国家重点研发计划课题中期

执行情况报告

课题名称：成像型强子量能器技术验证  
课题编号： 2018YFA0404303  
负 责 人： 刘建北  
承担单位： 中国科学技术大学

一、总体进展情况

1.课题中期总体进展情况

对照课题任务书的计划目标和各项主要指标要求，简要阐明课题中期进展情况，评述课题中期任务的实施进展状态。

本课题（“成像型强子量能器技术验证”）目标为：掌握采用闪烁体+SiPM灵敏单元的高颗粒度强子量能器的关键技术：灵敏单元的批量制作和测试技术、灵敏层模块化组装技术、嵌入式前端读出电子学及其与灵敏层的集成技术、大规模SiPM监测和刻度技术，以及量能器系统集成技术。建造一台成像型强子量能器原型机，强子能量测量线性达到3%，能量分辨达到60%/(√E/GeV)⊕ 3%（10 GeV < E < 80 GeV）。最终验证基于闪烁体的成像型强子量能器技术方案。

中期状态要求：完成原型机物理设计，模拟得到原型机能量分辨达到60%/√(E/GeV)⊕3%(10GeV<E<80GeV)，完成原型机物理设计，模拟得到原型机能量线性达到3%(10GeV<E<80GeV)。

目前根据任务书计划，已在多个方面取得进展：

1）利用物理模拟开展量能器成像型强子量能器的设计及性能优化。指导量能器的设计参数，具体包括：

a）确定了闪烁体单元的尺寸为40 mm×40 mm ×3 mm

b）确定量能器取样层为40层，单层吸收体（铁）的厚度为20 mm

c）确定量能器横向尺寸为700 mm×700 mm，以对强子簇射横向展开有效覆盖

d）该设计方案，可以实现任务书要求：能量分辨达到60%/√(E/GeV)⊕3%(10GeV<E<80GeV)，线性达到3%(10GeV<E<80GeV)。

2）围绕量能器灵敏探测器单元（塑料闪烁体及硅光电倍增管（SiPM）），开展并取得了以下进展：

a）确定了塑料闪烁体生产工艺的研究，最终实现了40 mm×40 mm× 3mm闪烁体单元的注塑生产工艺，达到批量生产要求

b）完成了塑料闪烁体单元自动化批量包装工艺的研究及设备研制，目前设备已经就位并完成调试

c）与北师大NDL实验室，开展了新型SiPM的研究，已初步完成SiPM的性能验证

3）读出电子学的设计

a）基于SPIROC2E芯片开展了前端读出电子学的设计，完成了功能测试板的开发及功能验证

b）完成了数据接口板的设计及功能验证

c）完成了数据获取板的设计及功能验证

d）完成了LED刻度系统的开发

e）基于CLAUS芯片开展了单芯片级别前端电子学的设计工作

4）塑料闪烁单元批量测试装置

a）完成塑料闪烁单元自动化批量测试系统的设计和平台加工，目前测试平台已经就位并完成调试

b）完成了塑料闪烁单元批量测量所需电子学（前端板和数据接口板）的设计及生产，该测试一次可以实现大于200片单元

2.课题调整情况

如课题出现超前/迟滞等情况，请详细说明原因、措施及履行相关审批管理制度的情况。

项目进展符合计划预期，不需要做调整

二、取得的重要进展及成果

1.课题中期重要进展及成果

简要介绍课题研究工作的重要进展、阶段性成果（一般不超过3项）及前景。

1. 完成原型机物理设计，确定设计参数，模拟结果显示能量分辨好于60%/√(E/GeV)⊕3%，线性优于3%，满足任务书需求
2. 完成了闪烁灵敏单元的生产、包装工艺以及批量测试的研究：基于注塑工艺成功实现40 mm×40 mm× 3 mm塑料闪烁体的生产，目前具备批量生产状态；并完成自动包装机的设计及研制工作，目前具备批量包装状态；设计、并加工了批量测试平台，具备批量测试状态。
3. 开展了电子学的设计及生产。分别基于SPIRCO2E和CLAUS芯片完成了两个路线的读出电子学设计，特别是基于SPIRCO2E芯片，已经开发了用于闪烁体批量测试的前端板；并完成了数据接口板的设计及生产；以及数据获取板的设计及生产。

2.预期社会经济效益

重点阐明对学科/行业产生的重要影响，对社会民生、生态环境、国家安全等的作用，以及研究成果的合作交流、转移转化和示范推广情况，人才、专利、技术标准战略在课题中的实施情况等。

成像型量能器，作为粒子探测学科量能器技术的一个重要发展方向，在传统的能量测量的基础上引入三维位置测量，可以对高能粒子簇射进行能量及形状的多维参数进行测量，对开展物理分析提供了更多的信息，这在下一代高能量前沿实验中有着重要的作用和意义。该技术方向，不仅在加速器物理，包括下一代空间高能宇宙线观测实验也有着很强的应用前景。

