

附件 3

“数学和应用研究”重点专项 2025 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新的有关部署，国家重点研发计划启动实施“数学和应用研究”重点专项。根据本重点专项“十四五”实施方案的安排，现发布 2025 年度项目申报指南。

“数学和应用研究”重点专项总体目标是：面向国家战略需求，解决一批影响未来发展的重大数学与应用问题，提升我国自主创新能力。

2025 年分重点研究方向、“揭榜挂帅”榜单、青年科学家项目三类指南，拟支持 27 个项目，国拨经费总概算 1.85 亿元。

一、重点研究方向

2025 年度围绕数据科学与人工智能的数学基础，科学与工程计算方法，复杂系统的分析、优化、博弈与调控，计算机数学理论与算法，基础数学重大前沿问题研究等 5 个重点研究方向进行部署（任务 1—5），拟支持 15 个项目，国拨经费总概算 1.37 亿元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。特别应将数学理论和方法研究作为重点，带

动重大需求中的应用问题解决。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目执行期一般为 5 年。一般项目下设课题数原则上不超过 4 个，每个项目所含单位数不超过 5 家。申请“任务 5.基础数学重大前沿问题研究”的项目课题数原则上不超过 3 个，参与单位数不超过 3 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

任务 1. 数据科学与人工智能的数学基础

1.1 基于存算一体加速的矩阵计算

研究内容: 针对存算分离传统架构导致的矩阵计算高复杂性瓶颈，探索基于存算一体新型架构的矩阵计算新途径、新方法。研制基于非易失存储介质、可无限擦写的存算一体基础芯片和面向矩阵规模可扩展的多芯片片间互联技术，形成支持矩阵计算加速的新型存算一体架构；探索适用于存算一体架构的矩阵计算数学形式化方法，发展适用于“矩阵慢变、向量快变”迭代计算场景下的矩阵计算框架及其可行性理论，形成存算一体架构下的矩阵计算通用算法库；面向 6G 无线通信空口技术对海量矩阵计算和“无限次”数据更新需求，研究存算一体架构下的软硬件协同优化设计，建立适配于国产通信设备的高效信号处理架构，在典型通信任务应用中取得实效。

考核指标: 存算一体基础芯片非易失存储器件擦写次数不低于 10^{16} ，读写电压不高于 1V，读写时间不高于 30ns，室温下数据保存时间大于 10 年（可通过加速老化测试间接验证）；单芯片支持矩阵计算规模不小于 128×128 ，支持矩阵元素精度可调且最高精度不低于 16 比特，支持对矩阵元素的多模式（0/1/2 比

特) 纠错, 多芯片片间互联技术支持不少于 8 颗基础芯片的有效集成, 相比单芯片实现至少 8 倍矩阵规模扩展; 实现适配于存算一体架构的矩阵求逆、SVD 分解等不少于 3 种典型矩阵计算任务的基础算法, 在“矩阵慢变、向量快变”迭代计算场景下, 计算速度相比基于存算分离的传统算法提升至少一个数量级; 以现有通信系统作为基线, 将新型存算一体架构下的矩阵计算算法在预编码和信道均衡等不少于 2 类典型无线通信任务上进行计算链路对比测试, 实现信息传输速率提升 10% 以上, 通信信道矩阵计算加速 50% 以上。

关键词: 存算一体, 矩阵计算, 基础算法。

经费说明: 国拨经费概算参考数约 1300 万元。

1.2 支持伽玛刀变革的智能成像理论与诊疗一体化数学技术

研究内容: 为突破伽玛刀诊疗分离的传统范式, 发展基于磁共振 (MR) 成像驱动的患者定位与放疗计划一体化数学技术。研究高低场自适应的多场协同 MR 成像数学理论与重建方法, 提升肿瘤精准诊疗的成像准确性与实时性; 发展保解剖结构与肿瘤特征的 MR 生成 CT 的跨模态数学变换理论与方法, 并结合生成 CT 实现靶区勾画与剂量计算的精准高效; 研究人工智能驱动的影像配准融合方法与放疗计划自动优化方法, 支持肿瘤精准定位与放疗方案的高效制定。基于上述基础, 研发磁共振与伽玛刀一体化诊疗系统, 设计电磁兼容与系统集成方案, 实现诊疗全流程的智能化、精准化与高效化。

考核指标: 实现高低场自适应 MR 扫描 T1 及 T2 序列时间低于 5 分钟, 成像质量 PSNR 指标高于 32db; 提出靶区勾画、

剂量计算与放疗计划的智能化数学模型与优化方法，患者定位误差 $\leq 1.0\text{mm}$ 、伽马通过率（ $3\%/2\text{mm}$ ） $\geq 96\%$ 、在线放疗计划时间 ≤ 5 分钟；构建MR与伽玛刀一体化集成系统，开展临床验证并取得产品注册证。

