

2025 年度国家自然科学基金数学天元基金

“交叉重点青年专项” 项目申请指南

为鼓励青年数学工作者积极投身数学与其他学科交叉融合的创新研究，本重点专项旨在资助具有突出潜力的青年学者，围绕基础科学前沿和国家发展关键领域中的交叉问题开展原创性探索。项目支持以数学为核心驱动力的跨学科合作研究，促进数学理论与方法在相关领域的突破性应用，同时着力培养一批具备交叉研究能力、富有创新精神的青年学术骨干，为国家战略科技力量储备高水平人才。

一、 科学目标

本重点专项围绕人工智能、智能交通以及智能制造等关键领域开展前沿数学理论、方法与技术的创新攻关研究，旨在促进应用数学和产业技术创新融通发展。

二、 资助研究内容

本重点专项拟资助以下研究方向：

项目 1：面向混合智能交通的控制机理及数学理论

基于交通流的物理特征，从偏微分方程角度刻画网联智能车辆、人工驾驶车辆及多类型车辆的密度、速度与流量之间的非线性多主体时空演化规律；设计相应的反馈控制器快速镇定系统，给出缓解交通拥堵的控制策略；数学上解释人机混行及车-车、车-路信息交互下的交通动态特性，发展相应的数学控制理论，特别关注有限时间镇定问题、最短控制时间问题以及具备安全性保证的控制策略；数学上证明所构建的非线性混合智能交通流模型的适定性。

项目 2：雷达微弱目标探测的无限维压缩感知数学理论与高效学习算法

针对雷达微弱目标探测战略需求，开展多维回波联合的雷达探测数学理论与高效算法研究。重点研究多维频域稀疏信号联合的无限维压缩感知理论，构建目标距离-多普勒多维参数联合估计方法与性能界理论；研究基于模型与数据双驱动的雷达探测目标高效估计算法，并分析计算资源受限下的多维参数估计性能界；在雷达微弱目标探测

(如天基雷达空间目标探测、无人机载雷达非视距目标多径探测)中开展实验验证。

项目 3: 芯片物理设计中的图理论与优化算法

面向先进制程工艺下的集成电路物理设计需求,研究基于图划分/分解的 VLSI 布局方法。探索图/超图划分的移点理论,构建图划分的新理论体系,充分研究图/超图割集大小问题;发展图分解研究的新方法,建立图分解的理论框架,突破其研究瓶颈;将图划分/分解理论应用于集成电路布局设计中,构建布局问题的图模型及其优化算法,形成可处理百万级单元规模电路的布局引擎,并在具有自主知识产权的 EDA 软件上完成应用验证。

项目 4: 高强轻合金增材制造的数学理论与应用

针对高强铝合金等材料的增材制造,发展偏微分方程渐近理论与数值算法,实现高效模拟微观缺陷、介观组织的演化,获取热裂缺陷、耐蚀性指标等微观数据。搭建数据采集系统,实时获取增材制造工艺参数,建立其成分-工艺-组织-性能数据库。结合深度学习与多尺度分析,构建热裂约化模型,从介观组织演化快速预测宏观性能。利用强化学习建立成分-工艺-组织-性能相关联的控制模型,平衡“抗热裂”“耐蚀性”“强度”等多目标。增材制备出抗热裂、耐腐蚀高强轻合金,满足航空航天、海洋工程等严苛场景需求。

项目 5: 海洋生态系统响应气候变化的动态网络模型与因果机制推断

针对气候变化对某类海洋生态系统结构与功能的多层级、多圈层作用机制问题,发展融合动态网络分析与因果推断的数学方法,构建刻画“气候-环境-生物-功能”耦合关系的时空演变因果网络模型。整合多源、异构、跨尺度的海洋观测数据,应对高维、复杂交互、动态演化及因果发现稳定性等挑战,提升模型在跨区域、跨尺度耦合问题中的泛化能力。预测关键生态指标的长期变化趋势,为理解生态系统韧性和制定保护策略提供定量依据。

项目 6: 大型空间可展开天线型面精度预测理论与算法

面向大型空间可展开天线电磁性能对高型面精度的需求,针对超大尺寸、结构柔性、部件约束关系复杂、空间环境等导致地面试验与

在轨型面精度指标存在显著偏差的难题，构建天线型面精度天地一致性表征与预测理论框架。提出运动柔性部件动力学描述新体系，发展融合多模态数据与物理约束的力学等效建模和高质量表征学习方法，构建具有可解释性的连续映射，建立稳定高效的快速求解算法，揭示天线展开过程误差产生、传递机制及其对型面精度的影响规律，开发展开动力学计算软件，实现天线型面的高精度预测，开展 30 米级天线地面展开试验验证，为空间大型天线设计与试验评估提供数学理论支撑与计算工具。

