

# 科技创新 2030—“新一代人工智能”重大项目

## 2022 年度项目申报指南建议

### (征求意见稿)

## 1、新一代人工智能基础理论

### 1.1 新一代人工智能前沿交叉研究

研究内容：围绕人工智能场景赋能或学科交叉等人工智能发展问题，开展面向更为通用的人工智能基础理论、算法模型、后摩尔时代智能计算芯片和体系架构等研究，突破可泛化、可协同、可进化和安全可信等新一代人工智能发展瓶颈。

申报要求：鼓励不同学科背景学科交叉合作，申请书选择指南研究内容中部分相关内容开展研究即可；研究成果和考核指标要有形且具体，申请书要详细描述研究内容的现有技术指标及对比分析。

### 1.2 面向智慧教育的可解释学习认知理论与方法

研究内容：研究影响学习的关键认知与情感因素及相互作用机理与动态变化过程，构建可解释的学习者认知与情感模型；研究基于文本、音视频、行为及生理信号等多模态学习活动时序数据的智能分析、因果推断、具身及情境认知反演方法，探索数据驱动和内嵌跨尺度认知与情感规律相结合的表征模型架构和训练优化方法；研究基于学习者认知与情

感模型的规律挖掘方法与工具体系，为挖掘不同典型场景下的学习者认知与情感规律提供支撑；研究虚拟现实/增强现实环境下个性化可交互的学习场景构建，探索物理-社会-信息三元空间典型场景中的知识与技能生成规律，形成一套可指导、能操作的学习者认知规律和技能发展体系；以中小学及职业教育阶段的学习者为对象就典型问题开展验证性研究。

考核指标：形成一套构建可解释性学习者认知与情感计算模型的方法体系，实现基于认知模型和情感计算模型的学习成效评估与预测，评估与预测准确率均达到 85%以上；构建一套认知规律挖掘方法体系，形成一套学习者认知规律和技能发展的认知建模工具；针对物理-社会-信息三元空间的知识生成和技能培养典型场景，包括但不限于传统课堂学习、跨时空混合式学习、虚实融合的交互式学习、人机协同的协作式学习、跨学科项目式学习等，选取至少 3 种典型问题进行为期至少一年的迭代验证；发布相关实证研究报告，并形成可开放共享的标准数据集。

## 2、“人工智能与科学深度结合”专题计划

### 2.1 重大科学问题研究的 AI 范式

研究内容：面向生物、医药、材料、地学、化学、空间等科学研究领域，通过融合人工智能模型算法和领域数据知识，实现重大科学问题和发现的研究突破。所涉及领域和研究包括但不限于：

(1) 地球科学领域：地质灾害小概率事件预测、中小尺度极端天气及时预报、资源成矿机理发现和可持续利用、气候变化与碳中和等；

(2) 空间科学和海洋科学领域：极端自然条件下的自主化无人科学监测和在线智能计算等；

(3) 化学和材料科学领域：高效、快速地完成有机化合物分子的合成设计和筛选；快速、精准地实现新材料的设计和筛选等；

(4) 生物医药和临床医学领域：预测生物分子的三维结构和生化性质、生化药物的设计与验证、泛癌症的关键致病基因识别等。

申请要求：申请书选择相关领域开展研究，由申请团队自行提出具体的研究问题、研究内容、研究方案和考核指标。研究问题须为本领域重大科学问题或具有重大科学发现潜力，一旦突破具有重大影响，且具备通过智算结合进行突破的可行性。申请团队具有相关领域和研究问题的交叉科学研究背景，要求由科学领域科学家牵头。

## 2.2 人工智能科学计算共性平台

研究内容：基于国产人工智能基础软硬件，构建满足分子动力学、流体力学、生物计算等学科科研需求，服务多学科交叉融合的人工智能科学计算共性平台。开发高阶和分数阶微分和积分等各类算子，实现跨尺度的模型构建和数理方程的快速智能求解；研究适用于科学计算的深度学习框架不同执行模式转换技术和高效的运行实现技术，建立基于人工

智能的科学计算平台的基准测试方法和指标体系；研究化学、材料等多学科的相关微观科学计算和分子动力学模拟仿真，研究如 Navier-Stokes 方程、Maxwell 方程组等基础学科的边界摄动估计和近似计算，研究如基因网络、社交网络等跨尺度复杂系统的理论分析框架和智能计算模式。研究不同自然科学领域科学计算的通用范式和共性特征，研制平台支持模块化、可扩展、全流程的模型算子开发和应用套件运行。

