

附件 2

“战略性科技创新合作”重点专项 2026 年度 联合研发与示范项目申报指南

一、总体目标和安排

当今世界正处于百年未有之大变局，全球范围内新一轮科技革命和产业变革加速演进，世界各国既要共享科技全球化深入发展的机遇，也要共同面临人工智能、先进制造等领域一系列挑战。为落实元首外交成果和党中央重大决策部署，推动科技创新合作，应对全球共同挑战，中国愿同全球顶尖科学家、国际科技组织一道，加强重大科学问题研究，加大共性科学技术破解，加深重点战略科学项目协作，积极融入全球创新网络，深度参与全球科技治理。本专项拟主动设计部署一批项目，支持各国科研人员联合攻关，通过凝练制约经济社会发展的共性科学问题，开展国际联合研发，共同推动解决共性问题 and 全球共同挑战，携手打造开放、公平、公正、非歧视的国际科技发展环境，共促全球可持续发展。

二、领域和方向

本批次指南拟在人工智能、生命健康等 9 个领域启动一批指南任务，共计 78 个指南方向。拟支持约 81 个项目，国拨经费概算约 4.43 亿元人民币。项目统一按指南方向（指南二级标题，如 1.1）的研究任务申报。除指南方向中特殊说明外，申报项目的研

究内容必须涵盖指南方向所列的全部研究内容和考核指标。

除指南方向中特殊说明外，每个指南方向拟支持项目数为1~2项，具体是指：每个指南方向拟支持项目数原则为1项；在同一指南方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近（得票率相同，评分差距小于1分且评分高于85分）、技术路线明显不同的情况时，可同时支持2项。2个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。对于申报项目数量不多于拟支持项目数量的指南方向，将按规定组织论证并提高立项标准，同意立项票数低于2/3的项目不予立项。

项目中央财政经费小于700万元，不下设课题；项目中央财政经费大于等于700万元，可下设课题。如项目下设课题，每个课题参与单位数不超过5个；如项目不下设课题，项目参与单位总数不超过10个。实施周期一般不超过3年。鼓励以高质量科技供给赋能产业创新。申报项目时须有国（境）外合作单位作为合作方共同参与申报，其中须有1个（或1个以上）国外合作单位，国（境）外合作单位总数不设上限。项目申报单位应与国（境）外合作单位具有良好的合作基础，双方需签订合作协议，合作团队均需具备一定的技术优势，外方合作单位应承担实质性研究任务，并且分工明确，合作开展研究。境外机构设在中方的分支机构或代表处不能作为外方合作单位，但可作为境内牵头或参与单位；境外中资机构可作为境外合作方参与合作，但不能作为唯一

境外合作方。

项目要坚持目标导向、问题导向和应用导向，推动产学研融通创新，通过国际科技合作产出高质量成果，并重点关注和总结国际科技合作对项目成功实施所发挥的关键作用。国际科技合作项目除了完成指南中明确的科研内容和考核指标之外，还要特别注重国际合作成效，应在高水平合著论文、联合申请国际专利或标准、国际会议、人才培养交流和培训、合作平台建设等方面予以重点体现。项目形成的中外合著论文中，发表在我国科技期刊上的比例原则上不低于 50%。项目单位应加强国际化科研环境建设，推动重大科研基础设施和平台等向全球科学家开放使用，积极参与在我国境内设立的国际科技组织，并加大国际化青年人才的培养力度。

经费预算符合《国家重点研发计划资金管理办法》（财教〔2025〕2号）等管理规定。项目涉及国际科技合作的技术引进、国际知识产权（包括背景知识产权）利用、在境外开展应用示范（验证、实验）、设备调试、维护、升级改造等工作，或参与国际组织合作研究缴纳会费等，可向境外合作方支付费用，应列入项目预算的“业务费”中，在预算申报时作出说明。在境外开展的合作项目，可将专项资金购置或试制的仪器设备等在不违反相关法律法规的前提下置于境外使用。项目实施过程中，根据合作需要，研究人员出国（境）及国（境）外专家学者来华的费用可通过业务费中的会议/差旅/国际合作与交流费列支，聘请海外专家

来华进行合作研发、技术培训、业务指导、讲学等劳务性费用可通过劳务费列支。

具体指南方向如下。

1.人工智能

1.1 面向多种 AI 芯片的通用编译器技术及开放计算生态合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

围绕 AI 芯片架构多样化与大模型算法快速演进带来的软件生态碎片化挑战，开展面向多元 AI 芯片的通用编译器技术、算子库、模型迁移及量化工具等技术国际合作，其中基于编译器、算子库进行开源共建合作，模型迁移及量化工具核心代码自主可控。具体包括：面向 GPGPU、DSA/NPU、ARM 及端侧 AI 芯片等多类 AI 芯片架构，依托开源多芯片统一通用编译器，原生支持 Triton 及其语言扩展（如 Triton-TLE）等算子编程语言，基于已有的多厂商、多架构 AI 芯片的高性能核心算子库、通信库、多芯片插件系统和模型迁移工具，实现“一次开发、多芯适配”，完成至少一款国外 AI 芯片或端侧 AI 芯片平台的接入验证，显著降低大模型推理的跨芯片迁移成本（如：从原来的周或月，降低到 2 天以内）；面向端侧与边缘智能场景，研究面向端侧 AI 芯片的多后端插件机制，形成可复用的端侧芯片接入能力和工具链，支持开源模型在端侧 AI 芯片上的低成本适配和开放发布；开展基于统一开源多芯片系统软件栈的模型训练、推理优化和应用验

证合作。依托统一开源多芯片系统软件栈的统一编译器、算子库和运行时技术，完成大模型在非英伟达 AI 芯片上的训练、推理和性能验证，形成跨架构模型迁移的参考实现，并将适配成果同步发布至 ModelScope 等主流开源平台，推动开放计算工具链、课程体系的国际化。

考核指标:

(1) 构建一套基于多 AI 芯片编译器的开源 AI 系统技术栈，包括：编译器、算子库、通信库、多芯片插件系统等；原生支持 Triton 及其语言扩展（如 Triton-TLE）等算子库编程语言；适配 GPGPU、DSA/NPU 等多种 AI 芯片架构；支持数据中心 AI 训练及推理芯片，并支持端侧 AI 推理芯片。

(2) 形成配套开放计算生态的工具链，包括多芯片模型迁移工具、多芯片算子自动生成工具、多后端运行时适配工具、端侧模型的量化工具（支持 INT4 及 INT8 的量化能力）及部署工具等。

(3) 跨芯片算子库覆盖不少于 300 个算子，其中本项目新增不少于 50 个算子（在三款国产 AI 芯片上）。

(4) 与至少 1 家国际头部芯片厂商开展实质性联合适配合作，完成不少于 1 款非中国 AI 芯片的编译器后端扩展及算子库适配，形成可复现的适配文档、测试报告和开源样例。与国际主流大模型框架开源社区开展实质性合作，完成面向端侧 AI 芯片的跨芯片插件机制并实现多芯片框架适配。与欧洲高校或研究机

构开展实质性模型合作，完成不少于 1 个模型的训练及推理验证任务；该模型应基于统一开源多芯片系统软件栈完成在非英伟达的 AI 芯片上的训练，并在至少 3 款非英伟达 AI 芯片上进行推理适配；实现不少于 5 款新发布的开源模型在不少于 3 款非英伟达 AI 芯片的快速适配（涵盖 10B 以下、100B 量级、及 1TB 量级等多种模型参数规模），实现单款模型向目标芯片 2 个工作日内完成部署适配，模型评测结果与英伟达 CUDA 原生对比偏差在 5% 以内，并进行多个芯片版本的开源发布。

（5）与国际开源基金会、欧洲高校/研究机构或国际主流开源社区达成实质性合作不少于 1 项；围绕多 AI 芯片统一编译器、算子接口、通信库、后端插件或模型迁移适配等，提交国际或国家标准提案（草案）不少于 2 项；形成一套基于本课题技术栈的人工智能开放计算培训课程，在中国以外不少于五个国家地区进行人才培养及合作推广，累计培训国际开发者、教师、学生或技术人员不少于 300 人；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：人工智能；AI 芯片；大模型；通用编译器；开放计算

其他要求：拟支持中央财政经费 750 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

1.2 未知环境中多智能体协同感知与智能决策合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向复杂未知环境下无人自主作业的共性技术挑战，针对其多源感知信息受光照、运动模糊、遮挡及环境扰动影响，以及场景语义理解不完整、多智能体协同规划与智能决策能力不足等问题，开展多智能体视觉协同感知与智能决策研究，通过中外协同创新，重点突破未知环境仿真构建、多源异构感知融合及世界模型驱动协同决策等关键技术，为地外极端环境与地内复杂动态环境等场景提供理论方法与技术支撑。具体包括：构建高真实感交互式视觉仿真训练环境，融合感知机理、运动约束和环境扰动模型，支撑大规模多任务学习与算法验证，并提供可视化分析；研究多智能体跨视角 RGB、深度等多源数据鲁棒融合与统一表征，解析复杂环境及极端物理约束条件下视觉退化机理，构建未知环境感知与场景理解模型，实现语义一致性表达与环境结构重建，提升未见目标识别及场景推理能力；研究基于世界模型和多模态感知驱动的协同自主决策方法，形成感知—理解—规划一体化机制，实现多智能体之间的信息共享、共享环境理解、任务意图解析与动态任务分配，完善常态化人机协同决策以及异常情况下的监督、干预与接管机制，增强系统探测、急救、环境适应和自主协同决策水平。

考核指标：

（1）构建多智能体仿真训练场 2 套，分别面向地外极端环境与地内复杂动态环境，覆盖不少于 2 类环境类型；支持光照变化、弱纹理、通信时延、传感器退化等不少于 5 类典型视觉退化

与环境扰动因素建模,并针对关键扰动因素设置 2~3 级强度等级。形成多场景多模态数据库 1 个,覆盖 RGB、深度等不少于 4 类传感信息,包含不少于 1 万个独立场景,每个场景包含不少于 120 帧连续数据,真实数据比例 $\geq 10\%$,并形成高质量标注体系。

(2) 研制多智能体协同感知与智能决策原型系统 1 套,具备多源视觉接入、语义理解、目标跟踪与自主任务规划能力。

(3) 面向月球或火星等地外极端环境,以及城市急救或智能交通等地内复杂动态环境,分别开展应用验证。其中,地外场景验证依托探测任务相关总体单位组织实施,地内场景验证依托省级及以上相关单位组织开展。具体指标如下:地外极端环境下,支持不少于 3 个异构智能体协同,星球表面协同定位相对误差 $\leq 5\%$;在无遮挡/轻度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 90\%$;在中度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 80\%$;在重度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 65\%$;10 米内特定目标检出率 $\geq 90\%$ 、未知目标识别准确率 $\geq 70\%$ 、任务完成率 $\geq 80\%$;地外场景验证环境应具备典型地形、光照、扬尘、弱纹理及通信受限等条件的等效构建与综合模拟能力。地内复杂环境下,支持不少于 3 个异构智能体协同;在无遮挡/轻度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 95\%$;在中度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 80\%$;在重度遮挡条件下,目标识别准确率 $\geq 65\%$;未知目标识别准确率 $\geq 75\%$ 。

(4) 与有关国家和地区开展实质性多智能体协同感知与自主决策合作,共建联合研发平台(基地)不少于 1 个;围绕数据

采集、算法开发等关键环节开展协同攻关，形成联合开发的数据资源、算法模型等技术成果，并联合发表论文不少于 5 篇；举办国际会议不少于 3 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：未知环境；仿真训练场；多智能体；视觉协同感知；自主决策

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

1.3 智能免疫细胞微机器人技术合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对当前自身免疫性疾病、恶性肿瘤等慢性病治疗中存在药物递送效率低、靶向性差、协同治疗弱等问题，集聚中外科研机构优势资源，聚焦免疫细胞微机器人可控设计制造、智能驱动控制、治疗效果验证全链条关键技术，开展协同攻关与体系化验证，突破传统治疗的技术局限，建立中外双机构联合伦理审查及数据共享机制，完善跨境生物样本/试剂共享及运输方案，助力新型智能免疫细胞微机器人技术临床转化。具体包括：突破活体内嵌合抗原受体（CAR）免疫细胞微机器人原位制造技术，探究免疫细胞原位 CAR 功能化编辑技术，攻克兼顾细胞生物活性的磁性纳米粒子高效装载技术，实现免疫治疗与磁场驱控功能协同，构建高活性可控的活体 CAR 细胞微机器人制备技术体系；探究大模型赋能多微机器人差异化磁场驱控技术，基于大模型智能感知与自适应决策技术，融合高精度磁场闭环动态驱控方法，

构建智能多维各向异性磁场驱控系统，突破传统磁场统一调控瓶颈，实现多个微机器人并行向多个不同目标可控运动和协同作业；开展免疫细胞机器人治疗效果系统化验证，构建标准化体外功能评估与体内动物验证体系，系统评估分子感知灵敏度、多点位靶向治疗效果及生物安全性等指标，实现对免疫细胞微机器人精准治疗的多维度、全流程技术验证。

考核指标：

（1）通过中外合作研制 CAR-T、CAR-NK、CAR-GMP 等 3 种及以上 CAR 免疫细胞微机器人，制备周期缩短 80%，活性提升 100%，建立生物活体内 CAR 免疫细胞微机器人可控制造体系。

（2）通过中外合作构建智能多维各向异性磁场驱控系统 1 套，实现同时并行控制 3 个及以上微机器人向不同目标可控运动，系统自适应调控延迟 ≤ 50 ms。

（3）在小鼠、兔子和猪等动物上建立 3 种及以上典型疾病模型，中外双方实验室开展交叉比对验证，在自身免疫病、恶性肿瘤、器官损伤修复等 3 种及以上疾病中开展 CAR 细胞微机器人疗效验证。与传统疗法相比，分子识别灵敏度提高 5 倍，多点位病灶缓解率提升 100%，炎性因子风暴发生率降低 80%。

（4）发表高水平 SCI 论文 5 篇，受理发明专利 5 项，申请国际专利 1 项。

（5）组织开展智能细胞机器人相关主题学术交流 2~3 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；邀请国外专家做报告 2~3 次；

中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：医用机器人；生物制造；智能控制；大模型；精准治疗

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

1.4 国际多中心协作的医学多智能体联邦计算关键技术研究及应用示范（应用示范类）

合作目标与研究内容：

面向国际合作多中心医学数据难以汇聚、模型能力难以共享、多智能体难以协同应用等国际合作关键挑战，围绕连续健康感知、电子病历、医学影像、检验检查等多模态异构医学数据，开展跨境联邦数据治理、联邦模型融合、多智能体协同闭环及医学场景应用示范研究。具体包括：研究联邦协作下的跨境多模态医学数据多层语义对齐、混合噪声识别、标签精准修正等关键技术，构建符合国际合作要求的 AI-Ready 高质量医学数据集，形成跨境数据共建、共享、使用和评估的合规技术规范；研究支持高质量单（少）轮交互、约束均衡优化、异步持续更新等联邦大小模型协同、高效训练及可信融合方法和技术，解决面向多中心国际合作通信开销大、公平性难保证、模型更新难同步等现实挑战；研究跨境复杂医学任务的模型联邦网络，实现智能体能力的统一抽象、语义链接、动态编排与协同推理，构建可解释、可验证、可调度的多角色智能体协作系统，在隐私保护、公平性约束、鲁棒泛化和性能提升等多目标约束下，实现跨境模型高效服务；

围绕神经退行性疾病早期筛查、眼科疾病辅助诊断、重症 ICU 智能赋能等典型场景，开展国际合作应用示范，形成从连续感知、智能分析、辅助决策到干预反馈的闭环智能医学技术，验证其在临床与健康管理场景中的有效性、安全性和可推广性。

考核指标:

(1) 融合多模态数据，构建国际化高质量 AI-Ready 数据集，混合噪声识别率、标签修正准确率均 $\geq 80\%$ ，总有效样本 ≥ 10 万，其中境外临床样本占比不低于 20%；编制国际化数据治理技术规范 1 套，兼容现有通用数据模型与交换标准。

(2) 在原始数据不出域的条件下兼顾质量、公平性、安全性等指标，融合后联邦模型在医学诊断等典型任务中总体性能较同期先进方法提升不低于 5%，群体公平性指标提升不低于 20%，恶意攻击防御率不低于 90%，由独立机构开展安全测试。

(3) 构建国际化分布式语义关联网络，实现异构医学模型能力的统一描述、注册、发现、调用和组合。建立多智能体协作流程的审计追溯机制，关键操作记录覆盖率达到 90%；针对复杂医学任务，动态编排方法较传统静态路由方法，在覆盖任务准确率、跨节点推理延迟和词元消耗的综合效能上提升不低于 10%。

(4) 构建不少于 2 类场景的智能医学应用示范系统，包括但不限于神经退行性疾病早期筛查、眼科疾病辅助诊断、ICU 智能赋能等场景；形成可部署、可评估、可追溯的智能体应用原型，实现数据接入、模型推理、结果解释和反馈优化的闭环运行；典

型任务辅助决策与临床专家一致率不低于 85%，并至少在 2 个国（境）外合作单位开展联合研究与应用验证。

（5）中外人员交流互访 ≥ 30 人次。

关键词：联邦数据治理；联邦模型融合；医学多智能体协同；国际多中心协作

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

1.5 人工智能驱动的动物声像行为识别与精准控害技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对人工智能在农林有害动物声像行为识别、致害靶标挖掘及防控靶点设计中应用不充分的问题，聚焦暴发性、聚集性和隐蔽性有害动物，联合中外优势科研力量，研发声音、图像、行为等多维信息表型组智能识别技术，实现有害动物高精度识别、高致害性种群分型和致害靶标精准设计，构建有害动物声像行为智能识别知识库和云边端融合的跨境有害动物监测网络，支撑有害动物致害解析和研判预警。具体包括：以蝗虫、蚜虫、害鼠等为主要对象，运用视觉感知、声谱识别、行为电生理监测等方法，解析表型组特征与种群成灾致害的耦合关系，建立可解释的高致害性种群行为识别方法；依托国际合作，建立人工智能驱动的有害动物区域性预警模型；利用 AI 辅助分子对接、蛋白人工设计结合实验验证，研发精准的靶向控害技术；面向共建“一带一路”

国家，制定有害动物跨境监测数据交换与数据治理规范，输出可复制、可推广的智能监测预警与控害协作技术方案，并搭建配套的海外技术培训体系。

考核指标:

(1) 建成有害动物图像数据集和智能识别知识库 1 套，建立有害动物警戒鸣声、运动轨迹、行为电生理等表型数据集，建模与推理模态数 ≥ 3 个，数据样本 ≥ 3000 份，覆盖农林主要有害动物 ≥ 5 种，有害动物图像识别准确率 $\geq 80\%$ ，害鼠警戒鸣声识别准确率 $\geq 80\%$ ，有害动物行为识别准确率 $\geq 75\%$ 。

(2) 明确精准控害靶点 3~5 个，构建 AI 辅助分子对接、蛋白精准设计与高通量筛选体系，完成 ≥ 3000 个小分子化合物、蛋白或小肽的筛选与优化；结合行为学、电生理学和分子验证，获得 2~3 种致害行为抑制剂；形成靶向防控技术 2~3 项。

(3) 构建云边端融合的跨境害虫监测网络 ≥ 2 个，布局监测样点 ≥ 20 个，采集有效监测数据 ≥ 5000 条；构建有害动物多模态智能识别模型 1 套，综合识别准确率 $\geq 75\%$ 。

(4) 通过国际合作建成多语种跨境害虫监测与预警平台 1 套，实现监测数据共享、风险分级和预警信息自动推送。建立国际联合实验室 ≥ 2 个；中外人员交流互访 ≥ 20 人次；举办国际培训班 1~2 次，培训人员 ≥ 20 人。

关键词: 人工智能；有害动物；声像行为；表型组；防控靶点设计

其他要求：拟支持中央财政经费 750 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

1.6 人工智能驱动的功能 RNA 分子设计合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容：

面向信使 RNA (mRNA) 及环形 RNA (circRNA) 药物、疫苗研发和高价值蛋白生物制造对高效、稳定、细胞选择性功能 RNA 分子的需求，围绕 RNA 翻译过程解析、翻译调控元件发现和人工 RNA 智能设计，开展国际合作研究。联合国内外 RNA 生物学、翻译组学、人工智能生命科学和 RNA 药物研发优势团队，共同建立翻译组及多组学数据资源，协同开发 RNA 翻译大模型和生成式设计方法，形成可复现、可共享的功能 RNA 智能设计技术体系，国际合作过程中涉及生物组学数据和实验试剂、样本跨境流动的，应建立符合相关法律法规和生物安全、数据安全要求的跨境管理机制，明确数据分级分类、安全传输和授权使用要求，以及实验试剂、样本的审批和使用要求。突破传统依赖经验规则和实验筛选的 RNA 优化模式，实现 mRNA 和 circRNA 翻译效率预测、关键调控元件发现以及人工 RNA 序列智能设计，为新型 RNA 药物、疫苗及合成生物制造提供核心技术支持。具体包括：建立覆盖多组织、多细胞类型、多生理或病理状态的 RNA 翻译数据资源和标准化整合流程；构建面向 mRNA/circRNA 翻译效率、稳定性和蛋白表达水平预测的人工智能模型，解析 RNA

序列特征与翻译动态过程之间的关联规律；通过模型解释和实验验证，发现影响翻译起始、延伸、持续表达和细胞选择性的关键调控元件及组合规律，为功能 RNA 分子设计提供理论基础；建立人工 mRNA/circRNA 设计与验证平台，获得高效、稳定的候选功能 RNA 分子，支撑 RNA 药物、疫苗和生物制造应用。

考核指标:

(1) 建立 RNA 翻译国际合作数据资源，整合翻译组及相关多组学数据不少于 800 个样本，覆盖不同组织、细胞类型、生理状态、药物处理和疾病背景，国际合作数据占比不少于 25%；建立内源及人工 circRNA 数据库；形成翻译组数据标准化、质量控制、批次效应校正和数据整合分析规范 ≥ 3 项。

(2) 构建具有自主知识产权的 RNA 翻译人工智能模型，可同时支持 mRNA 和 circRNA 翻译效率预测，性能较现有已公开发表基线方法提升 $\geq 30\%$ 。

(3) 系统解析特定功能元件（如内部核糖体进入位点、非翻译区等）对 RNA 稳定性和翻译过程的调控，发现并验证 5~10 个 mRNA/circRNA 翻译调控元件或组合规律，阐明 2~3 个由顺式元件与 RNA 结构、RNA 修饰或 RNA 结合蛋白互作形成的翻译调控机制。

(4) 建立人工 RNA 智能设计与验证平台，完成不少于 20 条人工 mRNA/circRNA 候选序列设计，通过国际合作，在不少于 4 种细胞模型中验证，其中国际合作方在至少 2 种细胞中独立交

叉验证，优化序列翻译效率较细胞内源高翻译序列或代表性公开/专利优化序列提升 ≥ 2 倍。

(5) 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：功能 RNA 设计；RNA 翻译优化；mRNA；circRNA；人工智能生成式设计；RNA 大模型；RNA 药物；翻译组；翻译调控

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

1.7 具身智能内生安全与物理交互风险管控技术合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容：

面向具身智能体在开放、动态、非结构化环境与人机共融场景下的安全运行需求，围绕“感知—认知—决策—执行”全链路，通过中外协同创新开展研究，具体包括：研究具身智能安全风险生成机理与内生安全理论，建立全链路风险生成与传导模型，揭示模型幻觉、分布外（OOD）失效、对抗攻击、任务误解与长程规划错误向物理危害转化的机理，提出面向视觉—语言—动作模型的行为安全性可计算度量理论；研究具身大模型安全价值对齐、约束优化与危险行为拒止方法，建立融合物理约束、人类价值观与任务目标的对齐方法和奖励模型，构建内生拒止、外部护栏与安全守护模块相结合的多层次防护机制，有效识别与拒止危险指令和越狱攻击，降低极端场景下危害性动作发生概率；研究感知—控制协同的物理交互风险管控方法，针对声、光、电磁、视觉

遮挡等物理干扰与传感器攻击，研究攻击检测、多模态融合与鲁棒增强方法，开展人机共融场景下意图预测与接触风险在线评估，建立大模型决策与可证明安全控制器的分层协同架构，实现执行过程风险拦截与全链路闭环管控；研究虚实结合的安全评测理论与对抗性评测方法（不限技术路线），建立涵盖安全性、误拒率、任务结构、语言与视觉扰动及长程任务能力的量化评测指标体系，构建高保真仿真与数字孪生测试环境、开源基准与自动化评测工具链，依托人形机器人、协作机械臂等典型平台开展验证；研究安全伦理与对抗样本跨境共享合规方法；明确中外分工，共建联合平台与开源基准并交叉互测。

考核指标：

（1）建立具身智能“物理安全+认知安全+动作安全”多重保障的内生安全理论体系，提出面向视觉—语言—动作模型的行为安全性可计算度量方法；在涵盖不少于 1000 种物理交互场景、覆盖不同风险等级及任务结构、语言扰动、视觉扰动的测试集上，有害动作拦截率不低于 99%，危险指令、越狱攻击与高风险物理场景拒止率不低于 95%，正常任务误拒率不高于 3%。

（2）形成不少于 1 套安全约束集与安全强化学习方法，在典型长程操作任务中显著降低安全违规累计代价；在声、光、电磁、视觉遮挡等典型物理攻击环境下，多模态感知与决策系统准确率下降不超过 5%；建成虚实结合的安全评测环境与自动化评

测工具链，虚实迁移一致性误差低于 10%，在不少于 2 类典型具身平台上完成仿真与真机验证。

(3) 形成不少于 1 套自动化安全对抗测试方法，能在不少于 3 类视觉—语言—动作模型上发现不少于 5 类典型不安全行为，有效样例 ≥ 500 条。

(4) 提交国际/国家标准提案或草案不少于 2 项；与境外团队共建联合研发平台（基地）并形成合作协议等支撑材料；联合举办国际会议不少于 1 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外联合发表高水平论文不少于 5 篇；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：内生安全；物理交互风险；视觉—语言—动作模型；危险行为拒止；多模态鲁棒感知；对抗性评测

其他要求：拟支持中央财政经费 750 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

1.8 面向新能源固态电池研发的智能体技术合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对新能源固态电池研发中多源异构数据融合利用不足、材料体系复杂筛选周期长、多尺度耦合参数协同优化难、智能分析方法可解释性不强等突出问题，联合国内外优势科研力量，开展可解释、可进化、高可信智能体关键技术研究，形成面向高性能固态电池研发过程的可信科学智能体理论与方法体系。具体包括：研究多源异构数据治理、语义对齐与领域知识表示技术，建立面