关键词：应用数学，伽玛刀诊疗，变场自适应MR成像，智能化放疗计划，细胞微环境。

经费说明：国拨经费概算参考数约1100万元。

1.3 基于病毒时空传播的回溯测控可计算建模的方法、理论及应用

研究内容：针对新冠和流感呼吸道病毒传播时空建模计算中尺度割裂、机制封闭、数据高噪声、跨尺度数据模型同化推断有效方法缺失等瓶颈，面向国家传染病防控重大需求，实现病毒传播演化的精细化回溯/精准化预测预警、防控策略的动态评估优化及超大规模人群传播实时高效仿真，形成生物时空数据挖掘、跨尺度生物动力学计算新范式。基于基因-表型（体内）、个体-群体（体外人群）时空数据，开发面向病毒传播演化特征挖掘的可解释深度学习方法，以已知的病毒传播多尺度特征、接触网络、干预措施等为输入，以未来的病毒感染时空分布、病毒株演化趋势及防控效果评估等为输出，建立具有跨物理时空及生物动力学尺度耦合、高阶时变交互的动态反馈病毒传播时空模型（多层次动力学模型和深度学习耦合模型）；发展深度学习驱动的病毒传播模型约化方法，基于机理模型以及约化模型，构建观测数据缺失的、跨尺度时空大数据高效/稳定/可靠的同化统计推断方法与理论；构建轻量化、动力学数据驱动的机器学习框架，发展基于

高阶交互的图神经网络、因果关系、序参量设计、变点检测等病毒传播多尺度综合预警技术；发展数据同化技术融合跨尺度数据，研发可集成、可扩展的跨尺度病毒传播数字孪生原型系统，具备模型粗细粒度自适应切换高效计算、病毒传播回溯性评估与未来预测、基于深度学习的防控策略设计/验证/优化/迭代功能；最终面向新冠、流感等典型呼吸道病毒传播和演化开展验证应用研究，如基于新冠病毒发生、演化、传播与防控的全链条开展回溯、防控策略效果评价等复盘工作，为未来 X 疾病防控提供科学指导。

考核指标: 形成面向基因突变、表型演化及人口种群扩散的、可解释深度学习跨尺度病毒传播计算时空演化模型 1 套；形成观测数据缺失、跨尺度时空大数据同化统计推断理论框架 1 套；发展轻量化、动力学数据驱动的机器学习算法框架，形成面向典型病毒以及未知病毒演化传播、预测、预警和防控的算法库，包含高阶交互图神经网络、因果关系、序参量、变点检测等算法至少 10 套，比传染病动力学模型、公共卫生领域统计推断等主流算法的预测准确率提升 10%；形成面向基因-表型、个体-群体跨尺度病毒传播数字孪生原型系统 1 套，具备多源/异构/动态数据融合、跨尺度传播的回溯性评估与未来预测、基于深度学习的防控策略设计/验证/优化/迭代的功能，可实现超大城市 1000 万级别智能体仿真，调控策略训练输出响应时间小于 10 分钟；面向至少 1 种典型呼吸道病毒（如新冠）在真实城市场景中传播与防控开展验证应用。

关键词: 可解释深度学习，跨尺度耦合函数，大数据同化统

计推断，高阶交互预警指标，数字孪生评控。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

任务 2. 科学与工程计算方法

2.1 新一代铁电材料器件的计算方法和数学理论

研究内容：围绕新型铁电材料的性质预测及铁电器件的性能分析，研究稳健高效的计算方法及数学理论。包括研究转角多层二维材料无公度体系的第一性原理可计算模型、算法框架和误差分析理论；针对材料计算中出现的大规模代数特征值问题，研究可扩展的分布式并行算法；针对铁电晶体管包电极化动力学、载流子输运及热扩散的多物理耦合模型，研究无条件稳定的数值方法，建立严格误差分析理论；研究晶体管和互连线耦合的严格多物理场计算方法，发展关于网格一致的大规模代数预处理算法，开发适合晶体管阵列串扰效应模拟的多物理场并行计算程序，为铁电晶体管阵列的优化设计提供支撑。

