老师入选“青年千人计划”

2013年3月6日，中组部正式公布了第四批“青年千人计划”的引进人才名单，我实验室引进的付恩刚、宋慧超两位老师入选。他们将分别在核技术与应用、强子物理方向开展研究工作。

研究进展

电子自匹配共振加速

北京大学激光加速小组（应用物理与技术研究中心&核物理与核技术国家重点实验室）贺贤土院士、陈佳洱院士和颜学庆教授与合作者近期在激光加速-强场物理中又取得了重要研究进展，发表了题目为“Generating Overcritical Dense Relativistic Electron Beams via Self-Matching Resonance Acceleration”（PRL 110, 045002 (2013)）的论文。研究中首次提出“自匹配共振加速”的电子加速机制，用于产生高密度、螺旋结构、准直的相对论电子束，对强场激光物理的发展将产生重要影响。

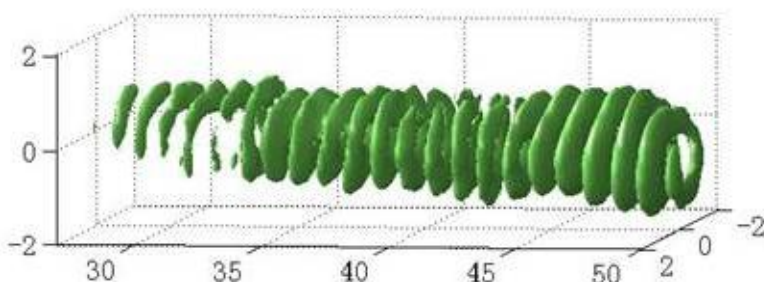


图1，利用自匹配共振加速机制产生的高密度、螺旋结构、准直电子束（坐标单位为微米）。

利用超强激光与等离子体相互作用产生高能电子，目前最主要的途径是在激光尾波场中实现。然而这种尾波场产生的电子束密度很低，电子数目很少。另一方面，利用电子与激光共振也是一种有效的电子加速机制。然而由于等离子体环境非常复杂，预加速的电子只有很少的一些能够满足共振条件，因此极大限制了共振加速的实际应用。该研究小组在前期的研究中发现，共振加速在圆极化激光下和线极化激光下有很大的不同。圆极化激光下，电子的共振加速更加有效，也更加稳定（PRE 69, 066409(2004); LPB 26, 51(2008), POP 16, 013104 (2009)）。利用圆极化激光与近临界密度等离子体相互作用，可以同时产生很强的准静态角向和轴向磁场，这被称为逆法拉第效应。该研究小组在前期的工作中对这种自生磁场进行了深入的研究（POP 10, 4166(2003); POP 12,

044505(2005); POP 12, 053104(2005); POP 12, 083102(2005))。

课题组在最近的研究工作中发现，当准静态轴向磁场足够强的时候，在激光通道中心会俘获高密度的电子束。这些被俘获的电子，由于受到激光的驱动，会不断调整自身的频率和相位，以匹配共振条件。一旦共振条件匹配，这些电子就可以被持续的加速，进而可以产生具有过临界密度，螺旋结构以及平台能谱特性的准直电子束。这些共振电子的加速过程非常类似于最早提出的逆自由电子激光加速机制。审稿人评论认为这个工作非常有趣并且会引起同行的极大兴趣：I found this work to be interesting and potentially of great interest to the community. 这种自匹配共振加速的电子束具有广泛的应用前景，比如可以用于离子加速或者用于同步辐射的 X 射线源等。工学院应用物理与技术研究中心(CAPT)博士后刘彬为论文的第一作者，物理学院博士生王鸿勇也在该研究中做出了重要贡献。

该项研究得到国家重大仪器开发专项、国家自然科学基金杰出青年基金、基金委重点项目、863 项目和某专项基地项目的资助。还得到了核物理与核技术国家重点实验室和北京大学应用物理与技术研究中心资助。。

李重生课题组在量子色动力学前沿问题研究中取得新进展

最近，李重生课题组在《美国物理评论快报》连续发表两篇论文，报告了他们在发展量子色动力学高阶计算方法这一国际高能物理界公认难点问题研究中所取得的最新成果。这些研究工作是李重生课题组先后分别和瑞士苏黎世大学博士后（现我校百人计划研究员）杨李林及美国 Southern Methodist 大学博士后高俊合作完成的。