向科研过程的数据规范和知识图谱；研究可解释 AI 建模方法，建立可计算高可信知识模型，揭示材料、结构、界面、工艺等因素与性能的关联机制，利用知识增强实现关键性能精准预测；研究多目标协同设计与智能优化技术，设计融合不确定性主动探索与高可信知识引导的小样本迭代寻优策略，实现研发方案智能设计与高效优化；研究复杂任务理解、知识增强推理、决策置信评估等关键技术，突破参数高效微调、知识引导增量更新、可靠性边界检测等持续可信进化方法，构建可信科学智能体；在典型体系固态电池研发中合作开展应用验证。

考核指标:

(1) 合作建立固态电池研发数据资源库和知识图谱，由外方提供或合作采集形成的数据和知识图谱占比不低于 20%；覆盖文献、仿真、实验等不少于 3 类数据源，支持文本、图像、结构化数据、谱学表征数据、时序数据等不少于 5 种数据模态，数据量 ≥ 10 万，数据完整率 $\geq 90\%$ ，形成数据治理规范 1 套；知识图谱知识实体 ≥ 5000 个，知识关系 ≥ 2 万条，知识准确率 $\geq 90\%$ 。

(2) 建立不少于 10 种可计算高可信知识模型，拟合优度 ≥ 0.9 ，实现固态电解质离子电导率、界面稳定性、能量密度、循环寿命、倍率性能等不少于 5 类关键性能指标预测，准确度 $\geq 90\%$ 。

(3) 面向高安全、高能量密度、长寿命固态电池研发需求，支持不少于 3 个关键性能目标的协同逆向设计，实验次数较人工设计减少 $\geq 80\%$ 。

(4)构建的可信科学智能体应具备参数持续学习、历史能力保持、方案可信度评估和反馈优化能力；面向固态电池研发构建典型场景任务集，其中材料筛选类任务不少于5个、性能预测类任务不少于25个、逆向设计类任务不少于3个；在上述任务集上，智能体三次尝试内端到端任务成功率 $\geq 50\%$ ，工具调用成功率 $\geq 90\%$ ，输出方案推理过程的支撑证据覆盖率 $\geq 90\%$ ，支撑证据领域事实性错误率 $\leq 5\%$ ，关键决策过程可追溯率达到100%。

(5)在典型硫化物等固态电池体系中，至少完成1种智能体推荐电池方案样品在外方实验室的表征、测试和应用验证；研制的全固态电池软包单体尺寸不低于 $8\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ，容量不低于2Ah，固态电解质室温离子电导率 $\geq 20\text{ mS cm}^{-1}$ ，堆叠压力 $\leq 5\text{ MPa}$ ，单体能量密度 $\geq 500\text{ Wh kg}^{-1}$ ；25°C条件下，3C循环寿命 ≥ 800 次，容量保持率 $\geq 80\%$ ，在无外加压力下稳定循环300次以上；0°C条件下，1C循环寿命 ≥ 800 次，容量保持率 $\geq 85\%$ 。

(6)中外联合发表高水平论文不少于5篇；组织开展AI赋能新能源主题国际研讨会1~2次，其中外方人员参会比例不少于20%；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：智能体；固态电池研发；知识增强AI；可解释性能预测；多目标逆向设计

其他要求：拟支持中央财政经费500万元人民币。

1.9 工业复杂装备高可信一体化智能建模仿真技术合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

针对轨道交通、新能源汽车等高端装备正向设计中建模仿真优化依赖人工、自动化程度低、迭代周期长及可信保障不足等瓶颈，项目联合法国、德国、意大利、瑞典等国际顶尖机构开展合作。重点突破生成式人工智能与基于模型的系统工程深度融合的关键技术，实现“模型智能生成—建模仿真双向贯通—一体化优化迭代—动态可信评估”的全流程闭环。具体包括：大模型驱动的装备系统模型智能生成技术，构建融合语言与机理约束的知识图谱，研究多智能体协同的系统模型生成流程自适应动态编排技术，实现自然语言到系统模型的精准映射，提升模型语义一致性；系统仿真与智能优化一体化求解，中外合作开发系统仿真与多学科拓扑/参数一体化优化框架及求解引擎，突破离散/连续与机理/数据一体化混合求解瓶颈，实现系统模型仿真优化自动闭环迭代；中外合作研究模型全生命周期动态可信评估与工业场景仿真隐私保护技术，覆盖装备系统模型的智能化生成、仿真及优化全过程的动态可信度评估，建立基于语法解析与物理语义双重校验的评估机制，实现敏感数据、模型及参数的安全共享与访问控制，突破模型错误及偏差的全流程溯源与预警瓶颈；研制大模型驱动的复杂系统智能建模及仿真优化一体化研发软件平台，选择轨道交通、新能源汽车各不少于1个典型工程场景开展应用验证。

考核指标:

(1) 形成一套包含系统级结构与物理级组件贯通的复杂装

备模型智能生成方法，开发不少于 1 套融合物理机理约束的领域知识图谱，实现由自然语言到装备系统模型代码自动生成，在覆盖典型验证场景、在训练语料隔离的测试集上语法通过率 100%，与手工构建的系统模型相比，模型元素（组件、接口及关系等）覆盖率 $\geq 95\%$ ，需求响应准确率 $\geq 90\%$ 。

（2）中外合作研发复杂系统仿真优化一体化求解方法，实现无人工干预的仿真优化一体化求解与双向自动迭代，系统级仿真优化求解速度较传统主流前沿方法求解速度提升 1.5 倍以上，优化方案精度 $\geq 95\%$ 。

（3）中外合作研发模型全生命周期可信度多维量化评估方法，确保评估与建模、仿真、优化过程保持同步，对数据异常、模型语义偏差、异常求解状态等的在线评估预警准确率 $\geq 90\%$ ；形成工业建模仿真隐私保护机制，具备敏感数据、模型及参数的访问控制与安全共享能力，并通过依据适用国家或行业标准开展的第三方安全测试。

（4）研制新型复杂系统智能建模及仿真优化一体化研发软件平台。具备智能化生成、仿真优化一体化求解功能；在轨道交通、新能源汽车各不少于 1 个典型工程场景应用验证，实现复杂产品系统设计仿真与多学科优化一体化迭代周期缩短 40% 以上。

（5）受理发明专利 ≥ 5 项（含国际专利 ≥ 1 项），联合发表高水平论文 ≥ 10 篇，完成国际标准草案 ≥ 1 项，建立中外联合平台（基地） ≥ 1 个。

(6) 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：基于模型的系统工程；大模型驱动生成；一体化求解；动态可信评估

其他要求：拟支持中央财政经费 750 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

1.10 面向自主科学发现的智能体与具身智能技术合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容：

针对材料科学研发工作依赖经验试错、科学认知与物理实验割裂等问题，联合国外相关优势机构开展智能体与具身智能关键技术合作研究，构建可复用的智能科学家技术体系，以钙钛矿光伏材料发现作为典型验证场景联合攻关，支撑科学假设生成、自主实验、反馈学习和规律发现。具体包括：研究面向材料科学问题的多模态科学认知建模与多尺度演化机理，面向钙钛矿典型场景构建可溯源认知模型构建方法；研究 AI 原生具身智能体操作系统，对钙钛矿光伏材料筛选全实验流程进行纳管，形成连接认知模型、实验数据资源、具身智能体和自主实验系统的统一运行底座；研究自主科学具身实验智能，实现复杂实验流程自主执行、调度路径智能分析、控制指令自动编排、实时危险预判与异常恢复，支撑试剂配制、薄膜制备、波前成像和测试表征等环节验证；研究自主科学发现与闭环验证方法，形成可迁移的任务模板、数

据闭环和模型迭代机制，并在钙钛矿材料新组分筛选、工艺优化和长期稳定性验证等任务中开展应用示范。

考核指标:

(1) AI 原生具身智能体操作系统 1 套，具身实验智能系统 1 套，高性能、高稳定自主科学设计与闭环验证平台 1 套，支持实验规划、感知表征、数据分析、具身操作等 ≥ 5 类智能体角色协同、支持异构机械臂、PL 测试仪、光热台等 ≥ 5 台异构实验设备实时接入并行执行、 ≥ 2 套认知模型接入，自主实验规划与执行成功率 $> 95\%$ ，自主实验操作精度误差 $< 0.5\text{mm}$ ，具身危险动作提前拦截率 $\geq 95\%$ 。

(2) 材料科学认知模型 1 套。钙钛矿材料验证场景下薄膜制备与测试通量不低于 500 个样品/天，新材料在 1 个标准太阳光及 85°C 耦合工况暴露 5000 小时后，关键指标衰减幅度不超过 5%。

(3) 建立中外合作典型示范应用 1 个，建立共享数据集 1 套，覆盖 ≥ 5 种新型钙钛矿材料研究，并联合开展模式验证报告 2 份，发表相关国际高水平论文 5 篇，受理专利 5 项。

(4) 组织开展面向自主科学发现的人工智能技术国际研讨会 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；联合举办国际专题论坛或国际培训 ≥ 2 次；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词: 自主科学发现；智能体；具身智能；AI 原生操作系统；钙钛矿验证

其他要求：拟支持中央财政经费 750 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

2.先进制造

2.1 先进存储和逻辑器件关键技术合作研究（应用示范类）

合作目标与研究内容：

聚焦先进存储与逻辑制造关键需求，通过国际合作，突破先进器件制造技术瓶颈，研发适配量产工艺平台的先进动态随机存储器（DRAM）、铁电三维 NAND 闪存、磁存储及先进逻辑新一代超低金属电阻技术等先导工艺方案，形成可支撑先进节点器件研发与量产的工艺技术体系，产出性能达到国际先进水平的原型器件。合作建设先进存储与逻辑制造研发示范平台，建立面向产业应用的设备—工艺—器件协同创新与验证体系，形成先进薄膜沉积装备应用示范，实现在先进制造中的产业验证。同步构建完善知识产权体系，并建立国际常态化技术协同机制，培养高端半导体工艺人才，筑牢先进存储和逻辑领域国际合作技术根基。具体包括：依托国际产学研协同创新模式，联合国内外研发团队共同开展氧化物半导体沟道的 DRAM 器件及阵列、钪基铁电多晶硅沟道三维 NAND 闪存器件及阵列、磁存储磁隧道结器件及阵列、先进逻辑钼基通孔低电阻互联技术研究；研发先进存储、逻辑器件及集成技术；联合国内外团队突破高性能基于氧化物半导体沟道的 DRAM 器件制备工艺、国际领先的钪基铁电多晶硅沟道三维 NAND 闪存器件集成技术和大规模集成磁存储磁隧道结

器件技术方案，以及同步突破先进逻辑钼基通孔低电阻互联等前中道关键工艺，建立适配先进存储和逻辑技术的系统级集成技术体系，助力先进节点器件的量产落地。

考核指标:

(1) 基于氧化物半导体的 DRAM 存储单元 ≥ 4 层，阵列单元的数据保留时间较基线提升 1 个数量级，数据写入擦写次数 $\geq 10^{12}$ 次；栅介质膜厚均匀性 (1σ) $\leq 3\%$ ；实现阵列读取和擦写演示。

(2) 完成基于钪基铁电薄膜多晶硅沟道的三维 NAND 闪存集成工艺开发，阵列单元存储窗口 $\geq 6\text{ V}$ ，写入电压 $\leq 14\text{ V}$ ，写入时间 $\leq 100\text{ }\mu\text{s}$ ；初始存储窗口 $\geq 6\text{ V}$ 下，擦写次数达到 3 千次且存储窗口满足 $\geq 5\text{ V}$ ；室温保持特性 ≥ 10 年且存储窗口满足 $\geq 5\text{ V}$ ；栅介质膜厚均匀性 (1σ) $\leq 3\%$ ；实现阵列读取和擦写演示。

(3) 磁隧道结薄膜隧穿磁阻 $\geq 170\%$ ，电阻面积乘积 $\leq 10\text{ }\Omega\cdot\mu\text{m}^2$ ；阵列磁隧道结器件隧穿磁阻 $> 150\%$ ，动态写入能耗 $\leq 1\text{ pJ/bit}$ ，写入速度 $\leq 0.5\text{ ns}$ ，数据写入擦写次数 $\geq 10^{14}$ 次。实现阵列读取和擦写演示。

(4) 在特征尺寸 $\leq 40\text{ nm}$ 条件下，采用钼基通孔替代前道工艺栅极接触孔、源/漏接触孔及后道金属布线层 (V0~V2) 的钨基通孔；相较于钨基通孔，通孔电阻降低超过 15%。

(5) 先进存储与逻辑制造研发示范平台 1 个，至少 1 台先进薄膜沉积装备应用示范，考核指标 (1) 至 (4) 四项技术中实现至少 1 项技术的产业验证。

(6) 合作发表高水平论文不少于 6 篇，受理发明专利不少于 12 项，其中国际专利不少于 2 项。

(7) 培养先进存储和逻辑器件关键技术的核心人才 ≥ 10 名，其中具备国际合作研发经验的骨干人才 ≥ 4 名，中外人员交流互访 ≥ 30 人次。

关键词：先进制造；动态随机存储器；NAND 闪存；磁存储；低金属电阻

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

2.2 无人机整机结构系统级设计与增材制造联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向新型无人机极轻量化、高承载、快速研制、无人机发动机连接结构宽频隔振等需求，针对国内大规模变量多学科高保真优化底层算法性能不佳、梯度点阵设计制造能力不足、连续纤维增材制造结构设计与制造脱节等行业痛点，通过国际合作开展先进底层算法联合研究。联合国际优势力量，开展大规模点阵结构多学科特性高保真优化、点阵一曲筋一体化设计与自动重构、连

续纤维复材梯度点阵以及面向无人机整机系统结构的多层级、跨尺度高效设计与增材制造技术研究，推动无人机产业快速发展。

具体包括：研究大规模点阵变量多学科高保真优化算法，突破高维优化难题，实现连续/离散混合设计变量的高效优化，建立“点阵微元—工程特征—构件—整机”跨尺度协同优化与自动重构框架。建立工程特征驱动连续纤维增材制造结构拓扑—制造路径一体化设计框架，研发高精度结构拓扑设计—增材制造路径映射方法，消除分步优化误差。建立连续纤维梯度点阵各向异性本构模型，发展复材梯度点阵各向异性承载-隔振多功能调控方法，实现连续纤维增材制造梯度点阵设计与制造，突破连续纤维梯度点阵无间断设计与制造技术。开展系统级结构验证与评价。

考核指标：

（1）形成千万级变量连续纤维增材制造点阵跨尺度优化设计方法，开发大规模变量高保真多学科优化算法，支持连续/离散变量协同处理，优化效率较传统方法提升 10 倍以上；完成 ≥ 3 类可参数化几何特征自动重构，形成具有自主知识产权的连续纤维增材制造结构优化设计程序 1 套；登记软件著作权 ≥ 1 项。

（2）突破工程特征驱动连续纤维增材制造结构拓扑-路径协同优化技术，设计变量较 SIMP 密度法减少 2 个数量级，拓扑优化理想设计模型与制造路径等效模型位移的偏差与载荷之比优于 10^{-3} m/N 量级，等质量下刚度较 SIMP 密度法提升 150% 以上。

(3) 突破连续纤维增材制造梯度点阵结构多尺度优化设计方法；建立连续纤维增材制造梯度点阵各向异性本构模型，弹性模量、屈服强度预测误差 $\leq 15\%$ ；掌握连续纤维梯度点阵连续无间断制造技术，形成 ≥ 4 种梯度点阵构型，等质量下刚度较均匀点阵提升1倍，各向同性点阵各向异性齐纳因子 ≥ 0.9 ；点阵结构阻尼比 $\geq 5\%$ ，在300~2000Hz频段内振动传递率 ≤ 0.3 。

(4) 完成 ≥ 2 种构件设计、制造与装机验证，适配 ≥ 2 米级无人机，应用于不少于2型无人机，等承载下减重 $\geq 20\%$ 、制造周期缩短 $\geq 40\%$ ；制定企业技术标准 ≥ 1 项，受理发明专利 ≥ 5 项。

(5) 中外合作发表高水平论文 ≥ 5 篇，中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：结构拓扑优化；梯度点阵；无人机结构；复合材料增材制造；跨尺度协同优化

其他要求：拟支持中央财政经费390万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于1:1。

2.3 高精度波长扫描干涉显微检测技术及装置联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

围绕高精度波长扫描干涉显微检测技术，通过国际合作，解决光子芯片三维立体形貌测量分辨率低、多维物理特性参数耦合以及国内外测量结果无法比对等关键问题，中外合作研制高精度检测装置，立项国际标准、国家标准，提高我国在该领域的国际

影响力。具体包括：围绕光子芯片、光模块等领域关键构件的三维立体形貌快速非接触测量需求，合作开展高精度波长扫描干涉显微检测方法研究，突破高速多维度光场调控、测量信号高速高精度解调、三维立体形貌与物理特性参数精准解析、多系统高精度协同控制等关键技术，研制高精度波长扫描干涉显微检测系统，实现多层堆叠光子芯片等样品的三维立体形貌重构以及物理特性的多维度参数解析。在中外平台开展标准样品交叉测试与应用验证，形成联合测试报告和国际标准文本。

考核指标：

（1）实现 3 种以上光子芯片与光模块三维立体形貌的非接触式光学显微测量，在每秒 50 帧以上帧频条件下，实现显微干涉测量系统的波长、相位、偏振态等维度的一体化调制与同步控制。三维立体形貌测量垂直分辨率 $\leq 1\text{nm}$ ，光子芯片薄膜厚度测量分辨率 $\leq 0.1\text{nm}$ ，横向分辨率 $\leq 200\text{nm}$ ，支持折射率、介电常数等物理参数以及样品应力的空间分布一体化表征。

（2）开发高精度波长扫描干涉显微检测技术及装置一套，可适配不同倍数的显微物镜，横向行程 $\geq 50\text{mm}$ ，纵向量程 $\geq 0.1\text{mm}$ ；受理发明专利不少于 5 项，其中国际专利不少于 1 项，中外合作发表高水平论文不少于 12 篇。

（3）与不少于 2 个国(境)外团队开展交流互访、研讨不少于 3 次，中外人员交流互访不少于 20 人次。

(4) 构建可与国际对标的技术体系，立项或发布国家标准 1 项、ISO 标准 1 项。

关键词：光子芯片；三维立体形貌；干涉显微镜；高精度原位检测

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

2.4 红外光学元件原子级去除机理与性能一致性合作研究 (基础研究类)

合作目标与研究内容：

面向高性能红外光学系统及先进短波光学系统对原子级光滑、低缺陷和稳定一致表面的共性基础需求，针对典型红外光学元件多物理场抛光过程中界面反应与原子脱离机制、表面和亚表面缺陷跨尺度演化规律、原子级表面特征对光学性能的影响机制等关键问题，借助外方在原子级加工机理等方面的研究优势，中外双方联合开展原子级抛光基础理论、多尺度模拟表征及典型红外光学元件加工验证研究，建立“界面反应—原子脱离—缺陷演化—谱域形貌—光学性能”的跨尺度系统框架，形成可验证、可迁移的原子级抛光模型、联合表征方法和高一致性形成判据。具体包括：研究抛光过程辅助能场作用下的表面反应、原子脱离迁移与缺陷演化过程，揭示单原子层、近单原子层去除路径、能垒调控规律，建立原子级去除与缺陷演化跨尺度预测模型；研究原子级去除过程中跨空间频率表面形貌的演化规律及其选择性调控

机制，揭示原子级表面粗糙度、缺陷密度和表面化学状态等特征对散射损耗、透反射特性及成像性能的影响规律，阐明原子级表面特征与红外光学性能之间的跨尺度映射关系；研究材料状态、抛光工具介质和工艺参数扰动对去除函数、表面质量及光学性能离散性的传递规律，形成面向红外光学元件短周期制造的原子级高一致性抛光方法，并结合多尺度模拟和准原位表征在典型红外光学材料上开展验证研究。

考核指标:

(1) 阐明典型红外光学元件超精密抛光原子级去除机理，建立不少于 2 类红外光学材料和 2 种不同原理的抛光过程跨尺度预测模型，材料去除与缺陷预测误差 $\leq 15\%$ 。

(2) 建立原子级表面特征与红外光学性能的跨尺度关联模型，覆盖不少于 3 类表面与缺陷特征及不少于 2 类光学性能指标，关键性能参数预测误差不超过 20%。

(3) 研发面向红外光学元件短周期制造的原子级高一致性抛光方法，采用不少于 3 件同规格试样开展重复性验证，典型局部区域 $R_a \leq 0.2 \text{ nm}$ ，全口径多点测量 $R_a \leq 0.3 \text{ nm}$ ，亚表面缺陷层厚度 $\leq 5 \text{ nm}$ ，关键性能指标离散度 $\leq 15\%$ 。

(4) 通过合作建立红外光学元件原子级高一致性制造联合验证平台 1 个，完成不少于 1 项典型红外光学元件高一致性原子级制造工艺联合验证，并达到表面质量、亚表面缺陷及关键性能一致性指标要求；组织开展原子级光学制造研讨会 2~3 次，其中

外方人员参会比例不少于 20%，中外合作发表高水平论文不少于 5 篇，联合培养青年科研人员或研究生不少于 5 名，中外人员交流互访不少于 20 人次。

关键词：红外光学元件；超精密抛光；原子级去除；缺陷演化；性能一致性

其他要求：拟支持中央财政经费 700 万元人民币。

2.5 面向先进制造的工业时序大模型国际合作研发及应用示范（应用示范类）

合作目标与研究内容：

聚焦关键工业软件自主可控、制造业“智改数转网联”发展，面向先进制造中多源异构工业数据融合、生产过程长短周期时序演化建模和复杂任务协同优化等关键难题，通过关键技术联合研发、脱敏工业生产数据与评测基准共享等合作方式，联合国（境）外优势科研机构和企业，提升我国工业时序大模型研发水平，并在先进制造领域开展应用示范。具体包括：研究工业多源异构时序数据统一表示与关联分析方法，构建融合传感器时序、设备日志、工业检测数据和质量数据等异构生产过程数据的工业时序大模型，实现制造过程多源信息融合与过程状态感知；研究面向工业时序数据的检索增强生成与长时间序列建模方法，突破长周期趋势分析和短期异常检测关键技术，提高工业大模型对复杂生产过程的预测分析能力；研究工业时序模型轻量化、面向时间敏感任务的语义通信与端边云协同部署、多专家智能体编排与协同优

化方法，支撑异构产线适配、柔性调度和跨工序协同。形成面向柔性先进制造的工业软件平台，并在航空航天、精密机械制造、集成电路等重点制造行业及电力等流程工业领域开展应用示范。

考核指标:

(1) 工业问答任务准确率 $\geq 90\%$, 工业时序分析任务响应时间 $\leq 2s$ 。

(2) 形成面向工业长时间序列的检索增强生成方法，支持历史运行数据相关片段检索；Top-K 时序相关片段检索召回率 $\geq 90\%$ ，基于检索增强的方法相比无检索增强方法，长周期趋势预测误差降低 $\geq 10\%$ ，短期异常检测 F1 值提升 $\geq 5\%$ 。

(3) 形成面向复杂制造任务的多智能体轻量化与端边云协同工业软件平台系统，含工业多源异构时序数据管理与统一表示、工业过程状态感知与时序关联分析、工业时序检索增强与长周期预测分析、工业时序模型轻量化与端边云协同、多智能体任务编排与协同等模型和软件模块；该平台系统在核心任务精度保持率 $\geq 90\%$ 的条件下，推理显存或算力开销降低 $\geq 30\%$ ，端边云采用语义通信传输的平均数据量较原始数据传输方式降低 $\geq 30\%$ ，边缘侧平均推理时延减少 10%。

(4) 在航空航天、精密机械制造、集成电路等重点制造行业及电力等流程工业领域开展不少于 2 个系统部署与示范应用，至少 1 项质量、状态或工艺时序预测指标达到平均绝对百分比误差 $\leq 10\%$ ，较同类基线方法提升不低于 6%，在不少于 2 种产品型

号的异构产线适配、柔性产线调度、跨工序优化等复杂任务中完成验证，任务完成效率提升 $\geq 15\%$ 。

(5) 建立国际合作机制 1 套，与不少于 1 个国外团队开展联合研究；联合开发模型、算法、软件模块、评测基准或应用系统等不少于 2 项；中外人员交流互访不少于 30 人次。中外合作发表高水平论文不少于 4 篇，受理发明专利不少于 8 项。

关键词：先进制造；工业时序大模型；工业时序分析；语义通信；端边云协同；

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

2.6 特种合金钢搅拌摩擦焊关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向国家战略领域对特种合金钢高质量焊接的迫切需求，联合国际优势科研力量，开展搅拌摩擦焊搅拌头材料设计和制造技术研究，加速重载装备、长寿命搅拌头及工艺评价等关键技术突破，形成覆盖装备—材料—工艺—评价全链条的共性技术体系，实现特种合金钢搅拌摩擦焊在典型材料及产品上的应用验证，为我国高端制造领域提供自主可控的特种钢固态焊接成套解决方案。具体包括：研究高扭矩、大顶锻力、高刚度重载搅拌摩擦焊接系统设计方法，突破其高精度控制关键技术，开发适应特种合金钢搅拌摩擦焊接需求的成套装备与智能控制系统；研究搅拌头

在高温高应力下的服役行为与失效机理，建立基于高温耐磨性与抗断裂协同调控的长寿命搅拌头材料设计与制备方法；研究特种合金钢搅拌摩擦焊热—力—组织多场耦合演化机制，揭示焊接过程热循环、材料流动与微观组织演变的内在关联规律；开展特种钢搅拌摩擦焊接性能评价方法研究，实现特种合金钢搅拌摩擦焊接技术在典型特种合金钢材料焊接及产品的应用验证。

考核指标:

(1) 重载搅拌摩擦焊接装置：主轴扭矩 $\geq 2400 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，顶锻力 $\geq 200 \text{ kN}$ ，具备 3~12 mm 厚钢板焊接能力；设备最大焊接行程 $\geq 5 \text{ m}$ ；X/Y/Z 轴定位精度 $\leq 0.05 \text{ mm/m}$ 。

(2) 焊接设备控制系统：可实现主轴转速、焊接速度、焊接压力、前进抗力及扭矩等数据实时监控、采集，传感器采样频率 $\geq 1024 \text{ Hz}$ ，并形成不少于 3 种钢材的焊接工艺数据库。

(3) 搅拌头研制：开发出适用于 3~12mm 特种钢板的搅拌头 ≥ 3 款，实现 6mm 特种合金钢板用搅拌头寿命 ≥ 100 米。

(4) 焊接质量评价：从焊接强度和表面质量等方面建立特种合金钢搅拌摩擦焊接性能评价方法不少于 2 种；特种钢焊接接头的抗拉强度大于母材；焊接变形量 $\leq 10 \text{ mm/m}$ 。