考核指标：基于第一性原理，给出新一代铁电材料无公度体系的数学刻画，构建基于平面波和有限元离散的高效数值方法，建立问题的可解性、误差控制等数学理论；研制大规模代数特征值并行解法器 1 套，支撑对称稀疏矩阵维数 ≥ 10 亿、特征对数 ≥ 1 万的计算；针对铪基材料铁电器件的模拟，建立无条件稳定的数值方法；研制铁电器件模拟的并行计算程序 1 套，计算精度达到国际主流 TCAD 商业软件的同等水平（计算结果差异不超过 10%），同等算例下计算速度提升 1 倍以上；实现 10×10 铁电晶体管阵列的严格多物理场模拟，并在实际制备的铁电晶体管阵列上验证有效性。

关键词：应用数学，计算数学，第一性原理计算，大规模代数特征值问题，铁电器件数值模拟。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

2.2 大规模类脑神经网络动力学模拟的高精度算法及应用

研究内容：构建一个兼顾精度与效率的类脑神经网络大规模仿真平台，重点突破因神经元复杂树突结构及神经元细胞周围动态特性引起的高精度模拟对计算资源的极大依赖问题。传统神经元多舱室模型虽然能够精确再现神经元活动，但其计算复杂度过高，严重制约了大规模神经网络的仿真与应用。为此，从生物物理模型和数据驱动两个角度探索神经元多舱室约化模型。针对类脑神经网络的计算特性，设计并实现相应高效并行仿真算法，构建自适应调度与负载均衡的并行计算架构。最终，将神经元约化模型和并行算法集成到统一平台，打造一个支持大规模类脑神经网络仿真、助力脑功能解析及神经群体涌现机制探索的先进仿真平台，为新型人工智能技术的研发提供坚实的理论和算法支撑。

考核指标：(1) 含树突结构的神经元约化模型：保持树突计算功能与神经元交互等关键生物物理特征，相较于当前神经科学领域主流的 NEURON 软件算法，模型在计算效率上实现至少 100 倍的提升。(2) 并行仿真算法：具备负载均衡与自适应调度能力，仿真规模扩展至百万级神经元，比 NEURON 软件算法计算性能提升 100 倍。(3) 仿真平台应用：支持多物种、多尺度的神经网络模型仿真，适用于脑功能解析和类脑 AI，提出百万级神经元以上系统的涌现理论 1 套，开发的类脑 AI 算法在时序任务（如 long range arena 标准数据集）中，相较于参数规模相当的

Transformer 框架的主流大模型，其错误率降低相对 10%；建立包含人脑 fMRI、DTI 和电生理等多模态数据（样本量不少于 500 例）约束的类脑模型，预测帕金森病患者经过深部脑刺激后的疗效。在治疗有效性预测任务中，将预测错误率相较于现有回归算法降低相对 20%；针对当前缺乏深部脑刺激治疗后 UPDRS 评分预测模型的现状，实现预测评分与实际评分的相关性不低于 60%。

关键词：应用数学，计算数学，可计算建模，神经元约化模型，类脑神经网络动力学。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

2.3 高温合金材料的高分辨表征、数学机理建模和大规模计算

研究内容：围绕新一代高温合金材料设计与研发，构建刻画材料微结构演化的偏微分方程模型，研究模型方程解的正则性和适定性，建立方程参数反演的唯一性和稳定性理论，提出高效反演算法。发展动态多保真模型降阶方法，建立多组分、跨尺度、多物理场耦合的宏观结构动力学方程，开发预测材料蠕变曲线的数值模拟算法。基于跨尺度（原子-微观-宏观）多场耦合原位显微学表征数据，发展从材料微结构设计到宏观力学性能预测的理论和算法，完成数学模型在高温合金材料设计中的实验验证。

考核指标：提出刻画高温合金微观结构演变的数学模型，构建模型方程解适定性和参数反演唯一性和稳定性理论，提出高精度重构算法，相比传统优化迭代算法，精度提升 50%。设计宏观动力学演变系统方程降阶模型高效算法，相较有限差分等传统方

法，效率提升 5 倍以上。基于跨尺度计算，建立不少于 100 万条高温合金材料微观结构和力学性能数据库。针对铁基、镍基等典型高温合金材料，在至少三种使役条件下，材料蠕变曲线预测与实验数据相比误差不超过 10%。

关键词：应用数学，计算数学，偏微分方程反问题，高温合金，蠕变效应。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

任务 3. 复杂系统的分析、优化、博弈与调控（2025 年度从指南 3.1—3.3 中资助 2 项）

3.1 人工智能与优化博弈双向驱动的算法理论及应用

研究内容：研究 AI 大模型训练中的优化问题，基于神经网络结构和稀疏低秩近似等技术构建高阶优化方法，开发大模型训练的高效任务调度算法。探索 AI 算力算法驱动的优化算法设计，开发适用于 GPU 架构的高性能优化算法，融合强化学习大模型等提升大规模整数规划、发展多主体博弈的动态均衡分析理论，提出适用于人工智能多智能体的博弈约简及分层分组策略。面向车网协同的无人驾驶决策场景，构建贯穿底层决策到顶层调度的一体化多智能体协作博弈模型，实现基于大模型、优化和智能博弈的多模态感知、任务理解、任务调度和规划控制，形成智能决策高效解决方案。

