

课题编号：2016YFA0400102

密 级：公开

国家重点研发计划 课题任务书

课题名称： ATLAS 实验缪子探测器升级

所属项目： 大型强子对撞机（LHC）实验探测器升级

所属专项： 大科学装置前沿研究

项目牵头承担单位： 中国科学技术大学

课题承担单位： 中国科学技术大学

课题负责人： 赵政国

执行期限： 2016 年 07 月 至 2021 年 06 月

中华人民共和国科学技术部制

2016 年 07 月 15 日

0003YF 2016YFA0400102 2016-07-15 18:29:50



填写说明

- 一、任务书甲方即项目牵头承担单位，乙方即课题承担单位。
- 二、任务书通过“国家科技计划管理信息系统公共服务平台”，按照系统提示在线填写。
- 三、任务书中的单位名称，请按规范全称填写，并与单位公章一致。
- 四、任务书要求提供乙方与所有参加单位的合作协议，需对原件进行扫描后在线提交。
- 五、任务书中文字须用宋体小四号字填写。
- 六、凡不填写内容的栏目，请用“无”表示。
- 七、乙方完成任务书的在线填写，提交甲方审核确认后，用A4纸在线打印、装订、签章。一式八份报项目牵头承担单位签章，其中课题承担单位一份，课题负责人一份，作为项目任务书附件六份。
- 八、如项目下仅设一个课题，课题任务书只需填报课题预算部分。
- 九、涉密课题请在“国家科技计划管理信息系统公共服务平台”下载任务书的电子版模板，按保密要求离线填写、报送。
- 十、《项目申报书》和《项目任务书》是本任务书填报的重要依据，任务书填报不得降低考核指标，不得自行对主要研究内容作大的调整。《项目申报书》、《项目任务书》和本任务书将共同作为课题过程管理、验收和监督评估的重要依据。



课题基本信息表

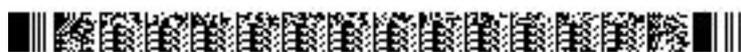
课题名称	ATLAS 实验缪子探测器升级					
课题编号	2016YFA0400102					
所属项目	大型强子对撞机（LHC）实验探测器升级					
所属专项	大科学装置前沿研究					
密级	<input checked="" type="checkbox"/> 公开 <input type="checkbox"/> 秘密 <input type="checkbox"/> 机密	单位总数	3			
课题类型	<input checked="" type="checkbox"/> 基础前沿 <input type="checkbox"/> 重大共性关键技术 <input type="checkbox"/> 应用示范研究 <input type="checkbox"/> 其他					
课题活动类型	<input checked="" type="checkbox"/> 基础前沿 <input type="checkbox"/> 应用研究 <input type="checkbox"/> 试验发展					
课题研究 所属学科	物理学 高能物理学					
课题成果应用的主要国民经济行业	科学研究和技术服务业					
课题的社会经济目标	非定向研究 自然科学领域的非定向研究					
经费预算	总预算 1240.00 万元，其中中央财政专项经费 1240.00 万元					
课题周期节点	起始时间	2016 年 07 月	结束时间	2021 年 06 月		
	实施周期	共 60 个月	预计中期时间点	2018 年 06 月		
课题承担单位	单位名称	中国科学技术大学		单位性质	大专院校	
	单位所在地	合肥市包河区安徽省		组织机构代码	485001086	
	通信地址	合肥市金寨路 96 号		邮政编码	230026	
	银行账号	184203468850		法定代表人姓名	万立骏	
	单位开户名称	中国科学技术大学				
	开户银行（全称）	104361003246 中国银行股份有限公司合肥南城支行				
课题负责人	姓名	赵政国	性别	<input checked="" type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	出生日期	1956-12-28
	证件类型	身份证	证件号码	110107195612281519		



	所在单位	中国科学技术大学		
	最高学位	■博士□硕士□学士□其他		
	职称	■正高级□副高级□中级□初级□其他	职务	无
	电子邮箱	zhaozg@ustc.edu.cn	移动电话	15505510490
课题联系人	姓名	孙勇杰	电子邮箱	sunday@ustc.edu.cn
	固定电话	0551-63607337	移动电话	13956004132
	证件类型	身份证	证件号码	370622197606160014
课题财务负责人	姓名	章晨	电子邮箱	zhangchen@ustc.edu.cn
	固定电话	0551-63606413	移动电话	13500506053
	证件类型	身份证	证件号码	342521196210150055
其他参与单位	序号	单位名称	单位性质	组织机构代码
	1	中国科学技术大学	大专院校	485001086
	2	上海交通大学	大专院校	42500615X
	3	山东大学	大专院校	495570303
课题参加人数	19人。其中：		高级职称6人，中级职称1人，初级职称0人，其他12人；	
			博士学位11人，硕士学位1人，学士学位7人，其他0人。	
课题简介 (限500字以内)	<p>位于大型强子对撞机(LHC)上的ATLAS实验的主要物理目标是在高能量前沿进行标准模型的精确检验和新物理信号的寻找,特别是寻找Higgs粒子并研究其属性。从2008年运行至今,ATLAS实验取得了包括Higgs粒子发现在内的许多重大物理成果。为应对LHC高亮度升级的要求及探测器老化问题,ATLAS将进行两期探测器升级,预期在2026年完成。</p> <p>本课题针对ATLAS探测器二期升级中缪子探测器升级目标,建造新一代具有高计数率和高空间分辨率的气体探测器作为缪子触发探测器,同时建造新的电子学读出系统。课题拟研发的关键技术包括:用于缪子探测器读出的高集成度、高时间精度(约780ps)的TDC ASIC设计;无硬件触发全数据读出;具有高计数率($>1\text{kHz}/\text{cm}^2$)、高时间分辨($<1\text{ns}$)、高探测效率($>95\%$)和位置分辨($<1\text{mm}$)的窄气隙RPC缪子触发探测器;具有高计数率($>100\text{kHz}/\text{cm}^2$)、高时间分辨($<1\text{ns}$)、高探测效率($>95\%$)的前向缪子探测器。</p> <p>本课题研究团队依托核探测与核电子学国家重点实验室等机构,拥有各种探测器与电子学测试和组装平台,在国内外粒子物理实验的硬件研发和建造方面做出了</p>			



	<p>重要贡献，积累了丰富经验，并建立了广泛的国际合作关系。 本课题将完成合作协议规定的缪子探测器及相关电子学的预研究，确定方案并启动建造。</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------



一、目标及考核指标、评测方式/方法

课题目标、成果与考核指标表

课题目标 ¹	成果名称	成果类型	考核指标 ²				考核方式 (方法)及 评价手段 ⁴
			指标名称	立项时已有 指标值/状态	中期指标 值/状态 ³	完成时指标 值/状态	
完成研制 ATLAS 二期升级所要求的窄气隙阻性板 μ 子触发探测器及读出电子学、建造 10 个可直接应用二期升级的 RPC μ 子触发探测器	窄气隙 RPC	<input type="checkbox"/> 新理论 <input type="checkbox"/> 新原理 <input type="checkbox"/> 新产品 <input type="checkbox"/> 新技术 <input type="checkbox"/> 新方法 <input type="checkbox"/> 关键部件 <input type="checkbox"/> 数据库 <input type="checkbox"/> 软件 <input type="checkbox"/> 应用解决方案 <input checked="" type="checkbox"/> 实验装置/系统 <input type="checkbox"/> 临床指南/规范 <input type="checkbox"/> 工程工艺 <input type="checkbox"/> 标准 <input type="checkbox"/> 论文 <input type="checkbox"/> 发明专利 <input type="checkbox"/> 其他	RPC μ 子触发探测器的探测效率、计数率、时间分辨、位置分辨	90% <100Hz/cm ² ~2ns ~1cm	无	95% >1kHz/cm ² <1ns <1mm	性能指标通过宇宙线测试,由 ATLAS 合作组安排束流测试。
	多气隙阻性 GEM 探测器	<input type="checkbox"/> 新理论 <input type="checkbox"/> 新原理 <input type="checkbox"/> 新产品 <input type="checkbox"/> 新技术 <input type="checkbox"/> 新方法 <input type="checkbox"/> 关键部件 <input type="checkbox"/> 数据库 <input type="checkbox"/> 软件 <input type="checkbox"/> 应用解决方案 <input checked="" type="checkbox"/> 实验装置/系统 <input type="checkbox"/> 临床指南/规范 <input type="checkbox"/> 工程工艺 <input type="checkbox"/> 标准 <input type="checkbox"/> 论文 <input type="checkbox"/> 发明专利 <input type="checkbox"/> 其他	多气隙阻性 GEM 前向 μ 子探测器的计数率、时间分辨、位置分辨、探测效率	无	无	100kHz/cm ² <1ns <150 μ m >95%	性能指标通过宇宙线测试,由 ATLAS 合作组安排束流测试。

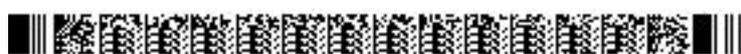


器；研制满足 ATLAS 二期升级要求的基于多气隙阻性 GEM 探测器的前向 μ 子触发探测器原型；合作完成高集成度、高精度的 ASIC TDC 设计。	TDC ASIC 芯片	<input type="checkbox"/> 新理论 <input type="checkbox"/> 新原理 <input type="checkbox"/> 新产品 <input type="checkbox"/> 新技术 <input type="checkbox"/> 新方法 <input type="checkbox"/> 关键部件 <input type="checkbox"/> 数据库 <input type="checkbox"/> 软件 <input type="checkbox"/> 应用解决方案 <input checked="" type="checkbox"/> 实验装置/系统 <input type="checkbox"/> 临床指南/规范 <input type="checkbox"/> 工程工艺 <input type="checkbox"/> 标准 <input type="checkbox"/> 论文 <input type="checkbox"/> 发明专利 <input type="checkbox"/> 其他	MDT TDC ASIC 芯片的通道数、时间精度、触发模式	无	无	24 通道/芯片 ~780ps 无触发模式读出	ATLAS MDT 系统测试
科技报告考核指标	序号	报告类型 ⁵	数量	提交时间		公开类别及时限 ⁶	
	1	年度技术进展报告	3	项目执行年度		延期公开	
	2	中期技术进展报告	1	项目中期		延期公开	
	3	测试报告	1	2019-2020 年		延期公开	
4	终期科技报告	1	项目结题		延期公开		
其他目标与考核指标（对于难以采取上述表格细化的课题目标及其考核指标，可在此细化填写，限 1000 字以内。）							