(5) 典型材料焊接及产品应用验证：实现 ≥ 3 种特种合金钢（不锈钢、高强结构合金钢等）焊接；完成至少两款典型产品（平板、曲面板）的钢板焊接生产并通过应用验证，单条焊缝长度 $\geq 5 \text{ m}$ ，焊缝无损检测合格。

(6) 学术交流及学术成果：组织开展特种合金钢搅拌摩擦焊研讨会不少于 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外人员交流互访不少于 20 人次；受理发明专利不少于 5 项，中外合作发表高水平论文不少于 5 篇。

关键词：搅拌摩擦焊接；特种合金钢；搅拌头材料；重载主轴系统

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

2.7 太赫兹多收发芯片间硅光互连技术合作研究(基础研究)

合作目标与研究内容：

面向太赫兹 FMCW 多收发阵列雷达多通道同步差、金属射频互连损耗高、通道相位失配严重等共性痛点，通过国际合作，开展太赫兹芯片间硅光互连基础理论与核心器件创新研究。研制系列核心光子器件与验证芯片，建立一套可适配太赫兹阵列雷达芯片的硅光互连设计理论、仿真模型与工艺体系。构建完善知识产权体系，建立常态化中外学术协同机制，培养硅光子与太赫兹雷达交叉基础研究人才，为太赫兹阵列雷达提供低损耗、高精度、抗辐照的硅光互连技术。具体包括：研究跨频段互连机理：解析近红外双频光拍频生成太赫兹调频信号全过程，揭示多通道光波导相位漂移、通道串扰对相位传递特性的影响规律，以及芯片间近红外波段光信号分发、全局光子同步、多通道线性调频光载波传输机理，探究空间总剂量、单粒子辐照造成硅光波导、调制器、

耦合结构性能退化的物理机制；合作研发硅光互连核心器件：设计多通道低串扰 WDM 并行光子互连阵列、片上光子相位自校准单元与硅基调频微环光梳，突破硅光中介层高密度分光、分束、相位补偿器件设计技术，开发可输出双路差频光信号的通用光子载波源；合作开展混合集成工艺与系统验证：开发太赫兹芯片与硅光中介层高精度异质键合工艺，实现近红外光与片上光电单元的高效耦合，建立多通道损耗、相位一致性、调频线性度标准化测试表征体系，试制硅光互连验证芯片，形成跨频段互连设计规范；硅光互连空间适用性与抗辐照研究：针对空间辐射引发的器件性能衰减问题，研究空间辐照环境下总剂量效应与单粒子效应对硅光波导损耗、调制器效率及耦合效率的退化规律；优化光波导、调制、耦合结构，完成抗辐照架构迭代，保障高速光子互连在空间辐照环境下稳定可靠工作。

考核指标：

（1）建立跨频段硅光互连模型，包含光通道相位误差、损耗、串扰，形成仿真模型库 1 套，包含器件模型 ≥ 20 个。

（2）硅光中介层集成近红外光子互连通道 ≥ 16 路，光耦合损耗 ≤ 2 dB；1550 nm 波导传输损耗 ≤ 1.5 dB/cm，通道光学串扰 ≤ -30 dB；相位误差 $\leq \pm 8^\circ$ ；太赫兹芯片与硅光中介层键合对位精度 ≤ 100 nm。

（3）构建太赫兹 FMCW 雷达回波高速光回传通道，单通道光信号传输速率 ≥ 50 Gbps，收发端互连功耗 ≤ 10 pJ/bit。

(4) C 波段微环光梳原型, 实现双频光差频中心频率覆盖 0.1~0.3 THz 区间, 满足 FMCW 雷达扫频需求。

(5) 硅光互连验证芯片关键电路, 包含硅光波导与调制器, 抗总剂量辐照 $\geq 1\text{Mrad}(\text{Si})$, 抗单粒子闩锁 LET 阈值 $\geq 75\text{MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{mg}$ 。

(6) 中外人员交流互访不少于 20 人次; 培养硅光子与太赫兹雷达交叉基础研究人才不少于 5 名; 中外合作发表高水平论文不少于 4 篇, 受理发明专利不少于 5 项。

关键词: 光拍频跨频段互连; 硅光互连; 混合集成

其他要求: 拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

3.能源领域

3.1 高温燃烧炉在线感知、数字孪生与智能调控技术国际合作研究(应用示范类)

合作目标与研究内容:

针对典型高温燃烧炉(燃煤锅炉、工业窑炉)燃料品质等关键热工参量在线感知难、宽变工况燃烧与传热耦合机制不清、多目标协同智能调控挑战大等现状, 联合国际优势科研力量, 合作开展典型高温燃烧炉在线感知、数字孪生与智能调控技术研究。具体包括: 研究高温燃烧炉宽变工况燃烧与传热耦合机制, 开发燃料品质、燃烧状态、热应力等在线监测与状态识别技术, 形成全流程关键参量在线感知技术体系; 联合攻关人工智能加速的流-热-力耦合快速计算方法与模型, 实现关键热工参数实时快速精准

预测；研发数理混合驱动的宽变工况燃烧快速预测与多目标协同智能调控系统，突破能效、排放与安全多目标协同优化难题；集成构建基于多参量在线感知的数字孪生平台，开展工程验证，实现“感知-计算-调控”闭环，提升典型高温燃烧炉复杂工况下的自适应抗干扰能力和智能运行控制水平，服务我国相关行业智能化产业升级与技术输出。

考核指标：

（1）联合研发高温燃烧炉入炉燃料品质、炉内烟气组分及受热面热响应等在线感知技术装备 5~8 项，燃料成分检测误差 $\leq 2\%$ ，关键烟气组分检测误差 $\leq 5\%$ ；建立典型高温燃烧炉流-热-力耦合快速计算方法 1 套，计算响应时间 $\leq 10\text{s}$ ，系统关键温度、燃烧源 NO_x 浓度等热工参数预测误差 $\leq 5\%$ 。

（2）共建多目标协同智能调控系统 1 套，具备关键热工参数快速预测、能效-排放-热安全多目标协同优化、安全预警等功能模块，适应超低负荷及快速变负荷工况，智能决策时间 $\leq 3\text{min}$ ，安全异常等诊断准确率 $\geq 90\%$ 。

（3）完成基于多参量在线感知的数字孪生平台开发，并在境内或境外 300MW 及以上（机组额定发电功率）燃煤电站锅炉、10MW 及以上（额定燃料热负荷）工业窑炉场景各建立工程示范 1 个，实现 30%低负荷下电站锅炉效率提升 $\geq 0.3\%$ ，工业窑炉额定负荷单位产品燃料消耗降低 $\geq 0.5\%$ ，超温等安全风险明显下降。

(4) 合作发表高水平 SCI 论文不少于 4 篇；组织开展主题国际研讨会 1~2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；与不少于 2 家国（境）外团队联合举办国际专题论坛或国际培训 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外人员交流互访 ≥ 30 人次；基于跨区域合作，形成高温燃烧炉智能化政策建议或技术标准（团体标准及以上报批稿）合计 ≥ 2 个，形成技术出口方案 1 套，推进单项或整体技术输出。

关键词：高温燃烧炉；多参量在线感知；数字孪生；智能调控

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

3.2 新一代卫星光储电源系统及测试技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向低轨天基智能卫星网络对新一代卫星电源系统在空间极端环境下高效率、轻量化、高可靠和长寿命的核心需求，聚焦新一代卫星的光储电源系统及核心部件，重点突破大功率光储电源系统架构设计、电-热-荷一体化管理、抗辐照宽禁带功率器件、高功率密度电能变换及全链路验证等关键技术瓶颈。通过中外协同合作，构建新一代卫星电源系统技术联合研发国际网络，为工程型号化应用奠定基础。具体包括：面向天基智能卫星网络的新一代低轨卫星平台能源系统总体架构，研发大功率空间光储电源

系统轻量化、高可靠设计技术；开发高可靠抗辐照宽禁带半导体功率器件及可靠驱动保护技术；攻关适应空间极端环境的大功率电能变换装备高功率密度、高可靠、高效率设计及控制技术；研究整星电-热-荷协同能量管理策略，研发新一代卫星平台多任务通用能量管理平台；研发大功率空间光储电源系统地面模拟测试技术，提出新一代卫星光储电源系统地面验证实验与在轨考核工程技术方案。

考核指标:

(1) 形成支撑天基智能卫星网络应用的新一代低轨卫星综合能源系统总体方案，整星额定功率 ≥ 10 千瓦，母线电压 ≥ 100 伏，光储电源系统占整星干重质量比 $\leq 15\%$ (不含线缆)，适用于新一代千帆、星网等高功率低轨卫星平台。

(2) 研制高可靠抗辐照宽禁带半导体功率器件，耐压 ≥ 1 千伏，抗单粒子辐照耐压 ≥ 600 伏。

(3) 研制大功率空间电力变换器，额定功率 ≥ 10 千瓦，质量功率密度 ≥ 1 千瓦/千克，体积功率密度 ≥ 1 千瓦/升，峰值转换效率 $\geq 98\%$ ，母线稳压偏差 $\leq \pm 2\%$ 。

(4) 开发新一代卫星平台电源-热控-载荷通用化综合能量管理系统，覆盖 ≥ 5 类典型任务场景 (包括满载持续运行、突发快速响应、在轨循环供能、能源故障恢复、末期稳定运行等)。

(5) 建成面向整星的光储电源系统测试平台并进行地面模拟测试，针对电能变换器、能量管理平台及系统级原理样机，完

成功能性能测试、热真空热循环环境试验、振动试验及电磁兼容试验，核心部件及系统级原理样机具备空间在轨飞行条件，并完成 ≥ 5 类典型工况的联调联试验证。

(6) 建立国际创新合作联盟 1 个，成员包含亚洲、欧洲、美洲、非洲等的知名合作单位 ≥ 4 个；编制专题国际报告 ≥ 2 份，在全球性清洁能源高级别会议上对外公开发布。

(7) 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：新一代卫星；空间光储电源系统；空间电力变换；地面模拟测试

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.3 基于多元储能与数字孪生的高韧性产业园区能碳协同技术合作研究及示范应用（应用示范类）

合作目标与研究内容：

针对产业园区多能流耦合场景下的碳排放与能效协同机制不清，园区级数字孪生手段缺乏，以及高温高湿、弱电网或离网等特殊环境下运行韧性不足等挑战，联合国际优势科研机构和技术需求单位，开展基于多元储能与数字孪生的高韧性产业园区能碳协同技术合作研究及示范应用。具体包括：面向不同气候条件与数据丰裕程度的园区场景，研究园区电冷热负荷与碳排放联合预测技术，构建园区负荷与碳排放联合预测工具；面向不同资源禀赋和负荷特性的园区场景，研究基于多元储能的零碳园区源网

荷储协同规划方法，构建基于数字孪生的零碳园区规划与校核评估方法，支撑规划方案的多场景推演和反馈优化；研究基于深度强化学习的园区智能调控方法和基于数字孪生的运行策略在线校核与修正方法，支撑智能调控策略的安全执行；面向转折性天气、极端灾害、人为破坏、电网及通信故障等条件下的安全保供需求，研究多元储能主动支撑关键技术，构建涵盖灾前协同防控-灾中生存保供-灾后快速恢复的韧性提升技术体系；研发高韧性产业园区能碳协同系统，开展工程落地示范，验证复杂工况下方案的可复制性与推广价值。

考核指标：

（1）联合开发高韧性产业园区能碳协同关键技术 3 项；电化学储能效率 $\geq 90\%$ ；储热系统效率 $\geq 95\%$ ；园区可再生能源就地消纳率 $\geq 85\%$ ，碳排放水平降低 $\geq 5\%$ ；建立基于数字孪生的运行策略在线校核与修正机制，策略校核修正响应时间 ≤ 5 分钟，经校核修正后未触发安全事件的策略占比 $\geq 95\%$ ；极端情况下，重要负荷离网持续运行时间 ≥ 12 小时；停电事故后，恢复 90% 负荷的时间缩短 $\geq 20\%$ 。

（2）中外共建高韧性产业园区能碳协同系统平台 1 个，开发具备预测、规划、运行、调控等功能的决策模块 1 套；系统平台应具备多能流数据接入与融合能力，支持不少于 5 类异构数据源实时接入；平台核心预测模块的负荷与碳排放联合预测相对误差 $\leq 10\%$ ；规划模块支持不少于 3 种典型园区场景的在线推演与

方案校核；调控模块支持基于深度强化学习的策略在线更新与数字孪生校核闭环运行；

(3) 示范工程包含中方典型示范区 2 个，外方典型示范区 1 个；示范工程包含电化学储能和热能存储，用电负荷 ≥ 20 兆瓦。

(4) 组织国际学术交流活动 ≥ 1 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；联合举办国际专题论坛或国际培训 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外人员交流互访 ≥ 20 人次；与 ≥ 2 家合作国家科研机构建立联合平台（基地）；受理发明专利 ≥ 5 项（含国际专利 ≥ 2 项），联合发表高水平论文 ≥ 3 篇。

关键词：高韧性园区；多元储能；数字孪生；深度强化学习；碳排放核算

其他要求：拟支持中央财政经费 850 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

3.4 适应多气候条件的高性能热泵前沿技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

全球建筑供热正加速从化石能源向高效电气化、可再生能源利用和低品位热回收转型。热泵技术作为替代化石能源的核心路径之一，仍面临适用温域窄、气候适应性差、可控性不足等瓶颈。亟需以全球应用场景和产业需求为基础，通过国际合作，开展适应多气候条件的高性能热泵前沿技术联合研发。具体包括：耦合协同多股不同品位热源，提高热泵系统的多气候适应性；利用多

元非共沸工质的温度滑移特性匹配温度跨度大、温度波动大的多股热源(如室外空气 $-40\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、浅层土壤 $0\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、地下水 $5\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、城镇污水及建筑排风 $10\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的异质热源温度跨度与波动),降低系统焓损提高能效;构建一套多热源热泵系统,实现严寒地区、寒冷地区及夏热冬冷地区的宽温域条件自主适配;引入智能控制算法,使多热源热泵随气候、负荷以及热源波动过程实现自适应优化运行;解决多热源热泵在多气候条件下的适用性问题,形成面向国际市场的成套技术体系,为全球供热系统的深度脱碳与智能化转型提供中国方案,助力提升我国热泵技术的国际话语权和全球市场份额。

考核指标:

(1) 实现多热源(空气/土壤/地下水/废热 ≥ 4 类)稳定耦合运行,覆盖 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 宽热源温度, $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 出水温度工况下 $\text{COP}\geq 2.0$,多热源模式较单热源能效提升 $\geq 50\%$,运行周期除霜能耗较空气源逆循环除霜热泵降低 $\geq 90\%$ 。

(2) 建立非共沸工质(工质配方 ≥ 3 种)物性参数库,以及宽温域多热源适配性评价方法,实现多热源温度滑移匹配精度 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相较于多热源纯工质循环焓损降低 $\geq 20\%$,工质筛选平台覆盖热源温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 开发多热源热泵系统 AI 调控算法,实现系统 24 小时连续运行性能预测误差 $\leq 5\%$,AI 优化控制较传统逻辑控制实现运行节能 $\geq 20\%$ 。

(4) 在国内外建成多气候示范工程 ≥ 2 处(覆盖严寒区、寒冷区或夏热冬冷区), 样机数量 ≥ 2 套, 完成欧盟安全合格标志(CE)认证与英国合格认定(UKCA)认证, 单套系统制热量 $\geq 40\text{kW}$, 单个示范供热面积 $\geq 500\text{m}^2$, 单套系统连续稳定运行 ≥ 1 个完整采暖季(≥ 120 天), 形成实际多气候跨地域动态性能数据库1套, 形成多热源热泵性能测试标准(团体标准及以上报批稿)1套。

(5) 组织召开国际研讨会1~2次, 其中外方人员参会比例不少于20%; 联合举办国际专题论坛或国际培训 ≥ 2 次, 其中外方人员参会比例不少于20%; 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词: 多热源热泵; 非共沸混合工质; 宽温域匹配; AI智能调控

其他要求: 拟支持中央财政经费300万元, 配套经费与中央财政经费的比例不低于1:1。

3.5 低温再生直接空气碳捕集技术合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容:

针对直接空气碳捕集(DAC)技术中二氧化碳产率低、捕集能耗高、吸附剂湿热稳定性差及波动性可再生能源与DAC系统动态匹配调控难及单一气候区数据难以支撑跨区域适用性评价等瓶颈问题, 亟需开展跨气候区联合研究与验证, 支撑DAC材料和系统性能受温湿度等地域气候条件显著影响下的全球适用性评价。具体包括: 联合国际优势科研力量, 突破以快捕集、易解吸

为核心的高性能低温再生型 DAC 固体吸附材料设计与公斤级放大制备，合作探究捕集材料结构化成型技术与再生工艺优化，构建再生温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 的 DAC 循环工艺；共享中外典型气候区环境与运行数据，联合构建分布式风光驱动 DAC 系统的动态调控与能量管理一体化模型，开展系统技术经济性分析研究，为分布式负碳排放技术体系及其国际推广应用提供理论支撑。

考核指标：

(1) 研制二氧化碳固体吸附剂，在 25°C 、 0.4mbar CO_2 、 $50\%\text{RH}$ 吸附， 60°C 解吸条件下，循环动态吸附量 $\geq 1.5\text{mmol/g}$ ，动力学测试半吸附时间 ≤ 20 分钟，50 次循环后容量保持率 $\geq 90\%$ ，实现单批次 50 公斤级放大合成，制备成本低于每公斤 150 元；开发结构化吸附剂成型工艺，吸附剂有效负载率 $\geq 85\%$ 。中外双方实验室按照统一测试方法完成吸附剂性能交叉验证。

(2) 搭建 CO_2 年捕集量吨级 DAC 样机，实现 CO_2 产品纯度 $\geq 95\%$ ，再生温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ，连续稳定运行 ≥ 72 小时；建立风光驱动 DAC 系统动态调控一体化模型，系统净捕集量占总捕集量 80% 以上；依托中外合作平台，在不少于 5 种典型地域气候工况下完成材料—工艺—系统模拟验证，形成中外共享的运行数据集和联合验证报告各 1 套。

(3) 中外人员交流互访 ≥ 10 人次；召开国际研讨会 1~2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外合作发表高水平论文 4~5 篇。

关键词：直接空气碳捕集；固体吸附剂；结构化成型；蒸汽辅助变温真空吸附；风光驱动系统调控

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元。

3.6 面向复杂场景的智能微网韧性提升关键技术合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容：

针对智能微网在系统安全稳定、供电可靠性、能源综合效率等方面存在的多维韧性不足问题，依托国内外产学研联合攻关，面向极端气象和自然灾害、大电网长时间停电、弱电网和低短路比、多设备故障、通信异常、突发孤岛运行等典型复杂场景，统筹考虑故障前预防、故障期间自持运行、重要负荷保障、故障后恢复、安全并网及优化提升等全生命周期韧性需求，开展面向复杂场景的智能微网韧性提升关键技术研究。具体包括：研究复杂场景下微电网协同规划与韧性评估方法，构建覆盖源、网、荷、储等多要素的一体化规划模型，建立适配国内外不同应用场景、政策法规、电力市场及技术标准的微网规划方案韧性评价指标体系；研究复杂场景下微网韧性控制策略生成技术，打造覆盖不同严重程度故障扰动和运行状态的复杂耦合场景，面向构网型储能稳定控制、构网型与跟网型变流器协同控制、电压频率支撑、并网切换、黑启动及故障恢复等关键技术，构建复杂耦合场景硬件在环仿真环境，开展不同运行状态和故障演化过程下控制策略的综合验证，攻克人在回路的微网控制策略生成技术；研究复杂

场景下微网电力设备智能运检技术，攻克联合巡检调度、图像/声纹识别、远程智能巡视等核心技术，构建云边端协同自治的智能巡检运维体系及一体化智能巡检管控平台，实现隐患诊断、故障定位、闭环处置全流程管控。

考核指标:

(1) 提出适用于复杂场景下的智能微网协同规划与韧性评估方法，形成微网韧性评价模型、指标体系及评估工具，面向 1000 节点以下微电网系统，单个规划方案安全评估用时 ≤ 5 秒。

(2) 提出适用复杂场景下的人在回路的微网控制策略生成技术，形成适应复杂场景下的微网智能调度策略验证平台，支持不同严重程度复杂场景及多时间尺度调控策略仿真验证，实现智能调控策略生成时间 ≤ 1 分钟，控制策略执行成功率 $\geq 99\%$ ，功率跟踪误差 $\leq 5\%$ ，微网供电可靠率 $\geq 99.95\%$ ，离网运行时间 ≥ 4 小时。

(3) 提出适应复杂场景下的微电网全生命周期智能运检控制策略，构建端侧缺陷识别、故障精准定位、隐患闭环处置运检体系，形成一体化智能巡检管控平台，实现设备缺陷实时检测与识别准确率 $\geq 92\%$ ，系统可靠性 $\geq 99.9\%$ ，平均响应时间 ≤ 2 秒，复杂隐患检测结果响应时间 ≤ 5 秒，系统具备良好的易用性与可扩展性，提升电力设备缺陷诊断准确率和设备运行可靠性。

(4) 形成 2 个国别以上的智能微电网韧性提升关键技术标准需求清单 ≥ 2 份；提出智能微网领域 IEC、ISO 或 IEEE 国际标

准建议稿 1~2 项；与智能微网领域国家人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：智能微网；复杂场景；微网韧性；协同规划；智能调控；构网型储能；智能运检；国际标准适配

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.7 面向海岛盐雾湿热环境的绿氢制储与纯化关键技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标和研究内容：

针对海岛地区高温、高湿、强盐雾、强风等复杂环境下绿氢产品稳定性不足、纯化储存装备长周期服役寿命受限等问题，联合国际优势科研力量和技术需求方，合作开展绿氢制备、纯化与存储全产业链关键技术研究。具体包括：开展典型热带高含水生物质原料气化重整制氢的影响规律研究，建立高湿原料预处理、自热转化、催化重整和气体调控工艺；开展耐盐雾湿热氢分离膜材料设计、可控制备、多组分气体竞争传输机制及膜组件集成研究，提升复杂环境下膜法纯化氢效率和长期稳定性；开展固态储氢材料及装备在高湿、高热、盐雾和强风环境下的充放氢稳定性、寿命、疲劳和失效机理研究，形成适用于海岛分布式绿氢应用和二次纯化的固态储氢系统；联合国外合作方开展氢能制储与纯化的需求调研，开展关键技术运行的海岛场景验证。

考核指标：

（1）完成 ≥ 2 类典型热带高含水生物质原料热转化制氢技术

路径验证，氢产率 $\geq 80 \text{ gH}_2/\text{kg}$ 干原料，产品气氢含量 $\geq 45\%$ ，适应原料含水率波动范围 15%~30%；研制万吨级生物质纯氧-水蒸气联合制氢样机 1 台，进料量 ≥ 2 吨/小时。

(2) 开发耐盐雾湿热环境氢分离膜材料及组件，在测试条件温度 40–60 °C、相对湿度 $\geq 95\%$ 、5 wt.%盐雾环境、膜上游压力 0.5–1.0 MPa 条件下， H_2/CO_2 分离选择性 ≥ 20 ， H_2 渗透率 $\geq 1000 \text{ GPU}$ ，连续运行 $\geq 1000 \text{ h}$ 后性能保持率 $\geq 80\%$ 。

(3) 建成固态储氢装置或样机 1 套，单体储氢量 $>5\text{kg}$ ，吸氢压强 $\leq 3.5\text{MPa}$ ，放氢压强 $\geq 0.2 \text{ MPa}$ ，供氢纯度 $>99.99\%$ ，2000 次充/放氢循环后容量保持率 $>90\%$ ，经固态储氢二次纯化后氢气纯度 $\geq 99.999\%$ ，在海岛场景部署抵抗 12 级强风固态储氢系统 ≥ 3 套。

(4) 完成固态储氢材料检验检测的 CNAS 认证和固态储氢装备检验检测第三方检测资格认证，形成相关行业/团体标准（报批稿）1 项。

(5) 发起新能源与绿氢相关国际倡议 >1 个；召开百人以上新能源与绿氢相关国际研讨会 >2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；国际合作发表高水平论文 ≥ 2 篇；中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：绿氢制备；氢分离膜；固态储氢；海岛场景

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.8 基于异质储能的算电冷热耦合机制及协同最优调度方法 合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

新能源直连智算中心是推动我国面向“一带一路”沿线国家算力出海和词元（Token）出海的重要支撑，这类建筑具有宽功率波动、高功率密度、大峰谷错配等特点，实现其节能低碳运行是重要挑战。联合国际优势科研力量、结合目标国家能源特性，突破复杂场景下异质储能、智算负荷与绿电直连协同调度技术，实现异质储能主动支撑的算电冷热协同稳定和新能源高效消纳，推动绿色、安全、低成本算力供给。具体包括：合作研究异质储能（冰浆、飞轮、储热等）、新能源（风电、光伏等）、电网与算力的耦合机制及稳定性机理；研发算电冷热梯级利用及多能动态交互技术；研发异质储能主动支撑调峰的秒级控制技术；开展算电冷热多工况协同最优调度技术联合研发及示范。

考核指标：

（1）联合研发算电冷热协同关键技术 3 项，稳定运行下故障/投切节点 $\geq 15\%$ 全节点，冰浆机械冷制冷系数 ≥ 10 ，电源使用效率 < 1.15 ，兆瓦级高速飞轮响应时间 < 80 毫秒，热物理储能效率 $\geq 95\%$ ，新能源消纳率 $\geq 99\%$ ；形成算电冷热协同相关国际标准建议稿或技术指南草案 ≥ 1 项，并向相关国际标准组织正式提交；参与团队包括欧洲、亚洲等不少于 3 家外方单位。

（2）研制异质储能多端协同控制装备，支撑响应时长 < 5 秒，

装备输出功率控制偏差率 $<0.8\%$ ，连续稳定运行 ≥ 1000 小时。

(3) 开发算电冷热协同调控系统，节点数量 ≥ 1000 ，落地应用于含每秒可完成超过 200 千万亿次浮点运算的智算负荷的国家级零碳中心；依托 IEEE 等国际组织，发布含算电冷热节点的规模化网络模型及其数据共享平台，汇集不少于 5 个国家 50 个实际案例的全年 15 分钟级时序数据，并被 5 个以上国家应用。

(4) 牵头组织国际学术会议不少于 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；联合举办国际专题论坛或国际培训 ≥ 4 次；中外人员交流互访 ≥ 20 人次；受理发明专利 ≥ 5 项，其中国际发明专利 ≥ 2 项，联合发表高水平学术论文 ≥ 5 篇。