考核指标：针对十亿级参数的 LLaMA 等模型开发高阶优化算法，在保证显存占用与 Sophia 算法相当下计算性能提升 15%，设计大模型任务调度方案较 OpenXLA 缩短 10% 训练耗时；提出 GPU 加速算法实现分钟级求解亿级矩阵维数的稀疏半定规划；

对任务调度问题求解百万变量级整数规划较 Gurobi 效率提升 10%；提出基于深度强化学习的分层分组策略，设计多智能体在线优化框架在百级规模、五个以上子任务博弈中任务完成率较传统方法提升超 20%；构建无人驾驶场景下的调度、感知和决策一体化方案，支持百级以上车辆协调与调度，作业效率比基于规则的无人驾驶方案提升 15%以上。

关键词：调度算法，优化算法，大规模整数规划，多智能体动态博弈，无人驾驶决策。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

3.2 异质集群协同决策与控制的数学理论与方法

研究内容：针对通信中断、带宽受限等实际场景，提出弱通讯条件下异质混合集群协同感知的学习算法，设计目标意图识别的强化学习与逆强化学习算法，构建拓扑-状态强耦合下异质多智能体系统涌现与感知的数学理论；研究基于博弈机制的自组织/层级异质集群资源/任务分配的分布式优化问题，设计具有最优理论保证的高效算法（如联邦学习算法），构建混合整数优化模型以及刻画其可行域的凸包多面体结构；研究不确定动态及非线性约束下异质集群协同控制的理论与方法，形成异质集群分布式轨迹规划与抗扰控制一体化设计算法，构建不确定条件下异质集群协同的泛函优化数学理论。开展面向强不确定性、弱通讯条件下高动态飞行器异质集群博弈决策控制的仿真/半实物验证。

考核指标：建立拓扑-状态强耦合下异质集群自组织涌现的严格数学理论；构建基于被动感知的目标定位与意图识别创新理论算法体系，在通信中断的极端场景中，理论证明和仿真验证在

相同被动感知条件下，己方的定位和意图识别精度达到对方对己方精度的 5 倍以上；针对集群分布式协同决策提出可理论保证全局指标最优的决策方法，并对集群对抗提出可保证博弈理论最优的决策方法；提出异质集群资源调度与任务分配的混合整数优化算法，提出算法达到与最优值相对误差 0.01% 以内，较现有主流算法/软件包（Gurobi 等）计算时间缩短 20% 以上；针对高动态飞行器异质集群，形成具有可解释性的异质集群轨迹规划与抗扰控制一体化设计算法，完成地面品质模拟飞行实验验证，在飞行器力/力矩关键参数偏差不小于 20% 的条件下，所提出算法较主流算法（平均机制算法等）收敛精度提升 20% 以上。

关键词：集群协同感知，强化学习与逆强化学习，多智能体系统涌现与感知，分布式优化，整数优化，飞行器集群博弈决策控制。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

3.3 智能制造复杂系统全流程中的优化理论与智能算法

研究内容：揭示生产-监控-测试全流程中的人-机-物交互行为规律，研究智能制造复杂系统中的优化理论与智能算法。研究分层多集群资源与多尺度任务的组合调度算法，建立基于超图均衡划分的流程模块化耦合与演化优化的数学理论；发展大模型辅助的多模态时空数据挖掘技术，建立生产质量在线预测预警机制与生产参数因果推断集成模型，构建多参与者动态场景交互理解的博弈框架。在新能源汽车智能制造全流程中开展示范验证。

考核指标：在千级智能单元的车身制造系统中，给出多种类连接工艺（ ≥ 15 种）任务划分与协同分配的超图结构刻画，组合

算法实现准确任务调度自动化率 $\geq 95\%$ ，减少生产资源消耗 30%。依据智能传感网络，构建高精度(误差 $\leq \pm 0.5\%$)、低延迟($\leq 100\text{ms}$)且覆盖典型误差类型(≥ 20 种)的质量在线监控机制，质量预测预警准确率 $\geq 90\%$ 。提出基于博弈论的反馈链路智驾优化方法，覆盖 200 种以上多参与者动态场景，可覆盖极端复杂场景且整体性能弱化 $\leq 5\%$ ，多目标时空关联准确率 $\geq 95\%$ 。