对于顶夸克产生这类具有复杂色结构的过程，在量子色动力学中进行横向动量重求和一直有一个悬而未决的难点，即对初态与末态之间色干涉效应的处理。李重生课题组最近发表在美国物理评论快报 ([Physical Review Letters, 110, 082001, 2013](#)) 的工作首次发展了一个系统的框架，可用来计算这类末态带色过程中横向动量分布的软胶子重求和效应，并进而将这种方法应用于顶夸克对产生过程，对其横向动量分布给出了目前文献中最精确的量子色动力学预言。这些精确理论预言有助于解释最近在 Tevatron 对撞机上所观测到的顶夸克对产生中前后不对称性的实验结果与标准模型理论预言有较大偏离的可能起源。同时，对未来在 LHC 上通过测量顶夸克对不变质量分布来发现新物理信号也很重要。此外，上述横向动量重求和形式还为计算顶夸克对产生的次领头阶 QCD 修正提供了一种新的红外发散减除方法，这将有助于完整计算顶夸克对产生的次领头阶 QCD 修正，而后者正是当前 LHC 实验所急需的，也是量子色动力学中一个亟待解决的问题。这个工作已被《亚太地区物理通讯》列为“研究亮点” (Research Highlights) 工作报告。在该项研究中，李重生教授博士研究生朱华星（现美国斯坦福大学国家加速器实验室博士后）、李海涛、邵煜发挥了重要作用。

如何在 QCD 次领头阶水平上计算顶夸克衰变的微分分布是国际上近 20 年来一直没有解决的问题。李重生教授和已毕业的博士生，现美国 Southern Methodist 大学博士后高俊以及美国斯坦福大学国家加速器实验室博士后朱华星合作，基于 QCD 软-共线有效理论，提出了消除相空间红外发散的新方法，从而在国际上首次给出 QCD 次领头阶水平上顶夸克衰变中包括微分分布在内的所有观测量的完整预言。这个工作已发表在《美国物理评论快报》 ([Physical Review Letters, 110, 042001, 2013](#)) 上，被国际著名 QCD 专家、欧洲核子联合研究中心理论部 Alexander Mitov 在最近召开的国际学术会议的综述中评价为，它打开了一扇未来通向在 QCD 次领头阶水平上精确

预言顶夸克产生和 A. Ferroglia 等人的联合综述中，专门用了一页的篇幅介绍上述工作。

CMS 实验组在发现 Higgs 玻色子中的参与和贡献

自从 2012 年 7 月，建造在欧洲核子中心 (CERN) 的大型强子对撞机 (LHC) 上的 CMS 实验国际合作组和 ATLAS 实验组在共同召开的科学报告会和新闻发布会上宣布了发现疑似希格斯 (Higgs) 玻色子之后，两个实验组继续分析了更多 (3 倍多) 的数据，现 (至 2013 年初) 进一步证实了希格斯玻色子的存在。

世界权威期刊《Science (科学)》2012 年 12 月 21 日在其第 338 期上将此发现遴选为“2012 年十项最重大的科学突破”之首，将两个大型探测器 (CMS 和 ATLAS) 的横截面拼图作为该期的封面 (见图 1)，并发表总编评论阐述发现 Higgs 玻色子的重要意义。

同时，该期第 1569 页 (Science 338, 1569 (2012)) 刊登了 CMS 国际合作组的论文

“A new boson with a mass of 125 GeV observed with the CMS Experiment at the Large Hadron Collider”

DOI: 10.1126/science.1230816

北京大学“核物理与核技术国家重点实验室”是该文的署名单位之一，其中包括重点实验室的 16 位成员。

北京大学自从 1994 年参加 CMS 国际合作组以来，积极参与了 CMS 实验中多方面的工作，直接或间接地对 Higgs 玻色子的发现做出了贡献，摘要汇总如下：

(1) 北京大学 CMS 组承担了 1/3 的缪子系统中端盖阻尼板探测器的研制、批量制造、安装调试、日常运行监视、数据检测验收和分析。阻尼板探测器是 CMS 触发系统的关键设备，保证了 Higgs 玻色子发现中的各衰变道 (特别是 $H \rightarrow 4\mu$) 的数据采集和分析的可靠性。

