

课题编号：2016YFA0400101

密 级：公开

国家重点研发计划 课题任务书

课题名称： ATLAS 实验硅微条径迹探测器升级

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： 中国科学院高能物理研究所

课题负责人： 朱宏博

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 11 日

0003YF 2016YFA0400101 2016-07-15 18:20:03



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 实验硅微条径迹探测器升级					
课题编号	2016YFA0400101					
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	2			
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 1345.00 万元，其中中央财政专项经费 1345.00 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	中国科学院高能物理研究所		单位性质	事业型研究单位	
	单位所在地	北京市 北京市 石景山区		组织机构代码	400012211	
	通信地址	北京市石景山区玉泉路 19 号乙院 918 信箱		邮政编码	100039	
	银行账号	0200004909014451557		法定代表人姓名	王贻芳	
	单位开户名称	中国科学院高能物理研究所				
	开户银行（全称）	102100000499 中国工商银行股份有限公司北京永定路支行				
课题负责人	姓名	朱宏博	性别	<input checked="" type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	出生日期	1982-04-21
	证件类型	身份证	证件号码	320681198204214812		



	所在单位	中国科学院高能物理研究所		
	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	zhuhb@ihep.ac.cn	移动电话	18511681021
课题联系人	姓名	邢天虹	电子邮箱	xingth@ihep.ac.cn
	固定电话	010-88235892	移动电话	13671255198
	证件类型	身份证	证件号码	110105198708231525
课题财务负责人	姓名	杨明婕	电子邮箱	yangmj@ihep.ac.cn
	固定电话	010-88235903	移动电话	15611938087
	证件类型	身份证	证件号码	150402197203310228
其他参与单位	序号	单位名称	单位性质	组织机构代码
	1	中国科学院高能物理研究所	事业型研究单位	400012211
	2	清华大学	大专院校	400000624
课题参加人数	22人。其中：		高级职称 8人，中级职称 0人，初级职称 0人，其他 14人；	
			博士学位 14人，硕士学位 0人，学士学位 8人，其他 0人。	
课题简介 (限 500 字以内)	<p>大型强对撞机 (LHC) 实验广泛采用硅微条探测器作为主要径迹探测器，精确测量带电粒子动量、确定对撞顶点。LHC 高亮度升级 (HL-LHC) 后，目前运行的径迹探测器将达到设计寿命，因而 ATLAS 合作组计划建造全硅探测器 (Inner Tracker, 简称 ITk)。要求在 HL-LHC 更为严苛的束流条件下，能够达到甚至超过目前径迹探测器的性能。硅微条探测器模块作为外层硅微条径迹探测器的最基本单元，由硅微条传感器与前端读出 ASIC 芯片打线连接组成，具备高空间分辨率 (优于 25 微米) 和抗强辐照性能 (高于 $1.6 \times 10E15$ 1MeV 等效中子通量)。按照合作组升级项目计划，将在 2016-17 年完成硅微条径迹探测器升级的技术设计报告 (TDR)，2017-18 年完成预研计划，2018-19 进入探测器模块预生产阶段并完善最终工艺流程，之后转入模块批量生产阶段。</p> <p>依托“核探测与核电子学国家重点实验室”，中国科学院高能物理研究所和清华大学联合参加 ATLAS 实验硅微条径迹探测升级项目。利用实验室半导体探测器研制与测试平台、先进核电子学测试和组装平台以及国外合作单位提供的先进设施，将开展前端读出电子学 ASIC 芯片设计、硅微条探测器模块原型设计和建造以及新型 CMOS 探测器性能研究。掌握大面积硅探测器制作工艺，提升硅探测器技术水平。</p>			