考核指标：完成集多尺度建模、科学算法、机器学习，以及专业化软件为一体的智能化跨尺度科学计算基础设施，构建基于国产人工智能芯片和深度学习框架的人工智能科学计算平台，支持国产 CPU 和人工智能芯片，建立完善高效的科学计算平台软件支撑环境；实现包括密度泛函计算软件、多尺度分子动力学模拟软件、计算流体力学软件、材料结构预测软件、化学反应设计和高效模拟软件、自动化相图求解软件等标准工作流软件，同等算力下计算 Navier-Stokes 方程、分子模拟、多相流方程等的数值解较传统数值方法效率明显提升，支持多个基础科学的计算库和相关 AI 科学计算模型；支持多个场景的千万量级动态社会网络结构与传播数据重构、大规模人类基因网络重建与分析，支持在生物、社会等领域的典型计算和仿真；支持抗流行干扰的自适应数据合成、减少科学任务求解的监督数据需求 20% 以上，支持跨领域、跨模态的图谱融合，知识融合准确率提升 5% 以上；构建支撑不少于 100 万用户的科学任务求解的群智社区，汇

聚科学数据资源总量不少于 100 万，服务于不少于 10 个以上领域、不少于 50 类、100 项科学任务智能求解。

### 3、新一代人工智能关键技术

#### 3.1 面向人机协同任务的情景认知与效能优化

研究内容：针对复杂人机协同任务所面临的情境认知与效能优化问题，研究多模态信息融合的协同情境认知与推演方法。研究元数据驱动与因果分析相结合的情境认知推理方法，构建人机协同的情境演化评估方法，实现人机协同任务的目标态势预测；研究融合跨域感知与心智理论的意图模型，实现人机协同任务的意图预测；研究多模态交互通道与多通道交互界面模型，实现自然高效的智能交互，降低用户认知负荷；构建人机协同的虚实融合仿真环境，研究自然可信的人机协同策略生成方法，实现动态、开放环境中人机协同增强智能；在智能座舱、自动驾驶等典型人机协同任务进行应用验证。

考核指标：形成人机协同增强智能共性关键技术体系，建立人机协同的一致性、可信性和准确性的评估指标体系和包含百万规模元数据的评估基准库。复杂场景态势预测准确率大于 80%，意图推理准确率大于 70%，交互通道不少于 5 个，多模态融合正确率大于 90%，融合时间小于 500 毫秒，交互过程认知负荷降低不低于 10%，在 2 个以上人机协同任务中应用验证。

#### 3.2 面向神经系统疾病预警的智能人机交互关键技术

研究内容：面向神经系统疾病早期预警，研究多模态非干扰的智能人机交互技术，建立神经系统疾病预警智能人机交互技术工具箱，涵盖笔式、抓握、姿态、眼动、肌电等主流交互通道，研制轻量、低功耗的柔性传感器材料，实现视听觉、触觉、心理状况、行为动作等信息采集，支持居家、移动、医院等多种环境下的神经系统疾病早期预警；研究针对运动、认知、睡眠及其他生理信息监测的多模态数据分析方法，建立核心神经功能的标准化、定量化描述体系和评价方法，建立跨文化地域、跨知识结构的神经功能与行为学评价技术规范；挖掘和提取我国神经系统疾病的行为学特征与规律，研究云端融合的异常行为捕捉方法、疾病早期预警模型和计算机辅助的行为干预治疗技术；建立高信度、效度的多模态神经功能定量数据集，构建面向临床和日常场景的神经系统疾病系统化、定量化、标准化的预警与诊断平台。

考核指标：确定不少于 5 项可用于早期预警和早期诊断的行为学特征，开发至少 3 类神经功能、生理和心理信息采集装置或部件，部分装置或部件采用柔性材料，触觉应力阈值 $<20\text{kPa}$ ；神经系统疾病预警智能人机交互技术工具箱涵盖笔式、抓握、姿态、眼动、肌电等 5 种及以上主流交互通道，基于柔性材料的手部抓握感应点 $>500$  个，支持走、站、坐 3 种及以上姿态，眼动追踪偏移角度 $<2^\circ$ 、可跟踪性大于 $>98\%$ ，肌电信号感知精度 $<1\mu\text{V}$ ，支持交互动作 $>10$  种，动作识别准确率 $>95\%$ ；建立常见神经系统疾病预警行为学判读体系，构建不少于 2 种适合我国国情并能准确预测和筛选神经退行性