项目 7：复杂系统的多尺度建模与集体行为涌现的数学机理

聚焦微观组分的相互作用如何通过多层次、异质性网络结构，涌现为宏观系统的有序功能，研究建立描述该类系统跨尺度演化的数学框架，发展能有效降低模型自由度且保留关键动力学特征的约化模型，并开发能精准捕捉临界现象与动态演化过程的高效多尺度数值模拟及数据同化技术。旨在系统性阐明同步节律、信息高效传输等集体功能的涌现机理，揭示其对底层动力学规则和网络异质性的依赖关系，为理解复杂生物功能、设计鲁棒智能系统提供统一的数学理论与分析工具。

项目 8：几类偏微分方程的高精度人工智能求解算法

针对椭圆型方程、热传导方程以及 Navier-Stokes 方程等典型偏微分方程，研究基于复分析理论的新型神经网络求解算法。对具有非光滑解的偏微分方程问题，重点研究 XNet/CauchyNet 的收敛速度及误差分析；研究基于 CauchyNet 的高维空间有理函数逼近理论，发展新型神经网络的数学基础；将基于复分析理论的新型神经网络算法推广至更一般的偏微分方程求解，研究算法的稳健性和误差分析理论。

项目 9：过参数情形下深度学习的误差分析

在过参数化情况下，构建兼容逼近误差、统计误差和优化误差的深度学习误差分析框架，并基于此框架建立算法的收敛性分析。研究将系统拆解过参数化场景下三类误差的形成机制，探究它们之间的耦合关系与相互影响，明确收敛性成立的条件；具体给出网络架构的设计、算法格式的构建及参数的选取方法，确保在回归、分类、生成等不同学习任务中均能实现相合性。同时，通过推导最优收敛速度的理论边界，揭示过参数化对误差收敛的内在影响机制，强化理论对高效

且稳定的深度学习算法设计的指导价值，为相关算法的实际开发提供扎实的理论支撑和实践指导。

三、 资助计划

2025 年拟资助项目不超过 8 项，平均资助强度不超过 150 万元/项。申请书中的研究期限应填写为：**2026 年 1 月 1 日至 2027 年 12 月 31 日**。

四、 申请要求及注意事项

项目主持人年龄要求男性 40 岁以下（1985 年 1 月 1 日（含）以后出生），女性 42 岁以下（1983 年 1 月 1 日（含）以后出生）。项目研究团队（含项目主持人与主要参与人）总人数不超过 3 人，项目参与人年龄应在 45 岁以下（1980 年 1 月 1 日（含）以后出生）。项目研究团队成员未作为主持人承担在研的国家级人才项目及国家自然科学基金委重点类项目。

项目研究团队须由包含数学和其他领域的专家组成，采取项目内双负责人制（其中，一名负责人来自数学领域，另一名负责人来自其他领域；两位负责人的排名先后由项目组成员自行确定）。

（一）申请条件

本重点专项项目申请人应当具备以下条件：

- 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、本重点专项项目不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、申请人和参与者只能申请或参与申请上述 9 个研究方向之一的项目。

（三）申请注意事项

1、本重点专项项目申请接收时间为**2025年10月10日—2025年10月16日16时**。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/>（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）撰写申请书。项目合作研究单位数量不得超过2个。

2、申请人在填报申请书前，应当认真阅读本项目指南和《2025年度国家自然科学基金项目指南》中申请须知的相关内容，不符合项目指南相关要求的申请项目将不予受理。

3、申请人应根据项目指南公布的资助研究方向和拟解决的核心科学问题，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、关键科学问题、技术路线等。

申请书资助项目类别选择“数学天元基金项目”，亚类说明选择“数学天元基金”，附注说明选择“数学与其他学科交叉联合资助项目”。申请书正文的最前面须标明所选研究方向及标题（按照上述9个拟资助研究方向填写）。所有项目申请代码1均应选择数学学科申请代码（A01-A06及下属申请代码）。以上选择不准确或未选择的项目申请将不予受理。

4、数学天元基金项目无间接费用，申请经费为直接费用。申请人应根据《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》的有关规定，以及《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资金预算表》。

5、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。

6、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：

依托单位应在项目接收工作截止时间前（**2025年10月16日16时**）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，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，一并提交。签字盖章的信息应与信息系统

中的电子申请书严格保持一致。

五、 联系方式

1、填报过程中遇到的技术问题，可联系国家自然科学基金委员会信息中心协助解决，联系电话：010-62317474。

2、其他问题，可咨询国家自然科学基金委员会数理科学部数学科学处：

电 话：010-62325025

邮 箱：yandk@nsfc.gov.cn