预算说明

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **一、中央财政资金****预算的编制要坚持任务相关性、政策相符性和经济合理性，实事求是编制提出课题预算。填报时，直接费用应按设备费、业务费、劳务费三个类别填报，每个类别结合科研任务按支出用途进行说明。除50万元以上的设备外，其他费用只提供基本测算说明，不需要提供明细。****1.设备费**（是指项目实施过程中购置或试制专用仪器设备，对现有仪器设备进行升级改造，以及租赁外单位仪器设备而发生的费用等。计算类仪器设备和软件工具可在设备费科目编列。填报时，50万元以上的设备详细说明，50万元以下的设备费用分类说明）    **a)高精度高压电源，共计70万。**与本项目关联性：ATLAS实验所试制的高颗粒度高时间分辨探测器（HGTD）的模块最高工作电压在800V左右，并且需要实时测量其探测器的漏电流。因此需要专用的高压源为探测器提供高压，并测量其纳安级别的微小漏电流。电压范围为0至-900V，单通道电流最大3mA，一共需要8032个通道。在与CERN签署的协议中，中国组负责20%高压电源的研制。测算依据：购买50个16通道高精度高压电源，1.4万/个\*50个=70.0万。主要性能：电压0- -900V，精度0.1V 漏电流测量精度100nA 每个高压电源有16个通道，通道间互相独立无串扰。**2.业务费**（是指在项目实施过程中消耗的各种材料、低值易耗品等、发生的测试化验加工、燃料动力、出版文献、信息传播、知识产权事务、会议、差旅、国际合作与交流以及其他与项目实施直接相关的各项费用。编报时，对单笔大额支出、对外委托支出重点说明） 业务费共736万* 1. **大规模的HGTD探测器中LGAD硅传感器的工程批流片，267 万。**

与本项目关联性：抗辐照LGAD传感器研发是HGTD项目的其中一个最关键的研究内容，直接与探测器的时间分辨率与使用寿命关联。在与CERN签署的协议中，中国组负责88%的LGAD传感器研制，其中34%属于实物贡献（高能所负责其中24%，科大负责其中10%），另外的54%属于在欧洲核子中心国际招标采购。本项目组高能所与科大两个团队分别利用国产工艺研制出高时间分辨率抗辐照硅传感器。所开发的高时间精度LGAD 硅传感器原型的时间分辨率优于50 皮秒，能够承受LHC 升级后的超高辐照剂量（2.5×1015 neq/cm2的等效中子通量），满足ATLAS实验第二期升级的需求。它是目前同类的LGAD 硅传感器原型中全球性能最优秀的，其性能显著好于国际著名的日本滨松公司与意大利FBK 研究所的LGAD原型传感器，将会在本项目支持下为ATLAS实验提供传感器，这是国产传感器首次在CERN大规模采用。在2023年，高能所与微电子所联合与日本滨松公司与意大利的FBK研究所竞争欧洲核子中心在ATLAS高颗粒度时间探测器上的硅传感器的国际招标，并最终赢得该招标。测算依据：本项目需要至少150个硅晶圆。根据中国科学院微电子研究所报价，用LGAD超快传感器的复杂新工艺下每个硅晶圆的采购成本为0.18万元。工程批流片报价为每次80万，一次流片研制50个晶圆，研制150晶圆需要3次流片，3次×80万/次=240万元。LGAD硅传感器的流片加工费用为150个晶圆×0.18 万元/晶圆+240万元=267万元。**加工单位**：中国科学院微电子研究所。抗辐照LGAD超快传感器是高端传感器新技术。加工单位必须要通过ATLAS合作组的测试与认证。目前国内只有本项目组与中国科学院微电子研究所合作研发的超快传感器通过ATLAS合作组的质量认证。研发LGAD超快传感器的周期比较长（2～3年）。目前，国内其他加工单位研制LGAD超快传感器还无法满足ATLAS实验要求。* 1. **模块组装打线加工费18万元。**