疾病高危人群的发病风险预警模型，构建不少于 3000 人的神经功能定量数据集，涵盖笔式、抓握、姿态、眼动、肌电等不少于 5 种通道；研发不少于 2 套用于临床的人工智能神经系统疾病辅助诊断产品，构建不少于 1 套符合中国人群特点的预警与诊断平台并开展临床验证与示范应用。

### 3.3 人工智能基础模型关键技术研究

研究内容：面向更高智能、更具可解释性、更加高效的超大规模人工智能基础模型，开展（但不限于）以下关键技术研究：新型模型架构、训练和学习方法；多模态数据融合下自监督和弱监督表示学习技术，从数据增强、结构增强和模型增强等层面提升训练效果；通用的跨语言、跨模态的基础模型技术，增强自监督模型的灵活性和表达能力；知识表征及认知架构，实现具有宽认知能力的基础模型；基于认知架构的基础模型可解释性，大幅提高基础模型可信性；与模型结构和学习方法相结合软硬件适配技术，大幅降低算力资源消耗；模型压缩等加速增效技术，支持大型模型更好地适配多种场景任务。

考核指标：构建多模态数据处理的自监督学习开源工具 1 套，显著提升人工智能模型的通用性和鲁棒性，显著提升模型的跨域迁移能力；构建模型压缩加速工具 1 套，压缩得到的小模型能够在同等算力规模条件下性能最优；在基于国产芯片的 AI 集群上支撑 1K 及以上规模结点的高效模型和数据混合并行训练；支撑千亿级以上参数规模的深度模型训

练，训练效率提升 2 个数量级以上；预训练多模态模型在业界公认基准评测数据集上达到国际领先效果。

## 4、新一代人工智能基础软硬件支撑体系

### 4.1 高能效模拟计算 AI 芯片

研究内容：建立基于模拟计算非精确特性的高容错智能算法学习理论、方法和工具；研究基于不同计算范式的模拟计算实现方式，包含电流、电压、时间和电荷等计算范式，研究模拟计算的高密度低功耗实现技术，提升模拟计算能效；针对主流智能算法核心算子构建可编程的模拟电路结构，实现通用模拟计算；基于模拟计算电路，构建可重构多精度计算架构，支持多类型智能算法推理；设计具有高能量效率、高模型精度、高面积效率以及高可靠性的模拟计算 AI 芯片样片。

考核指标：建立针对模拟计算中非精确计算的智能算法学习方法与模型训练技术，适用于主流神经网络模型的训练，包括 ResNet、Mobile-Net、Transformer 等，形成具有自主知识产权的非精确计算网络训练框架；研制适配多算子的模拟计算芯片样片，支持张量卷积、矩阵乘法、注意力运算等；8 比特计算密度大于  $5\text{TOPS}/\text{mm}^2$ ，8 比特计算能效大于  $35\text{TOPS}/\text{W}$ ；单比特计算密度大于  $40\text{TOPS}/\text{mm}^2$ ，单比特计算能效大于  $200\text{TOPS}/\text{W}$ ；相比于数字域计算，网络精度下降小于 2%。

### 4.2 自组织自演化 AI 芯片及应用

**研究内容：**研究器件-架构-电路协同的自组织自演化 AI 芯片，突破新原理新结构器件计算机理与异质集成技术，研究基于新型纳米器件的自组织芯片架构与自演化电路设计方法等关键技术，支持软件定义芯片、支持动态自组织和动态自演化；研究复杂场景动态建模方法与非平稳环境下多样化、小样本、长周期数据的持续在线学习方法；研制芯片样片，开发芯片配套的编译器、驱动软件、开发环境等支持工具，完成典型复杂场景下的样机研制与应用验证。

**考核指标：**研制低功耗、自组织和自演化智能芯片样片，支持数字逻辑和存内计算两种范式，存储与计算能力可配置，其非易失存储器件阵列规模不小于 100Mb，写入及读取时间不高于 2ns，写入寿命不低于  $1\times10^{12}$  次，单阵列计算能效达到 100TOPS/W；支持软件定义、动态自组织与动态自演化、支持异构多核扩展。研制面向典型智能场景的系统样机，在复杂环境下支持多种典型智能任务，完成应用验证。

### 4.3 大小模型端云协同进化与系统

**研究内容：**研究大小模型端云协同进化模型方法与协同机制，实现云上大模型全局知识向端上小模型有效降维迁移和大规模端上小模型学习所得新知识向大模型升维融合；突破异构终端轻量化模型弹性构建、端侧模型个性化增强学习、端云协同模型训练框架设计和分布式多擎计算等难点问题；构建完善的大小模型端云协同进化技术体系，形成包含端云一致高性能模型运行容器、低时延端云模型迁移通道和端云协同进化部署的研发工具链。