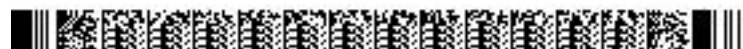


一、目标及考核指标、评测方式/方法

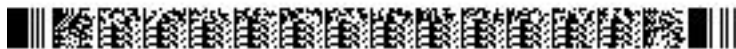
请填写下表。

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	
(限 500 字 以内。) 研制成功具有 高空间分辨、抗辐照的 硅微条探测器(包括前端 电子学 ASIC 芯片), 完成 至少 50 个科 工作的硅微条探测器模块; 完成 CMOS 硅微条探测器 性能研究。	1: 硅 微条 迹探 测器 模块	<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	硅微条探测器模块 空间分辨率, 抗辐 照性能	无	无	25 微米 1.6×10^{15} $1\text{MeV } n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$	性能指标通 过放射源测 试, 由 ATLAS 合作组安排 束流测试。
	2: CMOS 硅微 条探 测器 模块	<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	CMOS 硅微条探测器 模块空间分辨率, 抗辐照性能	无	无	25 微米 1.6×10^{15} $1\text{MeV } n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$	性能指标通 过放射源测 试, 由 ATLAS 合作组安排 束流测试。
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	

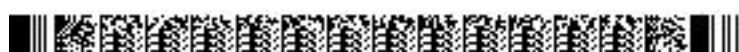


	1	年度技术进展报告	3	项目执行年度	延期公开
	2	中期技术进展报告	1	项目中期	延期公开
	3	测试报告	1	2019-2020年	延期公开
	4	最终科技报告	1	项目结题	延期公开
其他目标与考核指标（对于难以采取上述表格细化的课题目标及其考核指标，可在此细化填写，限1000字以内。）					



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，成果转化并带动了环境改善、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。

拟解决的关键技术包括高数据传输率、抗强辐照 ASIC 数字电路设计，高空间分辨率、抗强辐照的硅微条探测器模块建造工艺的掌握以及新型 CMOS 探测器性能的研究，技术指标满足目前国际最高难度实验的要求。根据 ATLAS 硅微条径迹探测器升级的要求，完成高空间分辨率（优于 25 微米）以及抗强辐照性能（高于 1.6×10^{15} 1MeV n_{eq}/cm^2 ）的硅微条探测器模块的原型设计，并按照最终工艺流程完成至少 50 个可工作的硅微条探测器模块。设计高传输率、抗强辐照的前端读出 ASIC 芯片，完成新型 CMOS 硅微条探测器性能研究。具体研究内容包括：

（1）前端读出电子学 ASIC 芯片（ABC-STAR）设计

随着 ATLAS 径迹探测器升级中硬件触发（L0）率的提升，前端读出电子学 ASIC 芯片需要重新设计以适应全新的 STAR 数据流架构。ABC-STAR 芯片为硅微条传感器的基准读出芯片。高能物理研究所与 CERN 共同承担该 ASIC 芯片数字部分的设计工作，实现与后端的模块控制芯片（HCC）的高速数据传输。数字逻辑主要包括输入寄存、指令流水线、触发缓存、击中簇团寻找和信号输出等复杂功能模块，实现探测器“击中”信息输出。设计上需要满足上、下行高速带宽匹配、短延时等技术指标要求。设计考虑采用汉明码、三模冗余等方法，强化数字部分设计，抑制强辐射环境下可能出现的“单粒子”等效应。在 ATLAS ASIC 芯片设计项目中，首次引入现代芯片设计验证理念，基于 SystemVerilog 实现芯片设计的高性能验证平台，分步验证功能模块，最终联调实现 ABC-STAR 芯片数字部分的全功能验证。按项目进展要求，按期提交流片，与前端的硅微条传感器实现联调，性能达标后提交合作组使用。

（2）硅微条探测器模块原型的设计和建造

硅微条探测器模块作为硅微条径迹探测器的最基本单元，包含硅微条传感器，读出 ASIC 芯片，模块控制 PCB 板和电源控制等组成部分。ASIC 芯片与模块控制 PCB 板可以通过凝