关键词：组合调度算法，超图均衡划分，因果推断，前后端信息融合优化方法，智能制造复杂系统。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

任务 4. 计算机数学理论与算法

4.1 抗量子密码算法的设计机理与应用研究

研究内容：针对当前经典密码体制向后量子密码体制迁移的急迫需求，研究抗量子密码算法设计机理的数学理论与应用。抗量子对称密码方面，研究大规模密码置换的性质与构造，设计大规模分组密码及高安全等级杂凑函数；研究大规模分组密码算法安全性分析的数学模型，差分分析、线性分析和中间相遇攻击等经典密码分析方法的量子加速。抗量子公钥密码方面，研究低维格编码和高维代数格密码的融合机制和优化设计技术，设计高效紧凑的格基公钥密码；研究同源认证协议和签名的转化机制和可证安全技术，设计高效紧凑的同源签名方案，优化高维同源的计算方法，加速 SQIsign 系列签名方案。所设计的抗量子密码算法在重要场景进行验证和应用。

考核指标：设计密码学性质和电路逻辑门个数平衡的大规模 S 盒：对于 32 比特，差分均匀度不超过 2^6 、线性度不超过 2^{20} 、

电路逻辑门个数不超过 1200；设计抗原像及第二原像攻击强度达 1024 比特的杂凑函数；给出至少 2 种针对大规模分组密码的新型分析方法，至少对 1 种实现量子加速。抗量子公钥密码算法提供经典 128、192、256、384、512 比特量子安全参数；提出无损封装密钥长度的格编码纠错机制，封装算法在不降低安全性与准确性的前提下相比 NIST 的 ML-KEM 密文尺寸减少不低于 15%；突破传统基于密钥封装认证密钥协商协议需要运行 3 次密钥封装的瓶颈，只需 2 次密钥封装且支持身份隐私保护；格基数字签名算法，在不降低安全性前提下相比 NIST 的 ML-DSA 性能提升不低于 15%；在相同安全级别下，同源签名密钥生成时间和签名时间较现有 SQIsign 中的高维同源算法各降低 50%，验证时间降低 10%，消息和承诺分别杂凑以支持应用灵活性。给出重要应用场景（例如新一代卫星互联网）的抗量子迁移设计方案并构建试验验证系统。

关键词：计算机数学，大规模密码置换，格密码，密钥封装，同源密码，高维同源图。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

4.2 安全可靠数据流通的数学理论与算法

研究内容：研究数据可靠通信和安全计算的数学理论与高效算法，并应用于可靠新型通信存储介质、安全医疗数据处理。在可靠通信方面，研究低时延、低能耗、高可靠性的编解码理论，构造复合域上复杂度最优的编解码算法、乘积码和迭代译码算法及软硬件实现方案。在安全计算方面，研究注意力机制下大模型密态推理的数学理论与高效算法，智能互联网中的可证明安全与

可验证计算，隐私信息检索方法。在安全性数学理论方面，研究格计算困难问题的经典和量子归约，特殊代数结构格上计算困难问题的经典和量子求解算法，NP 完全问题量子黑盒模型下的量子安全性理论。

考核指标：构建复合域纠错码，在原始比特误码率 RBER 为 10^{-2} 的极致前提下，做到纠错码效率 80% 以上，且将不可纠错码率 UBER 从当前的 10^{-14} 降低至 10^{-20} ，应用于新型通信存储介质。构建槽编码下复杂度与直接明文计算相当的密态矩阵乘积算法，可处理亿级参数大模型密态推理，较现有最优方案 NEXUS 或 BOLT 提速 3 倍以上，较明文推理精度损失不超过 5%；构建基于整数环的可证明安全隐私保护签名新方案，效率优于现有最优方案 MPS 至少 1 个数量级；构建基于全同态加密的隐私信息检索新协议，在吞吐量、在线响应时间等关键指标上较现有最优方案 YPIR 提升 50% 以上。对近似格最短向量或格同构问题，提出比现有最好算法 PHS 或 Haviv-Regev 具有多项式加速的量子或经典算法。形成十万例医疗数据集支撑明文模型训练以及相应模型上的密态推理能力，在多家医疗单位进行验证。