备注：

1. **“课题目标”**，应从以下方面明确描述：（1）研发主要针对什么问题和需求；（2）将要解决哪些科学问题、突破哪些核心/共性/关键技术；（3）预期成果；（4）成果将以何种方式应用在哪些领域/行业/重大工程等，并拟在科技、经济、社会、环境或国防安全等方面发挥何种的作用和影响。
2. **“考核指标”**，指相应成果的数量指标、技术指标、质量指标、应用指标和产业化指标等，其中，数量指标可以为论文、专利、产品等的数量；技术指标可以为关键技术、产品的性能参数等；质量指标可以为产品的耐震动、高低温、无故障运行时间等；应用指标可以为成果应用的对象、范围和效果等；产业化指标可以为成果产业化的数量、经济效益等。同时，对各项考核指标需填写立项时已有的指标值/状态以及课题完成时要到达的指标值/状态。同时，考核指标也应包括支撑和服务其他重大科研、经济、社会发展、生态环境、科学普及需求等方面的直接和间接效益。如对国家重大工程、社会民生发展等提供了关键技术支撑，成果转让并带动了环境改善、实现了销售收入等。若某项成果属于开创性的成果，立项时已有指标值/状态可填写“无”，若某项成果在立项时已有指标值/状态难以界定，则可填写“/”。
3. **“中期指标”**，各专项根据管理特点，确定是否填写，鼓励阶段目标明确的项目课题填写中期指标。
4. **“考核方式方法”**，应提出符合相关研究成果与指标的具体考核技术方法、测算方法等。
5. **“科技报告类型”**，包括项目验收前撰写的全面描述研究过程和技术内容的最终科技报告、项目年度或中期检查时撰写的描述本年度研究过程和进展的年度技术进展报告以及在项目实施过程中撰写的包含科研活动细节及基础数据的专题科技报告（如实验报告、试验报告、调研报告、技术考察报告、设计报告、测试报告等）。其中，每个项目在验收前应撰写一份最终科技报告；研究期限超过2年（含2年）的项目，应根据管理要求，每年撰写一份年度技术进展报告；每个项目可根据研究内容、期限和经费强度，撰写数量不等的专题科技报告。科技报告应按国家标准规定的格式撰写。
6. **“公开类别及时限”**，公开项目科技报告分为公开或延期公开，内容需要发表学术论文、申请专利、出版专著或涉及技术诀窍的，可标注为“延期公开”。需要发表学术论文的，延期公开时限原则上在2年（含2年）以内；需要申请专利、出版专著的，延期公开时限原则上在3年（含3年）以内；涉及技术诀窍的，延期公开时限原则上在5年（含5年）以内。涉密项目科技报告按照有关规定管理。



二、课题研究内容、研究方法及技术路线

（一）课题的主要研究内容

拟解决的关键科学问题、关键技术问题，针对这些问题拟开展的主要研究内容，限 1000 字以内。

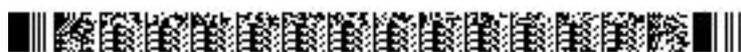
（1）ATLAS 窄气隙阻性板 μ 子触发探测器及读出电子学

针对 ATLAS Phase II 升级的对 RPC μ 子触发探测器更高的计数率能力、时间分辨、位置分辨及抗老化性能的需求，开展 RPC 探测器和电子学的相关性能研究，通过对电极材料的改进、室体结构的优化、读出方法的设计、以及工作条件的研究，结合新型的前端电子学和读出电子学，系统提高 RPC 的各项关键性能，达到 ATLAS Phase II 升级的指标要求；建立专用的探测器性能测试系统；完成探测器设计并实现小批量工程样机试制，建立并完善批量建造的工艺流程、质量控制、性能检测体系，为 Phase II 升级工程建造奠定基础；同时参与 ATLAS 新型触发电子学系统主要模块的研制，包括 L0 触发的 DCT（Data Collector Transmitter）和 SL（Sector Logic）模块，实现在线的零压缩功能以适应 LHC 高计数率环境。

（2）ATLAS 前向 μ 子探测器（多层 GEM 室）

针对高计数率环境下进行高精度时间测量的需求，研制一种具有多气隙结构的快时间响应微结构气体探测器。研究重点是提高探测器的计数率和时间分辨性能，同时增强高辐照本底下的可靠性，以满足 ATLAS Phase II 的升级需要。

原初电离的统计涨落是制约微结构气体探测器时间分辨的主要因素，通过采用多气隙结构能有效减小原初电离的影响，从而获得高时间分辨。同时采用阻性井型结构进行气体放大，实现高计数率下稳定的高增益运行。围绕以上两方面，研究内容主要包括：模拟探测器中的各种物理过程，研究气隙厚度和数量、气体放大单元构型、阻性层材料以及不同工作条件对探测器性能的影响；进行探测器的设计和优化，确定探测器的关键参数，包括井型结构、阻性电极、读出电极等；建造原理样机，测试并研究样机性能，重点是高计数率下的时间分辨性能，标定探测器性能与各种因素的依赖关系，优化探测器物理设计。



(3) ATLAS μ 子探测器电子学升级

本项目中将探索基于 ASIC 的高精度 TDC 设计技术，参与完成实际的 TDC 芯片设计。在研究中将基于粗细时间测量相结合的技术进行 ASIC 设计，并探索高速串行数据接口设计技术以实现无触发模式下的全数据读出。

(二) 课题采取的研究方法

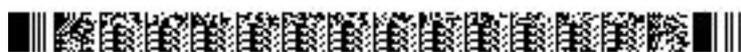
针对课题研究拟解决的问题，拟采用的方法、原理、机理、算法、模型等限 1000 字以内。

(1) ATLAS RPC 触发探测器系统急需解决的关键问题是提高 RPC 计数率和工作寿命的方法，并提高 RPC 的时间分辨和位置分辨能力，以保证 HL-LHC 亮度下触发的效率，并提高触发的动量分辨能力。主要研究方法是通过采用更高灵敏度的前端电子学，结合窄气隙 RPC 结构，控制每次雪崩产生的电荷量，有效提高 RPC 的计数率和工作寿命；通过减小 RPC 的气隙宽度并优化室体结构和读出方法，可以提高时间分辨和位置分辨能力；通过大面积原型探测器的试制，掌握批量建造的制作工艺流程和质量控制方法。

(2) ATLAS 前向 μ 子探测器需解决的关键问题是如何实现高计数率下高精度时间测量。拟采取的研究方法是采用具有多气隙的多层阻性井型 GEM 结构，在保留高计数率能力的基础上获得高时间分辨。研究方法为模拟先行，技术研究随后，最后研制样机进行原理验证。

(3) ATLAS μ 子探测器电子学升级

基于粗细时间测量相结合的构架，使用高精度锁相环电路（PLL）对输入参考时钟进行倍频，再结合高性能的延时锁定环电路（DLL）对倍频后的时钟进行分相，实现二次时间内插，并结合 130 nm 至 180 nm CMOS 工艺展开 ASIC 优化设计。



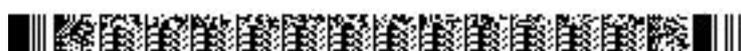
三、主要创新点

围绕基础前沿、共性关键技术或应用示范等层面，简述课题的主要创新点。具体内容应包括该项创新的基本形态及其前沿性、时效性等，并说明是否具备方法、理论和知识产权特征。每项创新点的描述限 500 字以内。

创新点 1：窄气隙 μ 子探测器在世界上尚未实现应用于粒子物理实验，通过窄气隙结构可以有效提升 RPC 的计数率、时间分辨、位置分辨等性能，具有广泛的潜在应用前景。

创新点 2：利用微结构气体探测器实现大面积、高辐照本底下高时间和位置分辨的带电径迹探测尚未在高能物理实验中实现，通过结合 MRPC 中的多气隙结构和微结构探测器中阻性电极技术，可以同时获得 MRPC 的高时间分辨和微结构探测器的高计数率能力，从而实现高计数率下的高精度时间测量。

创新点 3：ASIC TDC 的研究是国际上最前沿领域的研究，除高精度、高集成度的 TDC ASIC 设计方法研究外，该项研究还将研究基于新型的无硬件触发实现全数据读出。



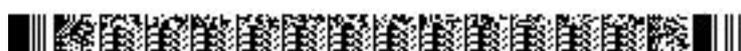
四、预期经济社会效益

课题的科学、技术、产业预期指标及科学价值、社会、经济、生态效益。限 500 字以内。

窄气隙 RPC 的研制成功可为将来的大型粒子探测提供新一代 μ 子触发探测器。

课题中前向 μ 子探测器研制的多气隙 GEM 探测器，具有高计数率、高时间和空间分辨，无论在基础研究还是在包括医学成像在内的很多应用领域都有极大的应用潜力。结合光转换体，多气隙 GEM 探测器还可以成为优良的光电转化器件。

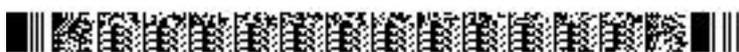
MDT 读出电子学升级将采用新一代 ASIC 电路和无触发技术，其技术将为下一代粒子径迹探测器所用。