关键词：算电冷热协同；多能流耦合机制；秒级主动控制；能量梯级利用协同最优调度

其他要求：拟支持中央财政经费 650 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

3.9 海上可再生能源多能互补集成系统协同优化技术联合研发（应用示范类）

合作目标与研究内容：

针对海上风电场、海上光伏等单一发电场的资源利用效率不高、安全韧性不足、发电成本居高不下等共性关键问题，联合国际优势科研力量和技术需求方，突破海上可再生能源多能互补集成系统协同仿真、优化设计、优化控制等关键技术，形成可复制推广的国际化系统优化技术解决方案，打造海上可再生能源系统

协同优化技术示范，服务清洁能源领域全球性科技合作机制，促进全球发展倡议。具体包括：研发海上可再生能源多能互补系统多物理场仿真与优化设计技术；开发面向高效经济发电并考虑场群尾流效应影响的海上可再生能源系统多源多尺度协同控制技术；研究面向电网弱连接的海上可再生能源系统并网稳定性机理、协同控制架构和控制技术；实现海上可再生能源多能互补系统的场级控制集成技术示范验证、海上可再生能源多能互补系统的多类型生态环境监测集成技术示范验证。

考核指标:

(1) 完成海上可再生能源多能互补系统多物理场仿真与优化设计技术研究报告，风光波储模型误差 $\leq 5\%$ ，可仿真物理场 ≥ 3 种（包括温度、风、波浪等），仿真时间颗粒度 ≤ 1 小时，空间颗粒度 ≤ 100 米，提出综合环境评估模型和生态效益的海上风电和光伏系统设计方案。

(2) 完成面向高效经济发电的海上可再生能源系统多源多尺度协同控制技术研究报告，参与场控的可再生能源种类 ≥ 2 种，总容量 $\geq 100\text{MW}$ 兆瓦，综合能源系统功率协同调度跟踪误差 $\leq 1\%$ ，月发电量提升最大值 $\geq 2\%$ （与常规非场控技术相比）。

(3) 完成面向电网弱连接的海上可再生能源系统并网控制技术研究报告，参与并网稳定控制的风电场规模不小于100兆瓦；在风电场并网点短路比不低于1.2~10.0的测试条件下，不脱网连续稳定运行时间 ≥ 72 小时；支持不少于2类变流器（风电变流器、

光伏逆变器等)并网协同运行。

(4) 建立 100 兆瓦级海上可再生能源系统优化技术验证示范工程,场站控制系统实现有功功率响应时间 ≤ 80 秒,生态环境监测系统包含 ≥ 10 个环境要素。

(5) 牵头发起海上可再生能源相关国际合作倡议,倡议合作方包含欧洲、亚洲等合作伙伴 ≥ 3 个;编制专题国际报告 ≥ 2 份,在全球性清洁能源高级别会议上对外公开发布;中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词: 海上风电;海上光伏;电力电子

其他要求: 拟支持中央财政经费 300 万元,配套经费与中央财政经费的比例不低于 5:1。

3.10 建筑立面光伏增效与装配式构件一体化关键技术联合研发(共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

建筑光伏一体化(BIPV)是实现建筑碳中和的关键路径,但受限于屋顶面积,立面光伏成为重要发展方向。当前,立面光伏普遍存在大角度入射效率低、常规晶硅组件在彩色、透光、弱光及温升等建筑性能方面适配不足,且产品与建筑构件集成度低,防水、抗风压、燃烧及寿命等规范达标难,制约了其规模化应用。国内外在 BIPV 领域核心技术上各有特色且形成优势互补,其中中国拥有全球最完整、成本最优的光伏制造产业链,而国外在建筑节能标准制定、系统集成设计、精细化建筑一体化应用方面积

累深厚。因此，亟需联合国内外优势科研力量，研发建筑立面光伏增效与装配式构件一体化关键技术并完成验证。具体包括：研发针对立面光伏的宽频段广角陷光技术，提升大角度入射条件下的光吸收率；研发大面积高效彩色光伏组件，在保障转换效率与长期稳定性的同时满足建筑美学需求；开发兼具发电、隔热保温、防水阻燃、抗风耐候等全维度性能的仿建材装配式光伏构件，推动 BIPV 产品取得国内外权威认证；依托中外各方典型建筑场景，联合开展装配式光伏构件与立面集成系统的国内外工程示范与技术验证，推动相关成果转化与国际标准制定。

考核指标：

（1）在 $0\sim 89^\circ$ 的入射角范围、 $300\sim 800\text{nm}$ 的波段内，组件反射率 $< 5\%$ 。

（2） $300\times 300\text{ mm}^2$ 和 $1200\times 600\text{ mm}^2$ 的大面积组件的光电转换效率（PCE）分别超过 23% 和 20%；组件在 85°C 、85% 相对湿度条件下经过 2000 小时、 $-40\sim 85^\circ\text{C}$ 冷热循环 200 次后的效率保持率 $\geq 95\%$ ；陶土色 RAL8004 光伏组件功率保留率 $\geq 70\%$ ；温度系数 $\geq -0.2\%/^\circ\text{C}$ 。

（3）BIPV 产品 ≥ 2 种，并取得 IEC、CCC 认证证书；传热系数 K 值 $\leq 1.0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ；防水等级达到 I 级；燃烧性能达到 B1 级难燃标准；抗风压性能 $\geq 5.0\text{kPa}$ ，满足沿海地区使用要求；建筑一体化外观仿真度 $\geq 90\%$ ，色差 $\Delta E \leq 2$ 。

（4）合作单位 ≥ 3 国；国内示范项目 ≥ 1 个，国外示范项目

≥1 个，共计建筑适配场景数 ≥5 个，且单个项目装机容量 ≥100 kW；编制并正式出版行业标准 ≥1 个；装配式光伏构件产品销售额 ≥50 万元。

(5) 组织开展建筑光伏一体化的国际研讨会 ≥2 次，每次参会人数 ≥50 人，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外人员交流互访 ≥20 人次。

关键词：光伏建筑一体化；立面光伏；陷光技术；光伏组件；装配式构件

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.11 面向碳中和与韧性人居的现代木竹结构系统整体性能提升关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对中国木竹结构核心设计理论和标准支撑较弱，部分材料性能与世界先进水平差距较大，基础数据滞后，抗震防灾与气候适应性不足等现状，通过中外合作研究，重点突破高层/大跨度木竹混合结构体系关键技术，研发低碳高性能胶粘剂和工程木竹材料。具体包括：研发新型木竹混合结构体系，建立木竹结构内力分析与抗震设计方法，开发适合混合结构的新型抗震节点和组合连接技术，建立考虑气候适应性的围护结构节能设计方法；研发低碳环保的生物基高性能胶粘剂；开发高阻燃、高耐候的工程竹结构材料和高强度人工林胶合木；建立木竹材料生命周期环境影

响（LCA）数据库，开发健康性能导向的木竹结构建筑设计优化工具；结合研究内容进行木竹结构工程示范验证。

考核指标:

（1）研发可适用于 8 层以上的木竹混合结构体系，抗震设防烈度达到 ≥ 8 级，可适用于严寒、寒冷和夏热冬冷等不同气候区，围护结构满足国家节能设计标准要求，新型节点耗能能力较国内现行产品提升 $\geq 20\%$ 。

（2）研发 2 种高性能生物基胶粘剂，游离甲醛 $\leq 0.03\%$ ，剪切强度 ≥ 12 兆帕。

（3）研发 2 种工程竹材料，耐火极限 ≥ 1 小时，耐候性达到 50 年设计使用寿命要求；研发 2 种高强度国产人工林胶合木，抗弯强度标准值 $\geq 28\text{Mpa}$ 。

（4）通过国际合作联合开展严寒、寒冷和夏热冬冷等多气候以及包括不同基材成型、不同胶粘剂体系的多工艺木竹 LCA 实测，建立木竹材料 LCA 数据库 1 套，信息条目 ≥ 180 组；开发包含热工性能、经济成本、室内环境与 LCA 等健康性能导向的木结构建筑设计优化工具 1 个；完成木竹结构工程示范验证 2 项，建筑全生命期碳排放较传统钢筋混凝土结构建筑降低 $\geq 50\%$ 。

（5）中外人员交流互访 ≥ 10 人次。组织开展主题国际研讨会 1~2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%。

关键词：木竹结构；混合结构体系；高性能生物基胶粘剂；工程竹材料

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.12 气候变化背景下中欧城市水系统甲烷监测与能碳协同减排关键技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向城市水系统绿色低碳高质量发展需求与应对极端气候冲击的迫切挑战，针对当前温室气体（特别是高增温潜势的甲烷）核算边界模糊、动态释放特征识别不清、高精度在线监测设备缺乏，以及甲烷减排与能源消耗、能源回收协同优化不足等现状，联合欧洲相关机构开展城市水系统甲烷精准监测与能碳协同减排关键技术研发。具体包括：突破城市自然水体、管网输送、污水处理及回用水等多节点甲烷高频在线监测传感、原位校准与质量控制技术，研发适应复杂水环境的低功耗、抗干扰甲烷监测核心装备，集成关键用能设备能耗计量与数据同步采集模块；依托物联网与人工智能技术，构建涵盖供水、排水、污水处理全流程的城市水系统温室气体排放与能源消耗协同核算及多源监测数据共享平台，形成统一的动态核算边界、碳排放因子库及模型校核方法；结合欧盟城市水系统低碳治理经验，开展碳减排与气候适应目标下的情景模拟，研究甲烷削减、工艺能耗、能源回收与间接碳排放之间的耦合关系，开发兼顾甲烷减排、能效提升和净碳减排的绩效评价与多目标优化工具包；开发城市污水管网及集中式污水处理设施甲烷吸收、富集、转化与能源回收技术及装备，降

低甲烷逸散并提高回收利用效能;以典型城市实际水系统为对象,开展监测—核算—减排—能效优化一体化验证,形成具有国际共识的城市水系统水-能-碳协同减排规划指南。

考核指标:

(1)联合开发适用于水系统高湿度、复杂干扰气体的甲烷高频在线监测传感器与成套装备 ≥ 1 款,配套原位校准模块和能耗计量模块各 ≥ 1 套;其在总溶解气体压力0~2标准大气压时,量程范围不小于0~300微克/升,测量精度优于满量程的0.1%,传感器响应时间 ≤ 30 秒,每月满量程漂移 $\leq 0.5\%$,成套装备长期运行漂移率 $\leq 5\%$ /年;原位校准后示值偏差 $\leq$ 满量程的2%,能耗计量相对误差 $\leq 2\%$,甲烷与能耗数据时间同步偏差 ≤ 5 秒。

(2)建立城市水系统全链条能碳核算边界,共建水系统能碳多源智能监测与核算共享平台1个,实现 ≥ 50 个关键节点的甲烷浓度、排放通量和能耗数据实时接入与在线动态核查;经现场监测与计量数据校核,甲烷排放量核算相对误差 $\leq 20\%$,综合能耗核算相对误差 $\leq 5\%$;开发以甲烷减排为驱动、兼顾能效提升与净碳减排的协同降碳绩效评价与决策优化模块1套。

(3)联合开发城市污水管网及集中式污水处理设施甲烷吸收、富集及转化关键技术 ≥ 2 项,研制成套装备 ≥ 2 套,其中污水管网和集中式污水处理设施应用装备各 ≥ 1 套;在示范区的给排水管网、污水处理等密闭系统内甲烷综合削减率 $\geq 80\%$,回收甲烷有效利用率(进入发电、供热或其他能源利用环节的甲烷量

占回收甲烷量的比例) $\geq 80\%$, 持续运行 ≥ 1 个自然年。

(4) 在至少 3 个中外典型城市建成水系统能碳协同监测与甲烷减排示范区, 每个示范区至少覆盖污水管网和集中式污水处理设施 2 类实际应用场景, 累计覆盖污水管网长度 ≥ 20 千米、集中式污水处理规模 ≥ 15 万立方米/日, 每个示范区连续稳定运行 ≥ 1 个自然年; 相比传统治理模式, 示范区内水系统甲烷综合排放削减率 $\geq 30\%$, 污水处理单位水量综合能耗降低 $\geq 15\%$, 单位水量温室气体排放强度降低 $\geq 20\%$ 。

(5) 联合发表高水平论文 ≥ 4 篇; 受理发明专利 ≥ 3 件 (含国际专利 ≥ 1 件); 联合提出适用于中欧水系统的甲烷监测相关国际标准或技术指南草案 ≥ 1 项; 联合举办国际专题研讨会 ≥ 2 次, 其中外方人员参会比例不少于 20%; 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词: 城市水系统; 甲烷减排; 在线监测装备; 能碳核算; 气候冲击

其他要求: 拟支持中央财政经费 700 万元, 配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

3.13 面向沿海区域的固定式燃料电池热电联供关键技术联合研发 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

针对沿海海岛等可再生能源富集、弱电网供电和高盐雾湿热地区清洁稳定供能需求, 联合国际优势科研力量开展固定式燃料

电池热电联供发电关键技术与装备联合攻关，提升燃料电池发电系统对可再生能源波动工况、海岛弱电网运行工况和海洋环境的适应性。主要研究内容：研发海洋盐雾湿热环境下固定式燃料电池电堆结构耐久性集成技术与系统内环境腐蚀性控制与防护技术；研究海岛弱电网功率扰动诱导的燃料电池负荷谱表征与复合衰退机理；开发功率型储能对燃料电池负荷谱的调控机制及优化控制技术、固定式燃料电池热电联供系统优化运行技术；实现面向沿海海岛弱电网的燃料电池热电联供系统集成示范与长期运行评价。

考核指标：

（1）研制固定式热电联供的燃料电池电堆及系统样机，单套系统额定功率 $\geq 150\text{ kW}$ ，发电效率 $\geq 60\%$ ，热电联供最高综合效率 $\geq 98\%$ 。

（2）燃料电池负荷谱表征模型对电堆衰退趋势预测精度 $\geq 95\%$ ，形成固定式燃料电池海岛工况寿命评价方法 1 套；电堆平均电压衰减速率较未采用负荷谱调控策略降低 $\geq 20\%$ ；固定式燃料电池热电联供集成示范系统额定发电容量 $\geq 150\text{ kW}$ 。

（3）实现典型海岛负荷谱条件下关键负荷连续供电 ≥ 336 小时，试验期间关键负荷供电中断次数为 0；完成 ≥ 3 类典型海岛负荷谱运行验证，包含典型台风天气孤网保供工况、正常负荷工况、间歇性及冲击性负荷工况等。

（4）发起或加入燃料电池相关的国际倡议 1 个，倡议签约方

包括亚洲、欧洲国家 ≥ 5 个，建立 ≥ 5 个国内外城市的国际合作网络，国际合作发表高水平论文 ≥ 3 篇；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：固定式燃料电池；热电联供；海岛场景

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

4. 国际标准

4.1 原子尺度长度计量溯源国际合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向原子级制造、集成电路等领域对亚纳米级精度精密测量的迫切需求，围绕新一代国际“米”定义复现方法，聚焦原子尺度长度计量溯源与标准能力建设，建立硅晶格常数实物标准，形成原子尺度长度计量溯源体系。通过中欧协同研究，抢占原子尺度精密测量技术制高点，提升国际话语权，推动计量能力与标准的国际互认与应用。具体包括：与欧洲国家合作开展研究基于 X 射线干涉仪的硅晶格常数精密测量方法，为国际科学技术数据委员会（CODATA）提供参考数据；合作研究制备硅晶格计量标准器，联合攻关皮米级控制、X 射线干涉信号解调、微位移传感器计量溯源等关键技术，实现国内原子尺度长度计量能力的突破；联合制定国际比对方案，研究测量结果不确定度分析方法，开展原子尺度计量能力国际比对，实现量值等效与国际互认；合作形

成几何量精密测量技术路线，开展精密测量领域相关国际标准联合试验验证与迭代，推动凝聚国际共识。

考核指标：

（1）硅晶格常数测量不确定度 $3.0 \times 10^{-18} \text{m}$ ，研制硅晶格常数计量标准器 2 套。

（2）基于 X 射线干涉仪的微位移传感器测试标准不确定度 8 nm。

（3）完成原子尺度测量仪器测试评价 3 项，原子尺度计量国际比对 1 项。

（4）联合发布产品几何技术规范领域标准化研究报告 1 份，开展关键国际标准联合试验验证 2 项。

（5）组织开展国际研讨会 3 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外交流互访 ≥ 10 人次。

（6）发表高水平 SCI 论文不少于 3 篇，包含 CODATA 硅晶格常数测量结果的论文 1 篇。

关键词：硅晶格常数；计量溯源；原子尺度；国际比对

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

4.2 北斗时间全球站点计量科学数据高质量建设方法研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对北斗时间监测站点全球部署受限导致北斗时间准确性综合评估能力弱的问题，聚焦基于北斗系统建立精准可信高质量

科学数据集的需求，通过与时间频率国际权威计量组织或机构合作，研究北斗时间全球站点高质量科学数据构建方法，形成计量标准参考数据，支撑北斗时间量值传递与溯源的国内统一与国际互认。具体包括：按照标准参考数据理论，合作研究基于北斗系统的计量科学数据高质量建设科学框架和技术架构；合作攻关北斗时间传递的链路校准、实时监测与在线评估等关键技术，研制北斗时间监测与评估综合处理工具，开展高质量数据集建设；合作研发北斗时间传递数字校准证书并部署验证，支撑高质量数据集分发使用，形成广域可信北斗时间监测与评估一体化能力。

考核指标：

（1）完成北斗时间监测与评估一体化网络平台 1 套，实现国内外不少于 10 个北斗站点的观测数据采集，其中国内不少于 7 个站点，国外不少于 3 个站点，单个站点采集时间长度 ≥ 12 个月。

（2）北斗时间全球站点计量科学数据高质量建设科学框架 1 套，技术架构 1 套，制定相应的国家计量技术规范或国家标准 1 项。

（3）覆盖国内外主要站点的北斗时间监测与评估标准参考数据集 1 套，包括高质量数据 ≥ 10 万条，监测不确定度 ≤ 5 ns；基于北斗系统的时间传递数字校准证书系统 1 套，支持北斗三号频点（B1C&B2a）。

（4）与合作方联合发表高水平论文不少于 2 篇，中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：北斗系统；时间频率；计量科学数据；标准参考数据；高质量数据；数字校准证书；标准时间监测与评估

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

4.3 宽动态范围直流量子电能标准装置国际比对合作研究与应用示范（应用示范类）

合作目标与研究内容：

针对我国新能源产业因国际直流电能计量标准体系不统一所形成的贸易壁垒，以及动态直流电能计量能力不足的问题，开展宽动态范围直流量子电能计量标准关键技术国际合作研究、比对和应用示范，推动我国直流电能计量标准体系国际化输出，支撑我国能源企业全球竞争力提升。具体包括：合作研究宽动态范围直流电能量子化测量、宽量程电压电流比例扩展、高稳定度低温热管理与磁环境控制等关键技术，研制高可靠宽动态范围直流量子电能标准装置；合作开展支撑国际互认的直流电能计量比对、量值传递及不确定度评估方法研究，建立直流电能计量装备能力验证平台，构建直流电能量值一致性验证技术体系；依托计量国际多边合作机制，开展直流功率/电能计量国际比对与互认应用，并在新型电力系统、新能源等场景中开展应用示范。

考核指标：

（1）研制宽动态范围直流量子电能标准装置 1 套，量程：75mV~1500V、10mA~800A，相对标准不确定度： $\leq 1\text{E-}6@$ （1000V，120A，DC），动态频率范围：DC-6kHz，量子电压无

杂散动态范围： $\leq -100\text{dBc}@ (2\text{V}, 6\text{kHz})$ ，连续稳定运行时间不少于 4 小时。

(2) 建立宽动态范围直流电能计量装备能力验证平台 1 项，完成不少于 4 款典型直流电能计量装备的能力验证，其中国外装备不少于 2 款。

(3) 开展直流功率/电能国际比对不少于 1 项，形成直流电能值传递及不确定度评估方案 1 项。

(4) 在新型电力系统、新能源等不少于 3 个应用场景开展应用示范，形成应用技术报告不少于 3 份，其中国际应用示范不少于 1 项。

(5) 组织开展直流量子电能及其应用相关的国际研讨会不少于 3 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：直流电能计量；约瑟夫森量子电压；国际比对；国际合作；应用示范

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 5:1。

4.4 中国—东盟人工智能生成合成内容标识方法技术标准国际合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

人工智能生成合成内容标识是保障人工智能时代数字内容可信传播的重要治理手段，受国际广泛关注。我国已初步建立由

管理制度、强制性国家标准及配套实践指南构成的内容标识机制。本指南面向中国—东盟区域，围绕人工智能内容标识标准规则转化与技术指标协调，研究跨语种转换、国别指标映射与协同机理，联合突破跨语种语义理解、国别差异识别和可信推理等关键技术，开展多模态、跨平台验证，形成区域标准协同成果体系。具体包括：合作研究人工智能内容标识标准跨语种转化协同方法，分析术语、显隐标识要求及适用边界的等效性与互补性差异，形成兼顾语义一致性和技术可实施性的方法体系；联合突破多语种政策标准知识抽取、跨语种语义对齐、国别差异识别和可追溯推理技术，构建知识图谱与规则库，研发标准规则转化垂域大模型；合作建设标准协同验证平台，支持多模态显隐标识及关联信息检测、判定和跨语种、跨平台、跨国别互操作验证，检验标准转化规则在东盟多国环境下的有效性与一致性；共同研究标准规则转化成果凝练与国际协同机制，形成标准协同成果体系。

考核指标：

（1）形成中国—东盟人工智能内容标识标准跨语种转化协同方法体系，构建跨语种知识图谱与规则库，跨国别规则关联关系 ≥ 1000 组，建立评价测试数据集，测试数据包含 ≥ 3 类单元，知识条目抽样复核正确率 $\geq 90\%$ ，覆盖我国及 ≥ 3 个东盟国家。

（2）突破人工智能内容标识标准规则跨国别转化垂域大模型关键技术，支持 ≥ 3 个东盟国家的标准规则转化研判，单个标准平均转化与指标映射时间 ≤ 300 秒，关键要求漏检率 $\leq 10\%$ ，

标准条款生成语义差异识别 F1-score $\geq 70\%$ ，研判结果依据可追溯率 $\geq 95\%$ 。

(3) 开展中国—东盟人工智能内容标识标准协同兼容应用验证，建成技术指标协同与兼容验证平台，具备跨语种多模态显隐标识及关联信息的符合性判定和兼容性评价能力，覆盖文本、图像、音频、视频 ≥ 4 类模态，符合性判定准确率 $\geq 90\%$ ，在 ≥ 3 个东盟国家应用验证。

(4) 形成区域标准协同成果体系，凝练跨语种、跨国别共性规则，研制发布人工智能内容标识强制性国家标准东盟语言外文版 ≥ 3 份，联合东盟国家立项研制标识相关多语种国际/区域/团体标准 ≥ 3 项。

(5) 发表或录用高水平论文 ≥ 1 篇，受理发明专利 ≥ 2 项，完成软件著作权 ≥ 1 项，中外人员交流互访 ≥ 30 人次。

关键词：中国—东盟；生成合成内容标识；标准规则转化；技术指标协调；垂域大模型

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

4.5 中欧干细胞与类器官数据语义互通应用关键技术及国际合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对干细胞与类器官国际多中心临床试验及产品国际注册对接中数据标准不统一、语义互通难等问题，基于临床级人多能干细胞（hPSC）细胞系、类器官资源的临床数据，系统比较中欧

干细胞与类器官数据差异，突破数据语义互通关键技术；合作构建适用于国际多中心研究的干细胞与类器官数据标准体系和核心元数据库，推动形成国际标准；合作建设数据语义互通平台，实现中欧多机构间标准化数据的智能映射和语义对齐，支撑干细胞与类器官数据规范管理与国际协同应用；联合中欧相关机构，开展多场景验证及示范应用，推动标准、平台和数据资源的国际互通，形成干细胞与类器官数据国际互认路径。

考核指标:

(1) 围绕中欧干细胞与类器官数据差异，突破多源异构数据结构识别、复杂术语语义对齐、知识图谱映射、数据质量动态感知、可信交换及全生命周期追溯等语义互通关键技术，形成 ≥ 10 项技术组件或功能模块；中欧联合发布《hPSC 临床级细胞系核心数据元白皮书（中英文）》或同等级国际共识文件 1 项以上。

(2) 构建适配关键技术、与国际对接的干细胞与类器官数据标准体系，形成《干细胞与类器官数据标准体系建设指南》1 份；牵头推进 ≥ 2 项干细胞与类器官元数据、数据质量相关 ISO 国际标准或区域性国际联盟标准立项或已立项标准向前 1~2 个阶段；形成 ≥ 4 项干细胞与类器官数据分类、形态、溯源、互操作、安全相关 ISO 国际标准或区域性国际联盟标准提案文件。

(3) 建成 1 个中欧联合运行的干细胞与类器官数据语义互通平台，形成核心数据元与元数据模型 1 套，覆盖 hPSCreg 核心数据元字段 $\geq 80\%$ ；嵌入关键技术工具或功能模块，实现语义映

射准确率 $\geq 90\%$ ，核心字段自动映射率 $\geq 85\%$ ，数据完整性校验通过率 $\geq 95\%$ ；支持中英双语服务，具备数据脱敏、权限控制、身份认证、日志审计等安全合规功能；完成 ≥ 3 类典型数据、 ≥ 5 家机构的双向语义互认，互认成功率 $\geq 95\%$ ；平台通过第三方技术测试。

（4）建立中欧长期运行的数据标准联合工作组或合作机制 ≥ 1 个，纳入联合工作组或合作机制的中欧双方机构 ≥ 50 家，参与国际标准组织活动专家 ≥ 10 人次；在 ≥ 5 家机构开展干细胞与类器官数据语义互通应用示范，形成 ≥ 5 份《干细胞与类器官数据语义互通应用示范报告》。

（5）中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：干细胞；类器官；数据标准；语义映射；语义互通平台；语义互通应用示范

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

4.6 低空跨境飞行关键技术与标准体系国际合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

立足低空跨境飞行国际化发展战略需求，联合东盟、欧洲等国际机构，协同构建低空跨境飞行标准体系，重点开展空域互联、适航互认、协同管控等核心领域标准研究，依托多区域低空跨境飞行示范验证，形成可复制、可推广的中国低空跨境解决方案；

