国家自然科学基金指南引导类原创探索计划项目——“拓扑量子输运理论与器件前沿探索”项目指南

　　为贯彻落实党中央、国务院关于加强基础研究和提升原始创新能力的重要战略部署，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）数学物理科学部拟资助“拓扑量子输运理论与器件前沿探索”原创探索计划项目（以下简称原创项目）。

　　拓扑物态是凝聚态物理的前沿领域之一，对于发现新的宏观量子效应和发展低能耗量子器件等具有巨大的科学研究价值。输运不仅是研究凝聚态物质的主要手段，也对接器件应用出口，特别是拓扑物态具有奇异的输运性质，包括无耗散的边缘态、分数化电荷，以及近期发现的非线性拓扑响应等，使得拓扑物态的输运理论和器件应用成为探索拓扑物态的前沿方向，是国际凝聚态物理研究的前沿领域，对于发展下一代量子器件和信息技术等重大基础科学问题具有重要意义。本项目旨在通过精准材料设计与制备、极端条件下的表征技术、原型器件和原创理论的深度融合，创建、完善和发展拓扑物态在无耗散、非线性、分数化输运性质等的基础理论与器件应用，突破现有输运理论、器件制备与探测能力的瓶颈，为推动拓扑物态在未来信息技术革命中的应用奠定科学基础。

**一、科学目标**

　　本项目聚焦拓扑物态输运在无耗散、非线性、分数化和器件应用方面的前瞻性问题，通过发展原创性理论、精准器件设计与制备以及极端条件下的表征技术，突破现有理论和实验框架，揭示拓扑物态及其器件输运中引起能量耗散、非线性效应和分数化特征的相关机理与调控规律，促进它们在无耗散、非线性、拓扑量子计算、场效应管和电阻标准计量器件等方面的应用。

**二、研究方向和研究内容**

　　（一）拓扑物态输运中的能量耗散研究。

　　研究如何可控制备同时集成两个或以上拓扑态的拓扑器件，并实现对它们拓扑边缘态/界面态的精确调控；针对拓扑器件电输运引起的局域耗散，开发与之相适应的空间分辨的表征技术与方法；测量拓扑输运中的能量耗散，验证相关的理论并探究引起输运中能量耗散的机理；研究拓扑物态器件中降低能量耗散甚至实现无耗散输运的物理原则；探索设计具备新颖功能的无耗散的拓扑物态器件。

　　（二）拓扑物态非线性输运研究。

　　研究拓扑物态非线性量子输运的微观机理，包括非线性霍尔效应的微观机理，特别是拓扑无序散射、对称性、拓扑序、量子度规以及其量子化相关的机理；探索拓扑物态非线性量子输运的器件应用，包括真实材料多端口器件非线性电流电压关系，无耗散的非线性霍尔整流器件；探索非线性霍尔效应与高维度拓扑空间结构以及其它拓扑数的关系；拓展拓扑物态非线性量子输运的理论，包括发展介观及非平衡系统中非线性量子霍尔效应的有效理论，拓扑高阶非线性响应的输运理论。

　　（三）拓扑平带中分数拓扑量子物态的输运研究。

　　针对零磁场条件下在二维材料莫尔超晶格等低维量子材料系统的拓扑平带中出现的分数拓扑量子物态（如分数量子反常霍尔效应），设计和制备高质量输运器件，结合电场、磁场、光场、掺杂、压力等多参量物态调控手段，系统研究分数拓扑物态的奇异物性及随外界参量的演化规律，结合理论计算研究，揭示其物理机理，探索在拓扑平带中实现满足非阿贝尔统计的分数拓扑量子物态的可能性；研究零磁场分数拓扑物态的复合费米子费米液体图像；设计制备新型量子输运器件，开展零磁场下强关联拓扑量子物态中分数电荷激发的探测。