关键词：计算机数学，编解码，密态推理，可证明安全，量子复杂度。

经费说明：国拨经费概算参考数约 1100 万元。

任务 5. 基础数学重大前沿问题研究（2025 年度从指南 5.1—5.7 中资助 5 项）

5.1 代数闭链及其应用

研究代数闭链的几何性质，深入研究法诺代数簇等重要代数

簇的周群，探索代数闭链在双有理几何的应用，特别是由代数闭链定义的不变量在 Lüroth 问题等重要问题上的应用和 Kato 同调猜想。研究代数闭链的模空间的几何与拓扑性质，并利用代数簇上有理 1-链，特别是极小有理 1-链的模空间来研究其几何性质，并将双有理几何应用到全纯辛奇点的构造与研究中。利用代数闭链的几何性质研究算术代数几何中的一些相关公开问题：经典的丢番图方程中的局部整体问题、伽罗瓦逆问题、代数簇上有理点和整点的 Manin 猜想等。

关键词：Lüroth 问题，Kato 同调，局部整体原理，Manin 猜想，极小有理曲线。

经费说明：国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.2 四维超共形场论的数学实现相关的表示论

研究四维超共形场论相关的顶点代数的表示，伴随流形；带有不规则奇点的 Hitchin 系统的量子化，相关的非阿贝尔 Hodge 理论；野型特征簇及其量子化；Stokes 现象；库伦分支的数学构造；双仿射 Hecke 代数的范畴化作用；发展仿射 Springer 理论；建立四维镜像对称中的 Koszul 对偶；探索与辛对偶的联系。

关键词：超共形场论，Hitchin 系统，库伦分支，仿射 Springer 理论。

经费说明：国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.3 低维流形的对称性和几何结构的研究

研究三维流形的拓扑不变量（如 Reidemeister 挠率、Seiberg-Witten 不变量、Heegaard Floer 同调）与 Thurston 几何化纲领的内在关联，探讨双曲结构、Seifert 纤维化结构等几何化分

类与基本群的表示论联系；研究曲面映射类群的代数结构特征和大范围几何性质，研究其与 Teichmüller 空间各类几何结构（包括 Weil-Petersson 度量和 Teichmüller 度量等）的相互关系，探讨曲面模空间几何和动力学特性；研究三维流形在四维配边中的嵌入特征，探讨配边理论与基本群结构的联系；研究几何群论中具有非正曲率离散群和度量空间的一般理论，探讨其在低维流形的几何和拓扑研究中的应用。

关键词：三维流形，映射类群，四维流形，几何群论。

经费说明：国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.4 完全非线性椭圆方程及其应用

围绕曲率变号的等距嵌入问题这一公开数学难题，研究完全非线性椭圆偏微分方程及其相关问题。研究内容包括：与 Monge-Ampere 方程相关的最优传输问题、自由边界问题、等距嵌入问题（比如退化 Weyl 问题）；Hessian 方程和曲率方程解的存在正则性以及相关等周不等式；Heisenberg 群和 Cauchy-Riemann 几何上的非线性次椭圆方程解的定性分析。

关键词：Monge-Ampere 方程，最优传输问题，自由边界问题，等距嵌入问题，Hessian 方程，非线性次椭圆方程。

经费说明：国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.5 动理学方程及相关的宏观模型

围绕玻尔兹曼方程重整化弱解的正则性和唯一性这一公开问题，研究条件正则解的整体适定性以及奇异解的内爆机制。研究内容包括：条件正则弱解的整体存在性、高阶正则性以及唯一性；重整化弱解的局部光滑性；在有界区域中，考虑物理边界条

件下直到边界的正则性以及相关的强边界层情形下流体动力学极限;玻尔兹曼方程解的内爆奇异性刻画以及与宏观模型相关奇异性的对应关系;玻尔兹曼方程剪切流问题的稳定性和正则性以及宏观模型剪切流问题的关联。

关键词:玻尔兹曼方程, 正则性, 流体动力学极限, 内爆机制, 剪切流, 稳定性。

经费说明:国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.6 无穷维动力系统的光滑遍历理论及其应用

通过系统地建立(随机)无穷维系统的光滑遍历理论,深入研究几类经典的(随机)偏微分方程解的稳定性和混沌现象。具体包括:研究(随机)无穷维系统 Sinai-Ruelle-Bowen 测度的存在性、可观测性、等价刻画及随机稳定性问题;研究随机偏微分方程的不变流形理论和叶层结构;研究波方程、薛定谔方程等经典哈密顿偏微分方程在随机扰动下的长时间动力学性质;研究二维随机 Navier-Stokes 方程、三维超粘 Navier-Stokes 方程等几类经典系统的混沌行为,聚焦其 Lyapunov 指数正性问题、Sinai-Ruelle-Bowen 测度的存在性、正则性以及熵公式是否成立等公开问题。