参加此项工作的北京大学 CMS 组成员是叶沿林、刘洪涛、班勇、蔡建新、钱思进、葛愉成、薛志华、腾海云、朱博、等等。

(2) 北京大学 CMS 组的成员参加了以上发现新粒子的论文的审阅修改工作，对论文最后的每一稿都提出了详尽的修改意见。参加此项工作的是钱思进老师。

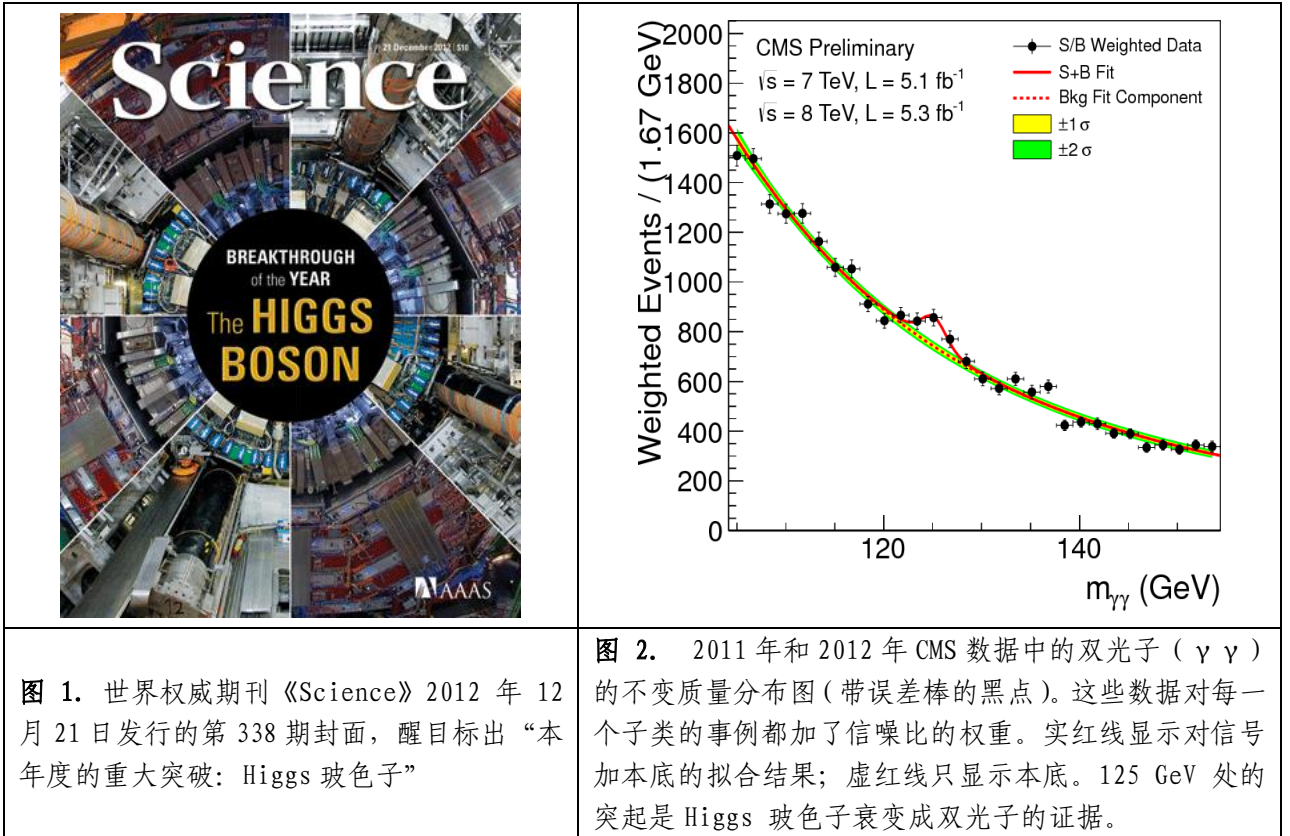
(3) 北京大学 CMS 组承担了将 CMS 国际合作组“发现疑似 Higgs 玻色子”的公告《观察到一种质量为 125 GeV 的新粒子》翻译为简体中文版本的工作，发布在 CMS 的官方网站

<http://cms.web.cern.ch/news/observation-new-particle-mass-125-gev>

简体中文版在

https://cms-docdb.cern.ch/cgi-bin/PublicDocDB/RetrieveFile?docid=6116&filename=CMSHiggs2012_CNsimp.pdf

参加此项工作的北京大学 CMS 组成员是李强、王大勇和钱思进老师。



CMS 组的博士生参与的在 LHC 上对 Upsilon 粒子极化的测量结果

发表在 PRL 上

09 级博士生张琳琳 (导师钱思进教授) 最近在参与欧洲核子中心大型强子对撞机上 CMS 实验的物理分析工作中取得进展。他参与的课题是 “Measurement of the $\Upsilon(1S)$, $\Upsilon(2S)$, and $\Upsilon(3S)$ Polarizations in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV ”。

此课题是我们重点实验室的赵光达院士于 2004 年向北大高能物理实验组建议的，目的是在前所未及的高能区检验和澄清非相对论量子色动力学对 Upsilon 极化的预言，寻找解决在一些较低能区上实验测量结果与某些理论模型矛盾的问题。赵光达老师的研究团队正在深入研究，将会仔细比较他们的理论计算与 CMS 的 Upsilon 极化测量结果。