胶粘合，再通过打线实现电气连接；模块控制 PCB 板再与传感器粘合，传感器与 ASIC 打线联通。模块要求实现高空间分辨率(优于 25 微米)以及抗强辐照性能(高于 1.6×10^{15} $1\text{MeV n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$)。考虑到探测器运行环境，需要对机械、热导性能进行研究，开展老化测试等工作。探测器模块建造所需工装夹具等有待优化使之适合于未来批量生产，工艺流程关键步骤(如传感器与 ASIC 读出芯片之间打线连接)、技术细节、关键参数等(位置精度控制等)将在预研阶段初步确定，预生产阶段不断完善并最终严格定义。研究探测器模块的空间分辨率和抗辐照性能。

(3) CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 探测器性能研究

CMOS 探测器由于采用工业标准工艺，相对于传统型硅微条传感器可以有效降低造价。更重的是 CMOS 探测器可以在相同硅基衬底上集成电子学进行信号处理，显著简化后端电子学复杂度及设计难度，结构更为紧凑，是硅探测器前沿领域的发展热点。但是 CMOS 探测器的主要性能，特别是 HL-LHC 程度的强辐照后的性能，还有待深入研究。目前基于高压/高阻 CMOS 工艺的测试结构均体现出较为理想的结果，包含完整传感器设计和完整集成读出电子学的芯片正在优化设计中。强辐照前后的主要性能需要通过实验室放射源及束流测试加以验证。继续开展 CMOS 探测器的空间分辨、抗辐照性能研究，完成其替代传统型硅微条探测器可行性研究。

(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) 前端读出电子学 ASIC 芯片 (ABC-STAR) 设计

与 CERN 为电子学组合作，按照前端读出电子学 ASIC 指标要求，重新设计数字逻辑模块，主要包括输入寄存、指令流水线、触发缓存、击中簇团寻找和信号输出等，实现探测器“击中”信息输出，仿真结果满足功能和时序要求。再基于 SystemVerilog 设计验证模型，完成各个模块功能验证及组合验证。采用汉明码、三模冗余等方法，强化数字部分



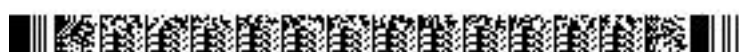
抗辐照设计。芯片设计需要通过多次流片，分阶段验证性能，并最终与前端硅微条传感器联调测试。

(2) 硅微条探测器模块原型的设计和建造

与英国卢瑟福实验室（RAL）及德国电子同步加速器研究所（DESY）合作，开展硅微条探测器模块原型的设计和建造。按照预期机械精度要求，改进现有工作夹具，提高组部件的定位精度。改进工艺流程，如用抗辐照紫外凝胶替换常用加银环氧树脂以缩短固化时间等多种手段，使之更适合于批量生产。通过实验室放射源测试以及试验线束测试标定探测器模块原型性能。

(3) CMOS 探测器性能研究

基于先期研制的 CMOS 硅微条传感器，开展主要性能测试（电荷收集效率、噪声水平、空间分辨率等）。测试结果用于改进传感器设计，并为集成的读出电子学设计提供参考基准。基于 FPGA 开发 CMOS 硅微条传感器的数字读出芯片，实现联调，并构建原理样机，用于综合性能评估。同样需要通过实验室放射源和试验线束完成性能标定。



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。

1、创新点 1：通过参与领域内最前沿的硅微条探测器研制项目，掌握大面积、高性能硅微条探测器制作的工艺流程以及硅探测器试验线束性能标定等技术。通过采用新型紫外凝胶及工艺创新实现高精度模块制作。

2、创新点 2：基于 CMOS 工艺，设计高数据传输率的数字 ASIC 芯片，匹配前后端数据传输带宽；通过引入三模冗余等多种设计手段，增强数字电路的抗强辐照性能。

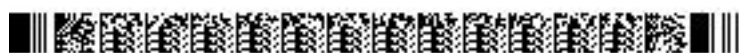
3、创新点 3：充分研究新型 CMOS 硅微条探测器电荷收集效率、空间分辨率及抗强辐照等性能，研究其替代传统硅微条建造径迹探测器的可行性。