与本项目关联性：模块组装的任务是将LGAD与电子学芯片倒装焊后与读出电路板组装在一起，这是探测器建造的重要环节。测算依据：中国科学技术大学微纳中心平台的自动打线机按机时收取加工费：600元/小时。科大将组装1000个模块，平均每个模块需时0.5小时，费用共计0.06\*0.3\*1000=18万元。**c ) 用于柔性电子学板（Flex Tail）的生产，共计105万。**与本项目关联性：在与CERN签署的协议中，中国组负责1/3 柔性电子学板的生产责任。测算依据：在HGTD升级中，共需要7500块FT软板，中国组负责1/3的生产任务，也就是2500块。根据工厂的报价以及多次沟通的结果，柔性电子学板的材料费，包括：每块柔性电子学板的单价是0.042万，总价：0.042万/个\*2500个=105.0万。**加工单位**：根据多方询价，无锡鸿瑞科技有限公司给的价格较低。基于此，已经开展了为期2年的FT预研工作。目前，其公司生产的FT各项指标均已达标。1. **高压模块的的研发和生产的材料费，共计70万。**

与本项目关联性：在与CERN签署的协议中，中国组负责高压电源的研制。测算依据：在HGTD升级中，共需要8032个高压模块的通道，中国负责约20%的生产任务，共1560个通道。根据工厂的报价以及多次沟通的结果，每个高压通道的材料费为900元，本次申请的课题经费将用于780个通道的研发生产，总价：0.09万/个\*780个=70.0万。**加工单位**：根据多方询价，株洲福德轨道交通研究院有限公司给的价格较低。**e）探测器模块的倒装焊费用（bump bonding），50万。**与项目相关性：项目中研制ATLAS实验高粒度时间探测器模块的关键是把探测器与读出ASIC芯片通过倒装焊原位键合。利用倒装焊技术，在传感器上植入金属凸点（凸点焊料为SnAg），通过超声或者热压把传感器上金属凸点与读出ASIC芯片电极建立连接，倒装焊技术比丝焊连线短、寄生电容和寄生电感小，更适于本项目中高频、高速、高I/O端的ASIC读出电路。测算依据：根据华进半导体封装公司的报价，倒装焊封装超快探测器单元模块的费用为400元（其中晶圆上镀镍金的费用为100元，ASIC精确植球费用为250元，倒装焊费用为150元）。研制3平方米HGTD探测器要1000个模块，成本费用为500元/每个模块×1000个模块=50万元。加工单位：华进半导体公司是国内十大半导体封装公司之一，其倒装焊技术是国内领先。 **f）外围读出电路板，共计200万**与本项目关联性：在与CERN签署的协议中，中国组负责高ATLAS实验高粒度时间探测器全部柔性电子学板的研制。外围读出电子学板的PCB是外围电子学至关重要的组成部分，它承载着电子元件并提供电气连接。然而，其设计和制造面临着布局、制造精度、元件密度和技术发展等方面的挑战。克服这些挑战需要工程师具备深厚的专业知识和经验，并与制造商和供应商密切合作，以确保高质量的PCB产品。首先，PCB设计需要考虑HGTD模块电路布局和布线的复杂性。在设计过程中，需要合理安排元件的位置和连接，以确保信号传输的稳定性和可靠性。这需要充分理解HGTD电路的功能和要求，并进行高达22层的多层堆叠和布线规划，对高速信号传输进行模拟与仿真。其次，PCB制造过程需要高度的精确性和可控性。制造过程中的每个步骤，包括印刷、蚀刻、镀金和焊接，都需要精确的控制，以确保PCB的质量和性能。任何制造过程中的偏差或缺陷都可能对PCB的功能产生不利影响。此外，随着ATLAS电子学元器件和连接器的小型化和功能的增加，PCB上的元件密度也越来越高。这给布线和散热带来了挑战。在有限的空间内，需要精确地布置元件并开展微孔、埋盲孔设计、提供有效的散热系统，以确保PCB的稳定性和可靠性。测算依据：**PEB PCB生产与组装**根据HGTD模块布局的镜像结构优化，需要设计6种不同类型的PEB，其中1F、2F、1B和2B板可以在正反两侧使用。在这样的布局下每个HGTD端盖需要产生80个电路板，HGTD总共需要160个电路板。电路板生产包括预生产和批量生产两部分。表 PEB PCB预生产价格估计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 工程费/万元 | 面积/mm2 | 每种PCB的估价/万元 | PCB预生产 |
| 数量/个 | PCB估价小计/万元 |
| 1F | 3 | 227.67\*260.04 | 0.426 | 2 | 0.9 |
| 2F | 3 | 317.69\*259.27 | 0.593 | 2 | 1.2 |
| 3F | 3 | 342.41\*262.61 | 0.647 | 1 | 0.6 |
| 1B | 3 | 270.44\*227.67 | 0.443 | 2 | 0.9 |
| 2B | 3 | 272.0\*317.69 | 0.622 | 2 | 1.2 |
| 3B | 3 | 342.41\*279.61 | 0.689 | 1 | 0.7 |
| Total | 18.0 |  |  |  | 5.5 |