此外，该量能器方案所采用的半导体光电器件，不仅在粒子物理实验上得到应用，而且在工业上有着广阔的应用前景，比如医学物理等。本课题研究与北京师范大学NDL实验室就实现该器件的国产化进行了大量的合作研究。

三、课题人员及经费投入使用情况

1.人员及经费投入情况

对照课题任务书阐述课题资金（包括中央财政专项资金、其他来源资金等）到位情况、课题资金单独核算情况、预算调剂情况、支出情况和经费使用监督管理情况、人员投入情况等。

成像型强子量能器技术验证课题，总经费为971万元整，截至2020年6月30日，课题收到拨款867.6万元（专项资金867.6万元（直接经费750.75万元，间接经费116.85万元。自筹经费0万元）。课题累计执行金额198.65万元，其中直接经费110.01万元，间接经费88.64万元；详情见下表（单位：万元）：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 科目 | 预算批复数 | 预算执行数 | 执行率 |
| （一）直接费用 | 840.5 | 110.01 | 13% |
| 1.设备费 | 135.6 | 39.88 | 29% |
| （1）购置设备费 | 135.6 | 39.71 | 29% |
| （2）试制设备费 |  | 0.17 |  |
| （3）设备改造与租赁费 |  |  |  |
| 1）设备改造费 |  |  |  |
| 2）设备租赁费 |  |  |  |
| 2.材料费 | 379.46 | 28.05 | 7% |
| 3.测试化验加工费 | 45 | 5 | 11% |
| 4.燃料动力费 | 4.6 |  |  |
| 5.会议/差旅/国际合作交流费 | 128.34 | 16.67 | 13% |
| 6.出版/文献/信息传播/知识产权事务费 | 6 | 0.07 | 1% |
| 7.劳务费 | 137.5 | 20.13 | 15% |
| 8.专家咨询费 | 4 | 0.21 | 5% |
| 9.其他支出 | 0 | 0 |  |

截止目前课题暂无预算调剂情况；资金单独核算及经费使用监督管理情况，详见附件。

人员投入情况：

正高：刘建北、李数

副高：Rustem Ospanov，张志永，刘江涛，俞伯祥，李刚，傅成栋，安广朋，刘勇，张云龙，沈仲弢

中级：杨俊峰

学生：赵申森，牛亚洲，石禹坤，周安顺，刘豪

其他：唐逸敏（技术人员），王利敏（课题科研助理）

2.课题经费拨付情况

课题承担单位向课题参与单位拨付中央财政资金情况。

截至2020年6月30日，向课题参加单位（高能物理研究所和上海交通大学）分别拨款249.77万元和132.7万元，包括直接经费333.67万元（包括高能物理研究所218.77万元，上海交通大学114.9万元）和间接经费48.8万元（包括高能物理研究所31万元，上海交通大学17.8万元）。

3.人员及经费实际调整情况

如出现经费未及时到位、停拨、迟拨等特殊情况，请详细说明原因、措施、履行相关审批管理制度以及整改等情况。

目前课题经费的到位、使用及人员投入均按照课题执行计划照常进行。

四、课题配套支撑条件情况

阐述各主要研究任务的配套支撑条件落实及调整变化情况。如有调整变化，请说明调整变化对完成课题目标的影响和作用。

中国科学技术大学作为课题承担单位，为课题研究人员提供了良好的配套支持条件，依托与高能的联合核探测与核电子学国家重点实验室平台，有力的保障了本课题研究工作的有序正常开展。

同样高能物理研究所，依托与科大的联合核探测与核电子学国家重点实验室平台，开展课题预研。

上海交通大学，依托粒子与核物理研究所，开展探测器的研发工作。

五、课题组织实施管理工作

1.课题组织管理情况

阐述课题按照一体化组织实施的要求，内部管理机构和管理制度建立、运行情况和效果，以及课题牵头单位组织课题内交流、检查评估等方面的管理情况。

课题按照重点研发计划管理要求与项目的实际情况，建立了课题组长负责制、科研人员各司其职和财务助理协助处理财务相关事宜的内部管理制度，极大的节省了科研人员的时间，有效的保障了科研工作者的科研时间投入。

2.课题间协作情况

阐述课题参与重点专项的相关管理活动，课题间资源与数据共享、协作研发以及成果转化应用情况等。

中国科学技术大学作为承担单位，每两周有相关组会讨论项目进展；每两周与高能物理研究所、上海交通大学项目成员进行网络会议，交流进展情况。保障了本课题项目的进展。

3.组织实施风险及应对情况

阐述课题在组织实施过程中，面对外部政策、组织管理、研发变化和知识产权等方面的风险以及应对措施。

本课题研究所需的测试设备、模拟程序包等，课题内各课题组共享，并定期组织相关会议进行讨论，有力的保障了课题的正常开展。

六、课题组织实施中的重大问题及建议

无

七、任务书中有特殊约定或其他需要说明的事项

无