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。

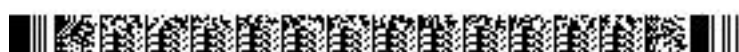
硅微条探测器具有高空间分辨率和抗辐照等优异性能，广泛应用于核与粒子物理实验中带电径迹和事例顶点的测量、同步辐射成像、医疗成像、航空航天探测等重要领域。基于 CMOS 工艺制作的结构紧凑、低功耗的硅探测器可以进一步拓展应用前景。



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	1. ABC-STAR 芯片功能模块设计; 2. 硅微条探测器模块原型设计。	1. 完成 ABC-STAR 芯片主要功能模块设计以及硅微条探测器模块原型设计;	1. ABC-STAR ASIC 设计报告; 2. 硅微条探测器模块原型设计方案 (项目技术设计报告相关章节)
2017年 7月 2018年 6月	1. 完整功能 ABC-STAR 芯片设计; 2. 硅微条探测器模块原理样机研制; 3. CMOS 硅微条探测器性能研究以及读出电子学开发。	1. ABC-STAR 芯片联调测试; 2. 成硅微条探测器模块原型样机, 空间分辨率: 25 微米, 抗辐照性能: 1.6×10^{15} 1MeV n_{eq}/cm^2 3. 完成 CMOS 硅微条探测器性能研究。	1. ABC-STAR 芯片样片; 2. 硅微条探测器模块原型样机; 3. CMOS 硅微条探测器性能研究报告;
2018年 7月 2019年 6月	1. 前端电子学 ASIC 芯片最终设计、联调; 2. 硅微条探测器模块预生产; 3. CMOS 探测器原理样机建造	1. ABC-STAR 芯片通过合作组验收; 2. 完成 CMOS 硅微条探测器模块原理样机, 空间分辨率: 25 微米, 抗辐照性能: 1.6×10^{15} 1MeV n_{eq}/cm^2	1. ABC-STAR 芯片; 2. CMOS 硅微条探测器模块原理样机;
2019年 7月 2020年 6月	硅微条探测器模块预生产;	硅微条探测器模块空间分辨率: 25 微米, 抗辐照性能: 1.6×10^{15} 1MeV n_{eq}/cm^2	硅微条探测器模块工程样机



2020 年 7 月 2021 年 6 月	硅微条探测器模块批量生产	硅微条探测器模块达到合作 组探测器升级项目指标要求	至少 50 个可工作的 硅微条探测器模块
-------------------------------------	--------------	------------------------------	-------------------------



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。

ATLAS 实验为大型国际合作，必须保证课题研究在合作组的合作协议框架下进行。本课题研究内容包括前端读出电子学 ASIC 芯片（ABC-STAR）设计、硅微条探测器模块原型的设计和建造和 CMOS 探测器性能研究，由中国科学院高能物理研究所主导，清华大学协同参加。按内容设置子课题组长，在课题负责人领导下负责课题实施。对于交叉研究内容，如 ASIC 芯片与硅传感器联调，硅微条探测器模块与 CMOS 探测器模块放射源、束流测试等，由课题负责人统一协调。此外，需要根据合作组实验升级项目的总体情况及时协调各子课题进展。

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。

中国科学院高能物理研究所依托“核探测与核电子学国家重点实验室”，有国内最完善的粒子探测器建造、测试和组装的实验室和相关平台。如 E3 混合粒子线束、探测器和电子学实验室，包括高标准实验室，配有高速线绑定机、自动探针台、恒温恒湿箱以及硅探测器研发相关的测试测量系统等基本设备。它对课题的实施在实验室、相关设备和专业人才上提供了坚实的保障。

