附件 1

“十四五”国家重点研发计划“数学和应用研究”重点专项 2021 年度项目申报指南

（征求意见稿）

数学是自然科学的基础，也是重大技术创新发展的基础，已成为各个领域发展等不可或缺的重要支撑。“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。2021 年专项将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 5 个领域部署项目。

2021 年，本重点专项拟优先支持 13 个研究方向，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，围绕重大科学问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部内容。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 6 家。申请“基础数学重大前沿问题研究”所列研究方向的项目所含单位数不

超过 3 家。

青年科学家项目支持35周岁以下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。青年科学家项目主要支持基础数学研究、少量支持应用数学前沿研究，可参考重要支持领域（标*的方向）组织申报，但不受研究内容限制。青年科学家项目不设课题。

1. 数据科学与人工智能的数学基础*

1.1 油气管网安全运维的大数据分析与算法

针对油气管网运维和安全预警中出现的小样本、非平衡、高维、异构等数据特征，发展机理建模与机器学习相结合的大数据分析理论与方法。提出小样本学习的新型深度神经网络架构、学习方法与性能评估理论；突破超高维优化变分分析框架，设计有理论保证的高效随机优化算法。将理论与方法应用于复杂油气管网运维优化与安全预警，建立油气管道第三方入侵预警技术，支持不少于 3 种典型业务场景，准确率不低于 90%；构建图像特征识别深度学习架构，实现环焊缝缺陷识别准确率 75%以上、管道线路特征识别准确率 90%以上；提出机器学习与混合整数规划相融合的新算法，用于复杂管网运营优化，在 3 条以上典型天然气和成品油管道上现场应用验证。

1.2 可解释深度学习的微分几何与最优传输理论

针对深度学习缺乏理论可解释性的难题，建立可解释深度学习的微分几何和最优传输理论，并应用于解决多中心/多模态

医学影像分析问题。具体研究深度神经网络复杂映射机制的微分几何与最优传输理论解释;发展保结构的低维流形隐空间嵌入理论和最优传输理论，研究最优传输映射的高效计算理论与算法;建立最优传输奇异点理论，有效消除模式坍塌问题;研究基于保结构流形嵌入的可解释深度编解码网络,发展基于保结构最优传输理论的生成对抗、分布变换、模态转换几何深度学习模型与优化算法。应用所发展的可解释几何深度学习方法，解决多中心/多模态医学影像的跨模态影像转换、缺失模态影像生成和多中心影像数据分布对齐等问题,提升深度学习在医学辅助诊断应用中的跨模态/跨中心应用泛化能力。

1.3 支持机器学习自动化的元学习理论与应用

研究实现机器学习“自身模式之学习”的元学习范式,形成机器学习数据样本、模型算法、环境任务各层面自动化的元学习方法；建立基于贝叶斯与统计学习理论的元学习基础理论，实现数据自选择、标注自校正、模型自构建、算法自设计、环境自适应、任务自转换的元学习基础算法，降低机器学习超参调整率50%以上，在典型分类、检测和分割任务上算法性能达到国际最佳水平；在大规模教学监控网络数据分析中，支持10种以上不同教学场景下的教室人群计数、听课状态检测和交互行为识别任务，实现教室人群自动计数错误率低于1%，有效识别4种以上典型听课状态与5种以上交互行为，识别错误率低于5%；研发系统能够支持24小时全天候教学系统实时多监控任务分析，在超过

10 个省市 200 所以上大、中、小学实现规模化应用。

2. 科学与工程计算方法*

2.1 基于流体动力学与数据融合的典型心脑疾病计算模拟和临床验证

研究典型心脑疾病的机理与数据融合的数学模型及模拟。发展基于医学影像数据的血管重建算法,建立高保真多尺度血流动力学模型及边界条件,构造高精度流固耦合问题计算方法与可扩展并行算法, 初步研制完成相应软件平台, 建立相关疾病的预警指标体系及辅助个性化诊疗系统;研究脑组织微循环的多场耦合的热力学相容可计算模型与数值方法,发展融合脑部影像和电生理数据的数据同化算法, 建立模型的最优控制及治疗策略, 研制一套相应脑功能障碍疾病辅助诊疗方案；完成 10 例以上真实病例的计算，对临床关心的指标，如血流储备分数(FFR)的计算结果与测量数据之间的误差控制在 10%之内。

3. 复杂系统的分析、优化、博弈与调控*

3.1 智慧城市交通系统若干关键技术的数学理论与算法

研究复杂交通流运行机理、多方式动态出行行为规律，构建智慧城市交通顶层设计和日常运行管理中的数学理论和模型，突破数据应用瓶颈。建立复杂路况的线路优化设计和大规模动态路径规划实时高效算法，动态、异构、多源数据的融合分析、在路网上的路径协同优化方法以及多源信息组合导航增强技术的数学方法，智慧信号灯的智能感知及运行控制优化模型与算法、

新型智慧城市交通混合出行需求预测方法、重大突发事件下城市交通流传播计算模型与运行状态仿真算法、关键系统运行的可靠性分析与监测;搭建面向大中城市的不少于5种典型交通场景的智慧城市交通运行算法及示范应用平台，并进行典型城市应用。