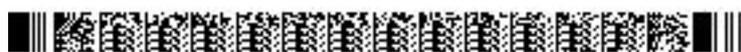
五、课题年度计划

按年度制定完成课题的计划进度，应将课题的考核指标分解落实到年度计划中。

年度	任务	考核指标	成果形式
2016年 7月 2017年 6月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 窄气隙 RPC 材料和设备采购，材料性能测试，RPC 探测器设计； 2. 前向 μ 子探测器设计； 3. μ 子探测器电子学关键技术调研。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成 RPC 探测器设计和材料性能测试； 2. 完成高计数率(100 kHz/cm²)多气隙阻性 GEM 探测器原理设计； 3. 完成电子学技术调研。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. RPC 设计报告和材料测试报告； 2. GEM 设计报告； 3. 电子学调研报告
2017年 7月 2018年 6月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同构型 RPC 原型探测器的制作和测试，优化 RPC 探测器结构,参与 TDR 撰写； 2. 前向 μ 子探测器原型建造和测试； 3. μ 子探测器电子学关键电路设计。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成 40×40cm² RPC 原型探测器制作，开展性能研究； 2. 完成有效面积达 10cm×10cm 的多气隙阻性 GEM 探测器原型的制作； 3. 完成缪子探测器电子学关键电路设计。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. RPC 实物原型； 2. GEM 实物原型； 3. 电子学设计报告。
2018年 7月 2019年 6月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 确定 RPC 探测器构型； 2. 前向 μ 子探测器原型建造和测试； 3. μ 子探测器电子学流片制作。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成 RPC 原型探测器性能测试：探测器效率达到 95%、计数率>1kHz/cm²、时间分辨<1ns、位置分辨<1mm； 2. 多气隙阻性 GEM 探测器原型时间时间分辨好于 1ns； 3. 提交电子学流片设计。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. RPC 性能测试报告； 2. GEM 性能测试报告； 3. 电子学设计报告。



<p>2019 年 7月 2020 年 6月</p>	<p>1. RPC工程样机的设计和制作; 2. 前向μ子探测器结构优化; 3. μ子探测器电子学原型ASIC测试。</p>	<p>1. 完成80×160cm²RPC工程样机的制作; 2. 多气隙阻性GEM探测器原型位置分辨好于150 μm,效率高于95%; 3. 开展ASIC性能测试。</p>	<p>1. RPC工程样机实物; 2. GEM测试报告; 3. 电子学测试报告。</p>
<p>2020 年 7月 2021 年 6月</p>	<p>1. RPC工程样机测试,制作工艺优化,建立批量制作的工艺流程和质量控制体系; 2. 前向μ子探测器结构优化; 3. μ子探测器电子学ASIC设计优化。</p>	<p>1. 完成大面积RPC性能测试,建立批量制作工艺体系; 2. 多气隙阻性GEM探测器原型计数率达到100 kHz/cm²; 3. 电子学ASIC优化设计。</p>	<p>1. 探测器和电子学的研制报告; 2. 发表文章。</p>



六、课题组织实施机制及保障措施

1、课题的内部组织管理方式、协调机制等，限 500 字以内。

课题实行课题负责人全面负责制。设立咨询小组对课题负责人提供课题实施的建议。课题研究内容围绕 ATLAS 实验缪子探测系统的二期升级，包括窄气隙阻性板 μ 子触发探测器及读出电子学、多气隙阻性 GEM 前向 μ 子探测器、MDT 探测器高精度 ASIC TDC 三方面的工作。每方面的工作都有相应负责人，他们在课题负责人直接领导下负责课题的实施。

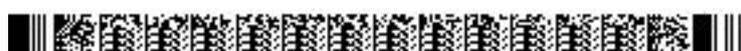
由于 ATLAS 实验为大型国际合作，必须保证课题在 ATLAS 合作组的合作协议框架下进行。本课题具有很大的预研成分，应根据 ATLAS 实验二期升级工程的实际进展情况进行必要及时的调整。此外，课题内不同研究工作之间有些技术和方法具有一定共性，因此课题内需有良好的交流。

2、课题实施的相关政策，已有的组织、技术基础，支撑保障条件，限 500 字以内。

课题将严格执行国家和科技部对“国家重点研究计划”的政策要求，课题各参加单位及各参与单位所在的国家、教育部重点实验室将在研究人员、支撑人员和研究生等人力资源、实验室场地和相关条件上给予支持，以保障项目顺利实施，达到目标。

中国科学技术大学在 ATLAS 一期升级阶段，负责国家基金委重大国际合作项目“ATLAS 一期谱仪端盖 NSW 触发系统研究”，主要承担了 μ 子谱仪读出板的制作和集成、质量控制和调试等，并全程参与了 RPC 探测器的性能测试工作，培养了多名熟悉 ATLAS μ 子谱仪的研究生，为继续开展二期升级奠定了良好的基础。

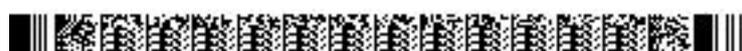
在 GEM 探测器研究方面，发展出采用自张紧方法的新型大面积 GEM 制作工艺，已经成功制作出国内首个有效面积达 $100\text{cm}\times 50\text{cm}$ 的 GEM 探测器，均匀性达到国际先进水平，相应的大面积 GEM 探测器制作方法的专利正在申请中。承担一项国家自然科学基金青年科学基金项目“大面积 GEM 探测器研制”，已结题，研究成果已发表。



电子学团队长期致力于物理实验读出电子学研究。在高精度时间测量方面，曾基于 FPGA TDC 技术展开深入研究，成功实现 10 ps 量级的高精度 TDC 设计；在 ASIC 研究方面，曾针对大动态范围下的高精度时间及电荷测量 ASIC 进行研究，并成功完成了多版本的 ASIC 设计及测试，具有相当的技术和经验积累。

3、对实现项目总目标的支撑作用，及与项目内其他课题的协同机制，限 500 字以内。

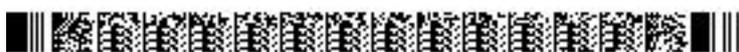
ATLAS Phase II μ 子谱仪的升级将适应高亮度下 LHC 的运行，提高 μ 子探测效率，对末态为 μ 子的物理，如 Higgs 性质研究和新物理寻找十分重要。本课题内的三个方向有一定关联，但与其他子课题没有直接关联。



七、知识产权对策、成果管理及合作权益分配

限 500 字以内。

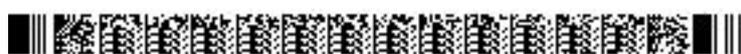
项目的成果主要以文章发表、会议报告、专利申请的形式。它们必须严格遵守科技部相关政策和条例、以及各国际合作实验的政策和协议。



八、需要约定的其他内容

限 500 字以内。

无



九、课题参加人员基本情况表

填表说明：1、职称分类：A、正高级 B、副高级 C、中级 D、初级 E、其他；
 2、投入本课题的全时工作时间（人月）是指在课题实施期间该人总共为课题工作的满月度工作量；累计是指课题组所有人员投入人月之和。
 3、课题固定研究人员需填写人员明细；
 4、是否有工资性收入：Y、是 N、否；
 5、人员分类代码：A、课题负责人 B、课题骨干 C、其他研究人员；
 6、工作单位：填写单位全称，其中高校要具体填写到所在院系。

序号	姓名	性别	出生日期	身份证号码 (军官证、护照)	技术 职称	职务	学位	专业	投入本课题的 全时工作时间 (人月)	人员 分类	是否有 工资性 收入	工作单位
1	赵政国	男	1956-12-28	110107195612281519	正高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	40	课题负责人	是	中国科学技术大学物理学院
2	孙勇杰	男	1976-06-16	370622197606160014	中级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题骨干	是	中国科学技术大学物理学院
3	刘衍文	男	1980-03-27	340104198003272016	正高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题骨干	是	中国科学技术大学物理学院
4	梁昊	男	1970-05-05	340104197005052071	副高级	无	博士	核电子学	30	课题骨干	是	中国科学技术大学物理学院
5	周意	男	1980-08-23	432325198008230030	副高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题骨干	是	中国科学技术大学物理学院
6	郭军	男	1979-04-02	340102197904020513	正高级	无	博士	粒子物理	30	课题骨干	是	上海交通大学物理与天文系



7	冯存峰	男	1968-12-19	370102196812192933	正高级	无	博士	粒子物理与原子核物理	30	课题骨干	是	山东大学物理学院
8	耿聪	男	1986-03-28	340405198603280215	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	是	中国科学技术大学物理学院
9	李冰	男	1987-10-20	410101198710202032	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院
10	宋维民	男	1988-05-21	220724198805213430	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	30	其他研究人员	否	山东大学物理学院
11	Marc Cano Bret	男	1987-09-12	AAJ286354	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	上海交通大学物理与天文系
12	王融坤	男	1992-12-17	35010219921217191X	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院
13	李昌樵	男	1989-11-04	410105198911040071	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院
14	祝鹤龄	女	1993-08-11	350721199308110021	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院



15	王文骁	男	1990-10-22	130981199010221016	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院
16	汪晨亮	男	1993-11-15	330523199311150014	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	上海交通大学物理与天文系
17	王子瑞	男	1992-02-18	620102199202181116	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	上海交通大学物理与天文系
18	郝永亮	男	1987-01-20	371326198701203793	其他	无	硕士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	上海交通大学物理与天文系
19	章瑞麒	男	1991-12-24	34240119911224531X	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	50	其他研究人员	否	中国科学技术大学物理学院
								固定研究人员合计	800	/	/	/
								流动人员或临时聘用人员合计	580	/	/	/
								累计	1380	/	/	/

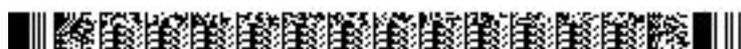


十、经费预算

课题（2016YFA0400102）承担单位基本情况表

表B1

填表说明：1. 组织机构代码指企事业单位国家标准代码，单位若已三证合一请填写单位社会信用代码，无组织机构代码的单位填写“000000000”； 2. 单位公章名称必须与单位名称一致。					
课题编号	2016YFA0400102		执行周期（月）	60	
课题名称	ATLAS实验缪子探测器升级				
课题承担单位	单位名称	中国科学技术大学			
	单位性质	大专院校			
	单位主管部门	中国科学院	隶属关系	中央	
	单位组织机构代码	485001086			
	单位法定代表人姓名	万立骏			
	单位所属地区	安徽省	合肥市	包河区	
	电子邮箱	wangfeng@ustc.edu.cn			
	通信地址	合肥市金寨路96号			
	邮政编码	230026			
相关责任人	课题负责人	姓名	赵政国		
		身份证号码	110107195612281519		
		工作单位	中国科学技术大学		
		电话号码	0551-63603445	手机号码	15505510490
		电子邮箱	zhaozg@ustc.edu.cn	邮政编码	230026
		通信地址	安徽省合肥市金寨路96号中国科技大学		
	财务部门负责人	姓名	章晨		
		电话号码	0551-63606413	手机号码	13500506053
		传真号码	0551-63601164		
		电子邮箱	zhangchen@ustc.edu.cn		
	课题经费预算联系人	姓名	董娟		
		身份证号码	130102197809011820		
		电话号码	0551-63603432	手机号码	15555120309
		电子邮箱	dongjuan@ustc.edu.cn		