团队在 ATLAS Phase 0 硅探测器项目（IBL）中承担光信号接收器 DRX-12 II ASIC 芯片的设计工作，性能显著优于伯尔尼大学研制的分立器件，因而被合作组采纳；参与前端电子学 ASIC FE-I4 的功能模块设计及测试，并开发硅径迹探测器数据传输 FPGA 相关固件；在 ATLAS Phase II 硅径迹探测器项目前期，与国外研究单位（DESY、RAL、CERN 等）在硅微条探测器模块制作工艺、抗辐照性能、热机械性能以及束流测试等方面开展前期研究工作，已经具备较强研究基础；在前端电子学 ASIC 设计方面，与 CERN 共同承担数字部分设计工作；在 CMOS 硅微条探测器方面也与 RAL 等单位开展前期性能研究等工作，部分研究成果已经以期刊形式发表。



本团队有电子学、半导体探测器专业背景 8 人科研骨干（4 名青年千人）组成，另有 6 名博士后和 8 名博士研究生共同参与此项研究课题。

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。

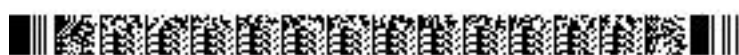
本课题遵循既定的项目总体管理和协调模式，完成项目总目标中对于本课题的任务要求。服从项目首席根据课题在各自合作组的合作协议框架下进行，按照各实验的情况及时协调研究方案的基本原则。积极开展课题组间的技术合作交流，共享仪器设备。



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	朱宏博	男	1982-04-21	320681198204214812	副高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题负责人	是	中国科学院高能物理研究所
2	陈新	男	1977-11-20	410703197711204030	副高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题骨干	是	清华大学物理系
3	史欣	男	1979-02-02	142601197902021913	副高级	无	博士	粒子物理与原子 核物理	30	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所
4	张颖	女	1983-05-26	150424198305260025	副高级	无	博士	核技术及应用	45	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所
5	王科	男	1977-10-18	510202197710185915	副高级	无	博士	核技术及应用	30	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所
6	陆卫国	男	1982-03-16	320326198203162730	副高级	无	博士	核技术及应用	45	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所
7	董明义	男	1977-09-17	412924197709172214	副高级	无	博士	粒子物理与原子	40	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所



								核物理				
8	方亚泉	男	1974-09-14	51010719740914001X	正高级	无	博士	粒子物理与原子核物理	30	课题骨干	是	中国科学院高能物理研究所
9	修青磊	男	1985-11-10	370682198511101119	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所
10	刘义	男	1987-07-19	330302198707196513	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所
11	Jason Mansour	男	1984-11-09	499183635	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所
12	孙小虎	男	1986-02-15	37070219860215261X	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所
13	Adrian Buzatu	男	1982-11-04	052903697	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	30	其他研究人员	否	清华大学物理系
14	夏力钢	男	1988-01-09	420702198801096838	其他	无	博士	粒子物理与原子核物理	30	其他研究人员	否	清华大学物理系
15	张刚	男	1994-08-24	340802199408240813	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	清华大学物理系



16	丁伟	男	1993-03-02	421022199303020315	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	清华大学物理系	
17	陈列建	男	1991-07-01	430408199107010510	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
18	韩雨亭	女	1994-04-22	610526199404221949	其他	无	学士	核技术及应用	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
19	周茂森	男	1992-08-27	500223199208272078	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
20	李奇	男	1990-11-02	362528199011023530	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	45	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
21	程华杰	男	1990-05-08	350881199005081659	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	40	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
22	任欢	男	1989-02-15	321027198902154511	其他	无	学士	粒子物理与原子核物理	40	其他研究人员	否	中国科学院高能物理研究所	
		固定研究人员合计								870	/	/	/
		流动人员或临时聘用人员合计								590	/	/	/
		累计								1460	/	/	/



