

2024 年度国家自然科学基金指南引导类原创探索计划项目

“跨圈层多尺度的人工智能数据同化前沿理论和原创方法” 申请指南

为贯彻落实党中央、国务院关于加强基础研究的重要战略部署，推动学科交叉，应对研究范式变革，有力推进科技自立自强，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）地球科学部拟资助“跨圈层多尺度的人工智能数据同化前沿理论和原创方法”原创探索计划项目（以下简称原创项目）。

一、总体科学目标

人工智能的发展为地球复杂系统演化的模拟、观测、决策带来了新的机遇，但依然面临可解释性差、泛化能力不足的严峻挑战。本专项旨在将人工智能新进展与地球系统科学传统方法论如数据同化、数值模拟等紧密结合，实现地球系统科学理论与方法的源头创新，激发复杂系统基础理论的探索与突破，引发地球系统科学各个分支学科的链式反应。

二、核心科学问题

地球系统科学中的跨圈层、多尺度数据同化，涉及复杂的时空动力学过程对自然-社会二元多模态观测的融合，面临重大挑战。本项目聚焦人工智能与数据同化共生集成的源头创新，通过以下两个关键科学问题进行深入探讨：

（一）跨圈层多尺度数据融合与同化

如何在高维复杂的时空结构中，智能地实现多圈层、多尺度及

自然-社会双元数据的融合与同化？

(二) 理论-数据双驱的动力学建模与状态估计

在动力学过程未知或不完全清晰的情况下，如何运用人工智能技术实现系统动力方程与状态的联合估计？

三、资助方向和研究内容

(一) 跨圈层数据融合与同化的多尺度理论与方法

围绕地球系统科学中动力过程与数据的高维、多尺度及复杂时空依赖难题，探索人工智能支持的跨圈层、多尺度系统演化建模与观测数据同化的理论与方法；研究重整化群理论在多尺度问题中的应用，发展适用于地球系统科学及其分支学科的普适性多尺度数据融合与同化方法。

(二) 理论-数据双驱动的端到端数据同化技术研究

针对地球复杂系统中动力学过程不明或完全未知的难题，发展能够同时估计系统动力方程与状态的人工智能方法；重点探索基于图神经网络、扩散模型及神经随机微分方程的自动生成与优化技术，以增强数据同化方法的泛化能力和鲁棒性。

(三) 地球系统科学多模态数据智能分析与决策研究

面向地球系统科学中自然-社会建模与数据同化难以有效利用多模态数据（如自然语言、图像、视频等）的挑战，探索生成式人工智能与强化学习结合地球系统模式及数据同化的理论与方法；推动将多模态数据融合至自然-社会动力学的的数据同化方法的创新。

(四) 时空信息延迟嵌入的动力学数据刻画方案

针对从时序实验数据中重建动力系统状态空间模型的难题，探

索新的延迟时间与嵌入维数相空间重构方法，研发普适性的高维时空数据延迟重构技术；结合延迟嵌入和非线性动力学分析，进一步发展具备感知性与可解释性的时空延迟动力系统建模与数据同化的方案。

(五) 跨圈层多尺度人工智能基准数据集构建方法

针对跨圈层多尺度人工智能基准数据集构建的理论与方法挑战，研究多特征数据融合理论与智能标注技术，发展新型多尺度数据表征与分析方法，设计适用于人工智能算法的跨圈层、多尺度数据质量评估理论和方法，实现跨圈层 AI-ready 数据集构建方法的创新发展。

四、资助计划

直接费用总额度约 2000 万元。为鼓励学科交叉，采取项目对（又称“双 PI”）的资助模式，计划资助 8 对（16 项）左右。资助强度约 200-300 万元/项目对（100-150 万/项），资助期限为 3 年。

五、申请要求

(一) 申请资格

具有承担基础研究项目（课题）或其他基础研究经历的科学技术人员均可提出申请。

(二) 申请要求

每对项目必须由两位申请人联合申请（依托单位可以相同或不同），其中的一位申请人须具有地球科学领域背景，另一位申

申请人须具有数学或其他相关领域背景。联合申请双方需围绕同一个研究目标，分别撰写预申请以及正式申请的项目申请书。**需特别提醒的是，每对项目须同时通过预申请和正式申请评审后，才能予以立项资助；获得资助后成对管理、成对验收。**

(三) 限项申请规定

1. 申请人同年只能申请 1 项原创项目（含预申请）。
2. 原创项目从预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《2024 年度国家自然科学基金项目指南》中对申请数量的限制。

(四) 撰写要求

1. 申请人应根据本指南名称以及主要资助方向自行拟定项目名称、科学目标，组织研究内容、技术路线，凝练关键科学问题等，并撰写和提交预申请以及正式申请的项目申请书。
2. 每对项目的两位申请人在分别撰写和提交预申请以及正式申请的项目申请书时，应在各自的项目名称后分别标注“（主申请）”或“（联合申请）”。在标注有“联合申请”的预申请以及正式申请的项目申请书正文开始部分，必须注明“主申请”的项目名称。

3. 申请书研究期限应填写为“2025年1月1日 - 2027年12月31日”。

六、申请程序

(一) 预申请

1. 预申请提交时间为2024年11月1日 - 11月4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.nsf.gov.cn> 撰写预申请。没有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“跨圈层多尺度的人工智能数据同化前沿理论和原创方法”。鼓励选择两个申请代码，其中，申请代码1须选择地球科学部D下属申请代码，申请代码2根据项目研究所涉及的领域自行选择数学物理学部或其他科学部相应学科申请代码。以上选择不准确或未选择的项目申请不予资助。

3. 每对项目的主申请和联合申请均需提交各自的预申请，其中主申请须按系统要求的提纲填写；联合申请只需说明采取双PI模式开展研究的必要性（不必考虑系统固化的撰写提纲），字数控制在800字以内。另外，申请人还须在“与指南所列研究方向的吻合性”中注明申请针对的本指南所列资助方向的名称。申

托单位应在项目接收工作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；在截止日期后 24 小时内在线提交本单位申请项目清单。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。

7. 自然科学基金委项目材料接收工作组负责接收申请材料，如材料不完整，将不予接收。材料接收工作组联系方式如下：北京市海淀区双清路 83 号国家自然科学基金委员会项目材料接收工作组（行政楼 101 房间）；联系电话 010-62328591。

七、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

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。

（三）其他

1. 原创项目申请与资助不设复审环节。
2. 本原创项目参照重点项目的管理模式。同时，获资助项目团队将轮流主办年度交流会，所有项目负责人必须参加交流活动，并认真开展学术交流。

3. 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

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. 其他问题请咨询国家自然科学基金委员会地球科学部综合与战略规划处，电话：010-62327157。