关键词: Lyapunov 指数, 不变流形, 不变叶层, Sinai-Ruelle-Bowen 测度, 熵公式, 长时间稳定性, 随机偏微分方程。

经费说明:国拨经费概算参考数约 500 万元。

5.7 有限几何, 计数几何和极值组合中若干前沿问题的研究

发展和完善组合数学中的代数, 几何与概率方法, 围绕

Kantor 猜想等前沿核心问题展开系统的研究。研究具有高度对称性如旗传递的广义多边形的分类问题；研究有限几何中重要子结构如卵形体, Cameron-Liebler 线类的构造和分类。研究旗簇中 Schubert 胞腔的陈类以及量子等变 K-理论的乘法结构，构建模型刻画上同调环的结构常数。构造伪随机图，改进非对角 Ramsey 数的下界，确定超立方体图的 Turán 数的渐进值。

关键词：广义多边形，卵形体，Schubert 簇，伪随机图，Ramsey 数。

经费说明：国拨经费概算参考数约 500 万元。

二、“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党的二十届三中全会精神和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“数学和应用研究”重点专项聚焦国家高质量发展亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的重大攻关需求，凝练形成 2025 年度“揭榜挂帅”榜单（任务 6），力争在解决制约技术发展的深层次数学问题方面取得突破。拟安排国拨经费不超过 1800 万元、企业匹配经费不低于 600 万元。

项目统一按指南二级标题（如 6.1）的指南方向申报。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。每个榜单任务拟支持项目数为 1 项。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 5 家。项目牵头申报单位应为高校或科研院所。项目牵头申报和参与单位无注册时间要求，项目与课题负责人无年龄、学历和职称要求。申报团队数量为 1 个时，仍按程序进行项目评审立项。需求提出方不得参与项目申报。

揭榜立项后，揭榜团队须签署“军令状”，对“里程碑”考核要

求、经费拨付方式、奖惩措施和成果归属等进行具体约定，并将榜单任务目标摆在突出位置，集中优势资源，全力开展限时攻关。项目与课题负责人在揭榜攻关期间，原则上不得变更依托单位。

项目实施过程中，将需求提出方的意见作为重要考量，通过实地勘察、仿真评测、应用环境检测等方式开展“里程碑”考核，并视考核情况分阶段拨付经费，实施不力的将及时叫停。

项目验收将通过现场验收、需求提出方和第三方测评等方式，在真实应用场景下开展，并充分发挥需求提出方作用。由于主观不努力等因素导致攻关失败的，将按照有关规定严肃追责，并依规纳入诚信记录。

任务 6. “揭榜挂帅” 榜单

6.1 面向智能制造的约束规划算法与软件

研究内容：研究复杂制造场景下的约束规划表征方法，实现大语言模型自动建模，研发覆盖全流程的智能排程工业软件，能够处理人力规划、设备调度、物料供应、批量交付等业务问题；探索数据驱动的约束规划算法，利用学习模型挖掘隐含信息，指导搜索方向、约束传播、子句生成或启发式规则，实现求解效率与优化质量的协同提升；研究不同生产模式及数据特征下的高效数据生成与增强技术，建立端到端的生成式学习算法，实现大规模问题分钟级排程。

考核指标：研发智能排程软件，能够处理区间变量的组立、合批、设备维护等复杂生产约束，建立约束规划智能建模系统，支持自然语言、公式和代码等 3 种以上形式输入，较结项同期 GPT 建模错误率降低 10%以上；实现 20 万条以上的数据增广，

通过自动化检验保证全部数据符合生产逻辑;有效求解大规模生产计划排程问题(工艺 ≤ 30 种、单工序设备 ≤ 30 台、生产约束 ≤ 5 类、任务单元 ≤ 10000 个),在相同精度指标下,较 CPLEX CP 性能提升 10 倍以上,算法故障率 $\leq 0.1\%$ 。

关键词: 制造业高级生产计划与排程,组合优化,约束规划,机器学习。

执行年限: 3 年。

经费说明: 国拨经费概算参考数约 900 万元,需求提出方匹配经费 300 万元。

6.2 促进新能源消纳的园区电力系统源网荷储一体化规划与运行优化的关键技术

研究内容: 研究高比例新能源电力系统源荷预测模型与算法;研究面向新能源消纳的源网荷储一体化灵活性规划和中长期生产计划的分布鲁棒优化模型及算法;研究计及新能源弃电率、运行成本、碳排放等目标的新能源系统源网荷储一体化运行的多目标非凸优化模型与自适应高效全局优化算法;研发面向新能源消纳的电力系统源网荷储一体化规划与运行软件,并应用于工业测例。