十、经费预算

课题（2016YFA0400101）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	2016YFA0400101	执行周期（月）	60		
课题名称	ATLAS实验硅微条径迹探测器升级				
课题承担单位	单位名称	中国科学院高能物理研究所			
	单位性质	事业型研究单位			
	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	400012211			
	单位法定代表人姓名	王贻芳			
	单位所属地区	北京市	北京市	石景山区	
	电子邮箱	yfwang@ihep.ac.cn			
	通信地址	北京市石景山区玉泉路19号乙院918信箱			
	邮政编码	100039			
相关责任人	课题负责人	姓名	朱宏博		
		身份证号码	320681198204214812		
		工作单位	中国科学院高能物理研究所		
		电话号码	010-88235450	手机号码	18511681021
		电子邮箱	zhuhb@ihep.ac.cn	邮政编码	100049
		通信地址	北京市918信箱中国科学院高能物理研究所		
	财务部门负责人	姓名	杨明婕		
		电话号码	010-88235903	手机号码	15611938087
		传真号码	010-88233374		
		电子邮箱	yangmj@ihep.ac.cn		
	课题经费预算联系人	姓名	朱宏博		
		身份证号码	320681198204214812		
电话号码		010-88235450	手机号码	18511681021	
电子邮箱		zhuhb@ihep.ac.cn			



课题预算表

表B2 课题编号： 2016YFA0400101 课题名称： ATLAS实验硅微条径迹探测器升级 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	1345.00	1345.00	
2	（一）直接费用	1168.00	1168.00	
3	1、设备费	48.00	48.00	
4	（1）购置设备费	48.00	48.00	
5	（2）试制设备费			
6	（3）设备改造与租赁费			
7	2、材料费	482.80	482.80	
8	3、测试化验加工费	20.00	20.00	
9	4、燃料动力费	18.50	18.50	
10	5、差旅费	51.00	51.00	
11	6、会议费	16.20	16.20	
12	7、国际合作与交流费	199.00	199.00	
13	8、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	5.00	5.00	
14	9、劳务费	205.00	205.00	
15	10、专家咨询费	10.00	10.00	
16	11、其他支出	112.50	112.50	
17	（二）间接费用	177.00	177.00	
18	二、经费来源	1345.00	1345.00	
19	（一）申请从专项经费获得的资助	1345.00	1345.00	/
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: 2016YFA0400101

课题名称: ATLAS实验硅微条径迹探测器升级

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				8	48.00	/	/	/	/	/	/	/
	单价10万元以下试制设备合计						/	/	/	/	/	/	/
	累计				8	48.00	/	/	/	/	/	/	/



测试化验加工费预算明细表

表B4 课题编号: **2016YFA0400101**

课题名称: ATLAS实验硅微条径迹探测器升级

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	硅微条模块的夹具及配套模具	北京高能锐新科技有限责任公司	套	15000.00	10	15.00
2	硅微条探测器运输盒	北京高能锐新科技有限责任公司	个	500.00	100	5.00
量大及价高测试化验费合计						20.00
其他测试化验费合计						
累计						20.00



单位研究经费支出预算明细表

表B5 课题编号： 2016YFA0400101

课题名称： ATLAS实验硅微条径迹探测器升级

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	
								(8)	(9)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
1	中国科学院高能物理研究所	单位组织机构代码	400012211	承担单位	总体负责，参加前端电子学ASIC芯片设计、硅微条探测器模块原型设计与建造和CMOS探测器性能研究	朱宏博	1241.60	1241.60	163.40	
2	清华大学	单位组织机构代码	400000624	参与单位	硅微条探测器模块性能测试及CMOS探测器性能研究	陈新	103.40	103.40	13.60	
累计							1345.00	1345.00	177.00	



预算说明

一、对课题承担单位、参与单位前期已形成的工作基础及支撑条件，以及相关部门承诺为本课题研究提供的支撑条件等情况进行详细说明。

中国科学院高能物理研究所积极开展先进硅探测器及集成电子学 ASIC 方面的研究，已经在同步辐射 X-光探测的硅像素探测器等方面取得重要进展。在国际合作 ATLAS 实验硅探测方面，利用自有经费参与 Phase-0 硅探测器升级（IBL），承担激光接收器 ASIC 芯片设计，参与硅像素读出 ASIC 芯片 FE-I4 的模块设计及测试工作。基于中科院-亥姆霍茨联合科研团队，与德国电子同步加速器研究所（DESY）在硅微条探测器模块研制、束流测试等方面积极开展合作。不断拓展与英国卢瑟福实验室（RAL）在硅微条探测器模块研制及新型 CMOS 硅微条探测器研究等方面的合作。这些前期工作，在培养队伍、积累技术方面起到关键作用。结合“核探测与核电子学国家重点实验室”支持及最近引入的专业人才，为下一步深入开展硅微条径迹探测器升级工作打下坚实基础。