　　（四）拓扑量子原型器件的研究。

　　基于低维拓扑量子材料和新兴的莫尔超晶格转角体系，开发和优化新型拓扑电子器件制备工艺，探究其拓扑量子输运性质并发展多维度的物性调控手段，实现高质量的拓扑电子器件，并基于上述器件进行拓扑量子计算的理论探索；针对体系中存在的拓扑边界态，探索影响零磁场电阻整数和分数量子化的关键条件，发展新型电阻标准计量器件；利用材料体系中的拓扑量子相变，实现拓扑场效应管等新型拓扑原型器件（工作温度高于1.5K，开关比大于1000）；制备具有新颖功能的无耗散拓扑物态原型器件；探索影响拓扑物态实现温度的内禀和外禀因素，提升拓扑电子器件的工作温度。

**三、资助计划**

　　本原创项目资助期限为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，平均资助强度为300万元左右，总资助直接经费1200万元左右。

**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）；

　　3. 鼓励45岁以下的年轻人提出原创性项目申请。

　　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. 申请人同年只能申请1项原创项目。

　　2. 原创项目从申请开始直到自然科学基金委作出资助与否决定之前，不计入申请和承担总数范围，获资助后计入申请和承担总数范围。

　　3. 应符合《2023年度国家自然科学基金项目指南》中对申请数量的限制。

**五、申请程序**

　　（一）预申请。

　　1. 预申请提交时间为2023年10月21日－10月23日16:00。

　　2. 请申请人登录国家自然科学基金网络信息系统（以下简称信息系统）https://grants.nsfc.gov.cn/撰写预申请。无信息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。在信息系统“申请与受理”菜单下，点击“原创项目预申请”，进入预申请填写页面，选择“指南引导类”，附注说明选择“拓扑量子输运理论与器件前沿探索”，**申请代码1选择“A20”或其下属代码**。以上选择不准确或未选择的项目申请不予资助。

　　3. 预申请主要阐述所提学术思想的原创性、科学性和潜在影响力，字数控制在2000字以内。申请人按照信息系统中的有关提示填写预申请相关内容后直接提交至自然科学基金委，并要求申请人必须在预申请的正文第一句明确写明申请项目对应的本指南所列“研究方向”。

　　4. 自然科学基金委受理预申请并组织审查。审查结果和正式申请提交截止时间将以电子邮件形式反馈至申请人。

　　（二）正式申请。

　　1. 预申请审查通过的申请人，应按照“专项项目-原创探索计划项目正式申请书撰写提纲”要求填写正式申请书。正式申请的核心研究内容应与预申请一致，并要求在正式申请书项目摘要的第一句明确写明申请项目对应的本指南所列“研究方向”。

　　2. 本原创项目每个项目的合作研究单位不得超过2个，主要参与者必须是项目的实际贡献者。

　　3. 申请人应根据《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》《项目资金管理有关问题的补充通知》有关规定和《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，认真如实编制《国家自然科学基金项目资金预算表》，依托单位要按照有关规定认真进行审核。

　　4. 本原创项目采用无纸化申请，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。依托单位只需在线确认电子申请书及附件材料，无须报送纸质申请书，但应对本单位申请人所提交申请材料的真实性和完整性进行认真审核，在项目申请接收截止时间前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料；在截止时间后24小时内在线提交本单位申请项目清单。项目获批准后，依托单位将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，在规定的时间内按要求一并提交。

**六、注意事项**

　　（一）资助项目信息公布。

　　自然科学基金委将在官方网站公布资助原创项目基本信息。

　　（二）项目实施保障。

　　1. 原创项目负责人应将主要精力投入原创项目的研究中；依托单位应加强对原创项目实施的监督、管理和服务，减轻项目负责人不必要的负担，为项目研究提供必要的制度和条件保障。

　　2. 为实现原创项目总体科学目标，获得资助的项目负责人应当在项目执行过程中关注与其他项目之间的相互支撑关系。

　　3. 为加强项目之间的学术交流，本原创项目将设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。

　　（三）其他。

　　原创项目申请与资助不设复审环节。

　　自然科学基金委将把相关项目负责人项目执行情况和评审专家的评审情况计入信誉档案。

　　（四）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一处

　　联系人：刘强、姜向伟

　　联系电话：010-62325055，62327181。