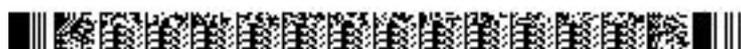
课题预算表

表B2 课题编号： 2016YFA0400102

课题名称： ATLAS实验缪子探测器升级

金额单位： 万元

序号	预算科目名称	合计	专项经费	自筹经费
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	一、经费支出	1240.00	1240.00	
2	(一) 直接费用	1071.00	1071.00	
3	1、设备费	35.00	35.00	
4	(1) 购置设备费	35.00	35.00	
5	(2) 试制设备费			
6	(3) 设备改造与租赁费			
7	2、材料费	350.30	350.30	
8	3、测试化验加工费	77.00	77.00	
9	4、燃料动力费	14.00	14.00	
10	5、差旅费	50.00	50.00	
11	6、会议费	14.40	14.40	
12	7、国际合作与交流费	175.40	175.40	
13	8、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	4.00	4.00	
14	9、劳务费	194.50	194.50	
15	10、专家咨询费	6.40	6.40	
16	11、其他支出	150.00	150.00	
17	(二) 间接费用	169.00	169.00	
18	二、经费来源	1240.00	1240.00	
19	(一) 申请从专项经费获得的资助	1240.00	1240.00	/
20	(二) 自筹经费来源		/	
21	1、地方财政拨款		/	
22	2、单位自有货币资金		/	
23	3、其他资金		/	



设备费——购置/试制设备预算明细表

表B3 课题编号: 2016YFA0400102

课题名称: ATLAS实验缪子探测器升级

金额单位: 万元

填表说明: 1.设备分类: 购置、试制;
 2.购置设备类型: 通用、专用;
 3.经费来源: 专项、自筹;
 4.试制设备不需填列本表(10)列、(11)列、(12)列、(13)列;
 5.设备单价的单位为万元/台套, 设备数量的单位为台套;
 6.10万元以下的设备不用填写明细。

序号	设备名称	设备分类	功能和技术指标	单价	数量	金额	经费来源	购置或试制单位	安置单位	购置设备类型	主要生产厂家及国别	规格型号	拟开放共享范围
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
单价10万元以上购置设备合计							/	/	/	/	/	/	/
单价10万元以上试制设备合计							/	/	/	/	/	/	/
单价10万元以下购置设备合计					17	35.00	/	/	/	/	/	/	/
单价10万元以下试制设备合计							/	/	/	/	/	/	/
累计					17	35.00	/	/	/	/	/	/	/



测试化验加工费预算明细表

表B4 课题编号: **2016YFA0400102**

课题名称: ATLAS实验缪子探测器升级

金额单位: 万元

填表说明: 量大及价高测试化验, 是指课题研究过程中需测试化验加工的数量过多或单位价格较高、总费用在5万元及以上的测试化验加工, 需填写明细。

序号	测试化验加工的内容	测试化验加工单位	计量单位	单价(元/单位数量)	数量	金额
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	RPC电极材料电木板的表面特性电镜扫描	中国科学技术大学公共测试平台	次	4000.00	20	8.00
2	网络分析仪测量原型RPC阻抗特性	中国科学技术大学综合科研仪器共享中心	小时	100.00	1000	10.00
3	高功率X射线管测试多气隙GEM计数率性能	中国科学技术大学综合科研仪器共享中心	小时	100.00	1000	10.00
4	探测器性能模拟研究的计算机时	中国科学技术大学高性能计算机平台	小时	50.00	2000	10.00
5	触发电子学ASIC性能测试	中国科学技术大学综合科研仪器共享中心	小时	100.00	2000	20.00
6	MDT TDC ASIC性能测试	中国科学技术大学综合科研仪器共享中心	小时	100.00	1500	15.00
量大及价高测试化验费合计						73.00
其他测试化验费合计						4.00
累计						77.00



单位研究经费支出预算明细表

表B5 课题编号： 2016YFA0400102

课题名称： ATLAS实验缪子探测器升级

金额单位： 万元

填表说明： 1.单位类型分承担单位、参与单位； 2.组织机构代码指企事业单位国家标准代码，单位若已三证合一请填写单位统一社会信用代码，无组织机构代码的单位填写“000000000”。										
序号	单位名称	组织机构代码-统一社会信用代码		单位类型	任务分工	研究任务负责人	合计	专项经费		自筹经费
		小计	其中：间接费用							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
1	中国科学技术大学	单位组织机构代码	485001086	承担单位	负责RPC、GEM模型设计、建造和性能测试；建立RPC批量制作工艺和质量控制体系；TDS设计、制作测试	孙勇杰	1000.00	1000.00	137.40	
2	上海交通大学	单位组织机构代码	42500615X	参与单位	参与RPC模型设计、建造和性能测试，并参加批量生产	郭军	120.00	120.00	15.80	
3	山东大学	单位组织机构代码	495570303	参与单位	参与RPC模型设计、建造和性能测试，并参加批量生产	冯存峰	120.00	120.00	15.80	
累计							1240.00	1240.00	169.00	



预算说明

二、对本课题各科目支出主要用途、与课题研究的相关性、必要性及测算方法、测算依据进行详细说明；按照课题进行说明，不需要按照参与单位分别说明；如同一科目同时编列专项经费和自筹经费的，请分别说明。

（一）直接费用

1. 设备费 35 万元

1) 中科大 RPC 研制工作所需主要设备包括：（共计 16.2 万元）

气体系统：为 RPC 探测器提供工作气体，包含氟利昂 R134a、异丁烷、六氟化硫 3 路常用气体的质量流量控制，另有 1 路通用控制器，用于新型工作气体的研究（HFO-1234yf、HFO-1234ze 等），拟采用北京圣业 4 路质量流量控制配气仪（氟利昂/异丁烷/六氟化硫/通用），设备报价：5.5 万元。

高压插件：为 RPC 探测器提供工作高压，每个探测器模块需要单独供电，电压 $\sim\pm 5$ 千伏，拟采用 iSEG NHS-6260n/p 插件，每个插件提供 6 路 6 千伏正高压（p）或负高压（n）输出，报价：3.9 万元 $\times 2$ 个=7.8 万元

高压 NIM 插件：Ortec556，提供 4 路 3 千伏高压，用于宇宙线触发的光电倍增管供电，报价：2.4 万元。

低压电源：为 RPC 前端信号放大器电子学系统供电，拟购买 Keithley 2231A 低压直流电源，0.5 万元。

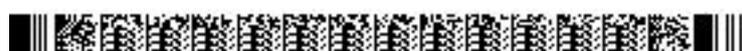
2) 上海交通大学参与 RPC 探测器的性能研究任务，需单独建立 RPC 宇宙线测试系统，所需主要设备包括：（共计 13.8 万元）

北京圣业 4 路质量流量控制配气仪（氟利昂/异丁烷/六氟化硫/通用），设备报价：5.5 万元。

iSEG NHS-6260n/p NIM 高压插件，3.9 万元 $\times 2$ 个=7.8 万元

Keithley 2231A 低压直流电源：0.5 万元。

3) 山东大学参与 RPC 探测器的性能研究任务，需单独建立 RPC 宇宙线测



试系统，所需主要设备包括：（共计 5 万元）

NIM 插件，SC1008 定标器：0.8 万

NIM 插件：SC1011 高压电源：0.2 万*5 路=1 万

NIM 机箱：0.9 万

胜利 VC8245 四位半台式万用表：0.2 万

台湾固伟交直流耐压绝缘仪 GP1735A：1.2 万

博世 GPO 12CE 抛光机：0.15*2=0.3 万

奥突斯静音无油空气压缩机 4KW-160L：0.3 万

Fujiwara（藤原）T0103226 真空泵：0.3 万

以上设备用于为 RPC 探测器提供专用的工作气体，为探测器和电子学提供高压和低压供电，以及建立独立的数据获取系统等，不能与已有的测试平台共享，需要单独购置。其他设备通过整合依托单位的现有资源提供。

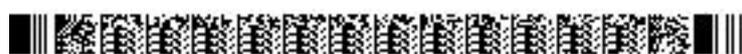
2.材料费 350.3 万元

1) RPC 探测器研制材料费：102.6 万元

RPC 探测器制作材料费用：40×40cm²RPC 原型探测器的材料成本见表一。

表一：RPC 探测器材料价格表

材料名称	数量	单价（元）	合计（元）
电木板	2 张	300	600
蜂窝板	2 块	800	1600
印刷线路板	2 块	500	1000
3M 双面胶	2 张	150	300
石墨电极	2 层	100	200
Kapton 绝缘薄膜	2 张	300	600
气隙支柱	25 个	20	500
气密边框	4 根	300	1200
信号接头和电缆	12 套	150	1800
气路接口	2	100	200
高压接头和电缆	2 套	150	300
气密硅胶	1	100	100



其他辅材			100
合计			8500

项目期间，为进行探测器性能研究，计划制作不同结构参数的小面积（ $40\times 40\text{cm}^2$ ）RPC 20 个， $0.85\text{万}\times 20=17$ 万元；为了研究大面积 RPC 的制作工艺和性能均匀性等指标，计划制作 $80\times 80\text{cm}^2$ RPC 8 个， $3.2\text{万}\times 8=25.6$ 万元；项目最终将制作实际尺寸工程机（ $160\times 80\text{cm}^2$ ）RPC 10 个， $6\text{万}\times 10=60$ 万元，共计：102.6 万元。