坚持标准引领先行，带动国产低空装备与系统体系化输出，提升我国全球低空经济治理规则话语权。围绕“统一时空基准—推动适航互认—规范数据流通—跨境协同管控—集成示范验证”开展研究。具体包括：合作研究跨境低空空域统一编码方法与数字化表达模型、飞行高度基准统一与转换方法，构建跨境低空时空基准与空域数字化表达体系，形成统一时空基准；合作研究低空飞行器数字适航符合性本体模型、适航数据互操作协议、基于安全风险的互认理论，构建低空飞行器跨境适航符合性信息互认标准体系；合作研究低空飞行服务数据跨境流通机制，形成跨境飞行航空情报数据目录与交换规范，以及管控指令交互标准；合作研究风险识别、量化评估、预警与协同调控、应急处置关键技术与全流程安全管控调度体系，形成跨境飞行协同管控与运行调度规范与系统；联合建设低空跨境飞行综合集成验证平台，开展数字孪生、半实物和实地飞行验证，形成可复制、可推广的中国低空跨境解决方案。

考核指标：

- （1）形成《低空跨境飞行标准体系建设指南》1份。
- （2）形成《适航要求和符合性证据的标准化数据模型与交换格式规范》1份。
- （3）形成《低空跨境飞行航空情报数据交换以及管控指令交互标准协同规范》1份。

(4) 制定相关国际标准 1 项、区域标准/国家标准/民航行业标准/标准化文件共 3 项。

(5) 研发跨境飞行调度协同调度系统 1 套。

(6) 在粤港澳大湾区完成低空跨境飞行示范验证，试点飞行器最大载重 ≥ 50 公斤，累计安全飞行 ≥ 10 次；累计采集低空飞行过程数据 ≥ 50 小时，形成示范运行报告 1 份。

(7) 受理发明专利 ≥ 8 项（含国际专利 3 项）。

(8) 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

(9) 集成验证平台可支撑大于 200 架次飞行的数字孪生、半实物和实地飞行验证。

关键词：低空跨境；空域数字化；低空航空器；低空空管；标准体系

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

4.7 典型能源装备安全与能效检测关键技术国际合作研究及标准研制（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

热力发电设备、移动运输容器、长输管道等能源装备是能源基础设施的核心装备。保障共建“一带一路”国家共享能源装备的安全可靠服役，是国家战略合作的重大的需求。重点攻关典型能源装备的相似材料判定、能效评价、状态监测及安全评价等体

系化关键技术，解决国际相似材料等同替代、低碳运行能效评价、安全状态评定等方法缺失或差异性大等问题。通过国际协同合作，在关键测试数据、评价方法与技术标准等方面开展比对与应用验证，推动我国能源装备材料、能效、检测评价等安全节能成套技术在共建“一带一路”国家合作创新与应用，支撑能源装备互联互通与安全运行。具体包括：合作研究热力发电锅炉、移动式压力容器等能源装备用典型材料性能测试与相似性评价技术；合作研究超临界电站锅炉能效在线监测技术及高效板式热交换设备低碳运行综合能效测试评价方法；合作研究在役典型能源装备早期损伤原位智能监测技术及传感器高精度量值溯源技术与装置；合作研究典型能源装备的安全状态检验和缺陷智能识别评价技术，研制合作国家设备检验和缺陷共享数据库。

考核指标：

（1）在不少于 3 个国家完成典型能源装备用材料法规和技术要求方面的比对，确定不少于 3 种典型材料可比性的关键性能指标并形成技术导则。

（2）建立基于机理—数据双驱动的超临界电站锅炉效率在线监测评价方法 1 套，能效测试工况锅炉效率预测结果平均值与实测值的绝对误差不超过 $\pm 1.0\%$ ；建立板式热交换设备低碳运行能效评价方法（包含能效指标、测试边界、减碳量核算等）1 套，完成不少于 200 种板型的能效指标稳定性验证，在 $0.3\text{ m/s}\sim 0.8\text{ m/s}$ 流速范围内能效指标变化不超过 $\pm 5\%$ 。

(3) 建立移动式压力容器、大型储罐等能源装备缺陷扩展声信号智能识别模型，识别准确率 $\geq 90\%$ ，在不少于 2 种典型装备中应用。

(4) 建立声发射传感器等一级校准装置，声学频率范围覆盖 20 kHz~1 MHz，灵敏度校准扩展不确定度优于 1.0 dB ($k=2$)。

(5) 提出不少于 2 种典型能源装备缺陷图像智能识别和评价方法，建立典型缺陷样本库，构建缺陷分类与等级划分智能判定模型，模型总体识别准确率不低于 90%。

(6) 通过国际合作，在材料相似性、能效评价、传感器一级校准等方面推进 3 项国际标准立项或向前 1~2 个阶段；受理国际发明专利不少于 1 项，联合发表高水平论文不少于 3 篇。

(7) 与不少于 3 个共建“一带一路”国家开展能源装备的技术合作与应用，开展技术交流不少于 3 次；中外交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：能源装备；材料可比性；能效评价；安全监测评价；量值溯源

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

4.8 城市碳排放点面源一体化计量与通量数据国际互认关键技术研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向全球气候治理与“双碳”战略中城市尺度碳通量数据国际互认的迫切需求，针对中欧城市碳数据可比性差、互认机制缺失的瓶颈问题，联合构建碳数据质量评估与计量互认技术体系，形成互认技术规范与操作指南，支撑碳数据跨境互信，助力我国参与全球碳治理、提升国际碳减排的话语权。针对城市碳排放源精准计量标准缺失、中欧核算方法不统一导致数据差异来源不明、跨境互认标准缺失等问题，聚焦碳排放点面源协同计量与通量数据互认关键技术需求，通过联合研究与协同实证，推动碳监测计量技术、核算模型与评估标准的跨境等效互认与采纳。具体包括：合作研发基于人工智能（AI）的非对向三维皮托管流速测量技术与高灵敏差分吸收激光雷达监测技术，在钢铁、水泥和垃圾填埋场等典型排放场景形成可互认的碳排放点源与面源高精度协同计量方法；整合多源监测与活动水平数据，研发城市碳通量高精度动态核算模型，开展协同核算与交叉验证，识别数据差异来源，建立城市尺度碳通量计量溯源方法；联合构建涵盖数据完整性、核算准确性、更新时效性、信息透明度、溯源可靠性等维度的碳数据质量评估标准体系，联合编制城市碳数据质量互认技术规范与操作指南，形成可推广的跨境碳数据互认机制框架。

考核指标：

（1）研发基于 AI 的非对向三维皮托管点源与高灵敏差分吸收激光雷达面源精准计量关键技术 ≥ 2 项，点源碳排放量测量不

确定度 $\leq 2.5\%$ ($k=2$)，面源测量空间分辨率 $\leq 8\text{m}$ ，时间分辨率 $\leq 1\text{min}$ ；开展国际计量机构研究性比对 ≥ 1 项。

(2) 研发城市尺度多源动态碳通量核算模型 1 套，空间分辨率 $\leq 1\text{km}$ ，时间分辨率 ≤ 1 周，碳排放量核算不确定度 $\leq 15\%$ 。

(3) 共建涵盖完整性、准确性、时效性、透明度、溯源性 5 个维度、包含 ≥ 10 项核心量化指标的城市碳数据质量评估方法 1 套。

(4) 形成跨境碳数据互认示范案例 ≥ 2 项，案例须建立核算规则互认体系（含方法学对标等效证明、本土化排放因子互认清单），形成完整互认机制（含双边互认协议、操作规程），并在城市或重点行业领域开展应用验证。

(5) 合作举办学术会议不少于 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外交流互访 ≥ 10 人次；联合发表高水平论文 3 篇；完成国家标准或计量技术规范报批稿 2 项；受理发明专利 2 项。

关键词：城市碳通量；点面源碳排放；计量标准；数据质量评估

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

4.9 智能科研自主实验室标准与国际生态体系合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

围绕我国已有相关技术成果向标准化成果转化的关键环节，联合面向东盟、金砖等国家或全球南方代表性国家科研机构、标准化组织和应用单位，开展标准化技术路线图研究。在材料等领域，系统分析智能科研数据集、AI 算法模型、设备互联互通、科研知识图谱等技术发展态势和技术成熟度，明确可标准化对象和重点方向、验证路径和国际转化路线；开展标准体系构建研究。围绕跨设备、跨平台、跨场景、跨机构、跨国别协同需求，构建覆盖基础通用、参考架构、设备接口、实验指令、科研数据、实验流程、模型验证、安全合规、评价认证和运维推广等标准体系。支撑多类型设备统一接入、统一控制、数据互通和结果互认；开展重要标准研制与验证评价研究。围绕设备互联、数据互通、流程互认、模型可评、结果可信等共性需求，研制重点标准、技术规范和应用指南，建立标准符合性测试和评价方法，并在材料等典型场景和国内外合作平台中开展标准适配、跨平台验证和应用评价；跨境智能科研生态体系构建。依托开放协同生态和国内外合作伙伴网络，面向东盟、金砖国家或全球南方代表性国家，探索建立区域和产学研协同机制，建立智能科研创新联合体；探索中国标准国际化路径。

考核指标：

（1）形成智能科研自主实验室标准化技术路线图 1 份。

(2) 智能科研自主实验室标准体系 1 套，覆盖基础通用、参考架构、设备接口、实验指令、科研数据、实验流程、模型验证、安全合规、评价认证、运维推广等方向。

(3) 研制《智能科研自主实验室跨境协调实施指南》国际或区域标准 1 项，研制设备接口、实验指令、科学数据等技术规范 2 项以上，并实现立项或向前推进 1 个阶段以上；建立标准符合性测试和评价方法 1 套；在典型场景、2 个以上国内外平台、实验室或应用场景中开展标准适配和验证。

(4) 初步建立“中枢—节点”区域生态网络；产学研联合体及协同机制基本建立，推动 1 项以上标准形成国际标准或区域标准，多项事实标准应用案例或标准化合作验证案例，形成中国标准国际化路径。

(5) 发表高水平 SCI 论文不少于 2 篇，中外交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：智能科研；自主实验室；标准体系；标准化技术路线图；标准国际化

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。项目应具备或依托国家重大科技任务形成的平台级、规模化智能科研自主实验室系统基础、预标准化成果和持续运行的开放协同生态，具备多类型科学仪器、自动化实验设备和实验流程的统一接入、统一控制、统一调度和数据回流能力，基于已有实验指令集、接口函数、实验控制平台、科研模板库、典型应用场景和国内外合作

网络，推动我国智能科研自主实验室标准化方案走向国际采信和区域推广。

4.10 组学大数据质量控制与溯源性国际合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容:

聚焦我国生命健康数据国际话语权缺失及全球生命科学标准不统一的行业痛点，针对全球多组学大数据由于批次效应、平台差异和缺乏绝对定量锚定物导致的“数据孤岛”及无法跨队列比较等瓶颈问题，开展基于标准物质的多组学大数据质量控制与溯源性基础理论与方法学研究。通过中外协同研究，推动我国自主研制标准物质、绝对定量算法与计量方法的国际互认与多中心应用，提升我国在相关领域的国际影响力。具体包括：合作研究基于内参标准物质的转录组测序绝对定量在线校准算法，阐明序列依赖性偏差与系统性批次效应的物理与生物学机制，实现不同基因间、不同队列间转录组数据的绝对分子计数比较；联合构建基于标准物质与数字质控协同的多组学质量控制理论框架，确立多组学“AI就绪”数据质控分级标准与数学模型；联合构建分布式多中心智能校准与决策模型，从源头解析测量偏倚的传递规律，实现跨国异构组学数据的无偏标准化转化；合作建立跨境多中心数据质控与标准化评价体系，在重大疾病的多中心临床队列研究中开展分子分型与标志物发现的方法学可行性验证，为构建全球可比、可信的组学大数据生态奠定理论与标准基础。

考核指标:

(1) 推动组学标准物质进入国际权威组织互认体系, 实现至少 2 项标准物质被国际医学检验溯源联合委员会(JCTLM)收录。

(2) 验证转录组内参标准物质在不少于 3 种主流测序平台/文库构建方法下的绝对定量准确性, 校准后跨国/跨平台转录组数据的中位变异系数(CV)降低至 25%以下, 实现不同基因间绝对拷贝数的直接比对。

(3) 开发分布式多中心智能校准与决策算法模型 1 套, 集成不少于 10 种组学数据校正方法, 具备多因素偏差自动识别与校正策略智能决策能力; 经多中心数据集验证, 校正后系统性技术偏差降低 $\geq 30\%$, 生物学真实信号保留率 $\geq 80\%$, 支持跨境异构组学数据的分布式部署与标准化转化。

(4) 立项或推进组学数据相关领域 ISO 国际标准或技术规范 1~2 项, 培育组学数据相关领域 ISO 国际标准 3 项; 确立多组学“AI 就绪”数据质控分级标准与评价体系 1 套。

(5) 建立涵盖不少于 3 个国家 6 个机构的国际多中心质控研究网络, 编制通用双语标准化操作程序(SOP) 3~5 项; 推动我国自主研发标准物质在 1~3 个国际大型临床研究队列中进行方法学应用与数据比对。

(6) 联合发表高水平论文 ≥ 3 篇; 联合开展国际学术交流与中外人员交流互访 ≥ 10 人次; 联合举办组学计量标准与质量控制

主题的国际学术会议或国际技术培训 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不少于20%。

关键词：多组学标准物质；溯源性；批次效应；国际互认；AI就绪数据；国际多中心质控网络

其他要求：拟支持中央财政经费400万元人民币。

5.材料科学

5.1 面向绿电直连的电解水关键催化材料合作研究（共性关键技术）

合作目标与研究内容：

面向绿电直联条件下规模化电解水制氢的国家重大战略需求，针对贵金属资源依赖度高、非贵金属电极长效催化性能受限、批量制备一致性差等关键技术挑战，围绕真实工况下的界面动态演化关键科学问题，开展电解水制氢电极材料、膜电极界面结构、动态工况失效机制及装备验证的合作研究。通过中外协作，建立面向高电流密度、低材料成本和波动电力输入的电极材料设计、膜电极制备与电堆验证技术方法，开展绿电直联、载荷跟踪的电解水制氢催化材料创制与电堆的协同创新研究，研制国内绿电直联条件下高性能电解水制氢装备，实现波动性可再生能源高效稳定制氢。

具体包括：研究电极材料设计合成、活性位点精准调控及稳定性提升；研究膜电极多尺度结构构筑与传输性能优化；与用电或电力管理单位合作，提供绿电直联验证条件，研究高电流密度

与绿电直连、波动工况下电极-电解液界面瞬态变化，电极材料、核心部件失效机制与性能提升策略；验证电极材料批量化、均一化制备技术，开发百千瓦级制氢电堆；实现绿电直连电氢耦合系统协调控制。

考核指标:

(1) 碱性电解水 (ALK) 和阴离子膜 (AEM) 电解水制氢催化剂活性: 采用非贵金属基材料, 电催化剂在常压、KOH 溶液中 (ALK 使用 6 M KOH 电解液, 温度 80 °C, 饱和 Cl⁻ 浓度; AEM 使用 1 M KOH 电解液, 温度不低于 60 °C) 进行测试, 数据经 IR 补偿, 析氢过电位 $\leq 120 \text{ mV}@1 \text{ A cm}^{-2}$; 析氧过电位 $\leq 280 \text{ mV}@1 \text{ A cm}^{-2}$; 电催化剂在饱和 NaCl 中运行, 每间隔 24 小时室温启停一次, 运行 $\geq 3000 \text{ h}@1 \text{ A cm}^{-2}$, 电压增长率 $\leq 20 \mu\text{V h}^{-1}$ 。

(2) AEM 膜电极体系: 工作电压 $\leq 1.7 \text{ V}@1 \text{ A cm}^{-2}$, $1.95 \text{ V}@2 \text{ A cm}^{-2}@60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 运行时间 $\geq 5000 \text{ h}@1 \text{ A cm}^{-2}$, 电压增长率 $\leq 20 \mu\text{V h}^{-1}$; ALK 电极-隔膜体系: 工作电压 $\leq 1.75 \text{ V}@1 \text{ A cm}^{-2}@80 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 运行时间 $\geq 3000 \text{ h}@1 \text{ A cm}^{-2}$, 电压增长率 $\leq 20 \mu\text{V h}^{-1}$ 。

(3) AEM 电解水大面积电极批量制备与电堆验证: 建立大面积非贵金属阳极电极制备工艺, 单片膜电极面积 $\geq 0.24 \text{ m}^2$, 不同批次及不同位点膜电极在 1.0 A cm^{-2} 电流密度下电压差不超过 30 mV; 制氢电堆单电解槽功率 $\geq 100 \text{ kW}$, 稳定运行时间 $\geq 3000 \text{ h}@2 \text{ A cm}^{-2}$, 电压增长率 $\leq 20 \mu\text{V h}^{-1}$, 能耗 $\leq 3.9 \text{ kWh/Nm}^3 \text{ H}_2@0.5$

A cm^{-2} ，实现 10%–150%宽负载稳定运行，1%波动功率动态响应时间 $\leq 0.1\text{s}$ ；研发电氢耦合协调控制装置，制氢功率控制偏差 $\leq 1\%$ ，可再生能源波动功率下母线电压偏差 $\leq 10\%$ 。

(4) 质子交换膜 (PEM) 电解水制氢：阳极催化剂单批次 $\geq 100\text{ g}$ ；铱载量 $\leq 0.2\text{ mg Ir cm}^{-2}$ ，电解槽运行电压 $\leq 1.7\text{ V}@3\text{ A cm}^{-2}@80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，运行 $\geq 2000\text{ h}@2\text{ A cm}^{-2}$ ，电压增长率 $\leq 15\text{ }\mu\text{V h}^{-1}$ ，Ir 质量活性 $> 7.5\text{ A mgIr}^{-1}$ ，活性面积保持率 $> 80\%$ ，累计 Ir 的溶解 $\leq 5\%$ ；实现氧中氢含量 $\leq 0.1\% @2\text{ A cm}^{-2}@1.6\text{ MPa}$ 压差。

(5) 与有关国外科研机构共建 ≥ 1 个联合研究平台 (基地)；需要至少一家用电或电力管理单位合作，提供绿电直联验证条件；至少一家能批量生产上述电极企业。中外人员交流互访 ≥ 30 人次；合作举办学术会议 ≥ 3 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；发表高水平论文 ≥ 20 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 10 篇；受理发明专利 ≥ 20 件，其中国际专利 ≥ 3 件；培养学生 ≥ 5 人，培养青年人才 ≥ 5 人。

关键词：催化材料；电解水制氢；绿电直连；PEM 技术；ALK 技术；AEM 技术

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

5.2 超低功耗磁计算材料合作研究 (基础研究类)

合作目标与研究内容：

面向后摩尔时代超低功耗计算与复杂服役环境智能处理的

需求，针对传统半导体器件在计算功耗、处理速度等方面的瓶颈，聚焦具有本征太赫兹自旋动力学特性的反铁磁材料，开展中外合作研究，建立超低能耗电场操控方法，协同开展超低功耗磁计算材料与类脑计算原型器件架构研发，为突破后摩尔时代算力-能耗瓶颈提供材料物理新路径。具体包括：研究高质量反铁磁计算材料的可控制备方法与物性调控策略；阐明强磁场和电离辐射等多重极端因素对计算材料结构与物性的影响规律与物理耐受机制；基于超低能耗电场操控方法，系统研究电场对反铁磁自旋序的非易失性多态调控规律，揭示超低能耗数据写入的物理极限与实现路径；面向具身智能应用与多场景感知—计算需求，基于超低功耗磁计算材料发展无预处理计算架构，构建物理神经网络，实现高精度多模态感知特征提取。

考核指标：

（1）获得 ≥ 2 种反铁磁计算材料，构建电场操控的高质量反铁计算材料异质结。

（2）所获得的反铁磁计算材料均能够在 ≥ 50 T 强磁场环境下保持服役性能，电阻变化率 $\leq 1\%$ 。

（3）所获得的反铁磁计算材料均能够在总剂量 $\geq 1.5 \times 10^6$ rad（以钴源 γ 射线等为辐照源）的辐照后保持服役性能，电阻变化率 $\leq 1\%$ 。

（4）利用超低能耗电场操控方法，实现电场写入端电流 nA 量级，在所获得的反铁磁计算材料中均能够实现可分辨的非易失

性电阻态数（无持续电场作用） ≥ 10 个。

（5）基于所获得的反铁磁计算材料和超低能耗电场操控方法构建物理神经网络，在无数字预处理条件下实现 ≥ 3 类多模态感知任务（如语音命令、手势姿态、图像目标等）并行处理，识别准确率 $\geq 98\%$ ；以 ≤ 1000 个可训练参数实现单任务识别准确率 $\geq 99\%$ 。

（6）发表高水平论文 ≥ 7 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 2 篇；受理发明专利 ≥ 2 项；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：磁计算材料；超低功耗；电场操控；反铁磁；类脑计算

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.3 量子超材料与集成量子光源合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向量子超材料的国家需求，针对量子态调控受限、微纳纠缠光源集成难等关键问题，联合国内外优势力量，开发新型超材料及高效集成新方法，研发具有自旋、能态、时间域等多维度调控能力的量子超材料，揭示超材料结构与量子调控性能之间的构效关系，阐明超材料对量子态的调控机制，发展量子超材料与可扩展光学平台的高效耦合及异质集成技术，构建具备相干保持与多通道调控能力的高性能集成量子纠缠光源体系。具体包括：开发具有自旋、能态、时间域等多维度调控能力的量子超材料及其可控制备方法；建立超材料结构与量子调控性能之间的构效关系，

探索自旋—动量锁定、室温拓扑凝聚态等新奇物性，实现对光子、激子极化激元等量子态的自旋、辐射、相干性的高效和超快调控；研究量子超材料与片上光芯片、波导阵列、超构表面等可扩展光学平台的高效耦合和异质集成机制，发展相位匹配、模式匹配和低损耗界面等关键技术；构建具备相干保持、多通道调控和片上集成能力的量子光源器件，实现面向应用的高性能集成量子光源原型器件。

考核指标:

(1) 研制 ≥ 2 种多维度（自旋/能态/时间域）可调量子超材料，阵列周期偏差 $\leq 5\%$ ，单胞尺寸偏差 $\leq 5\%$ ，量子态操控的响应时间优于 50 ps。

(2) 研制自旋-动量锁定激子极化激元超表面，相干光源自旋偏振度 ≥ 0.8 ，双偏振动量空间分离角 $\geq 60^\circ$ 。

(3) 实现室温拓扑极化激元凝聚，拉比劈裂能 ≥ 100 meV，相干时间 ≥ 2 ps，远场辐射具有非零拓扑荷。

(4) 实现基于量子超材料的片上集成纠缠光源，耦合通道数 ≥ 8 ，最大纠缠态保真度 $\geq 96\%$ ，纠缠度 $\geq 90\%$ 。

(5) 发表高水平论文 7 篇以上，其中中外合作发表论文 3 篇以上；中外双方交流互访 ≥ 10 人次；合作举办学术会议 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不低于 20%。

关键词：量子材料；超材料；超表面；纠缠光源；相干光源

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.4 新一代跨温域轻质高性能金属结构材料智能设计与均质化制备技术合作研究（共性关键技术）

合作目标与研究内容：

面向深海工程和深空探测等极端环境装备对轻质、高强、高塑及宽温域适应性结构材料的迫切需求，针对现有金属材料难以兼顾超低温塑性、高温强度与轻量化的问题，依托我国在金属材料规模化制备和加工成形方面的优势，联合国外优势力量，突破跨温域高性能金属结构材料智能设计、均质化稳定制备及强塑化调控关键技术，开发可在 -258°C 至 500°C 范围内保持优异综合力学性能的新一代轻质高性能金属结构材料，并完成典型工况下的工程应用验证，为极端环境装备关键结构材料自主保障提供支撑。

具体包括：开展跨温域高性能金属结构材料 AI 辅助成分设计，获得兼顾超低温塑性、高温强度及轻量化需求的合金成分；开展高纯净度低偏析熔炼和规模化高一致性制备技术研究，实现高性能金属结构材料的高品质稳定制备；开展多尺度组织与强塑化调控研究，解析微区化学成分、晶体缺陷、微观变形机制及其相互作用对强塑性的影响，优化合金组织及变形机制，使其在 -258°C 至 500°C 范围内均保持优异综合力学性能；开展极低温和高温工况下的工程应用验证，推动跨温域轻质高性能金属结构材料的工程化应用。

考核指标：

（1）通过 AI 指导实验，将从设计到验证以确定最优成分的

周期控制在 6 个月以内，开发出密度 $\leq 5.7 \text{ g/cm}^3$ 的新一代高性能金属结构材料，在最小截面尺寸 $\geq 150 \text{ mm}$ 时，其拉伸力学性能满足：-258 °C 下屈服强度 $\geq 1200 \text{ MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 1300 \text{ MPa}$ 、断裂延伸率 $\geq 20\%$ ；-196 °C 下屈服强度 $\geq 1000 \text{ MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 1100 \text{ MPa}$ 、断裂延伸率 $\geq 20\%$ ；500 °C 下屈服强度 $\geq 700 \text{ MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 750 \text{ MPa}$ 、断裂延伸率 $\geq 10\%$ 。

(2) 熔炼重量不低于 300 kg 的铸锭 ≥ 3 炉，从每炉铸锭的中部位置以及头部、尾部横截面上均布的 9 处位置取样测得的合金元素含量满足同锭差 $\leq 3000 \text{ ppm}$ ，锭间差 $\leq 4000 \text{ ppm}$ ，变异系数 $C_v \leq 5.0\%$ ，过程能力指数 $C_{pk} \geq 1.33$ ；同时，杂质 O 含量 $\leq 1500 \text{ ppm}$ ，杂质 N 含量 $\leq 300 \text{ ppm}$ ，杂质 H 含量 $\leq 100 \text{ ppm}$ ，杂质 C 含量 $\leq 500 \text{ ppm}$ ，杂质 Si 含量 $\leq 1000 \text{ ppm}$ 。

(3) 制备最小截面尺寸不小于 150 mm 的热加工材 ≥ 3 批，从加工材的头、中、尾取样测得的 -258 °C、-196 °C 及 500 °C 条件下拉伸力学性能变异系数 $C_v \leq 5.5\%$ ，晶粒尺寸差异 $\leq 10\%$ 。

(4) 完成极低温和高温应用场景的工程应用验证 ≥ 2 项，技术成熟度 ≥ 5 级。

(5) 发表高水平论文 ≥ 10 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇；受理发明专利 ≥ 20 项，其中国际专利 ≥ 3 项。

