2023年度国家自然科学基金“新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机关键物理与技术问题研究”专项项目申请指南

　　当今粒子物理面临一系列重大基本问题的挑战，如强相互作用本质、强子结构和质量起源、物质与反物质的不对称性，以及暗物质和暗能量等。面临这一系列重大挑战，一方面需要加强国际合作，另一方面我国需要布局粒子物理领域的大型科研设置。在粒子物理陶粲领域我国科学家积累了丰富的成果，为了应对这些新挑战，亟需开展新一代超高亮度正负电子对撞机的预研。该加速器装置的对撞能区位于量子色动力学的微扰与非微扰的过渡区域，能够产生大量不同类型的粒子和共振结构，将为深入研究强相互作用非微扰性质和核子内部结构、探索新的电荷宇称不对称性、寻找奇特物质和超出标准模型的新物理提供独特的平台。

　　新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机的亮度相比当前同类装置最高水平提升约两个量级，并具有更大范围的对撞能量。这对加速器、探测器、读出电子学、事例触发和数据传输与获取，以及离线数据处理等的物理设计和技术研发都提出了重大挑战。为此，国家自然科学基金设立“新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机关键物理与技术问题研究”专项项目，支持该领域研究。

**一、科学目标**

　　本专项针对新一代2-7GeV能区超高亮度的正负电子对撞机对加速器和探测谱仪提出的重大挑战，开展采用大交叉角和Crab-Waist方案的超高亮度正负电子对撞机物理设计研究、基于单片有源硅像素传感器的先进径迹探测技术研究、高效事例触发与高速数据传输技术研究、采用机器学习和异构计算的高性能离线数据处理技术与算法研究。

**二、研究方向**

　　（一）新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机关键加速器物理问题研究（申请代码1选择A2801）。

　　第三代正负电子对撞机设计特点是采用大流强、小束流发射度和大交叉角对撞，在对撞点形成极小的Beta函数，并采用Crab-Waist校正。重点研究如下关键加速器物理问题：对撞区的光学设计和非线性校正方法以获得足够大的动力学孔径；很短束流寿命情况下的束流注入方法；强束-束相互作用下的束流稳定性和集体效应；探索可以提高亮度的、具有创新性的对撞方案或物理设计方案。研究目标是通过该研究，寻找合理并且技术上可以实现的对撞环物理设计方案，以保证在最优能点（4GeV）的对撞亮度达到5×1034cm-2s-1。

　　（二）新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机硅像素内径迹探测器关键技术研究（申请代码1选择A2804）。

　　开展兼具高位置分辨、高时间分辨和低功耗密度的单片有源型硅像素传感器（MAPS）芯片设计技术和高精度、低物质量的模块集成技术研究；开展高速稳定数据传输和处理的读出电子学系统设计技术研究。研制出好于20μm位置精度、好于30ns时间精度、兼具电荷测量能力的全尺寸MAPS硅像素芯片，并探索基于国产工艺的实现方式，在此基础上完成MAPS模块的研制和集成，实现低于0.3%X0的单层平均物质量。

　　（三）新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机高效事例触发与高速数据传输技术研究（申请代码1选择A2805）。

　　利用现场可编程逻辑门阵列器件（FPGA）实现低延迟（百纳秒级）的径迹探测器粒子事例重建算法、量能器簇团重建和粒子鉴别算法；利用FPGA开展基于机器学习等新型算法的全局触发技术研究，实现复杂场景下精准、高速的硬件触发判选；开展触发与数据获取相融合的新型硬件触发系统架构研究，实现系统触发率大于1MHz，系统总延迟低于2.5μs，触发死时间不超过1个时钟周期；发展基于CPU+FPGA、CPU＋GPU等异构计算处理器架构的低能耗、高性价比的计算加速技术；发展适用于辐照环境的专用高速串行数据传输技术，完成高速数据传输链路所需的关键芯片开发。