2) 多气隙 GEM 探测器研制材料费：54 万元

多气隙 GEM 原理样机主要材料单价如下：

漂移电极：单价约 0.3 万元；

雪崩放大结构的上表面阻性电极：单价约 0.4 万元；

雪崩放大结构的“井”型微结构阵列：单价约 0.7 万元；

雪崩放大结构的下表面阻性电极：单价约 0.5 万；

读出电极:单价约 0.3 万元；

高压及信号连接部件：0.1 万元

根据初步模拟仿真结果，多气隙 GEM 探测器需要至少 8 层雪崩放大区才能获得好于 1ns 的时间分辨。因此，单个探测器需要 1 个漂移电极、8 个雪崩放大结构、1 个读出电极和 1 套连接器，总价格 ~ 13.5 万元，见表二。

表二：多气隙 GEM 探测器材料价格表

材料名称	数量	单价（万元）	合计（万元）
漂移电极	1	0.3	0.3
上表面阻性电极	8	0.4	3.2
“井”型微结构阵列	8	0.7	5.6
下表面阻性电极	8	0.5	4
读出电极	1	0.3	0.3
高压及信号连接部件	1	0.1	0.1
合计			13.5

项目期间，探测器基准设计要进行 2 次原型试验。为了对探测器结构进行优化，需要变化“井”型结构的几何结构以及上下表面阻性电极的电阻率和几何构型，优化次数预计 2 次。



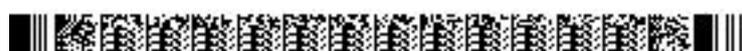
综上，多气隙 GEM 探测器制作材料费的总费用为 13.5 万元×4 个 =54 万元。

3) 探测器材料清洁相关材料费：1.8 万元

气体探测器（RPC、GEM 等）的所有材料必须经过多道清洗工艺，材料表面不能有残留颗粒、污渍或灰尘，并保持干燥。清洁工艺包括：热纯净水超声清洗、去离子水表面冲洗、无水酒精浸泡脱水、丙酮无尘布擦拭清洁、氮气吹扫等工序，最后用硫酸纸隔开，清洁干燥环境中保存，并根据材料特性的不同采用不同的清洗工艺。项目期间所需的主要清洗试剂和材料的价格、预计使用量和主要用途如下表：

材料	单价×数量	金额（元）	用途
无水酒精 (分析纯-AR)	8.7 元×300 瓶	2610	用于各种主要材料的清洁
丙酮 (分析纯)	13.6 元×100 瓶	1360	用于各种主要材料的清洁
甲基-异丁基-甲酮	18 元×100 瓶	1800	石墨电极喷涂的主要稀释剂和清洁剂
无尘布	60 元×100 包	6000	材料清洁
面巾纸	5.5 元×300 包	1650	材料擦拭清洗
硫酸纸	200 元×10 卷	2000	材料叠放分隔
氮气	86 元×30 瓶	2580	清洁和装配过程中表面吹扫
总计		18000	

探测器清洁制作所需消耗材料：1.8 万元。



4) 气体探测器工作气体：8.1 万元

RPC 工作气体为环保型氟利昂 R134a、异丁烷和六氟化硫；GEM 探测器的工作气体主要为氩气、二氧化碳和四氟化碳；另外，本课题的主要任务之一是研究温室效应较低气体代替氟利昂的可行性，需要购买 HFO-1234yf 等新型工作气体，用于性能比较测试。项目期间所需要气体的价格和数量见下表。

气体名称	单价（元/瓶）	数量	合计（元）
氟利昂 R134a	1100	20	22000
异丁烷	3800	5	19000
六氟化硫	2000	3	6000
氩气	350	4	1400
二氧化碳	1500	2	3000
四氟化碳	8600	1	8600
新型工作气体 (HFO-1234yf 等)	7000	3	21000
合计			81000

5) 探测器建造所需机械结构的制作费用：18.5 万元

RPC 的主要工作区域是 1mm 左右厚度的气隙，并且要求气隙的均匀性好于 5%，要制作大面积性能均匀的 RPC，需要制作精密的气隙支柱和边框结构，在探测器研制阶段，需要制作不同厚度、不同结构的支柱和边框，只能采用机械方法制作（探测器批量生产阶段可以通过模具大批量制作），因此成本较高。气隙支柱和 40cm 边框费用分别为 20 元/个和 300 元/根，已经计入 RPC 制作材料成本。但制作更大面积 RPC 所需 80-160cm 长度的边框，为了保证制作精度，需要设计制作专用工装，费用~7.5 万元

探测器工程机需要根据 ATLAS 实验环境和安装方式，将探测器组装成“模块”，便于工程安装，相应的机械结构材料和制作费用：0.5 万/个×10 个=5 万元；

制作大面积的 RPC，需要在结构固化的过程中，采用均匀层压的方法，保证气隙的均匀性，相应的安装工装所需材料和制作费用：~4 万元；

采用电木电极的 RPC 探测器，通常需要在电木板表面覆盖一层亚麻油，提高探测器工作的稳定性，因此大面积 RPC 需要制作专用的淋油悬挂支架，用于



使亚麻油完全流过气室，所需的材料和制作费用：~2 万元

6) RPC 前端读出电子学系统材料费：14 万元

RPC 前端电子学系统：窄气隙 RPC 产生的信号小，需要采用意大利 INFN 研发的专用新型高灵敏度低噪声前端放大电子学，价格为 14 欧元/路（折合人民币~100 元），测试期间需要~400 路建立宇宙线测试系统，10 个工程机共需要 800 路直接安装到探测器上，共计 100 元/路×1200 路=12 万元。

RPC 电子学转接板：用于研制过程中不同阶段的不同版本探测器，与前端电子学接口之间的转接，预计 0.5 万元/版×4 版=2 万元。

7) 多项目晶圆（Multi Project Wafer，简称 MPW）流片费用：117 万元

流片拟采用 IBM 130 nm CMOS 工艺，MPW 制作（工艺流程包括：晶圆购买、掩膜制作、氧化、注入、掺杂、刻蚀、划片等）单次费用合计 58.5 万元。

本课题中，RPC 触发电子学读出系统升级的 L0 触发 DCT（Data Collector Transmitter）和 SL（Sector Logic）模块设计，需要进行 ASIC 流片 1 次，所需费用为 58.5 万元；缪子 MDT 探测器的 TDC 设计，参与 ASIC 设计，承担其中一次 MPW 流片，需 58.5 万元。共计 117 万元。

8) 电子学研究所需元器件等材料的采购费用：21.5 万元

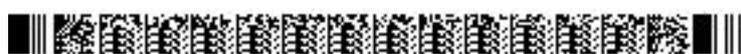
可编程逻辑器件 Xilinx FPGA（Virtex6 或 Kintex7 系列）0.8~1.5 万×3~3 万

高速 ADC（AD083000 或 E2V 系列）1.5 万×3=4.5 万

TDC（Acam GPX 或类似器件）0.5 万×6=3 万

其它元件（包括运放、比较器、存储器、电源管理、各类控制器芯片、通信接口芯片、接插件以及其它外围元件）~3 万

不同版本的测试线路板制作和元器件焊接费用，按平均每版本线路板制板费用 4000 元，焊接费用 4000 元计算，项目期间设计测试 10 种不同版本方案，8000 元×10=8 万元。



9) 参加束流测试实验探测器和相关设备的运输费用：12.8 万元

课题期间，拟参加 8 次束流测试实验，探测器和实验设备需要运输到国外的测试机构（例如瑞士的 CERN），每次往返的运费~1.6 万元，共计 12.8 万元。

3.测试化验加工费 77 万元

1) 利用中科大公共测试平台的电镜扫描装置分析不同批次 RPC 电极材料电木板的表面性能，每次 0.4 万元×20 次=8 万元。

2) 利用中科大综合科研仪器共享中心的网络分析仪，测量分析 RPC 探测器阻抗特性：100 元/小时× 1000 小时=10 万元。

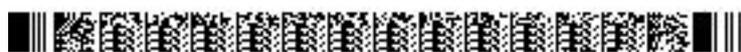
3) 利用中科大综合科研仪器共享中心的 GEM-X 射线成像测试系统和高精度时间测量系统对多气隙 GEM 探测器进行性能测试，单价为 100 元/小时，约需测试 20 批次，每批次 50 小时，共计 100×20×50=10 万元。

4) RPC 气体系统的刻度和标定，以保证控制的精度，（虽然每路质量流量控制器在出厂时已标定，但长时间持续运行后精度会变差，至少需要每年进行一次重新刻度和标定，尤其是需要对气体组分进行优化和研究时，像 SF₆ 气体在比分中仅占~1%，但含量细微差别都会影响 RPC 的工作电压与性能。）中科大综合科研仪器共享中心可以提供气体系统标定服务，每路每次 0.2 万元×4 种气体×1 次/年× 5 年=4 万元。

5) 探测器性能模拟研究所需的计算机时费，通过模拟研究不同 RPC 结构的特性阻抗、气体流动等特性，为探测器的结构设计提供依据，利用中科大高性能计算机平台运行基于有限元算法软件，机时费 50 元/小时×2000 小时=10 万元。

6) 触发电子学系统 ASIC 研究和 RPC 宇宙线系统电子学设计，需要使用高精度测量仪器设备测试不同版本的电路设计，利用中科大综合科研仪器共享中心的信号源、示波器、程控衰减器、网络分析仪、频谱分析仪等设备进行测试，每台设备使用费 100 元/小时，总的设备使用时间~2000 小时，共计 20 万元。

7) 缪子 MDT 探测器 TDC ASIC 研究，需要使用高速高精度测量仪器设备



进行多版本多个 ASIC 分批测试，利用中科大综合科研仪器共享中心的信号源、示波器、程控衰减器、网络分析仪、频谱分析仪等设备进行测试，每台设备使用费 100 元/小时，平均每个仪器使用 300 小时，共计 100 元/小时/台×300 小时×5 台=15 万元。