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 48 万元

购置设备：

预研阶段硅微条探测器模块电气性能测试及 CMOS 硅微条探测器性能研究独立进行，各需要一套数据/测试系统。预生产及批量生产阶段要求两套测试系统同时操作，分批测试探测器模块，加快建造进程。2 套测试系统包括以下设备：

硅微条传感器正常工作需要加偏置高压实现全耗尽（高于 700V，大动态范围，精细可调）：吉时利 2410 高压数字源表 5.5 万元/台×2 台 = 11 万元

硅微条读出芯片以及控制芯片数字、模拟供电（大电流>2A，长时间稳定工作、低噪声）：电吉时利 2420 低压数字源表 5.5 万元/台×2 台= 11 万元

硅微条探测器模块低温且恒定条件下工作（制冷范围 -20 – 80 0C，温度控制精度好于 0.5 0C），以研究不同温度条件下探测器噪声水平等变化情况及热传导性能：Huber 小体积制冷机 4 万元/台×2 台 = 8 万元

SLAC 研制的 HSIO 专用高速读写数据板及其转接板（合作组标准插件），用于硅微条探测器模块数据向后端高速传输数据，单套测试系统包含两套载板：1.5 万元/套 ×4 套 = 6 万元

硅微条探测器模块数据从前端输出后，数据整理基于商用 Nexys Video FPGA 开发板，数据传输至后端计算机，单套系统包含两块开发板：0.5 万元/套×4 套=2 万元

探测器模块组件状态实时监控、测试数据存储及分析所需高性能计算机（+大容量数据存储）：0.75 万元/台×4 台 = 3 万元

其它设备包括：

硅微条探测器模块制作过程中，需要将 ASIC 粘合至控制板（准确、定量、

快速点胶）：希普三轴式双平台全自动点胶机 SP-551~ 3.5 万元

硅微条探测器模块热传导性能（ASIC 热点）研究：福禄克 TIS 红外热像仪（热灵敏度：≤0.1 oC，测量范围：-20 – 500 oC）~3.5 万元



试制设备：

无

2.材料费 482.80 万元

硅微条探测器模块主要部件按照要求，通过 ATLAS 合作组统一采购。单个模块包含 1 片硅微条传感器，1 个复合控制板，10 片 ABC ASIC 读出芯片，1 片 HCC ASIC 控制芯片，1 个 DC-DC 电源控制板（含电源监控芯片）。采用凝胶（紫外/银环氧树脂胶）粘合 ASIC 和控制板以及控制板和传感器。ASIC 芯片与传感器使用高速线绑定机打线实现电气连接。按照样机预研需 100 个模块、预生产阶段 100 个模块以及批量生产初始阶段 100 个模块的最低数量要求，拟采购 300 个模块所需材料。瑞士法郎汇率按 1 瑞郎兑换 6.74 元人民币（2016 年 4 月 30 日外汇牌价）计算。