张琳琳同学在 CMS 实验的 B-physics 组对此课题的分析中做出了重要贡献，被 CMS 国际合作组提名将代表全合作组在今年 4 月召开的国际研讨会 “The 9th International Workshop on Heavy Quarkonium 2013” 上做专题报告。他做的主要具体贡献有：

- (1) 深入细致地研究 Tag-and-Prob 分析方法的效率，因为极化的测量结果对此效率高度敏感。
- (2) 对不同分析阶段的数据进行仔细的处理。
- (3) 部分蒙特卡罗数据的产生。

其中第一项是他对此成果的最重要关键的贡献。

此成果今年 2 月发表在 Physics Review Letter 第 110 卷 (Phys. Rev. Lett. 110, 081802 (2013)) 上，见 <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v110/i8/e081802>

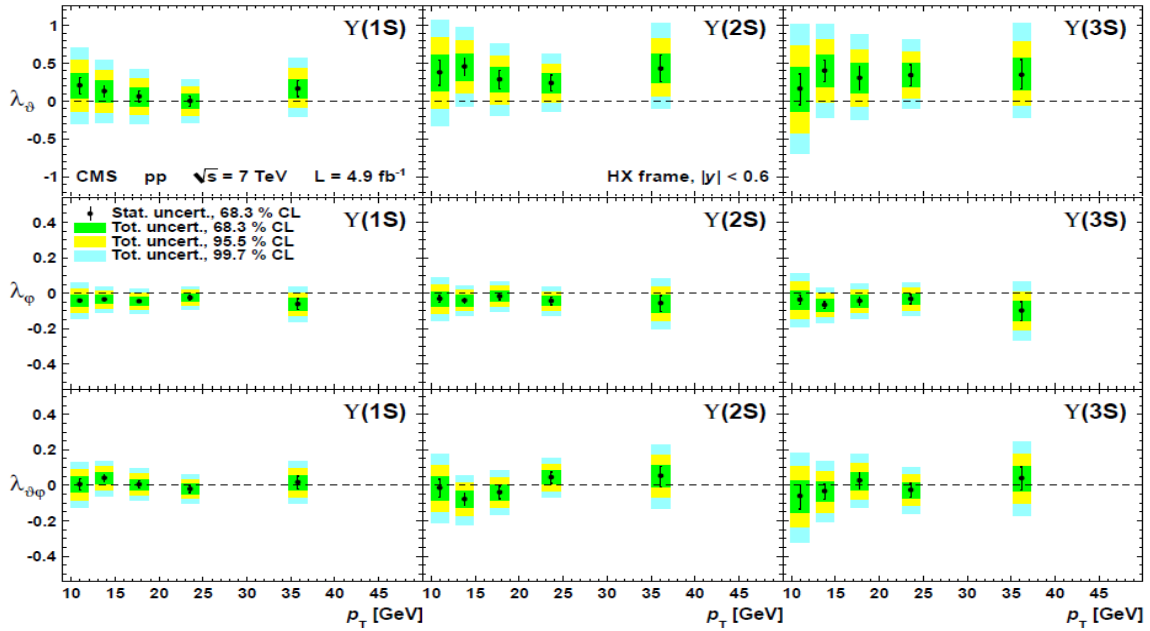


图 1: CMS 在 helicity 坐标系中对 Υ (1S (左), 2S (中) 和 3S 态 (右)) 的三种极化参数 (上中下三行) 随 Upsilon 粒子横动量 p_T (在 10-50 GeV 之间) 变化的测量。

离子源研究的新进展

由彭士香老师、郭之虞教授和陈佳洱院士领导的北大离子源组积极拓展 2.45GHz 的 ECR 离子源的束流产生能力。我们尝试用这种离子源来产生 H_2^+ 、 H_3^+ 等团簇离子束，并成功地在国际上第一次产生了 40mA 的 H_2^+ 束和 18mA 的 H_3^+ 束。此组实验结果已经引出意大利的 INFN 的 Daealus 项目组的高度关注 (Santo Gammino 博士，私下交流)。用此类型离子源成功地获得了 4.4mA 的 He_2^+ 离子流，比之前的国际记录 15nA 高出了近 300 倍。重新设计了离子源的磁场、放电室结构和引出系统后，成功地产生了 15mA 的 H^- 离子束，高于此类离子源保持的国际记录 5mA。相关成果正在整理发表中。

编辑： 何花 王宇钢

电话：62755407

电邮：huahe@pku.edu.cn