4.燃料动力费 14 万元

气体探测器装配所必须的恒温恒湿超净工作间日常运行所需电费，洁净间通过专用风机系统、空调系统和除湿系统持续运行实现 10K 级的洁净度、低于 50%的湿度和 22±2℃的温度控制，总运行平均功率为 12 千瓦，超过普通实验室的运行功率，属于专用设备且运行费用量大价高，故在燃料动力费中单独列支（间接费用包含宇宙线测试装置等其他日常燃料动力房租等），12 千瓦（平均消耗功率）×24 小时×0.68 元/度×365 天 ×5 年 ~35 万元，本项目拟承担该洁净间 30%左右的动力费用，计 10 万元。

缪子 MDT 探测器 TDC ASIC 研究：研制过程需用到单独计算电费的高低温试验箱，功耗 20kW，用于电路板的老练和可靠性验证，预计开展 10 次测试，每次 12 天，总共需要 0.68 元/度×20 度/小时×24 小时/天×120 天，~4 万元。

5.出版/文献/信息传播/知识产权事务费 4 万元

用于课题实施过程中支付论文版面费、科研资料费、文献检索费、科研资料复印装订费等。

文章版面费：2000 元/篇×5 篇=1 万元

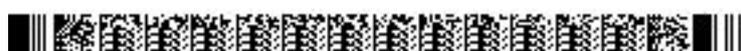
科研图书资料费：1.5 万元

文献检索费：2000 元×5 次=1 万元

专业资料打印复印装订费：0.5 万元；

6.其他支出 150 万元

根据《中国联合组参加 ATLAS 合作组谅解备忘录》（即“Memorandum of Understanding”，简称 MoU）的规定，作为成员单位，中国联合组需要承担实验建造和运行产生的部分费用，即每年需缴纳 ATLAS M&O 运行费，标准为每



人每年 7.5 万元人民币。

本课题计划每年承担 4 名参加 ATLAS 实验的骨干和博士后的相关费用：
7.5 万/人年×4 人×5 年=150 万元。

7.差旅费、会议费、国际合作与交流费、劳务费、专家咨询费

差旅费：50 万元

会议费：14.4 万元

国际合作与交流费：175.4 万元

劳务费：194.5 万元

专家咨询费：6.4 万元

合计 **440.7 万元**

无需填写说明。

（项目实施中发生的会议费、差旅费、国际合作与交流费等三项支出之间可以调剂使用，但不能突破三项支出预算总额。）

（劳务费预算应结合当地实际以及相关人员的参与项目的全时工作时间等因素合理执行，临时聘用人员的社会保险补助纳入劳务费科目中列支。）

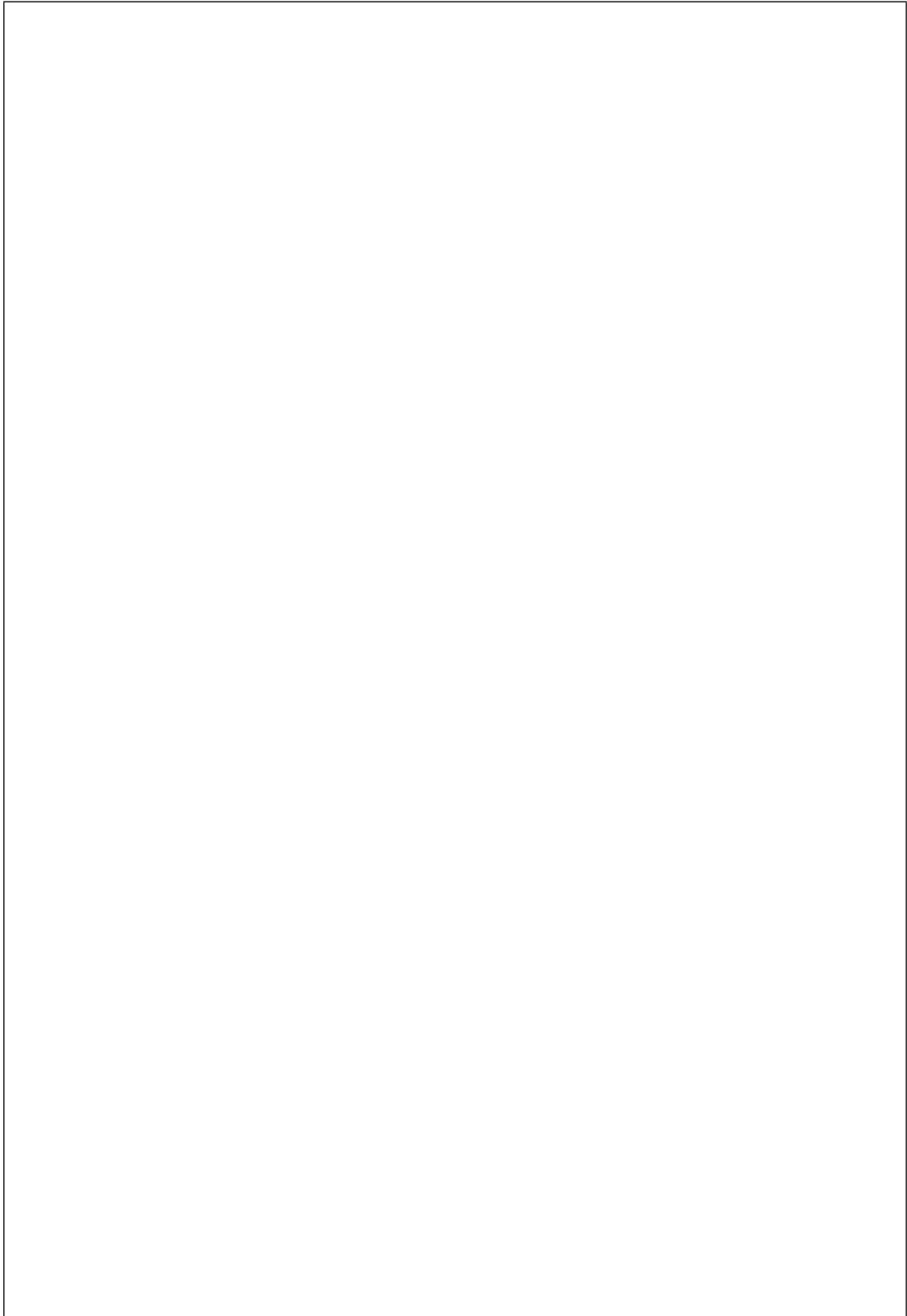
（专家咨询费应按照管理办法规定支出标准执行。）

（二）间接费用 169 万元

无需填写说明。

（承担单位应当建立健全间接费用的内部管理办法，合规合理使用间接费用，结合一线科研人员实际贡献公开公正安排绩效支出，体现科研人员价值，充分发挥绩效支出的激励作用。承担单位不得在核定的间接费用或管理费用以外再以任何名义在项目资金中重复提取、列支相关费用。）





附件 1-1 中国联合组参加 ATLAS 合作组谅解备忘录

Addendum No. 2

to the

Memorandum of Understanding

for Collaboration in the Construction of the ATLAS Detector

Participation of the

Institute of High Energy Physics, Beijing

Nanjing University, Nanjing

Shandong University, Jinan

and the

University of Science and Technology of China,
Hefei,

of the

People's Republic of China

1. Introduction

1.1 In letters dated 19 December, 1994, and 10 June, 1998, addressed to P. Jenni, Spokesperson of the ATLAS Collaboration,

- the Institute of High Energy Physics (IHEP), Chinese Academy of Science, Beijing, represented by Prof. G. Tong,
- Nanjing University, Nanjing, represented by Prof. T. Chen,
- Shandong University, Jinan, represented by Prof. N. Zhang, and
- the University of Science and Technology of China (USTC), Hefei, represented by Prof. X. Yu,

expressed their wish to join the ATLAS Collaboration.



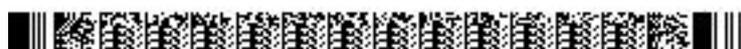
- 1.2 The National Natural Science Foundation of China, represented by Prof. N. Wang, in the letter to P. Jenni, dated 8 July, 1998, expressed the wish to have the four Chinese teams represented in ATLAS as a single institution, hereinafter called the "Chinese Cluster".
- 1.3 As its particular fields of interest the Chinese Cluster has chosen the construction of the Hadronic End-cap Calorimeter and of the Muon Detection System.
- 1.4 The purpose of this addendum is to lay down the terms of collaboration of the Chinese Cluster in the ATLAS Collaboration in conformity with the Memorandum of Understanding (MoU) signed by the representatives of the Funding Agencies as listed in Annex 1 of the MoU.

2. Approval of Collaboration

- 2.1 After due consideration of the contributions offered to ATLAS, the scientific potential and the human and financial resources available in the Chinese Cluster the institutes participating in the construction of the Hadronic End-cap Calorimeter and in the Muon Detection System (c.f. MoU, annexes 9.2 and 9.4) are welcoming the participation of the Chinese Cluster as a new collaborating institution.
- 2.2 The participation of the Chinese Cluster in the ATLAS Collaboration has formally been approved by the Collaboration Board at its meeting on 18 September, 1998, and by the Resource Review Board at its meeting on 27 October, 1998, under the terms laid down in this document.

3. Terms of Collaboration

- 3.1 The Chinese Cluster is represented by Prof.s J. Ma, T. Chen and G. Tong (MoU, annex 1)
- 3.2 The Chinese Cluster is supported by the National Natural Science Foundation of China (NSFC) and the Ministry of Science and Technology of China (MSTC) (MoU, annex 2)
- 3.3 At the time of signing this document the following members of the four institutes forming the Chinese Cluster are considered as members of the ATLAS Collaboration (MoU, annex 4):
 - Institute of High Energy Physics, Beijing: J. Ma (team leader), G. Tong (deputy team leader), C. Chen, S. Cheng, W. Lu, Q. Ouyang, Y. Xie, G. Xu, C. Yang;
 - Nanjing University: T. Chen (team leader), H. Li, X. Meng, M. Qi, J. Zhao, B. Zhang;
 - Shandong University, Jinan: M. He (team leader), C. Feng, Y. Fu, F. Kong, C. Wang, L. Xue, N. Zhang;
 - University of Science and Technology of China, Hefei: X. Yu (team leader), T. Liu, G. Jin, B. Yang, T. Yang, B. Ye.