考核指标: 提出面向风能、光伏等电力出力及负荷预测模型与算法,实现源网荷储园区净负荷预测准确率达到 90%以上;提出源网荷储一体化灵活性规划和中长期生产计划的分布鲁棒优化模型及算法,将新能源渗透率 45%以上的园区电力系统投资及外购综合运营成本降低 5%以上;提出新能源系统源网荷储一体化运行的优化模型及算法,包含 4 种以上不同调度主体、3

类以上消纳选项的情况下，使新能源弃电率在 5%以内，绿电比重提升 15%以上。

关键词：新能源消纳，园区电力系统，源网荷储一体化，规划与运行优化。

执行年限：3 年。

经费说明：国拨经费概算参考数约 900 万元，需求提出方匹配经费 300 万元。

三、青年科学家项目

青年科学家项目（任务 7、8）支持青年科研人员针对数学重大前沿问题潜心研究，鼓励开展另辟蹊径的前沿探索。2025 年拟支持 10 项青年科学家项目，国拨经费总概算 3000 万元。

项目统一按指南二级标题（如 7.1）的指南方向申报。项目执行期一般为 5 年。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1990 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1987 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。正在承担国家自然科学基金青年科学基金项目（A 类、B 类）及同层次国家科技人才类计划项目的负责人不能作为项目负责人或参与人申请青年科学家项目。项目申报书的附件应提交承诺书（承诺项目负责人及参与人没有正在主持的上述国家科技人才类计划项目，并且签字，单位盖章）。

任务 7. 基础数学青年科学家项目

7.1 代数和数论、组合数学

7.2 几何和拓扑

7.3 分析、微分方程、概率论、动力系统

有关说明：本指南任务共支持 6 项青年科学家项目，每项国拨经费概算 300 万元。

任务 8. 应用数学青年科学家项目

8.1 统计学与人工智能数学基础

8.2 计算数学

8.3 优化与控制的数学方法

8.4 计算机数学理论与算法

有关说明：本指南任务共支持 4 项青年科学家项目，每项国拨经费概算 300 万元。

浙江大学 zhujinling

“数学和应用研究”重点专项 2025 年度项目申报指南

形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书内容与申报的指南方向相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报单位应具备的资格条件

(1) 申报本次重点专项的项目（课题）牵头单位和参与单位应为中国大陆境内注册的科研院所、高等学校和企业等（以下简称内地单位），或由内地与香港、内地与澳门协商确定的港澳特别行政区单位（以下简称港澳单位）。内地单位应具有独立法人资格，注册时间为 2024 年 6 月 30 日前。

(2) 牵头单位和参与单位应具有较强的科技研发能力和条件，运行管理规范。

(3) 中央和地方各级国家机关不得作为牵头单位或参与单位。

(4) 项目牵头申报单位和参与单位无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

3. 项目（课题）负责人和参与者应具备的资格条件

(1) 项目(课题)负责人应具有高级职称或博士学位,每年用于项目的工作时间不得少于6个月。

(2) 重点研究方向项目(课题)负责人应为60周岁以下(1965年1月1日以后出生)。

(3) 青年科学家项目负责人男性应为35周岁以下(1990年1月1日以后出生),女性应为38周岁以下(1987年1月1日以后出生)。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

(4) 港澳单位的项目(课题)负责人和参与者应遵守《中华人民共和国香港特别行政区基本法》《中华人民共和国澳门特别行政区基本法》和国家重点研发计划管理的相关规定,爱国爱港、爱国爱澳。

(5) 项目(课题)负责人应为该项目(课题)主体研究思路的提出者和实际主持研究的科研人员。

(6) 中央和地方各级国家机关的公务人员及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得牵头或参与申报项目(课题)。

(7) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家,原则上不得牵头或参与申报该重点专项项目(课题)。

(8) 项目(课题)负责人和参与者无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(9) 项目(课题)负责人和参与者满足限项申报要求。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

项目应整体申报,须覆盖相应指南方向的全部研究内容。

重点研究方向项目下设课题数原则上不超过4个,每个项目

所含单位数不超过5家。但申请“任务5.基础数学重大前沿问题研究”的项目课题数原则上不超过3个，参与单位数不超过3家。项目执行期一般为5年。项目设1名负责人，每个课题设1名负责人。

“揭榜挂帅”项目下设课题数不超过4个，每个项目参与单位总数不超过5家。项目牵头申报和参与单位无注册时间要求，项目与课题负责人无年龄、学历和职称要求。申报团队数量为1个时，仍按程序进行项目评审立项。项目设1名负责人，每个课题设1名负责人。需求提出方不得参与项目申报。

青年科学家项目执行期一般为5年。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。项目设1名负责人。

本专项形式审查责任人：朱庆平（联系电话：010-68104344）