考核指标：支持万亿级以上参数大模型压缩，模型推断准确度损失小于 1%，模型规模削减 90%以上；相比云侧单模型学习方法，端侧复杂推断任务准确率提升 5%以上；模型训练收敛速率达到线性，增量传输数据量小于模型规模的 1/1000，模型参数更新平均传输耗时不高于 500 ms；系统可支撑百万 GPU/xPU 核的弹性加速调度和千万台端设备接入；在三个典型场景应用进行验证。

## 5、新一代人工智能创新应用

### 5.1 钢铁智能制造过程中数据认知与生产决策

研究内容：研究高温熔融金属容器反应动态演变机理，建立描述复杂反应过程的数字孪生模型，为数据认知与生产决策提供理论模型与工艺指导；构建高温熔融金属容器反应工况模式认知模型，研究基于多传感器时空信息推理与数据挖掘的工况模式挖掘方法，实现工况对象快速精准的模式认知；研发钢铁工业生产过程基于工况模式认知的动态决策技术，建立机理模型、时空数据及知识图谱协调驱动的多目标决策模型与智能核心算法，实现反应过程的动态决策；研究钢铁工业生产数据持续学习方法，研究钢铁工业知识数字化技术，构建认知知识图谱，实现工业知识的持续积累与学习；研制钢铁工业智能制造应用示范技术，开发智能协同模式挖掘与认知、冶炼过程多目标优化及时空动态决策等算法和技术，并应用于转炉、电炉、氢气竖炉等典型钢铁生产场景。

考核指标：建立钢铁智能制造中数据模式认知典型方法，典型工况模式对象构建不少于 100 种，模式挖掘准确率

不低于 95%，模式关联关系判断准确率不低于 90%；建立钢铁智能制造中生产动态决策应用技术，实现高温熔融金属容器复杂反应过程的时空动态决策，在现有主流模型的基础上钢产品稳定性提高 20%（典型钢种碳命中误差范围为  $\pm 0.009$ ），精度提高 15%（典型钢种碳命中率不低于 95%）；针对上述工业模型，在转炉（300 吨及以上）、电炉（120 吨及以上）、氢气竖炉等典型钢铁工业生产制造领域开展不少于 3 个实际场景应用，形成具有自主知识产权的先进软件应用平台。

## 5.2 全域多场景智能化码头关键技术与应用示范

研究内容：研究面向全域多场景的数据驱动运筹优化技术，构建多设备多阶段的自动化集装箱码头智能集成资源配置优化模型和智能算法；针对桥吊、龙门吊、重载 AGV 等港口关键设备，研发基于全生命周期健康管理与智能运维系统，满足集装箱码头运营事前预测、事中监控和事后分析的智能作业全流程管控需求，形成覆盖码头运作、生产安防与设备健康管理的全过程数字孪生集成生产时空管控系统。

考核指标：全域多场景协同智能体系统应用于超大型全自动化集装箱码头，码头运作效率实现每台桥吊平均台时量提升 10% 以上，AGV 的周转率提升 10% 以上，RMG 作业效率提升 10% 以上；建立港口关键设备全生命周期健康管理与智能运维系统，可支持 80% 以上的运行异常监测、动态维修决策、远程故障诊断等业务处理；在年吞吐量 600 万箱以上的大规模单体码头单桥吊装卸效率突破 30MOVE/小时，具

备支撑单车（每桥吊）年吞吐量 25 万以上标箱码头稳定运营能力。

### 5.3 工业制造智能光学成像及检测关键技术与应用

研究内容：面向工业制造过程中的感知、重构、检测、协同、计算和交互等关键技术，突破大视场高精度高动态计算光学感知、精密部件高精度三维结构重构、罕见异常智能检测和多产线多工序多模态协同等难点问题；研究亚微米级大视场高精度高动态光学感知硬件架构与成像、无监督多类别少样本产品异常检测、多模态融合的多产线多工序缺陷源定位与机理分析、跨尺度可视化三维远程交互等技术和方法；构建具备大规模多产线产品数字化建模、异常检测及远程可视化交互的工业系统，在半导体、微电子和精密光学等高端工业制造领域验证应用。