(6) 与国外合作团队组织领域内国际研讨会 ≥ 3 次，其中外方人员参会比例不低于 20%；中外人员交流互访 ≥ 30 人次。

关键词：金属结构材料；跨温域服役；成分设计；组织调控

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

5.5 电子级双氧水电合成关键材料与器件合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向晶圆制造中对高端化学品——电子级双氧水的国家重大需求，针对工业级电流密度下电合成双氧水活性、选择性和稳定性难以兼顾的核心问题，通过中外协作，通过联合攻关，开展电子级双氧水电合成关键材料与器件的研究。研制高活性、高选择性和高稳定性的新型电催化材料，阐明催化表面结构和施加电势对阴极氧还原反应路径的耦合机制，实现电子级双氧水的低能耗、高品质、连续电合成，支撑电子级双氧水产业的低碳转型。具体包括：基于模型电极实验和理论计算仿真，建立催化表面结构特征和电势对氧还原反应活性与选择性的内在规律；研制电子级双氧水电合成用金属基和非金属基催化新材料，开发高性能材料的宏量制备工艺；发展原位技术解析关键氧中间物种的吸附行为，建立过电势、微观结构与催化性能之间的构效关系；优化膜电极、电解质等关键工艺，改善气—液—固三相界面传质，实现工业级电流密度下电子级双氧水的连续稳定电合成。

考核指标：

（1）建立 2~4 种电子级双氧水电合成用金属基和非金属基催化新材料制备新方法；实现低温绿色（ $\leq 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、短流程（ $\leq$

12 h) 和规模化 (≥ 100 g) 的制备工艺。

(2) 发展 3~5 种电子级双氧水绿色电合成用金属基和非金属基催化新材料; 在旋转圆盘电极上 0 至 0.7 V 的电压下选择性 $\geq 95\%$ 。

(3) 电合成双氧水器件电流密度 ≥ 300 mA cm⁻², 法拉第效率 $\geq 90\%$, 能耗 ≤ 1.5 kWh Kg⁻¹H₂O₂; 槽电压 1000 小时衰减率 $\leq 5\%$, 100 mL min⁻¹ 下 H₂O₂ 累积浓度 ≥ 4.5 wt%; 制备双氧水中阴、阳离子和有机物杂质含量 ≤ 100 ppb、0.1 ppb 和 10 ppm。

(4) 电子级双氧水清洗后, 晶圆表面阴、阳离子杂质含量 $\leq 1 \times 10^9$ atoms/cm²; 有机物杂质 ≤ 0.01 ng/cm²; 颗粒 (≥ 0.1 μ m) ≤ 5 颗/片; 表面粗糙度 Ra ≤ 0.1 nm。

(5) 发表高水平论文 ≥ 8 篇, 其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇; 受理专利 ≥ 3 项, 其中国际专利不少于 1 项; 中外人员交流互访 ≥ 10 人次; 合作举办学术会议 ≥ 1 次, 其中外方人员参会比例不低于 20%。

关键词: 催化材料; 膜电极器件; 电子级双氧水; 模型电极; 杂质控制

其他要求: 拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

5.6 超高纯金属中痕量杂质存在规律的多维跨尺度表征技术合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容:

面向我国在航空航天、国防、半导体等领域对超高纯金属的

重大需求，针对目前对超高纯金属中痕量杂质的研究普遍停留在“平均浓度”层面，而对杂质的存在形式、物相结构、分布规律等机制尚不明确的难题，通过中外协作，建立超高纯金属杂质多维跨尺度表征新体系与测试标准，推动对超高纯金属中杂质信息的认知从“浓度含量”向“存在形式—物相结构—空间分辨”全方位认知的转变，促进超高纯金属的制备技术发展和极限性能的实现。

具体包括：开展超高纯金属（4N 级及以上）中的痕量杂质跨宏观—微米—纳米—原子级多尺度表征；解析杂质元素的固溶、团簇与析出等不同存在形式并建立系统判别方法；揭示杂质在表面、晶界、相界、晶内间隙、位错核心、空位等位置的分布规律，提取偏聚程度和分布密度等量化参数；构建不同纯度级别下的杂质存在形式、物相种类、空间分布位置等信息的数据图谱。

考核指标：

（1）选取 1~2 类超高纯金属，分别在 4N 级（总杂质含量<100 ppm）、5N 级（总杂质含量<10 ppm）、5N5 级（总杂质含量<5 ppm）3 个纯度级别中，实现跨宏观-微米-纳米-原子级多尺度表征（ ≥ 4 级尺度），获得不同尺度下 ≥ 3 种代表性杂质的尺寸、形貌、结构等 ≥ 3 类关键信息；对 ≥ 3 种代表性杂质元素的含量检出限达到 0.1 ppm，定量限达到 0.5 ppm；对 ≥ 3 种典型夹杂相的结构进行测定，使用 ≥ 2 类测试手段相互印证并完成结构或物相解析。

（2）对所选取的超高纯金属，在上述 4N 级、5N 级和 5N5

级3类纯度级别下，分别建立高纯金属中杂质元素及物相的分析方法，识别出 ≥ 3 类的存在形式，如夹杂相/析出相级、团簇级、固溶原子级等。

(3) 对所选取的超高纯金属，在上述4N级、5N级和5N5级3类纯度级别下，揭示杂质在 ≥ 5 类结构（表面、晶界、相界、晶内间隙、位错核心、空位等）中的存在形式、偏聚程度和分布密度等分布规律，表征空间分辨率优于1 nm。

(4) 对所选取的超高纯金属，分别构建其4N级、5N级和5N5级3类纯度级别下的杂质存在形式、物相种类、空间分布位置等信息的数据图谱，所覆盖杂质元素种类 ≥ 20 种；联合相关超高纯金属生产企业或有资质的检测机构起草超高纯金属杂质表征方法或产品检测的企业标准或团体标准1~2项。

(5) 发表高水平论文 ≥ 7 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 2 篇；受理发明专利 ≥ 3 件；组织开展相关国际研讨会 ≥ 1 次，其中外方人员参会比例不低于20%；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：高纯金属；微痕量；杂质；物相；表界面；缺陷

其他要求：拟支持中央财政经费350万元人民币。

5.7 低空飞行器用全固态锂电池关键材料合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

围绕低空飞行器对高比能、高安全动力电池的重点需求，针对全固态锂电池高容量正、负极材料稳定性差，固体电解质离子

导率低，电极—电解质界面失效机制不明，循环过程中活性锂持续损失导致容量快速衰减，枝晶生长等运行安全风险难以实时感知，以及低空飞行器复杂服役环境下电池劣化与热失控机制不清等问题，依托我国在高性能电池材料体系及器件研究方面的优势，联合国外优势力量，合作开展高容量、高稳定性正、负极材料和高离子导率复合固体电解质材料设计制备、高比能全固态锂电池构筑、活性锂全生命周期补偿及锂枝晶状态非侵入式原位感知智能预警、电—热—力（气压）多场耦合作用下固态锂电池劣化特性与热失控时序特性研究，为低空飞行器电池关键材料及器件开发提供理论基础和技术支撑。

具体包括：设计制备高比容量、高稳定性的富锂正极和硅基负极材料，高离子导率的复合固体电解质材料，揭示高容量正、负极材料的储锂机制、电荷输运行为及固—固界面演化规律；发展高容量正极补锂关键材料，建立面向全生命周期的活性锂补偿新方法，研究高容量正极补锂材料的嵌脱锂动力学行为，开发新型活性锂动态补偿技术，阐明补锂增效与界面稳定、结构演化的影响机制；研究固—固界面退化、枝晶生长与贯穿、内部短路等失效演化行为，发展电池内部锂枝晶状态非侵入式原位感知智能预警新原理、新方法，研究电—热—力（气压）多场耦合作用下固态锂电池劣化特性及热失控时序特性，构筑面向低空飞行器应用的高比能、高安全、长寿命全固态锂电池。

考核指标：

(1) 开发 1~2 种全固态锂电池用高比容量富锂正极材料和硅基负极材料，其中正极材料比容量 $\geq 350 \text{ mAh/g@0.1 C}$ ，负极材料比容量 $\geq 2200 \text{ mAh/g@0.1 C}$ 。

(2) 开发 1~2 种高性能复合固体电解质材料，室温离子电导率 $> 10^{-3} \text{ S/cm}$ ，电子导率 $\leq 10^{-8} \text{ S/cm}$ ，临界电流密度 $\geq 2 \text{ mA/cm}^2$ ，5%湿度条件下暴露 10 小时，离子电导率保持率 $> 80\%$ 。

(3) 开发 1~2 种新型高容量正极补锂材料，比容量 $\geq 600 \text{ mAh/g}$ ，补锂效率 $> 90\%$ 。

(4) 基于所开发的正、负极材料和电解质构筑的全固态锂电池比能量 $\geq 350 \text{ Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 800 圈，容量保持率 $\geq 80\%$ 。

(5) 开发 1~2 种全固态锂电池锂枝晶状态非侵入式原位感知智能预警新方法。

(6) 发表高水平论文 ≥ 8 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇；受理发明专利 ≥ 3 件；组织领域内国际研讨会 ≥ 1 次，其中外方人员参会比例不低于 20%；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

(7) 实现所开发全固态锂电池在 1~2 款低空飞行器中的应用验证。

关键词：电极材料；固体电解质；活性锂补偿；固态电池；风险智能预警；低空飞行器

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.8 宽禁带半导体隧穿结堆叠全彩发光材料合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向增强现实（AR）微显示对高效率、低电压全彩氮化铟镓（InGaN）发光材料的核心需求，针对高铟（In）组分红光并入In组分难、极化场导致的波长蓝移、隧穿结掺杂原子扩散、多层红绿蓝（RGB）堆叠应变累积等问题，通过国际合作，开展宽禁带半导体隧穿结堆叠全彩发光材料的生长机理、界面调控与缺陷抑制研究，构建适配金属有机物化学气相沉积（MOCVD）一步生长的单片全彩堆叠材料体系，攻克宽禁带多层异质外延物性失配难题，完善我国AR微显示高端光电材料自主供应链，提升我国新型显示与智能显示领域核心竞争力。

具体包括：研究高效率高In组分InGaN红光量子阱的外延结构设计与高质量生长技术，通过应力补偿与组分调控，抑制缺陷产生并调控材料应变与能带特性，稳定红光发射波长；通过采用n-InGaN插入层优化隧穿结能带，探究重掺杂与快速热退火对杂质扩散、缺陷演化及受主激活效率的调控机制，优化隧穿结电学输运性能，实现低电压工作特性；开发RGB多层堆叠外延技术及组分、缺陷、应变调控方法，构建材料组分、缺陷、应变与光电性能的关联模型；开展多步刻蚀工艺研究，精确调控RGB三色台面各自刻蚀深度，调控隧穿结界面扩散与缺陷态，保障各发光层载流子独立输运，并验证与互补金属氧化物半导体

(CMOS) 驱动基板的适配性能, 获得全彩微显示屏幕。

考核指标:

(1) 制备基于高 In 组分 InGaN 红光外延材料的微型发光二极管 (Micro-LED) 芯片: 芯片尺寸 $\leq 20\ \mu\text{m}$, $1\ \text{A}/\text{cm}^2$ 下室温峰值波长 $\geq 640\ \text{nm}$, $1\text{-}100\ \text{A}/\text{cm}^2$ 范围内波长蓝移 $\leq 25\ \text{nm}$, 峰值外量子效率 $\geq 10\%$ 。

(2) 制备基于 n-InGaN 插入层隧穿结的三色 Micro-LED 芯片: 芯片尺寸 $\leq 20\ \mu\text{m}$, $10\ \text{A}/\text{cm}^2$ 下的红光电压 $\leq 3.5\ \text{V}$, 绿光电压 $\leq 3.8\ \text{V}$, 蓝光电压 $\leq 4.0\ \text{V}$ 。

(3) 制备隧穿结堆叠的全彩 Micro-LED: 红光发光峰值波长位于 $600\sim 630\ \text{nm}$ 、峰值外量子效率 $\geq 3\%$, 绿光发光峰值波长位于 $510\sim 540\ \text{nm}$ 、峰值外量子效率 $\geq 20\%$, 蓝光发光峰值波长位于 $450\sim 480\ \text{nm}$ 、峰值外量子效率 $\geq 30\%$, 制备像素密度高于 $1200\ \text{PPI}$ 的全彩显示屏幕。

(4) 研制 Micro-LED 芯片相关团体标准 ≥ 2 项; 发表高水平论文 ≥ 6 篇, 其中中外合作发表论文 ≥ 2 篇; 受理发明专利 ≥ 3 项。

(5) 开展宽禁带半导体材料专题学术交流 ≥ 5 次, 其中外方人员参会比例不低于 20% ; 培养博士研究生 $\geq 2\sim 3$ 名; 中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词: 宽禁带半导体; InGaN 量子阱; 隧穿结; 堆叠全彩发光材料; MOCVD

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.9 低空飞行器高性能轻合金构件一体化制备合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向低空飞行器构件轻量化对高性能轻合金材料及其一体化制备技术重大战略需求，针对传统轻合金“强塑性匹配差、热稳定性差、一体化高精度成型难”等问题，开展低空飞行器高性能轻合金构件一体化制备合作研究。通过国际合作，建立半固态射铸高性能轻合金构件材料—工艺—性能协同调控基础理论，实现低空飞行器高性能轻合金构件一体化成型，推动半固态射铸轻合金材料与关键工艺的应用，服务我国低空飞行器制造自主可控与全球竞争力提升。

具体包括：基于 AI 辅助材料成分设计，研发适用于半固态射铸成型的高性能轻合金体系；揭示轻合金半固态射铸成型过程剪切场、温度场、流场等多物理场耦合机理；研发面向服役工况的半固态射铸轻合金精准热处理技术，建立高强塑高耐热多级组织调控方法；开展力学性能与耐热服役可靠性评估，阐明半固态射铸成型轻合金构件材料—工艺—性能之间构效关系，开发低空飞行器高性能轻合金构件一体化制备技术。

考核指标：

（1）开发 2~3 项低空飞行器低成本高性能构件一体化制备关键技术，并形成工艺规范文件。

（2）开发新型半固态射铸成型轻合金材料，合金密度 ≤ 1.95

g/cm^3 ；室温屈服强度 $\geq 190 \text{ MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 290 \text{ MPa}$ 、延伸率 $\geq 8.5\%$ ；

(3) 新型半固态射铸成型轻合金材料（合金密度 $\leq 1.95 \text{ g/cm}^3$ ）在 120°C 、 50 MPa 应力下，经 100 h 蠕变测试，蠕变总应变 $\leq 0.3\%$ 。

(4) 至少完成 1 种轻合金半固态射铸成型构件（合金密度 $\leq 1.95 \text{ g/cm}^3$ ）试制，成形精度 $\leq \pm 0.4 \text{ mm}$ 。

(5) 受理发明专利 ≥ 4 件；发表高水平论文 ≥ 7 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：轻合金；低空飞行器；高性能构件；一体化

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.10 卤水电化学提锂关键材料与高端锂材制备合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向我国锂资源安全保障与锂电原材料自主可控的迫切战略需求，针对我国含锂卤水产品位低、组分复杂的挑战，通过国际合作，协同攻关电化学提锂关键材料、提锂反应器及高值锂基材料绿色短程制备等难题，构建锂资源绿色开发与高端锂材制备的技术体系，全面增强我国锂资源自主供给保障与锂电产业的可持续发展竞争力。

具体包括：开发适配高镁锂比复杂卤水体系的电化学提锂材料，阐明低品位卤水提锂体系的界面调控与稳定运行机制；建立

富锂液制备正极、电解质等多品类高端锂电池材料的方法，开发提锂工序、富锂液纯化与锂材制备工序协同优化技术；开发电化学提锂、富锂液纯化、锂电池材料制备成套工艺与工程化技术，研制吨级电化学提锂中试设备，实现长期稳定运行。

考核指标:

(1) 锂浓度 ≤ 0.2 g/L、高镁锂比(≥ 200)的原始低品质盐湖卤水，实现镁/锂分离系数 ≥ 500 ，提锂电流效率 $\geq 95\%$ ，连续提锂—脱锂循环 ≥ 1000 次，提锂容量保持率 $\geq 90\%$ ，锂总回收率 $\geq 80\%$ 。

(2) 制备锂电正极材料、电解质等不少于三种高端锂电材料，产品纯度 $\geq 99.9\%$ ，锂资源转化率 $\geq 95\%$ ，成本相比传统碳酸锂路线制备降低 $\geq 30\%$ 。

(3) 开发高效电化学提锂及富锂液纯化 10 吨级中试装置，批次稳定性浮动不超过 5% (以近 10 日均值计)，实现连续稳定运行 ≥ 2500 h，碳酸锂产能 ≥ 10 吨/年，提锂效能衰减率 $\leq 10\%$ ，纯化后富锂液锂浓度 ≥ 8 g/L、镁离子浓度 ≤ 0.02 g/L，提锂工艺的运行成本和耗电量分别不超过 4 万元/吨和 5000 kWh/吨 (以碳酸锂质量计)。

(4) 发表高水平论文 ≥ 6 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇；受理专利 ≥ 5 件；合作举办主题国际研讨会 ≥ 2 场，其中外方人员参会比例不低于 20%；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词: 卤水提锂；电化学提锂；提锂材料；锂电材料制备

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.11 智能生物医学诊疗用多掺杂量子点新材料及光子学机制合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向核医学与精准医疗的重大需求，针对复杂肿瘤微环境条件下精准诊断与多模态治疗的科学问题，开展用于智能生物医学诊疗的多掺杂量子点新材料构建及其光子学机制的国际合作研究。通过中外协作，重点突破精准医疗所需的放射性元素掺杂量子点在声动力、化学动力、免疫治疗多重增强中的关键科学问题，建立面向肿瘤诊疗一体化应用的新型纳米光子材料体系与机制认知框架，推动核医学由“传统诊断”迈向“智能设计+精准诊疗一体化”新阶段。具体包括：建立多掺杂量子点新材料的可控制备与结构设计新方法；通过引入放射性元素及功能离子多重掺杂，构建兼具声动力、化学动力及免疫调控等增强诊疗的无机功能纳米材料；探索新型多掺杂量子点材料在正电子发射计算机断层显像（PET-CT）精准成像与肿瘤诊疗一体化中的作用机制，阐明其多模态协同增强效应；开展纳米光子学表征，解析多掺杂离子在量子点体系中的光—声—化学耦合行为及能量传递机制。

考核指标：

（1）构建 3~5 种放射性元素掺杂量子点材料；粒径范围 2~10 nm 可控，量子产率 $\geq 25\%$ ，批次一致性 $RSD \leq 10\%$ ；新型量子点在生理条件下稳定性 ≥ 72 h，在拟定应用浓度范围内细胞存活率

≥90%，主要脏器组织病理学检查无明显异常，获得体内半衰期、血液清除速率及主要组织清除时间等关键药代动力学参数。

(2) 完成 1~2 种放射性元素掺杂量子点诊疗剂的临床前药效与安全性评价，验证其作为 PET-CT 影像探针的肿瘤靶向成像能力及诊疗应用效果。

(3) 建立 2~3 种多掺杂量子点光子学表征与机制分析方法，明确关键能量耦合与协同增强路径。

(4) 实现核素掺杂 PET-CT 诊疗的肿瘤靶向富集效率 ≥80%，PET 成像信噪比提升 ≥30%，体内滞留时间 ≥24 h，治疗响应监测灵敏度 ≥85%。

(5) 发表高水平 SCI 论文 ≥7 篇，其中合作发表 SCI 论文 ≥3 篇；受理发明专利 ≥2 件；联合举办专题论坛 ≥2 次，其中外方人员参会比例不低于 20%，中外人员交流互访 ≥10 人次。

关键词：多掺杂量子点；核素掺杂；肿瘤诊疗一体化；光子学机制；纳米医学

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.12 空间极端条件光储关键材料与器件智能研发合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向服务低轨卫星、空间站、深空探测等重大任务能源保障需求，针对光伏、储能关键材料在强辐照、宽温域、高真空等极端工况耦合环境下失效机理不明，材料设计与器件验证以经验试

错为主，智能研发模型和国际共享数据不足等现状，通过中外协同研究，推动极端环境测试方法、材料数据库与器件评价体系的共享应用，深入解析光伏材料效率衰减、储能材料容量衰退及光储耦合系统稳定性关键机制，设计构筑高光电转化效率、高比能、长寿命、高稳定性的光储耦合器件，提升我国在光储领域的国际影响力。

具体包括：发展钙钛矿、铜锌锡硫硒（CZTSSe）等新型空间光伏材料体系，联合开展强辐照、高真空、宽温域、热循环等多极端工况耦合条件下的材料性能衰减和失效机制研究，构筑高效能、空间条件高可靠性及高稳定性的光伏器件；设计制备适用于强辐照、高/低温等极端条件的固体电解质材料，构筑固态储能电池器件，揭示电解质体相与界面离子传输失配、电极材料体相/界面结构失稳以及固态电池容量衰退的机制，提升储能器件空间稳定性与可靠性；基于性能优化的光伏器件和储能器件构筑一体化耦合系统；研究光储耦合系统能量转换、传输与存储协同机制，开展极端条件下系统稳定性与可靠性分析；建立人工智能辅助的材料设计、器件优化和极端条件性能预测全流程智能研发平台，构建光储耦合系统协同优化模型。

考核指标：

（1）开发 2~3 项多场耦合条件下钙钛矿、CZTSSe 等材料体系缺陷调控、离子迁移抑制的关键技术；研制 ≥ 2 类适配空间环境应用的光伏器件，光电转换效率 $\geq 26\%$ 。

(2) 研制空间极端环境用高比能固态储能电池器件, 电芯容量 ≥ 6 Ah, 能量密度 ≥ 350 Wh/kg, 系统温控精度 ± 2 °C, 提高热循环安全性: 支持倍率为 0.2 C 下, 在 $-40 \sim +80$ °C 热循环 (≥ 1000 次, 容量保持率 $\geq 80\%$) 稳定运行。

(3) 构筑光储耦合系统, 建立覆盖太空光谱辐照 (适用光伏器件: AM0 光谱, 1366 W/m²)、大气中子辐照 (适用储能器件: 1 meV ~ 1.6 GeV)、高真空 ($< 2 \times 10^{-3}$ Pa)、宽温域 (光伏器件: $-175 \sim +130$ °C; 储能器件: $-40 \sim +80$ °C) 和快速昼夜循环 (≤ 90 分钟) 等多维极端条件的验证; 系统连续稳定运行 ≥ 500 小时, 光电转换效率保持率 $\geq 80\%$; 稳定充放电循环 ≥ 1000 次, 容量保持率 $\geq 80\%$ 。

(4) 建立人工智能辅助的设计-优化-预测全流程研发平台: 集成多源数据规模 ≥ 20 万组, 实现光伏器件光电转换效率、空间条件运行稳定性关键性能预测精度 $R^2 \geq 0.80$ 。

(5) 发表高水平论文 ≥ 8 篇, 其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇; 受理发明专利 ≥ 4 件; 组织空间光储技术领域国际研讨会 1~2 次, 其中外方人员参会比例不低于 20%; 中外人员交流实地互访 ≥ 10 人次。

关键词: 钙钛矿材料; 储能材料; 空间极端条件; 光储系统; 智能研发

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

5.13 肿瘤微环境调控生物材料的机制及应用的合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容:

面向肿瘤免疫治疗领域的临床需求,针对实体瘤免疫治疗中物理屏障阻碍免疫细胞浸润、免疫抑制性肿瘤微环境显著限制疗效等核心科学问题,通过国际合作,开展生物材料调控肿瘤免疫微环境的机制与应用研究。发展具有肿瘤微环境调控功能的生物材料,建立基于光声成像和近红外二区(NIR-II)荧光成像的免疫细胞实时动态监测技术体系,阐明生物材料理化性质与肿瘤免疫微环境调控之间的关键机制,推动生物材料在肿瘤免疫治疗领域的应用研究。具体包括:设计并构建具有微环境响应性的生物材料体系,研究生物材料对肿瘤免疫微环境的影响规律,建立材料成分、结构与免疫调控功能之间的构效关系模型;研究生物材料基于自身的功能或通过局部递送细胞因子等功能分子重塑肿瘤微环境、促进T细胞浸润与活化的机制,探索生物材料支架对T细胞的离体扩增、体内持久性及抗耗竭能力的增强效应,开发基于生物材料的T细胞局部递送体系,在多种实体瘤动物模型中验证“生物材料-T细胞”协同增效策略;开发基于NIR-II发射窗口的高性能光声/荧光双模态探针与成像技术,研究T细胞活化状态及肿瘤免疫应答疗效的早期预测能力,构建融合活体成像与人工智能算法的免疫治疗疗效评估模型,实现技术转移与本土化应用。

考核指标:

(1) 开发 ≥ 2 类具有肿瘤微环境响应调控或肿瘤细胞靶向功能的生物材料, 在皮下肿瘤模型中可提高瘤内 pH(≥ 0.5 个单位)、氧含量(≥ 10 mmHg)、活性氧、杀伤性 T 淋巴细胞等多项理化指标, 体内作用持续时间 ≥ 1 周。

(2) 完成 ≥ 2 种生物材料联合过继 T 细胞治疗的协同增效方案, 在 ≥ 3 种实体瘤动物模型中完成疗效验证, 治疗后 14 天的肿瘤生长抑制率 $\geq 90\%$, 至少一种模型治疗后 60 天生存率 $\geq 60\%$ 。

(3) 合作开发 ≥ 2 种光声/NIR-II 荧光双模态探针实现体内实时多色荧光成像, 探针荧光发射峰 ≥ 1500 nm, 在 NIR-I 区荧光量子产率 $\geq 20\%$ 或在 NIR-II 区相对量子产率显著优于 IR-26 标品, 探针在常规成像激光功率下(50 mW/cm²) 连续 1 小时照射荧光强度衰减率 $\leq 15\%$ 。

(4) 合作开发 ≥ 1 种双模态活体成像方法, 最大组织穿透深度 ≥ 15 mm; 实现肿瘤微环境中 ≥ 2 种免疫指标(如 CD8⁺T 细胞数量等)的同步动态监测, 空间分辨率达到单细胞水平。

(5) 共建联合研究平台 1 个; 发表高水平论文 ≥ 7 篇, 其中中外合作发表论文 ≥ 3 篇; 受理发明专利 ≥ 3 件; 组织国际学术研讨会 ≥ 1 次, 其中外方人员参会比例不低于 20%; 中外人员交流互访 ≥ 10 人次; 启动临床研究 ≥ 1 项。

关键词: 生物材料; 肿瘤微环境; 免疫细胞疗法; 近红外二区荧光成像

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

6. 航空航天

6.1 基于短弧观测的空间碎片溯源与撞击风险评估合作研究 (基础研究类)

合作目标与研究内容:

面向基于有限区域内的短弧空间碎片观测难以有效开展风险评估的现状, 依托国际组织和科研机构协同创新拓展空间碎片预警技术, 开展空间碎片及碎片群长期轨迹演化建模、轨迹关联与精密定轨、空间事件溯源及撞击风险评估合作研究, 提升我国空间碎片防护能力与国际合作水平。