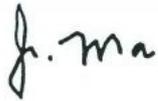
- 3.4 The financial contribution by the Chinese Cluster to the construction of the ATLAS detector amounts to 1.0 MCHF, in 1995 prices, which consists of the following four parts:
- 290 kCHF for the Hadronic End-cap Calorimeter;
 - 270 kCHF for the Muon Detector System, of which 230 kCHF are for the construction of MDT chambers and 40 kCHF are for the read-out electronics of the TGC chambers;
 - 340 kCHF for the construction of the Common Projects and
 - 100 kCHF of cash contribution to the ATLAS Common Fund as stipulated in art. 6.3 of the MoU.
- 3.5 The participation of the Chinese Cluster in the construction of the ATLAS detector concerns the following items listed in annex 9.2 and 9.4 of the MoU:
- Hadronic End-cap Calorimeter:
- The Chinese Cluster will take the responsibility for the procurement of 10% of the absorber plates for the "hadronic wheel 2", their delivery to Canada and will take part in the assembly of the modules.
- Muon Detector System:
- The Chinese Cluster will participate in the construction of 32 MDT chambers of type "BEE" and
 - in the construction of read-out and trigger electronics for the TGC chambers.
- 3.6 Following the "Conditions for Institutions joining after 1996" as laid down in annex 5.5 of the MoU, the Chinese Cluster proposes to double its annual instalments for the cash contribution to the Common Fund from 12.5 to 25 kCHF for the years 1999, 2000 and 2001, thereby contributing the instalments for the years 1996 to 1998.

4. Signatures

By signing this Addendum the four institutions forming the Chinese Cluster, the National Natural Science Foundation of China and the Ministry of Science and Technology of China supporting them, accept all the terms of the MoU. The ATLAS Collaboration is represented by its Spokesperson and by the Director of Research as Chairman of the Resource Review Board.



Signed in Geneva,



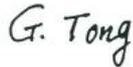
J. Ma
China-ATLAS Project Leader



P. Jenni
ATLAS Spokesperson



T. Chen
Assistant China-ATLAS Project Leaders

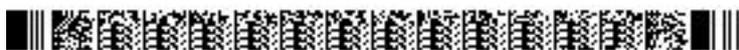


G. Tong



N. Wang
Vice-President of NSFC

R. Cashmore
CERN Director of Research



十二、相关附件

1. 乙方与参加单位有关项目组织实施的协议（须加盖乙方与参加单位公章、法人签字签章；协议文件须扫描上传。如无参加单位，则不填）；

科技计划协作合同书

协作课题名称：ATLAS 实验缪子探测器升级

课题编号：2016YFA0400102

所属计划名称：国家重点研发计划

课题依托单位（甲方）：中国科学技术大学

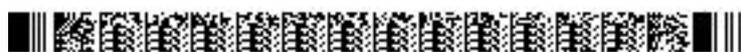
课题协作单位（乙方）：上海交通大学

起止年限：2016 年 7 月 至 2021 年 6 月

签订日期：2016 年 6 月 30 日

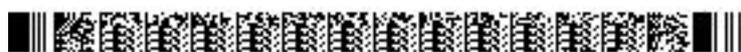
中国科学技术大学科研部制

二〇一六年



填写说明

- 一、本合同书是在国家科学技术部监制的示范文本基础上，由中国科学技术大学科研部制定的合同格式文本。
- 二、本合同系为协作、委托完成国家或地方科技计划课题研究而设计，合同中涉及的乙方单位须为课题任务书中已载明的参加单位。原则上不允许与课题任务书中未载明的单位签定本合同。如确因研究需要委托其他单位完成且已报计划归口管理部门批准调整的，可签定本合同。
- 三、原科技计划课题已定密级的，需按相关保密程序签定本合同。
- 四、本合同中填写内容涉及到外文名称，首次出现时要写全称和缩写字母。凡不填内容的栏目，请用“无”表示。
- 五、对于合同有关条款，签约方需约定更多内容，可另行附页。
- 六、本合同一式十份，，经双方单位签字盖章后生效。



根据国家相关法律、课题所属计划的相关管理办法，签约各方就本合同书中所描述的研究内容、考核指标、经费支付及使用、知识产权、保密责任等问题，在自愿的基础上，本着风险共担、利益共享、平等互利的原则，经甲乙双方共同协商，达成一致，签定如下内容，由签约各方共同遵守。

一、 研究内容（包括拟解决的主要科学、技术问题和具体研究内容）。

LHC的Phase-II的亮度升级对ATLAS各个子探测器的性能提出了更高的要求。其中的 μ 子探测器的RPC触发系统需要能够及时处理更高频率的信号事件，包括更高的计数率能力、时间分辨、位置分辨及抗老化性能的需求。为了提高RPC计数率和工作寿命，其中一个途径是从RPC硬件本身入手，着力于控制雪崩产生的电荷量，以及优化电阻板材料，降低电阻率。

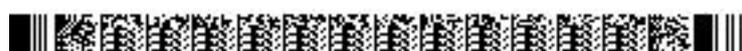
模型建造、用宇宙线和粒子束流对探测器性能的测试，建立小批量生产条件。参加批量生产。

二、 预期目标和考核指标（包括应达到的主要目标和水平，应发表的论文、获得的发明专利等知识产权，以及其他应考核的指标）。

窄气隙RPC μ 子触发探测器的研究目标是提高计数率（ >1 kHz/cm²）、时间分辨（ <1 ns）和位置分辨（ <1 mm）及探测效率（ $>95\%$ ）。研制出新型低电阻率薄电木板材料；搭建探测器 μ 子性能测试系统；完成RPC探测器批量制作工艺流程和相关质量控制体系。

三、 年度计划安排及考核指标

2016年开始实验材料和设备的采购，测试电木板材料性能；进行探测器模拟研究，初步完成RPC探测器设计。2017-2018年完成不同构型RPC的原型探测器的制作；建立宇宙线测试平台，测试原型探测器性能；参与TDR撰写。根据测试结果，优化RPC探测器结构；通过束流实验，测试原型探测器的计数率、抗老化性能。2019-2021年确定探测器构型，开始实际尺寸工程样机的设计和制作。测试工程样机性能，优化制作工艺，建立批量制作的工艺流程和质量控制体系，准备开始工程建造。

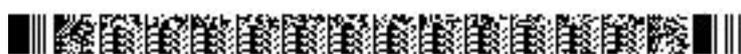


四、 知识产权归属及分享（课题依托单位与协作单位之间关于知识产权成果的归属、分享）

1. 依托单位与协作单位在申请本课题之前各自所获得的知识产权及相应权益均归各自所有，不因共同申请本课题而改变。
2. 在课题执行过程中，各方应对课题执行过程中产生的科技成果按下列方式及时采取知识产权保护措施：
 2. 1 根据课题任务分工，在各方的工作范围内独立完成的科技成果及其形成的知识产权归各方独自所有。一方转让其专利申请权时，其他各方有以同等条件优先受让的权利。
 2. 2 在课题执行过程中，由各方共同完成的科技成果及其形成的知识产权归各方共有。一方转让其共有的专利申请权的，其他各方有以同等条件优先受让的权利。一方声明放弃其共有的专利申请权的，可以由另一方单独申请或者由其他各方共同申请。合作各方中有一方不同意申请专利的，另一方或其他各方不得申请专利。
 2. 3 由各方共同完成的技术秘密成果，各方均有独自使用的权利。未经其他各方同意，任何一方不得向第三方转让技术秘密。
 2. 4 共同完成的科技成果的精神权利，如身份权、依法取得荣誉称号、奖章、奖励证书和奖金等荣誉权归完成方共有。
 2. 5 各方对共有科技成果实施许可、转让专利技术、非专利技术而获得的经济收益由各方共享。收益共享方式应在行为实施前另行约定。
3. 本合同不在合同各方之间建立任何商业上的代理、合作关系，如双方希望建立任何商业上的代理、合作关系的，应另行签订协议。

五、 经费及支付方式

1. 本合同经费总额为 120 万元。
2. 本合同经费属于母合同经费的组成部分，按以下第 2 种方式支付：



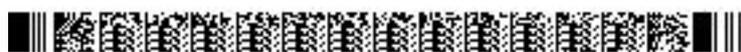
- (1) 一次总付（支付时间和方式）：
- (2) 分期支付（支付时间和方式）：根据国家拨款批次按比例拨付
- (3) 其他方式约定如下：

3. 根据相关科技计划经费管理办法，在本合同实施过程中，乙方应按以下经费预算支出，合同到期后，乙方应以预算为基础及时向甲方提交财务决算。

课题经费预算表（包括总经费和国家专项经费的支出与来源预算）				单位：万元
序号	预算科目名称	合计	专项经费	自筹经费
1	一、直接费用	104.2	104.2	
2	1、设备费	13.8	13.8	
3	(1) 购置设备费	13.8	13.8	
4	(2) 试制设备费			
5	(3) 设备改造与租赁费			
6	2、材料费	20.6	20.6	
7	3、测试化验加工费			
8	4、燃料动力费			
9	5、差旅费	8.2	8.2	
10	6、会议费			
11	7、国际合作与交流费	17.1	17.1	
12	8、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	0.3	0.3	
13	9、劳务费	17.1	17.1	
14	10、专家咨询费	1.4	1.4	
15	11、其它支出	25.7	25.7	
16	二、间接费用	15.8	15.8	
	其中绩效支出	5	5	

六、 保密责任

1. 若本项目属于保密项目，双方应按国家相关规定做好保密工作。
2. 甲乙双方均对对方提供的技术情报和资料承担保密义务，不论本合同是否变更、解



除或终止，本条款长期有效。

七、 合同的变更、解除和争议解决

1. 合同一方要求变更、解除合同的，应在 30 日前书面通知另一方，由签约各方另行协商一致，并签署书面文件，报送归口管理部门进行处理。

2. 如在合同实施过程中发生争议，双方应通过协商的方式解决。如协商不成，签约双方同意采用以下第 1 种方式解决纠纷：

- (1) 申请由 项目 主管部门调解；
- (2) 申请由 _____ 仲裁委员会仲裁；
- (3) 向有管辖权的人民法院起诉。

八、其他未尽事宜，由双方协商一致后另行签署补充协议作为本合同附件，具有同等法律效力。

九、 合同签署

甲方： 中国科学技术大学



(盖章)