　　（四）新一代2-7GeV能区超高亮度正负电子对撞机高性能离线数据处理技术与软件以及物理模拟研究（申请代码1选择A2806）。

　　发展电磁量能器全模拟与快速模拟混合技术，实现较全模拟快2个数量级的加速；开发具有高噪声排除能力及高堆积区分能力的径迹重建算法，实现0.1-3.5GeV/c大动量范围带电径迹的高精度及高效率重建；基于机器学习方法研发新型的粒子鉴别算法，深入挖掘各个子探测器的潜力；研制国际先进的高性能数据处理软件平台，支持在多核CPU、GPU以及众核处理器等不同硬件架构内的并行计算和异构计算；利用高性能离线软件系统开展2-7GeV能区关键物理过程的模拟研究和可行性分析。

**三、资助计划**

　　本专项项目资助期限为4年，申请书中研究期限应填写“2024年1月1日－2027年12月31日”。计划资助4项左右，平均资助强度不超过350万元/项。

**四、申请要求**

　　（一）申请资格。

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）。

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定。

　　1. 本专项项目计入高级专业技术职务（职称）人员申请和承担总数2项的范围。

　　2. 申请人同年只能申请1项专项项目中的研究项目。

　　3. 其他限项申请要求按照《2023年度国家自然科学基金项目指南》“限项申请规定”执行。

　　（三）申请注意事项。

　　1. 申请书报送日期为**2023年10月25日－10月31日16时。**

　　2. 本专项项目申请书采用在线方式撰写。对申请人具体要求如下：

　　(1) 申请人在填报申请书前，应当认真阅读本申请须知、本项目指南和《2023年度国家自然科学基金项目指南》的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

　　(2) 申请人应根据本专项项目拟解决的具体科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、关键科学问题、技术路线和相应的研究经费等。

　　(3) 申请人登录科学基金网络信息系统http://grants.nsfc.gov.cn/（没有系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户），按照撰写提纲及相关要求撰写申请书。

　　(4) 申请书中的资助类别选择“专项项目”，亚类说明选择“研究项目”，附注说明选择“科学部综合研究项目”，申请代码1按要求填写。以上选择不准确或未选择的项目申请将不予受理。

　　3. 申请人应当严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》等相关规定和《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，按照“目标相关性、政策相符性、经济合理性”的基本原则，认真编制《国家自然科学基金项目预算表》。

　　4. 申请人完成申请书撰写后，在线提交电子申请书及附件材料。申请材料中所需的附件材料（有关证明材料、审批文件和其他特别说明要求提交的纸质材料原件），全部以电子扫描件上传。

　　5. 依托单位应对本单位申请人所提交申请材料的真实性、完整性和合规性进行审核；对申请人申报预算的目标相关性、政策相符性和经济合理性进行审核。具体要求如下：

　　(1) 本专项项目采用无纸化申请方式，依托单位只需在线确认并及时提交电子申请书及附件材料，无需报送纸质申请书。项目获批准后，将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，与之一并提交。签字盖章的信息应与信息系统中的电子申请书保持一致。

　　(2) 依托单位完成电子申请书及附件材料的逐项确认后，应于申请材料提交截止时间前通过科学基金网络信息系统上传本单位科研诚信承诺书的电子扫描件（请在信息系统中下载模板，打印填写后由法定代表人签字、依托单位加盖公章；若当年已上传本单位科研诚信承诺书的电子扫描件，则不用再重新提交），无需提供纸质材料；须在项目申请截止时间后24小时内在线提交项目申请清单。

　　6. 本专项项目咨询方式：

　　国家自然科学基金委员会数学物理科学部物理科学二处

　　联系人：李会红

　　联系电话：010-62325087

**五、其他注意事项**

　　（一）为实现专项项目总体科学目标，获得资助的项目负责人应当在项目执行过程中关注与本专项其他项目之间的相互支撑关系。

　　（二）为加强项目之间的学术交流，本专项项目群将设专项项目总体指导组和管理协调组，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活动，并认真开展学术交流。