3.2 复杂感知系统博弈演化理论及应用

揭示复杂感知系统的环境认知方法与自组织博弈决策机理，建立信息驱动的感知系统自组织博弈决策理论，构建多节点协同的环境时空认知模型和信息流动模型、感知节点之间信息关系的定量描述方法,设计系统的博弈演化学习算法并分析算法的收敛性与稳定性；面向典型应用场景构建仿真平台，实现干扰与杂波等多类环境信息下的自适应协同感知,仿真平台中感知节点个数不少于20个，平台协同感知决策时间低于1秒，环境协同认知准确率不低于90%。

4. 计算机数学理论与算法*

4.1 信息和通信技术（ICT）若干关键问题的数学理论和算法

构建多域协同的动态网络信息理论的数学模型，设计面向多目标的计算、感知与通信的多域自适应协同机理，谱效、能效和时延等综合性能指标得到实质性提升。给出超大规模MIMO系统建模与性能分析框架，实现系统的高精度定量刻画与预测，传输速率提升1倍以上。给出LDPC码的设计中的置信传播译码的可靠性预测和分析，建立准确预测Polar码的列表译码算法

行为的数学模型，提高码吞吐量，降低时延；初步建立代数几何码的高效硬判决译码器和软信息译码器的数学原理。给出语义信息的数学表征以及最优语义编解码的架构和算法;面向语义的信息传输速率得到提升；初步建立语义编码的数学理论基础。

4.2 区块链系统的关键密码理论及系统设计

发展区块链系统中用户身份和交易信息的隐私保护方法，既能保证信息的安全性又满足监管要求；设计基于国密算法、可容忍区块链系统中私钥连续泄漏的数字签名方案,以及对应的多方协同签名协议，与通用安全多方计算协议相比计算效率提升 3 倍以上，通信负载降低 10 倍以上；开展不可区分混淆和函数加密的基础理论研究;设计并验证基于国密算法的高延展性的共识机制，延迟小于 100ms，性能不低于 30,000 TPS，共识节点可延展到 100 个以上；设计实现基于密码技术(包括但不限于可验证随机函数)的随机选举机制，选举验证时间小于 5ms；研究适用于高数据量、多参与方应用的区块链新型架构和工作模式；研究基于国密算法的兼顾机密性、可用性、完整性的分布式系统设计。

5. 基础数学重大前沿问题*

5.1 Riemann 假设与素数分布

围绕与Riemann假设与素数分布相关的前沿问题开展研究。研究 Landau-Siegel 零点，建立它与素数分布的核心问题的内蕴联系，如哥德巴赫猜想、Hardy-Littlewood 猜想等；研究高阶 L 函数的均值及中心线上的零点分布；探索高阶 L 函数对应的

Riemann 假设及其在高维素数分布问题中的类比；深化有限域上的 Riemann 假设，发展代数迹函数的解析理论，并用于素数分布中孪生素数猜想、Hardy-Littlewood 猜想等著名问题的研究。

5.2 多复变超越方法及其在复几何的应用

针对多复变与复代数几何交叉领域、Teichmüller 空间理论和双曲复几何等重要问题展开深入研究。研究具有特殊性质的全纯函数和全纯截面的存在性与构造；研究最优 L^2 延拓问题及其在多复变与复几何中的应用；研究乘子理想层的新性质及其在代数几何中的应用。研究 Teichmüller 空间是否能双全纯等价于复欧氏空间中的某点局部凸的有界全纯域,研究其边界的局部光滑性。研究双曲复流形是否是 Kähler 的、射影代数的；研究双曲复流形刻画猜想。

5.3 不可压缩流体力学方程组的数学理论

研究三维不可压缩 Navier-Stokes 方程具有有限能量光滑初值整体光滑解的存在性问题；寻找更多的初值函数类使得该方程存在唯一整体解；研究该方程在可能奇点附近的爆破行为；研究轴对称情形不可压 Navier-Stokes 方程的刘维尔型定理，爆破方程解的渐近分析等；利用渐近分析方法研究不可压 Navier-Stokes 方程及相关流体力学方程解的粘性消失极限和 Prandtl 边界层的数学理论；研究玻尔兹曼方程的希尔伯特展开，从数学上严格证明玻尔兹曼方程的流体力学极限。

5.4 低维动力系统的拓扑和统计性质

围绕有关低维动力系统的重要前沿问题开展研究。研究复动力系统的结构稳定性的Fatou猜想、多峰区间映射的通有性质的Palis猜想等；研究一维复动力系统的Lyapunov指数，及其与Fatou猜想的关系；研究多峰区间映射的Feigenbaum、Lyubich-Milnor重整化算子的双曲性，及其与Palis猜想之间的关系；研究具有非解析型临界点的区间映射族的横截性质，以及Milnor-Thurston的熵单调性问题；研究多项式斜积映射的游荡域问题；研究圆周扩张映射的斜积型线性扩充的拓扑和统计性质。

5.5 统计物理中的概率模型及分析

围绕统计物理中的概率模型及相关问题开展研究。发展奇异随机偏微分方程的适定性与遍历性理论,包括随机量子化方程及其在Phi4场、规范场论中的应用；研究微观超临界随机微分方程及与宏观流体力学方程之间的联系;研究局部及非局部随机动理学方程的正则化效应；研究KPZ普适性以及KPZ不动点的分析刻画；发展关于多体系统平均场极限问题的方法；研究分枝随机游动和平均场模型中的极值行为;研究针对广义随机能量模型相变问题。