乙方： 上海交通大学



(盖章)

法定代表人/委托代理人 (签章)：



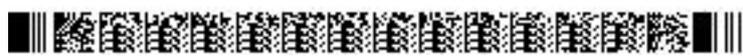
法定代表人/委托代理人 (签章)：

课题负责人 (签字)：

2016 年 6 月 30 日

任务承担人 (签字)：

2016 年 6 月 30 日



密级：

科技计划协作合同书

协作课题名称：ATLAS 实验缪子探测器升级

课题编号：2016YFA0400102

所属计划名称：国家重点研发计划

课题依托单位（甲方）：中国科学技术大学

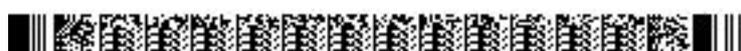
课题协作单位（乙方）：山东大学

起止年限：2016年7月至2021年6月

签订日期：2016年 6 月 30 日

中国科学技术大学科研部制

二〇一六年



填写说明

- 一、本合同书是在国家科学技术部监制的示范文本基础上，由中国科学技术大学科研部制定的合同格式文本。
- 二、本合同系为协作、委托完成国家或地方科技计划课题研究而设计，合同中涉及的乙方单位须为课题任务书中已载明的参加单位。原则上不允许与课题任务书中未载明的单位签定本合同。如确因研究需要委托其他单位完成且已报计划归口管理部门批准调整的，可签定本合同。
- 三、原科技计划课题已定密级的，需按相关保密程序签定本合同。
- 四、本合同中填写内容涉及到外文名称，首次出现时要写全称和缩写字母。凡不填内容的栏目，请用“无”表示。
- 五、对于合同有关条款，签约方需约定更多内容，可另行附页。
- 六、本合同一式十份，，经双方单位签字盖章后生效。



根据国家相关法律、课题所属计划的相关管理办法，签约各方就本合同书中所描述的研究内容、考核指标、经费支付及使用、知识产权、保密责任等问题，在自愿的基础上，本着风险共担、利益共享、平等互利的原则，经甲乙双方共同协商，达成一致，签定如下内容，由签约各方共同遵守。

一、 研究内容（包括拟解决的主要科学、技术问题和具体研究内容）

提高 RPC 的计数率的方法之一是降低电阻板材料的体电阻率和厚度，通过参与电木板材料的制作工艺改进，研制新型低电阻率薄电木板材料，测试新型材料的体电阻率、表面特性、性能均匀性、抗老化特性等性能，批量制作大面积性能一致质量稳定的电木板材料。

建立专用宇宙线测试装置，结合新型高灵敏度前端电子学，测试原型探测器在不同工作气体、工作条件下的性能，并研究探测器的性能与设计参数、工作条件的关系，改进原型探测器设计。

二、 预期目标和考核指标（包括应达到的主要目标和水平，应发表的论文、获得的发明专利等知识产权，以及其他应考核的指标）：

窄气隙 RPC μ 子触发探测器的研究目标是提高计数率 (>1 kHz/cm²)、时间分辨 (<1 ns) 和位置分辨 (<1 mm) 及探测效率 ($>95\%$)；性能指标通过宇宙线、放射测试，由 ATLAS 实验 μ 子探测器合作组安排束流测试。

研制出新型低电阻率薄电木板材料；搭建探测器 μ 子性能测试系统；完成 RPC 探测器批量制作工艺和相关质量控制体系。

三、 年度计划安排及考核指标

2016 年开始实验材料和设备的采购，测试电木板材料性能；进行探测器模拟研究，初步完成 RPC 探测器设计。2017-2018 年建立宇宙线测试平台，测试原型探测器性能；参与 TDR 撰写。根据测试结果，优化 RPC 探测器结构；通过束流实验，测试原型探测器的计数率、抗老化性能。2019-2021 年确定探测器构型，开始实际尺寸工程样机的设计和制作。测试工程样机性能，优化制作工艺，建立批量制作的工艺流程和质量控制体系，准备开始工程建设。

四、 知识产权归属及分享（课题依托单位与协作单位之间关于知识产权成果的归属、分

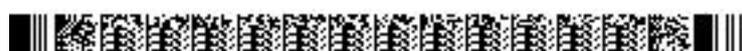


享)

1. 依托单位与协作单位在申请本课题之前各自所获得的知识产权及相应权益均归各自所有，不因共同申请本课题而改变。
2. 在课题执行过程中，各方应对课题执行过程中产生的科技成果按下列方式及时采取知识产权保护措施：
 - 2.1 根据课题任务分工，在各方的工作范围内独立完成的科技成果及其形成的知识产权归各方独自所有。一方转让其专利申请权时，其他各方有以同等条件优先受让的权利。
 - 2.2 在课题执行过程中，由各方共同完成的科技成果及其形成的知识产权归各方共有。一方转让其共有的专利申请权的，其他各方有以同等条件优先受让的权利。一方声明放弃其共有的专利申请权的，可以由另一方单独申请或者由其他各方共同申请。合作各方中有一方不同意申请专利的，另一方或其他各方不得申请专利。
 - 2.3 由各方共同完成的技术秘密成果，各方均有独自使用的权利。未经其他各方同意，任何一方不得向第三方转让技术秘密。
 - 2.4 共同完成的科技成果的精神权利，如身份权、依法取得荣誉称号、奖章、奖励证书和奖金等荣誉权归完成方共有。
 - 2.5 各方对共有科技成果实施许可、转让专利技术、非专利技术而获得的经济收益由各方共享。收益共享方式应在行为实施前另行约定。
3. 本合同不在合同各方之间建立任何商业上的代理、合作关系，如双方希望建立任何商业上的代理、合作关系的，应另行签订协议。

五、 经费及支付方式

1. 本合同经费总额为 120 万元。
2. 本合同经费属于母合同经费的组成部分，按以下第 2 种方式支付：
 - (1) 一次总付（支付时间和方式）：
 - (2) 分期支付（支付时间和方式）：根据国家拨款批次按比例拨付
 - (3) 其他方式约定如下：
3. 根据相关科技计划经费管理办法，在本合同实施过程中，乙方应按以下经费预算支出，合同到期后，乙方应以预算为基础及时向甲方提交财务决算。



课题经费预算表（包括总经费和国家专项经费的支出与来源预算）				单位：万元
序号	预算科目名称	合计	专项经费	自筹经费
1	一、直接费用		104.2	
2	1、设备费		5	
3	(1) 购置设备费		5	
4	(2) 试制设备费			
5	(3) 设备改造与租赁费			
6	2、材料费		10	
7	3、测试化验加工费			
8	4、燃料动力费			
9	5、差旅费		10	
10	6、会议费			
11	7、国际合作与交流费		24.2	
12	8、出版/文献/信息传播/知识产权事务费		0.5	
13	9、劳务费		17	
14	10、专家咨询费			
15	11 其它支出		37.5	
16	二、间接费用		15.8	
	其中绩效支出		5	

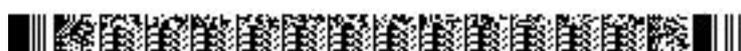
六、 保密责任

1. 若本项目属于保密项目，双方应按国家相关规定做好保密工作。
2. 甲乙双方均对对方提供的技术情报和资料承担保密义务，不论本合同是否变更、解除或终止，本条款长期有效。

七、 合同的变更、解除和争议解决

1. 合同一方要求变更、解除合同的，应在 30 日前书面通知另一方，由签约各方另行协商一致，并签署书面文件，报送归口管理部门进行处理。
2. 如在合同实施过程中发生争议，双方应通过协商的方式解决。如协商不成，签约双方同意采用以下第 1 种方式解决纠纷：

(1) 申请由 项目 主管部门调解；



(2) 申请由_____仲裁委员会仲裁;

(3) 向有管辖权的人民法院起诉。

八、其他未尽事宜,由双方协商一致后另行签署补充协议作为本合同附件,具有同等法律效力。

九、 合同签署

甲方: 中国科学技术大学



(盖章)

乙方: 山东大学



(盖章)

法定代表人/委托代理人 (签章):



法定代表人/委托代理人 (签章):



课题负责人 (签字):

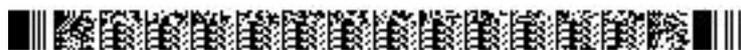
赵政周

任务承担人 (签字):

王存峰

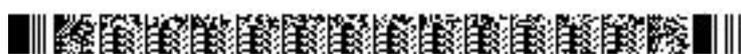
2016年6月30日

2016年6月30日



2. 申报指南规定的其他附件；

无



任务书签署

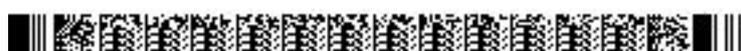
甲乙双方根据《国务院关于改进加强中央财政科研项目和资金管理的若干意见》(国发[2014]11号)、《国务院印发关于深化中央财政科技计划(专项、基金)管理改革方案的通知》(国发[2014]64号)、《科技部财政部关于改革过渡期国家重点研发计划组织管理有关问题的通知》(国科发资[2015]423号)、《科技部财政部关于印发〈中央财政科技计划(专项、基金等)监督工作暂行规定〉的通知》(国科发政[2015]471号)、《财政部科技部关于中央财政科技计划管理改革过渡期资金管理有关问题的通知》(财教[2015]154号)等有关文件规定,以及有关法律、政策和管理要求,依据项目立项通知,签署本任务书。

项目牵头承担单位(甲方):

法定代表人签字(签章):

(公章)

年月日



项目负责人签字（签章）：

年 月 日

课题承担单位（乙方）：

法定代表人签字（签章）：

（公章）

年月日

课题负责人签字（签章）：

年 月 日