具体包括: (1) 开展复杂摄动作用下单碎片及碎片群的轨迹演化规律研究, 揭示如解体、碰撞等事件下的碎片群演化特征; (2) 针对观测弧段稀疏、有效观测不稳定等问题, 开展空间碎片跨区域、跨时段短弧协同轨迹关联与精密定轨方法研究; (3) 结合动力学约束和多特征相似性, 开展同源碎片群识别与空间事件溯源方法研究; (4) 考虑短弧观测误差等误差源及碎片特征的不确定性, 开展不确定性条件下的撞击概率估计方法研究, 提升对碎片威胁的预判能力。

考核指标:

(1) 建立厘米级空间碎片群长期轨道演化模型, 轨道预报 7 天位置预报误差 $< 10 \text{ km}$; 覆盖解体、撞击等不少于 2 类特征事件, 建立对应的碎片群演化特征模型。

(2) 支持 500-2000 km 高度范围内多源 (包含地基和天基观测) 多弧段 (≥ 2 个观测弧段) 协同精密定轨, 定轨位置误差优于 50m; 完成厘米级空间碎片短期轨迹关联与协同精密定轨算法程序 1 套。

(3) 完成解体、碰撞等典型事件的碎片溯源检测验证, 同源碎片识别 F1 值 ≥ 0.9 ; 完成空间碎片事件溯源算法程序 1 套。

(4) 建立误差传播模型不少于 3 类, 碰撞风险时间窗口误差小于 1 秒; 建立厘米级空间碎片撞击风险评估程序 1 套。

(5) 与国 (境) 外科研团队建立长期稳定合作渠道, 形成联合研究工作方案 1 份; 完成 ≥ 3 类空间碎片的多源观测数据联合验证, 联合发表高水平论文 ≥ 5 篇; 中外团队共享数据不少于 2 次; 推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次。

关键词: 厘米级空间碎片; 精细轨道动力学; 短弧观测; 空间事件溯源; 撞击风险评估

其他要求: 拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

6.2 火星大气-电离层耦合探测与大气逃逸机制合作研究 (基础研究类)

合作目标与研究内容:

围绕火星大气逃逸、气候演化和宜居环境变迁等科学问题, 联合国际相关领域优势高校与研究机构, 面向火星遥感与就位协同观测、国际载荷搭载及后续火星任务规划论证需求, 合作开展火星中性大气-电离层耦合探测与逃逸机制研究。完成探测器总体

技术方案，突破宽波段高分辨遥感探测、跨压力分层成分自适应采样、中性大气-等离子体一体化分析等关键技术，完成多任务数据交叉验证、定标验证和联合科学分析，形成服务后续火星探测任务的数据应用方案，支撑多国火星探测任务的数据共享、科学观测和基础研究。

具体包括：

（1）火星中性大气-电离层耦合探测体系研究。围绕火星大气逃逸、气候演化和宜居环境变迁等科学问题，开展太阳极紫外辐射、太阳风及空间环境扰动对火星大气中性组分及其离子成分的形成、分布、输运和逃逸过程的作用机制体系研究。

（2）火星大气-电离层探测器总体技术方案研究。设计具备自主导航、智能任务规划、可扩展载荷接口和长期在轨运行能力的先进卫星平台，包含总体科学目标分解、载荷配置论证、观测模式设计。

（3）宽波段高分辨遥感探测技术研究。利用紫外及可见近红外获取关键谱线、吸收和气辉信息，完成宽波段高分辨遥感与中性-离子原位协同探测总体方案及关键技术原理验证。

（4）跨压力分层成分自适应采样技术研究。适应火星大气不同压力的环境范围，探测主要火星大气成分，突破跨压力分层成分自适应采样技术。

（5）中性大气-等离子体一体化分析技术研究。分析实现近表面至高层稀薄环境中中性和离子组分定量测量，具备对中性大

气、电离层和外逸层关键谱线及吸收特征的高分辨探测、定标和反演能力。

(6) 多任务数据交叉验证与定标验证。建立热环境波长校正、辐射定标、组分反演及遥感-原位数据融合流程。

考核指标:

(1) 构建形成覆盖 CO_2 、 N_2 、 O 、 CO 等关键中性组分, 以及 O^+ 、 CO_2^+ 、 NO^+ 、 OH^+ 等关键离子组分的耦合过程模型, 覆盖火星近表面至 500 km 高度范围。

(2) 形成探测器总体设计方案。导航定位精度优于 1 公里、自主任务规划时间大于 30 天, 载荷承载能力 $\geq 150\text{kg}$ 。

(3) 形成遥感探测载荷设计方案, 及光学系统仿真模型。紫外波段遥感探测范围覆盖 115nm~180nm, 光谱分辨率优于 2nm; 波段 200nm~350nm, 光谱分辨率优于 1.2 nm。近红外波段遥感探测范围覆盖 400nm~1600nm, 光谱分辨率优于 3nm; 波段 1600nm~3500nm, 光谱分辨率优于 8 nm。

(4) 形成就位探测载荷设计方案。适应 600 Pa 至 1×10^{-10} Pa 大气压力的火星环境, 大气成分探测质量范围达到 1-1000 amu, 等离子体成分探测质量范围达到 1-200 amu。

(5) 建立适配火星环境的中性-离子质谱一体化标定系统。具备对中性大气、电离层和外逸层关键谱线及吸收特征的高分辨探测、定标和反演能力, 组分测量精度优于 10%。

(6) 建立多任务数据交叉验证与定标验证体系，开发适用于火星光谱数据的波长校正算法及多任务融合数据库。波长定位精度优于 1/5 个光谱分辨单元。

(7) 发表高水平论文不少于 5 篇（其中，由中外合作发表的论文不少于 3 篇），受理发明专利不少于 3 项（国际发明专利不少于 1 项），推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次。

关键词：中性大气；电离层；大气逃逸；高分辨光谱；原位质谱；先进卫星平台

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

6.3 面向近地小行星防御的天基部署与动能撞击偏转关键技术合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向近地小行星撞击风险防范与深空安全治理的重大需求，依托国际组织和科研机构协同创新，围绕近地小行星轨道精密确定、天基前置部署、动能撞击偏转及偏转效果评估等关键环节开展联合研究，提升我国小行星防御技术能力和国际合作水平。

具体包括：

(1) 针对多源观测数据分散、小行星目标暗弱等问题，融合国内外地基光学、雷达测距、在轨空间探测等多源数据，突破无先验信息下多帧短弧段智能关联与轨迹提取技术，以及多源异构数据关联与精密定轨方法，实现高危小行星高效定轨与精确轨道预报。

(2) 面向小行星紧急防御场景, 依托国内外地月空间先期部署平台设施, 综合兼顾天基部署轨道长期稳定特性、目标撞击可达能力、定轨导航测量精度、末端拦截制导控制精度核心指标, 优化天基前置部署小行星防御体系方案, 以实现天基平台快速预警响应。

(3) 面向小行星中长期防御场景, 融合逆行撞击、多天体借力等新型手段, 研究动能增强轨道设计方法; 考虑目标小行星形貌等物理特性, 发展优化撞击方向与靶点位置的高精度末制导方法; 对标国际小行星撞击任务评估经验, 形成偏转效果概率评估方法, 开展联合验证。

考核指标:

(1) 构建国内外多源数据融合的高精度定轨方法, 无先验信息下弧段关联正确率 $\geq 85\%$, 典型近地小行星 5 年预报位置精度优于 10 km, 测角精度达角秒级, 测距精度达米级。具备等效视星等 (M_v) ≥ 22 的暗弱目标识别与定轨能力。

(2) 形成天基部署方案 1 套, 满足典型场景十年以上稳定部署要求, 撞击响应时间不超过 6 个月, 规划周期覆盖 2030 ~ 2040 年。

(3) 提出逆行撞击、多天体借力等新型轨道设计方法不少于 2 项; 考虑碳质 (C 型)、硅质 (S 型)、金属质 (M 型) 等不同光谱类型小行星的形貌及物理特性, 设计高精度末制导方法, 实现针对 100 m ~ 300 m 尺寸目标的有效处置案例不少于 5 个;

建立考虑参数不确定性的偏转效果评估方法，预测区间覆盖实际偏转结果的比例优于 80%。

(4) 与不少于 2 家国外科研机构或国际组织开展实质性合作，联合完成不少 5 个典型小行星的长期轨道预报和不少于 2 个撞击风险案例分析；组织国际学术研讨等交流活动不少于 2 次，其中外方参会比例不低于 20%，推动科研人员双向交流与互访 ≥ 10 人次；推动形成小行星防御处置国际合作建议报告不少于 2 份。

(5) 合作发表高水平论文不少于 3 篇，受理发明专利或软件著作权不少于 3 项。

关键词：小行星防御；高精度定轨；天基部署；动能撞击

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

6.4 面向长期生存的月球复杂人居系统设计技术合作研究和模拟演示验证（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向人类月球长期生存与资源利用的远景，围绕利用移动实验室组装建成月面长期驻留设施的战略需求，联合国外优势力量，借鉴先进地外人居系统设计理念，针对人居系统宜居性设计、智能人机交互与乘员身心健康保障等关键问题，协同提出可生长、可重构的复杂人居系统体系架构，构建多要素耦合设计模型，并开展系统性模拟试验验证，为工程实施提供技术支撑。

具体包括：界定从初期建站到拓展升级的演进路线，建立可生长、可重构的模块化体系架构，支撑从驻留到定居的功能跃升；

针对月面强辐射、低重力、极端温差、密封孤立等极端环境约束，构建人居系统体系架构与多要素耦合设计模型；建立模块化功能分区架构，研制多模态自适应智能人机交互平台，集成显示、语音、乘员状态监测与交互反馈、环境调控等功能，实现“感知-决策-调节”闭环控制，保障密闭空间宜居性及乘员身心健康；提出月面能量调配方案，建立含月昼集热储热与月夜供热保温的综合能量动态仿真模型，保障载人环境热控需求；在此基础上，完成缩比地面模拟舱设计与建造，开展虚实融合一体化演示验证。

考核指标:

(1) 提出月球复杂人居系统可生长、可重构的模块化体系架构方案 1 套，明确从初期组装建站到长期定居各阶段的构型演化路径与功能配置方案。

(2) 建立月球复杂人居系统多要素耦合设计模型与仿真平台 1 套，涵盖不少于 5 类要素的耦合关系，仿真平台温度仿真误差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ，动态扰动工况组分仿真误差 $\leq 5\%$ 。

(3) 研制多模态自适应智能人机交互验证平台 1 套，在地面模拟舱集成智能显示、语音、乘员状态监测与交互反馈、环境调节系统等功能，结合乘员主观评价、生理数据与行为数据开展平台验证。

(4) 提出月昼与月夜能量调配系统方案 1 套，建立综合能量动态仿真模型，可在月昼与月夜条件下满足温度 $19^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $30\%\sim 70\%$ 、风速 $0.08\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 的载人环境要求，能量综合

利用率 $> 60\%$ ；在地面模拟舱完成全周期能量流可视化验证。

(5) 完成模块化分区缩比地面模拟舱设计与建造，容积 $\geq 50\text{m}^3$ ，独立功能分区 ≥ 3 个，支持 ≥ 2 人并发开展虚实融合一体化演示验证，端到端交互时延 $\leq 20\text{ms}$ 。

(6) 与国外优势机构共建联合研究中心，建立人才联合培养与学术交流机制，双方互访 ≥ 10 人次/年，主办或联合主办国际学术研讨会 ≥ 2 次，其中外方参会比例不低于 20% ；发表高水平论文 ≥ 5 篇（其中国际合作论文 ≥ 2 篇），受理发明专利 ≥ 3 项，培养硕博研究生 ≥ 2 名。

关键词：月球复杂人居系统；可生长重构架构；多要素耦合设计；月面能量调配；智能人机交互

其他要求：拟支持中央财政经费 600 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

6.5 面向复杂环境典型场景的 eVTOL 安全性能提升与运行增效合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对电动垂直起降（飞行器）（Electric Vertical Take-Off and Landing, eVTOL）在推广应用中面临的复杂气候条件下动力系统热失控风险攀升、飞控系统算法错误监控手段不足、运行安全评估体系缺乏数智支撑、垂直起降场协同调度滞后等突出问题，合作开展 eVTOL 安全性能提升与运行增效关键技术攻关，提升我国 eVTOL 在复杂环境下的全维度运行安全保障能力，形成覆盖

“性能提升—安全运维—地面保障—环境验证”全链条的技术支撑体系。

具体包括：载荷、海拔、温度、振动多因耦合下的 eVTOL 专用动力电池健康评估与高精度热失控预警技术；eVTOL 飞行控制算法错误监控技术；数智驱动的 eVTOL 机体结构健康预测性维护技术；面向复合类型多起降场运行增效的集中管控与动态调度技术。

考核指标：

（1）研制电池包剩余使用寿命预测精度算法，平均绝对误差 ≤ 40 循环。

（2）研制轻量化机载多状态联合高精度热失控预警算法，预警时间 ≥ 10 分钟，检测率 $\geq 99.5\%$ 。

（3）形成飞行控制算法错误量化评估体系，飞行控制算法错误检测准确率 $\geq 97\%$ ，虚警率 $\leq 5\%$ 。

（4）建立面向低空飞行器动力/推进部件和关键承载结构的运行安全评估模型，对典型结构损伤模式（裂纹、分层、松动、过载变形）的诊断准确率 $\geq 90\%$ 。

（5）研制多垂直起降场远程集中智慧管控与动态调度系统，支持同时接入的垂直起降场站点 ≥ 15 个，起降场平均起降架次提升 $\geq 30\%$ 。

（6）在国内和境外总计完成不少于 2 类典型气候环境（高温高湿、高温沙尘）、不少于 3 类应用场景（物流、应急、城市

空中交通)的 eVTOL 整机适应性及应用验证。

(7) 中外科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次,围绕动力电池热失控预警、飞行控制算法、结构预测性维护、多起降场管控等方面开展联合研究,受理发明专利不少于 4 件,发表高水平论文不少于 4 篇(其中,联合发表论文不少于 3 篇)。

关键词: eVTOL; 动力系统热失控; 飞控系统; 运行安全评估; 垂直起降场

其他要求: 拟支持中央财政经费 500 万元人民币,配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

6.6 基于北斗的东南亚极端天气精准监测预警与应急合作研究(应用示范类)

合作目标与研究内容:

面向全球变暖背景下东南亚极端天气事件频发趋强、传统监测体系时空分辨率不足、跨境应急联动响应薄弱等突出问题,合作开展北斗高精度高时空分辨率大气感知、极端天气智能预测预警与灾害应急协同处置关键技术研究,并在国外开展典型区域示范应用,提升跨区域灾害协同治理能力,助力“一带一路”防灾减灾科技合作新范式。

具体包括:

(1) 北斗增强的极端天气协同监测技术研究。开展北斗大气参数反演与异常扰动监测技术在极端天气精准监测中的应用研究,突破多源数据融合与高精度大气参数反演关键技术问题,建

立适应东南亚热带季风气候特征的北斗极端天气监测模型，推进监测数据标准互认。

(2) 面向东南亚的极端天气精准预警模型构建与联合验证。建设北斗连续运行参考站网络，集成北斗实时定位、大气可降水量及电离层总电子含量等关键参数，融合多源气象与地理空间数据，利用深度学习等人工智能技术构建适应东南亚雨季特征的极端天气预警模型。联合开展历史极端天气事件回溯模拟与精度验证，形成智能化预警评估技术体系，完善区域一体化预警网络。

(3) 跨境灾害应急联动智能决策平台研发与示范应用。通过集成北斗高精度定位、遥感与地理信息系统等空间信息技术，融合多源灾情感知数据，引入人工智能驱动的灾害态势感知与辅助决策算法，构建天空地一体化跨境灾害监测与智能应急决策支持平台，在国外典型区域开展联合示范应用，形成可向澜湄及东盟区域推广的一体化北斗极端天气监测预警智能解决方案。

考核指标:

(1) 建立北斗大气参数反演模型 1 套，大气水汽总含量精度优于 2.5 mm，三维大气湿折射率精度优于 5 N-unit，低纬度地区电子含量精度优于 0.3 TECU，大气参数更新间隔小于 5min，时效性优于 5min。

(2) 建立北斗极端天气监测预警模型 1 套，针对暴雨、洪涝和台风三类主要极端天气事件，预警命中率 $\geq 85\%$ ，误报率 $\leq 20\%$ 。

(3) 共建北斗灾害监测联合平台 1 个，联合部署北斗/GNSS 连续运行参考站不少于 5 个。

(4) 联合开发跨境灾害应急联动决策平台 1 个，集成灾情报送、极端天气预警、应急资源调度等功能模块，在不少于 2 个东盟地区国家开展暴雨、洪涝与台风等灾害示范应用。

(5) 双方科研人员互访交流不少于 20 人次/年，联合培训东盟技术人员不少于 30 人次。

(6) 与不少于 2 家东盟国家机构签署合作协议，联合提交监测数据互认的北斗灾害监测应用技术标准提案不少于 1 项。

关键词：北斗卫星导航系统；极端天气监测；精准预警；应急联动；人工智能

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

6.7 太空极端环境下金属材料焊接工艺与系统（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对未来空间站长期在轨运营、月球基地建设及深空探测任务中大型金属结构在轨制造与维修需求，面向空间极端环境下焊接机理不清、材料性能演化规律不足、自主焊接能力有限及评价标准缺失等问题，充分发挥各国在空间实验平台、焊接技术及评价方法等方面的优势，围绕空间焊接极端环境实验、焊接机理与多物理场建模、典型航天材料性能评价、自主焊接工艺与质量评

价等开展国际联合研究，共享空间实验平台、焊接工艺参数、材料组织与性能及质量评价数据，协同开展空间焊接试验与模型交叉验证，协同建立空间焊接试验方法和质量评价标准，构建涵盖“焊接机理—材料性能—制造工艺”的空间金属焊接技术体系，为未来国际空间站、月球基地等基础设施建设提供技术支撑。

具体包括：面向空间焊接基础科学问题，研究高真空、强辐照等极端环境下熔池演化、组织形成及缺陷演化机制，建立空间焊接多物理场耦合模型；面向典型航天金属材料，研究铝合金、钛合金、不锈钢等材料空间焊接组织演化、接头性能及服役可靠性，建立材料数据库；面向空间自主焊接需求，研究激光及电子束等焊接工艺，突破焊缝智能识别、自主路径规划、多源感知及质量控制等关键技术；面向空间焊接质量保障，研究原位监测、数字孪生及寿命评价技术，建立空间焊接质量评价与国际协同验证方法。

考核指标：

（1）突破空间极端环境焊接熔池多场耦合建模技术、空间复杂结构焊缝感知技术、自主焊接路径规划与控制技术等空间金属焊接关键技术不少于 3 项；建立空间焊接多物理场耦合模型 1 套，模型对典型焊接过程温度场、熔池形貌等关键参数的预测误差不超过 10%；建立空间金属焊接技术体系 1 套。

（2）完成铝合金、钛合金、不锈钢等不少于 3 种典型航天金属材料空间焊接验证，每种材料形成不少于 100 组“材料—工

艺—组织—性能”关联数据，建立容量不少于 300 组、数据完整率不低于 95%的空间焊接材料数据库 1 套；典型焊接接头抗拉强度达到母材强度的 90%以上，建立空间焊接材料数据库 1 套。

（3）完成空间站梁类、板壳及管路等不少于 3 类典型构件焊接验证，焊缝成形一次合格率不低于 90%，典型焊接接头无损检测合格率不低于 90%，实现高可靠焊接成形。

（4）研制空间智能焊接原理样机 1 套，焊缝识别准确率不低于 90%，自主路径规划误差不超过 1 mm，关键焊接缺陷在线识别准确率不低于 90%，具备焊缝自动识别、自主路径规划及在线质量监测能力。

（5）建立空间焊接数字孪生与质量评价平台 1 套，数字孪生模型对典型焊接过程关键状态参数的预测误差不超过 10%，实现焊接过程参数、组织演化和接头性能的关联预测与质量评价，构建不少于 100 组焊接工艺—组织—性能关联数据。

（6）建立空间金属焊接国际联合研究机制，与不少于 3 家国外科研机构或航天单位联合攻关，共建联合验证平台 1 个，开展国际合作验证不少于 2 次，形成国际合作标准提案不少于 2 项；推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次。

关键词：空间焊接；金属材料；熔池演化；智能焊接；质量评价

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

6.8 多发动机并联火箭故障下在线轨迹规划与重构控制合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对多台发动机并联构型运载火箭上升段发生故障关机后，可用推力与控制能力突变、标准弹道制导律失效的问题，以轨迹重构和容错控制为核心，突破多约束最优轨迹在线规划与容错控制协同设计关键技术，形成工程可用的多约束条件下的制导控制重构方法体系及软件平台。通过合作研究，推动可重复使用运载技术和运载火箭轨迹规划控制技术的联合攻关与合作应用。具体包括：面向发动机故障后推力不对称与控制能力降级的动力学建模与制导控制问题构建；基于发动机参数的故障诊断与识别方法研究；考虑过载、热流、载荷、残存控制能力等多约束条件，开展上升段在线凸优化制导轨迹生成技术研究；发动机故障条件下推力分配与重构控制协同设计；基于嵌入式平台三模冗余高可靠、高性能箭载计算机和国产实时操作系统的轨迹规划和重构控制软件工程化实现；研制半实物仿真验证平台，开展多种故障工况下的制导控制重构闭环仿真验证与性能评估；针对火箭发动机故障在线轨迹规划主题开展国际合作，重点突破多约束下凸优化算法求解效率低的瓶颈。

考核指标：

(1) 建立发动机故障后推力不对称与控制能力降级的六自由度动力学模型与制导控制模型, 具备无切换匹配模拟 1~4 台发动机故障关机的工况。

(2) 发动机在线故障诊断算法能够精准区分采集线路故障、传感器元件失效等异常类型, 典型故障识别准确率 $\geq 98\%$, 单次故障识别耗时 $\leq 10\text{ ms}$ 。

(3) 建立上升段发动机故障工况下多约束轨迹在线规划方法, 约束条件指标满足率 100%, 轨迹在线规划耗时不大于 150ms。

(4) 在故障发动机不大于 2 台的条件下, 轨道倾角偏差 $\leq 0.08^\circ$, 半长轴偏差 $\leq 5\text{ km}$, 偏心率偏差 ≤ 0.003 , 基本满足轨道指标要求; 在故障发动机不大于 4 台的条件下, 进入备选轨道或救援轨道, 轨道倾角偏差 $\leq 0.09^\circ$, 半长轴偏差 $\leq 7\text{ km}$, 偏心率偏差 ≤ 0.01 。

(5) 研制轨迹规划和控制三模冗余高可靠高性能箭载计算机, 箭载计算机 CPU 采用多核架构, 单核主频 $\geq 1.8\text{ GHz}$, 内存 $\geq 32\text{ Gb}$; 研制基于国产实时操作系统的飞行控制软件系统。

(6) 搭建由三模冗余高可靠高性能箭载计算机、电动伺服机构等箭上控制系统核心单机以及仿真机等地面设备组成的半实物仿真试验平台; 平台需构建实时闭环回路, 1553B、RS422, TSN 等实时总线收发时延满足协议规范; 故障注入触发时间精度 $\leq 1\text{ ms}$, 支持时序触发、事件触发、手动触发等方式; 支持离线回放, 回放时序偏差 $\leq 1\text{ ms}$; 试验数据存储完整率 $\geq 99.9\%$; 半实物

仿真系统连续无故障运行时间 $\geq 72\text{h}$ ，平台平均修复时间 MTTR $\leq 30\text{min}$ 。

(7) 研制多约束凸优化求解算法，在上述求解平台上实现指标：当前问题下凸优化求解效率相较开源算法提升 50%，凸优化子问题单次求解耗时 $\leq 20\text{ms}$ 。

(8) 依托国际合作，受理发明专利不少于 3 项，联合发表高水平论文不少于 3 篇；组织开展运载火箭规划控制为主题的国际研讨会 1~2 次，其中外方参会比例不低于 20%；推动科研人员双向交流与互访 ≥ 20 人次。

关键词：多发动机并联运载火箭；发动机故障；在线轨迹规划；重构控制；多约束制导

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

6.9 面向中欧应用的可持续航空燃料关键技术和标准体系合作研究（应用示范类）

合作目标与研究内容：

面向国产民机和可持续航空燃料（SAF）中欧跨境应用需求，针对中国和欧盟在 SAF 原料资源、制备技术、产品标准、可持续认证、民机适用性评估与国际互认机制方面的差异，围绕“原料—工艺—产品—标准—应用”全链条开展联合研发。以民用航空主机厂需求为牵引，联合国内高校院所、制造商、航油供应单位和国（境）外优势团队，建立适用于跨区域供应、标准互认和航

空应用验证的 SAF 技术评价与标准协同体系，支撑国产民机国际化应用和 SAF 产业链协同发展。

具体包括：开展中国和欧盟典型 SAF 原料资源、供应链稳定性和生命周期碳减排核算方法研究，建立覆盖生物质、二氧化碳、绿氢/绿电等原料的跨区域数据库和评价模型，识别中欧在资源、需求及法规体系中的协同路径，建立双方互认的合格原料清单；围绕电转液燃料（PTL/e-SAF）重点路线，开展原料适配、产物组成调控和成本敏感性分析研究；系统评价 eSAF 及掺混燃料的理化性能、特性性能、材料相容性、燃烧排放特性及国产民机适用性，建立燃料的组成-性能-应用适配关系模型；对比分析中欧产品标准、eSAF 适航批准、碳足迹核算及可持续认证规则，提出产品标准衔接、检测结果互认、碳足迹核算互认及国际合作机制，形成面向中欧跨境应用的 eSAF 标准体系与技术路径。

考核指标：

（1）建立面向 SAF 跨境应用的联合研发与标准协调机制，成立工作组 1 个，建立工作组章程和运行方案，建立定期磋商的工作制度。

（2）建立中欧 SAF 全生命周期碳足迹评价数据库 1 套、可持续认证体系及合格原料清单各 1 套，SAF 全生命周期碳足迹模型 1 套，满足 ISO14067、欧盟 RED-III 规范要求，关键排放源识别准确率>95%；形成不少于 4 类典型原料体系的供应链和跨境应用评估报告。

(3) 围绕 PTL 路线，建立燃料组成—关键理化性能—航空适用性关联模型 1 套，主要性能参数模型预测值误差 $\leq \pm 10\%$ ，形成跨区域 eSAF 产品适用性验证报告不少于 4 份；完成国产民机飞行验证不少于 1 次。