考核指标：突破感知、重构、计算、协同和交互等关键技术瓶颈，实现光学感知成像空间分辨率不低于 200nm，视场范围不小于 40mm，成像速度不低于 30 亿像素/秒；数字化三维重构完整性大于 99%，重构误差不高于 10 $\mu\text{m}$ ；在半导体、微电子和精密光学等高端工业制造领域，支持不少于 100 种产品异常和缺陷类型检测，每种类型所需训练数据不超过 1 个；检测耗时不高于 10 秒/亿像素；支持时空多维度协同缺陷源定位及缺陷产生机理分析，提升生产良率不低于 20%。

### 5.4 农业大灾风险综合集成智能分析与决策

研究内容：针对面向粮食安全的多作物、多灾因农业大灾风险动态精准分析与科学决策的需求，研究面向农业生产大系统的系统性风险认知模型和不确定性环境下的智能决策理论和方法；研究基于卫星遥感数据和地面气象观测数据的中小尺度气象灾害检测与识别技术；基于多来源涉农历史数据（农业生产数据、水文地理数据、天气气象数据、卫星遥感数据、各地农业气象站试验田数据等），研究大数据驱动的高空间分辨率的粮食产量动态预测方法，构建我国主要粮食作物在不同自然条件和社会条件下的全生命周期易损性和产量预测模型；融合气象、农业、水利等涉农部门的大数据，研究构建我国主要粮食作物全生产周期的数字孪生模型，基于历史数据和数字孪生模型计算实验数据，研究构建多作物、多灾因农业大灾风险动态定量评估模型；研究不确定性环境下演化博弈的农业大灾风险决策的强化学习方法，以国家政策性农业保险的风险转移、损失分摊决策为应用场景，开展示范应用验证。

考核指标：形成具有自主知识产权的农业大灾风险分析与决策的模型算法和平台。系统涵盖中央财政补贴的主要粮食作物品种，以及干旱、洪水、低温、风灾等主要极端天气灾害。气象灾害识别准确率不低于 90%，受灾面积检测尺度不低于百公里、平均正确率不低于 90%，县级产量预测模型准确率不低于 95%。全国粮食生产数字孪生模型的网格尺度支持到县一级，覆盖全国的包含所有主要气象要素的天气条件，支持逐日天气再分析和长时期模拟年计算实验。多作物、

多灾因农业大灾风险综合动态评估和决策建议的准确度能够被国家级决策采纳作为主要科学量化依据。

## 5.5 可信人工智能立法制度建设战略研究

研究内容：研究传统法律法规规则在人工智能场景下的可用性和有效性，开展法治领域智能社会实验，研究人工智能时代的法治新模式和立法路线图；研究人工智能场景下的数据治理法律法规体系，提出符合人工智能发展的数据治理法律体系建设方案；研究人工智能算法治理法律法规体系，对算法的透明度、公平性、包容性、可控性、可问责性进行研究，提出算法治理的立法建议和算法审计评估制度建设方案；研究人工智能产品风险评估的法律法规及风险分类分级技术标准体系，提出人工智能产品风险评估的立法建议；研究人工智能产业相关法律法规体系，对自动驾驶、智慧医疗、智能司法等产业发展的法律环境进行研究评估，提出促进人工智能产业发展的立法建议。

考核指标：对不少于 10 项与人工智能发展有关的传统法律制度进行适用性分析，构建 1 套人工智能产品风险识别和评估体系，对不少于 2 个人工智能重点行业的法律保障环境作出评估，提出 1 套人工智能时代的法学学科发展规划，开展智能社会治理实验 5 项，形成资政建议 5 份、立法建议稿 2 份、技术标准 2 份、研究报告 2 篇、调研报告 10 份、人工智能法学知识平台软件系统 1 个。

## 5.6 博弈智能场景应用

研究内容：围绕民生、安全等相关场景关键需求，研究

合作和非合作等不同种类博弈智能问题的分类方式及求解方法；研究以强化学习为基础的博弈智能学习推理模型和算法，以及面向进化的多维评估管理方法；研究博弈智能模型和算法中领域知识嵌入和萃取，建立可解释性的人机交互界面，实现对复杂问题的人机协同求解；研究博弈智能算法从仿真环境到实际应用环境的迁移；结合应用场景的分类属性，研究知识表征、模型与算法、环境等问题求解要素的规范化描述和体系化标准等。

考核指标：围绕3个以上需求，构建应用场景（至少包含1个合作博弈和1个非合作博弈问题）；应用场景可嵌入统一平台，进行该场景下博弈算法协作性和对抗性等测试和计算实验，并完成其中2个示范应用验证。