PCB预生产的成本约23.5万。此外，PCB组装的成本约为29.5万（48000 \* 6 + 650 \* 10）。考虑到设计可能会根据测试的反馈进行修改，需要预留2次PCB修改的机会。预计花费约18万元（包括组装）。所以，PEB预生产的总成本约为71.0万元。表 PEB PCB批量生产价格估计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 工程费/万元 | 面积/mm2 | 每种PCB的估价/万元 | PCB批量生产 |
| 数量/个 | PCB的估计/CNY |
| 1F | 2.5 | 227.67\*260.04 | 0.236 | 32 | 7.6 |
| 2F | 2.5 | 317.69\*259.27 | 0.329 | 32 | 10.5 |
| 3F | 2.5 | 342.41\*262.61 | 0.359 | 16 | 5.7 |
| 1B | 2.5 | 270.44\*227.67 | 0.246 | 32 | 7.9 |
| 2B | 2.5 | 272.0\*317.69 | 0.345 | 32 | 11.0 |
| 3B | 2.5 | 342.41\*279.61 | 0.382 | 16 | 6.1 |
| Total | 15.0 | 　 | 　 | 　 | 48.8 |

PCB批量生产的成本约63.8万元PCB贴片组装的成本约10.4万元(650\*160)‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬所以PEB批量生产的总成本是74.2万元**PEB固定件与支撑件机械加工**PEB还需用peek或铝材料加工安装固定件、支撑件和散热块用于系统安装与测试。表. 固定件与支撑件加工价格估计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 加工项 | 预生产 | 批量生产 |
| 单价/元 | 数量 | 小计/万元 | 单价/元 | 数量 | 小计/万元 |
| 电磁屏蔽罩加工 | 10 | 557 | 0.6 | 8 | 8906 | 7.1 |
| 光纤支架 | 10 | 81 | 0.1 | 8 | 1288 | 1.0 |
| 光纤收发器散热片，铝加工 | 15 | 27 | 0.0 | 13 | 429 | 0.6 |
| PEB支撑与散热，铝加工 | 500 | 30 | 1.5 | 450 | 552 | 24.8 |
| 合计 |  |  | 2.2 |  |  | 33.6 |

所以固定件与支撑件加工合计35.8万元**PEB可靠性测试**通过使用各种环境试验设备模拟气候环境中的高温、低温、高温高湿以及温度变化等情况，加速反应产品在使用环境中的状况，来验证其是否达到在研发、设计、制造中预期的质量目标，从而对产品整体进行评估，以确定产品可靠性寿命。**表 可靠性测试**价格估计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **单价/元每小时** | **持续时长/小时** | **批次数量** | **小计/万元** |
| 预生产高温老化HTOL  | 40 | 96 | 1 |  |
| 预生产高低温循环TC  | 80 | 10 | 1 | 0.08 |
| 批量生产高温老化HTOL | 40 | 24 | 40 |  |

‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬‬合计可靠性测试成本约4.3万元 g）会议费：24万计划进行8次项目组会议，其中包括项目启动会，项目中期评审会议，项目终期评审会议，以及项目组每年的年度会议。每次会议的会议费3万，共3万/次\*8次=24万**h)**差旅费：2万元。测算依据：课题组成员国内出差进行技术交流和讨论，5年共计4人次，预计每人次5000万元（往返机票2000元+房费300元×5天+出差补助180元×5天+会议注册费600元=5000元）×4人次=2万元。**3.劳务费**（是指在项目实施过程中支付给参与项目的研究生、博士后、访问学者以及项目聘用的研究人员、科研辅助人员、科研（财务）助理等的劳务性费用；支付给临时聘请的咨询专家的费用等。项目聘用人员由单位缴纳的社会保险补助、住房公积金等可纳入劳务费列支。） 劳务费共126万1. 博士研究生：4名在读博士生，每月补贴2000元，每年工作10个月，五年共计40.0万元；
2. 博士后：3名博士后，每月工资5000元，每年工作6个月，五年共计45.0万元；
3. 专家咨询费：21万

8次项目组会议，计划请12名评审专家，每人次的咨询费为0.24万元共需8次×11人/次×0.24万/人/次=21万**二、其他来源资金**对其他来源资金主要用途、支出预算做简要说明。 |
|  |