HPK 硅微条传感器：约 0.91 万元（1400 瑞郎）万元/片×300 片 = 283 万元

硅微条读出芯片组（10 ABC+HCC）：约 0.0169（250 瑞郎）万元/组×300 组 = 50.5 万元

硅微条复合控制板（柔性 PCB 板）：约 0.081 万元（120 瑞郎）/个×300 个 = 24.3 万元

硅微条 DC-DC 电源控制板：约 0.04（65 瑞郎）/个×300 个= 13.2 万元

银环氧树脂胶及紫外凝胶：约 0.024（35 瑞郎）/支×500 支= 11.80 万元
（其中 100 支用初始阶段制作训练，另 100 支备用）

硅微条模块测试框架：约 0.07 万元（100 瑞郎）/个×100 个 = 7 万元（可重复使用）

键合机专用铝线（直径 50/25 微米）：0.4 万元/卷×20 卷 = 8 万元

制作硅微条探测器模块初始阶段采用机械硅微条和塑料 ASIC 等替代，降低制作训练成本，熟悉并改进模块制作工艺。

机械硅微条传感器：约 0.2 万（300 瑞郎）/片×50 片=10.0 万元

塑料 ASIC+复合控制板模型：约 0.101（150 瑞郎）/组×150 组=15.00 万元
（其中 ASIC 至控制板粘合、打线训练 100 组+与机械传感器联合打线 50 组）

多项目晶圆（Multi Project Wafer，简称 MPW）流片，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。其中

读出电子学 ASIC 芯片采用 130nm CMOS 工艺，MPW 流片费用按比例分摊：30 万元/次×2 次 = 60 万元

第一次 MPW 流片用于数字电路设计与验证，第二次 MPW 流片与前端模拟



部分共同流片，验证数字电路与前端信号传输功能。

3.测试化验加工费 20 万元

加工制作硅微条模块的夹具及配套模具，完成的模块需要放置于特制运输盒内，满足抗震要求。

硅微条探测器模块高精度工装夹具（按合作组提供设计图纸加工、调试、改进设计）共 10 套：1.5 万元/套×10 套= 15 万元

硅微条探测器运输盒（满足抗 6g 过载）：0.05 万元/个×100 个 = 5 万元

4.燃料动力费 18.5 万元

主要用于恒温、恒湿的大面积 1000 级（ISO3 级）洁净间专用风机系统、空调系统和除湿系统以及硅微条探测器模块制作工程中高功率真空泵运行，总运行功率平均约 15 千瓦，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：

0.85 元/千瓦时×15 千瓦（平均消耗功率）×24 小时/天×120 天/年×5 年~30 万元（非工作占用时间费用由实验室日常运行支出）

5.出版/文献/信息传播/知识产权事务费 5 万元

图书资料购置，资料复印打印费用，文章版面费，文献检索等：

文章版面费：2000 元/篇×10 篇=2 万元

科研图书资料费：1.5 万元

文献检索费：2000 元/次×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 112.5 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。

支持本课题骨干参加 ATLAS 实验共 3 人： $7.5 \text{ 万/人年} \times 3 \text{ 人} \times 5 \text{ 年} = 112.5 \text{ 万元}$

7.差旅费、会议费、国际合作与交流费、劳务费、专家咨询费
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在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

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。）



预算说明

三、自筹经费来源说明（需说明经费的来源、用途）

无。



十一、相关附件

1. 乙方与参加单位有关协议（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）；

ATLAS 实验硅微条径迹探测器升级 课题 实施协议

由中国科学技术大学牵头，联合中国科学院高能物理研究所、上海交通大学、山东大学、北京大学、清华大学等 6 家单位共同申请的国家重点研发计划“大科学装置前沿研究”重点专项“大型强子对撞机（LHC）实验探测器升级（项目编号：2016YFA0400100）”项目下“ATLAS 实验硅微条径迹探测器（课题编号：2016YFA0400101）”课题已获得立项资助，于 2016 年 7 月开始实施。

各单位均承诺提供充分的人力、物力参与本课题任务实施工作；在课题执行过程中，精心组织、密切协作，按任务书要求完成任务目标；执行国家专项管理办法和经费管理办法，按照任务相关性、政策相符性、经济合理性原则合理使用经费。

课题牵头承担单位（公章）：中国科学院高能物理研究所

法定代表人（签字）：王贻芳



2016 年 6 月 30 日

课题参加单位（公章）：清华大学

法定代表人（签字）：郝其坤

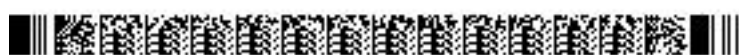


2016 年 6 月 30 日



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