(4) 形成中欧 SAF 标准差异分析及互认路径研究报告 1 套；提出 SAF 产品标准、检测评价方法、碳足迹核算方法或互认机制建议不少于 4 项，形成相关标准不少于 3 项。

(5) 中外合作发表高水平论文不少于 6 篇，受理发明专利不少于 6 件，其中国际专利不少于 1 件；形成面向航空主机厂、航油供应企业和机场应用场景的 SAF 跨境供应与应用示范方案 1 套。

(6) 组织国际交流活动不少于 3 次，其中外方参会比例不低于 20%；推动科研人员双向交流与实地互访不少于 30 人次。

关键词：可持续航空燃料（SAF）；电转液燃料（PTL）；民机应用适配验证；中欧跨境应用；产品标准；国际互认

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

6.10 空间目标感知数据引接与太空交管协调云平台国际合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对空间目标日益增长、大型星座频繁重构、离轨处置常态化等近地轨道复杂态势，围绕“数据全、协调快、处置优”的太

空交通管理需求，聚焦民商航天轨道安全信息共享、碰撞预警协同管理和轨道资源可持续利用等问题，通过国际合作研究制定国际空间目标感知数据标准，通过拟搭建的云平台实现跨国数据交换，试运行期内提供事故定责以及推荐处置方案服务，形成可复制推广的太空交通管理国际合作模式。

具体包括：一是研究空间目标感知数据引接技术，建立涵盖轨道/协方差、光度、精细特征、历史基线等要素的数据接入规范与统一时空基准，突破多源异构数据标准化引接与语义对齐等关键技术，推动与 CCSDS 等国际数据消息标准兼容对接；二是研究智能化机动识别技术，突破协方差真实性验证、面向万级目标的异构并行实时轨道传播、概率化碰撞预警等关键技术，形成动态可调的风险预警分级，提升处置时间裕度；三是研究太空交管协调云平台建设关键技术，突破分层云原生平台架构、融合物理机理与人工智能的可信智能计算、动态本体驱动的语义化服务等关键技术，支撑多国、多机构、多运营商接入共享。

考核指标：

（1）空间目标感知数据接入标准规范不少于 2 项，形成与 CCSDS CDM、OEM、OMM 等国际数据消息标准兼容的接口规范。

（2）支持编目维护不少于 10 万个目标数据库，支持不少于 5 万颗活动卫星/星座目标的交会计算和碰撞预警，形成可供至少 3 个国家/地区接入的数据共享能力。

(3) 建立协方差真实性验证方法，构建兼顾碰撞概率、双方价值、相对速度、轨道环境等因素的动态分级预警指标体系，风险预警等级不少于 5 个等级，处置时间裕度大于 3 天。

(4) 面向万级规模目标群实现全域并行风险筛查，以现有全量交会筛查周期约 24 小时为基准，全域并行风险筛查响应时间缩短至 2 小时以内，响应效率提升一个数量级；建立概率化碰撞预警方法，机动行为识别准确率不低于 90%，多源数据自动化处理覆盖率不低于 80%。

(5) 研制一套采用分层云原生架构的太空交管协调云平台，支持 10 万颗以上大规模并发轨道传播计算与语义化智能交互服务，本体驱动的空间事件解析准确率不低于 90%；万级目标全量碰撞筛查与预警生成时间不超过 10 分钟，碰撞预警消息端到端时延不超过 30 分钟；可接入并向至少 3 个国家/地区提供数据与应用服务，开展不少于 2 类国际合作或多主体联合示范场景验证。

(6) 合作受理发明专利不少于 4 项，联合发表高水平学术论文不少于 3 篇；与国（境）外团队开展对外交流互访、研讨不少于 20 人次。

关键词：太空交通管理；国际合作数据引接；智能化碰撞预警管理；太空交管协调云平台

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

7. 公共安全

7.1 氢能列车火灾爆炸事故防控与应急救援合作研究（共性关键技术）

合作目标与研究内容：

面向典型区域氢能列车运行安全保障需求，重点针对氢能列车氢泄漏火灾爆炸致灾机理不清、抑爆处置关键技术装备缺乏的问题，通过中外协作，研究氢能列车火灾爆炸事故防控与应急救援技术。

具体包括：针对氢能列车在隧道、高原、邻车影响等特殊场景下氢气泄漏和燃爆机制，探究氢能列车储氢罐连续泄放条件下高压氢射流火行为与传热规律；研制面向受限空间氢气泄漏燃爆风险早期预警的高精度、快速响应氢浓度探测器，构建高抗干扰的氢气探测报警系统；研究阻隔减速和物理—化学耦合降温技术，研发高压氢喷射火的降速—切断复合抑制装备；研究典型事故应急救援条件下快速排氢和氢气稀释抑爆技术，研制基于非接触实时浓度监测反馈的移动高效吹散—抑爆一体化应急处置装备；联合国外合作单位在我国氢能客车与氢能机车等高端装备设计与制造中开展应用示范，全面提升氢能列车安全防控水平和应急救援能力。

考核指标：

（1）构建包含隧道、高原及邻车影响等场景下的氢能列车氢气泄漏火灾爆炸全尺寸实验平台，构建高压氢气喷射火、爆炸关

键致灾参数预测模型，环境压力 0.8-1.0atm 时，关键参数（峰值超压、氢喷射火焰长度等）预测误差 $\leq 15\%$ 。

（2）研发室温高性能金属氧化物半导体氢气传感器样件 1 套：检测下限 $\leq 10\text{ppm}$ ，恢复时间 $\leq 15\text{s}$ ，24 小时连续工作 6 个月基线漂移 $\leq 5\%$ ，对氢气响应可抵抗 CH_4 、 CO 等常见干扰气体（抑制比 ≥ 10 ）。

（3）开发基于阻隔减速和物理—化学耦合的高压氢喷射火抑制装备 1 套：储氢瓶初始压力 $\geq 35\text{MPa}$ ，氢喷射火有效抑制时间 $\leq 30\text{s}$ ，抑制效率 $\geq 85\%$ 。

（4）研制移动高效吹散—抑爆一体化应急处置装备 1 套：快速泄漏的储氢瓶初始压力 $\geq 35\text{MPa}$ ；快速排氢响应时间 $\leq 10\text{s}$ ，当量比为 1 时爆炸超压降低率 $\geq 80\%$ ，具备基于浓度场反馈的自动定位与自适应调节功能，定位精度 $\leq 0.2\text{m}$ 。

（5）联合举办氢能安全相关国际会议 ≥ 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；中外合作发表高水平论文 ≥ 5 篇；中外人员交流互访 ≥ 30 人次。

（6）在隧道或高原开展示范应用的氢能列车类型 ≥ 2 项，至少包含客运列车和机车。

关键词：氢能列车安全；氢气火灾爆炸；氢气探测；涉氢事故处置

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.2 极端气候下“一带一路”交通廊道地质灾害全要素立体感知与智能预警关键技术合作研究及示范（共性关键技术）

合作目标与研究内容：

针对“一带一路”新亚欧大陆桥、中巴、中蒙俄、中国—中亚—西亚等交通廊道沿线地质灾害监测预警体系面临感知维度单一、多源数据融合能力不足、模型泛化能力与预警时效不足等瓶颈，通过国际合作，聚焦大型崩塌与滑坡等地质灾害，融合航空电磁、干涉合成孔径雷达（InSAR）、无人机激光雷达（LiDAR）、全球导航卫星系统（GNSS）、气象水文传感等气象—地质—环境全要素立体感知手段，从感知源头到预警终端进行技术重构。

具体包括：合作构建覆盖降雨量、冻融温度、地表形变、地下水位变化等立体感知网络，联合建设地质灾害全生命周期多模态样本库，突破稀疏监测条件下大型崩塌与滑坡灾害的数据协同补盲方法；发展基于图神经网络与对抗式域适应的灾害体与灾害过程多源异构数据融合算法，突破多源数据在时间尺度、空间分辨率、物理量纲和特征分布方面的异质性约束；融合实时监测数据和灾害机理，建立数据驱动与物理约束结合的深度学习融合模型及物理信息神经网络，构建数据—物理驱动的预警大模型，实现从单要素离散监测到全要素协同智能感知、从事后经验响应到预警发布秒级响应的技术升级，并在“一带一路”典型高风险交通廊道开展示范应用。

考核指标：

(1) 合作构建中外联合全要素立体感知网络, 数据源类型 ≥ 5 类, 多模态样本库累积数据量不少于 20 GB; 极端气候条件下 (降雨 $> 50 \text{ mm/h}$ 、气温 $-30^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$) 感知数据有效采集率 $\geq 85\%$; 建立稀疏监测条件下大型崩塌与滑坡灾害的数据协同补盲方法, 保障数据覆盖率 $\geq 80\%$ 。

(2) 多源异构数据融合算法实现大型崩塌与滑坡灾害跨模态匹配准确率 $\geq 85\%$, 单一模态数据缺失条件下, 关键变量重构相关系数 ≥ 0.80 , 融合后灾害识别召回率较单一模态平均水平提升 $\geq 20\%$ 。

(3) 构建地质灾害预警大模型, 推演时间窗口覆盖灾前 72h 至灾后 24h, 预警准确率 $\geq 85\%$, 误报率 $\leq 15\%$, 漏报率 $\leq 10\%$, 推理与预警信息响应延迟 $\leq 5\text{s}$ 。

(4) 合作开发地质灾害全要素立体感知与智能预警平台, 渲染帧率 ≥ 25 帧/秒; 在“一带一路”中巴经济走廊、中尼交通廊道等完成示范应用 ≥ 4 处 (公路 ≥ 2 处、铁路 ≥ 2 处), 廊道级风险识别覆盖 $\geq 200 \text{ km}$, 重点隐患点不少于 3 处, 系统连续无故障运行时间 $\geq 720\text{h}$ 。

(5) 组织国际研讨会不少于 3 次, 其中外方人员参会比例不低于 1/3; 中外人员交流互访不少于 10 人次。

关键词: “一带一路”; 交通走廊; 地质灾害; 全要素立体感知; 预警大模型

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

7.3 极端灾害条件下重大交通基础设施网络抗灾韧性评估与应急辅助决策合作研究（共性关键技术类）

合作目标和研究内容：

在全球气候变化加剧背景下，地震、暴雨洪涝、滑坡泥石流、极端冻融等灾害频发且强度显著增强，对高速铁路、重要干线公路、跨江跨海桥梁、长大隧道和综合交通枢纽等重大交通基础设施安全构成严峻挑战。联合国外优势科研力量，构建高韧性的应急保障与辅助决策支持体系，显著提升我国与合作国家应对极端灾害条件下重大交通基础设施灾害防御能力。具体包括：研究极端灾害背景下交通基础设施损伤、功能退化及灾变演化机理，建立多源数据融合态势感知智能体灾损智能识别技术，开展中外联合典型灾害案例与监测数据共建共享及感知识别模型交叉验证，实现对重大交通基础设施健康状态的快速精准评估；研究构建极端地震、暴雨洪涝、滑坡泥石流等灾害下重大交通基础设施由单体损伤失效至系统功能失效与恢复的全过程推演模型，实现灾情发展态势的动态预测与韧性评估；针对极端灾害诱发多灾种灾害演变，研究交通基础设施应急抢修、资源调度的优化理论与动态决策方法。

考核指标：

（1）建立覆盖地震、暴雨洪涝、滑坡泥石流、极端冻融等 ≥

3 类极端灾害下的交通基础设施多灾种韧性评估体系，形成标准化技术框架，完成 ≥ 3 个典型灾害脆弱区域的韧性评估报告。

(2) 研发多源数据融合态势感知智能体、大模型驱动情景推演智能体、协同辅助决策智能体集群，建成多智能体协同防控开放平台 1 个；平台接口类型 ≥ 5 、支持 ≥ 3 类智能体协同运行、 ≥ 3 类极端灾害并行推演和协同资源调度优化，连续稳定运行时间 $\geq 72\text{h}$ 。

(3) 多源数据融合态势感知智能体灾损识别准确率 $\geq 85\%$ ，灾害类型覆盖率 $\geq 95\%$ ；大模型驱动情景推演智能体灾害推演时间/灾害实际演化时间 $\leq 10\%$ ，灾害推演关键指标误差 $\leq 15\%$ ，推演时间窗口覆盖灾前 72h 至灾后 72h；支持基于实时监测数据的灾情发展态势滚动预测，预测结果更新 $\leq 30\text{min}$ ；在单次极端灾害造成 ≥ 3 处关键节点同时受损、 ≥ 5 处路段通行能力下降 50% 以上的极端灾害场景下，协同决策智能体应急决策方案生成时间 $\leq 30\text{min}$ 。

(4) 建立极端气候条件下重大交通基础设施灾害监测数据库 1 套，监测数据源类型 ≥ 5 类，在 8 度烈度区以及降雨 $>50\text{mm/h}$ 、气温 $-30^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 等条件下数据有效采集率 $\geq 85\%$ 。

(5) 发表高水平论文 ≥ 8 篇，其中中外合作发表论文 ≥ 4 篇；受理发明专利或软件著作权 ≥ 5 项；形成极端自然灾害下交通基础设施智能防控相关的国家标准征求意见稿 1 项。

(6) 中外团队共同完成 ≥ 3 类典型灾害场景的模型跨区域交叉验证，并在欧亚交通廊道沿线国家，以及我国西北、华南、西南、青藏高原及周边等极端灾害多发地区的重大交通基础设施工程中完成灾变监测、韧性评估及应急辅助决策技术验证与示范应用。示范应用 ≥ 3 处、覆盖 ≥ 3 类典型灾害场景，形成联合技术验证报告 1 份。

(7) 培养具有国际视野的跨学科高层次人才（博士研究生、博士后或青年科研骨干） ≥ 10 名；培训合作国别技术人员 ≥ 60 人次；联合举办国际研讨会或国际技术培训 ≥ 3 次，其中外方人员参会比例不低于 $1/3$ ；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词： 交通基础设施；极端灾害；快速推演；韧性评估；应急辅助决策

其他要求： 拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.4 泡沫灭火剂全生命周期质量监测与无害化处置关键技术合作研究（共性关键技术）

合作目标与研究内容：

针对泡沫灭火剂储存—使用—退役全链条生命周期中质量监测技术缺失、老化失效风险不明及过期含全氟和多氟烷基化合物的泡沫灭火剂（PFAS）泡沫难以处置等突出问题，通过国际合作，开发国际通用的灭火剂无害化处置技术、搭建老化失效特征数据库与性能评估试验平台等，针对泡沫灭火剂的老化失效作用

机制和关键质量参数评估、老化失效预测及无害化处置技术开展研究，形成泡沫灭火剂全生命周期质量监测及无害化处置关键技术。

具体包括：辨识影响泡沫灭火剂生命周期的关键质量参数，探究泡沫灭火剂老化失效的机制，建立泡沫灭火剂储存寿命预测模型和方法，实现多维度复杂储存工况下泡沫灭火剂全生命周期质量的监测和预测；合作研究过期泡沫灭火剂的回收再利用技术，明确 PFAS 降解转化路径，开展中间产物识别与毒性评价，建立过期含 PFAS 泡沫灭火剂的无害化处置技术，实现过期泡沫灭火剂的资源化、无害化处置。

考核指标：

（1）阐明典型环境条件下泡沫灭火剂质量演变规律和老化失效机理，揭示温度、光照、金属离子等环境因素耦合条件下泡沫灭火剂关键性能退化特征和阈值，阐明其与表面活性剂分子结构降解的关联机制。

（2）建立泡沫灭火剂储存寿命预测模型和方法，模型包含不少于 3 项关键性能参数，经不少于 3 种不同类型泡沫灭火剂的实测数据验证，对老化后泡沫稳定性时间的预测误差 $\leq \pm 10\%$ 。

（3）形成泡沫灭火剂储存条件规范，明确泡沫灭火剂适宜的储存条件参数不少于 4 项。

(4)形成过期泡沫灭火剂回收再利用技术,实现失效泡沫灭火剂中有效组分回收率 $\geq 70\%$,再生产品主要性能指标满足国家标准要求。

(5)形成过期含 PFAS 泡沫灭火剂的无害化处置技术,PFAS 总去除率不低于 95%,处理后次生短链 PFAS 的浓度小于 1 mg/L,形成处理规模 ≥ 50 吨/年的含 PFAS 过期泡沫灭火剂无害化处置技术方案,完成不少于 2 种典型含 PFAS 泡沫灭火剂的处置验证。

(6)受理发明专利不少于 5 项,其中国际专利不少于 1 项;中外合作发表高水平论文不少于 3 篇。

(7)与不少于 2 家国(境)外团队开展对外交流、研讨不少于 3 次,其中外方人员参会比例不少于 20%,中外人员交流互访不少于 10 人次。

关键词: 泡沫灭火剂; 全生命周期; 质量演变; 失效预测; 回收利用; 无害化处置

其他要求: 拟支持中央财政经费 400 万元人民币,配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.5 生产安全事故智能化调查与统计关键技术合作研究(共性关键技术)

合作目标与研究内容:

针对生产安全事故调查过程中资料体量大、格式杂、真伪难判、人工处理效率低,所建立生产安全事故库信息要素分类不够

细、事故要素内在因果关联偏弱、跨区域跨行业对比方法缺失、海量数据信息挖掘不深等问题，联合国际优势科研力量，协同研究事故调查智能化分析方法，强化事故统计分析对事故预防的支撑作用。具体包括：联合研究生产安全事故多源数据智能化提取技术，具备事故资料真伪甄别、数据冲突消解等识别功能；提出基于因果链的事故致因分析框架模型；联合研究事故因果链智能化自动生成技术；细化事故要素分类，提出事故案例库建设标准；构建基于事故统计规律的行业及区域风险趋势研判模型；开发“人工智能+生产安全事故统计分析”工具；在危险化学品、建筑施工等重点行业领域开展应用研究。

考核指标：

（1）形成生产安全事故要素分类编码规范，涵盖“事件维度”、“组织维度”、“环境维度”三大类，不少于 15 个二级子要素。

（2）研发多源事故数据智能化提取技术，支持事故调查文字、图片、语音等不少于 3 大类数据源的自动解析，实现事故关键要素自动抽取，具备数据真伪甄别与冲突消解功能，识别准确率不低于 95%。

（3）融合外方生产安全事故因果链模型及我国“人—机—环—管”事故致因分析模式，提出基于因果链的事故致因分析框架模型，实现中欧事故致因分析方法在分析维度与因果逻辑上的互补集成。

(4) 研发基于人工智能辅助的事故调查分析软件 1 套，实现致因关系智能抽取、事故因果链自动化绘制等功能，自动生成的因果链准确率不低于 90%；完成不少于 2 起典型事故回溯性调查验证。

(5) 提出事故案例库建设标准，基于官方发布的事故调查报告，建立不少于 3000 例国内事故案例以及不少于 300 例国外案例的结构化数据库，完成不少于 30 个要素的标准化标注；形成事故案例集 1 份。

(6) 基于事故案例数据库，构建基于事故统计规律的行业及区域风险趋势研判模型 1 套；开发“人工智能+生产安全事故统计分析”决策辅助软件 1 套，其中至少包括多源数据智能提取、要素标准化转化、区域及行业风险趋势研判等功能模块。

(7) 在危险化学品、建筑施工等重点行业领域开展事故智能化调查与行业事故统计分析应用 2~3 项，形成事故因果链回溯分析报告与行业风险趋势统计分析报告。

(8) 联合举办国际专题培训不少于 2 次，其中外方人员参会比例不低于 1/3；中外人员交流互访不少于 20 人次；中外合作发表高水平论文不少于 3 篇。

关键词：生产安全事故调查；事故统计分析；因果链；事故致因；人工智能；事故案例库；风险趋势研判；危险化学品

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.6 亚非典型流域水资源安全遥感动态监测分析与应用示范 (共性关键技术)

合作目标与研究内容:

针对亚非大量流域/区域水资源观测资料匮乏、水循环要素演变归因不明、遥感观测长期依赖欧美卫星数据的现状,综合利用历史卫星数据和多源国产卫星数据,通过国际合作开展数据共享、模型开发与应用验证,构建亚非典型流域高时空分辨率水文要素场,解析气候变化与人类活动对水循环要素的驱动效应,支撑全球变化背景下水资源安全适应性治理。

具体包括:以中亚、东南亚、非洲等典型缺资料流域为重点研究对象,综合利用历史卫星数据和国产风云、高分、资源等卫星监测数据,融合无人机观测手段和人工智能技术,依托国内外水资源遥感领域的优势力量,合作构建流域近二十年、高时空分辨率关键水文要素场;提出基于多源遥感-数值模拟-机器学习耦合的缺资料地区水循环要素时空演变诊断方法,定量解析气候变化(降水、蒸散发等)与人类活动(灌溉、土地利用变化等)对关键水文要素的驱动作用;集成多源水文遥感数据产品与归因解析模型,完成不少于两个典型流域的应用示范区。

考核指标:

(1)生产并发布《亚非典型流域近二十年关键水文要素数据集》,包含降水、水域面积、蒸散发以及农业用水效率等要素,

覆盖 ≥ 5 个亚非典型流域，时间分辨率为月，空间分辨率为 1 km；降水数据相关系数优于 0.85、蒸散发估算精度优于 80%。

(2) 发布中英双语《亚非典型流域水资源安全评估报告》1 份，覆盖水资源时空分布与演变趋势、水旱灾害风险、水资源安全评价等内容，提出针对亚非典型流域的水资源安全优化建议 2~4 项。

(3) 建立覆盖中亚、东南亚、非洲等共建“一带一路”国家典型应用示范区 2~3 个，示范区内包含降水、气温、蒸散发等监测站点。

(4) 联合培养国际青年科学家 2~3 名；组织开展水资源遥感监测主题国际研讨会或国际技术培训 ≥ 1 次，其中外方人员参会比例不低于 1/3，促进国产卫星数据应用技术的国际推广。

(5) 中外合作发表高水平论文不少于 3 篇；中外双方交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：国产卫星应用；水资源安全；动态监测评估；归因分析

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.7 海上丝路强震区深水港工程韧性提升关键技术合作研究 (共性关键技术)

合作目标与研究内容：

针对海上丝路沿线深水大港向强震区、复杂地质区 and 外海深

水区拓展中面临的公共安全保障需求,聚焦地震区复杂地质条件、场地液化与震陷、软弱地基变形、桩基失稳、码头结构损伤等灾害诱因和关键安全问题,以海上丝路地震带强震区典型码头深水港工程为研究对象,与国际港航工程及抗震设计领域优势科研团队开展联合研究,构建海外强震区深水港工程韧性提升关键技术体系。

具体包括:揭示“地震灾害诱因-复杂地质响应-码头结构损伤-典型关键配套构筑物震损及功能受损-港口功能恢复”的震损连锁传递机理;研究全球典型港口工程地质、岩土参数与海洋动力环境数据标准化集成及工程风险识别方法,构建海外重点区域港口建设的工程地质数据库;研究涵盖复杂强震场地工程地质与地震动参数识别、码头结构性能化抗震设计、考虑海水环境及长期演化影响的基础—结构协同抗震分析、新型韧性结构体系、震后快速恢复等韧性提升技术体系,构建适用于海外强震区码头工程的抗震性能指标体系和国际规范适应性评价方法,依托环太平洋强震区等海上丝路沿线典型港口工程开展示范应用与设计验证。

考核指标:

(1)建立包含不少于20个国家典型港口建设项目的地质岩土数据库1套,数据经脱敏处理,覆盖地层结构、岩土物理力学指标、原位测试、特殊岩土类型等。

(2)构建适用于海外强震区码头工程的抗震性能指标体系和

国际规范适应性评价方法1套,形成适用于海外强震区深水港工程并涵盖地质与地震动参数识别、码头结构性能化抗震设计、基础-结构协同抗震分析、震后快速恢复等韧性提升技术体系1套,提出不少于1种新型结构或构造优化方案,推荐方案较常规方案工程造价降低10%以上。

(3) 受理发明专利不少于6项; 中外合作发表论文不少于5篇; 国家标准、行业标准或全国性学会/协会发布的团体标准不少于1份; 中外人员交流互访不少于30人次。

(4) 完成海上丝路地震水平加速度 $0.4g$ (475 年一遇) 及以上强震区码头工程示范应用或设计验证不少于 2 项。

关键词: 海上丝路; 深水港; 强震区; 深厚软土地基; 韧性提升

其他要求: 拟支持中央财政经费 1000 万元人民币, 配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

7.8 复杂河网通海水运工程环境扰动效应与运行安全调控关键技术合作研究 (共性关键技术)

合作目标与研究内容:

针对复杂河网系统通海水运工程安全运行需求, 面向河网—洪泛区—河口复合系统响应机制不明、多过程耦合模拟与预测能力不足、基础数据缺乏和工程多目标协同调控难度大的问题, 联合国际优势科研团队开展工程环境扰动效应评估、航运—泄洪—灌溉—生态多目标协同调控等关键技术研究, 提升海外通海水运

工程安全运行与可持续发展能力。具体包括：研究通海水运工程建设期施工扰动和建成初期典型运行情景下，河网—洪泛区—河口复合系统缓变洪水致灾机理及动力地貌和生态环境的响应机制；研发运河工程运行对物质通量、洪水演进、水沙输运及环境容量影响的多过程耦合模拟技术；构建“保障对象—响应阈值—调控规则”的运河运行安全风险知识图谱，并与洪水演进、水沙输运、环境容量等动态模拟结果联动，提出复杂河网缓变洪水过程及极端气候叠加影响下航运—泄洪—灌溉—生态多目标协同调控技术；阐明通海水运工程对区域水资源配置和生态环境的长期效应，并在东南亚等全球典型大河三角洲地区开展示范应用。

考核指标：

（1）构建复杂河网通海水运工程动力地貌及生态环境响应数据库 1 套，涵盖水文过程、水沙动力、沉积地貌、水环境、生物多样性等不少于 8 类数据，且不少于 3 类典型河网—河口—近海耦合区域，数据空间坐标、时间基准和数据格式实现统一。

（2）建立物质通量、洪水演进、水沙输运及环境容量影响的耦合模型 1 套，使洪水淹没范围预测平均误差 10%以内、泥沙输运和典型水质指标模拟结果满足工程评估需求。

（3）提出复杂河网缓变洪水过程及极端气候叠加影响下航运—泄洪—灌溉—生态多目标协同调控技术体系 1 套，构建支撑调控决策的运行安全风险知识图谱，提出不少于 10 项响应阈值和 20 条调控规则，形成不少于 5 类典型调控情景。

(4) 受理发明专利不少于 5 项，中外合作发表论文不少于 8 篇，国家标准、行业标准或全国性学会/协会发布的团体标准不少于 1 份。

(5) 在东南亚等全球典型大河三角洲地区开展海外示范应用不少于 1 项。

(6) 组织国际研讨会不少于 2 次，外方人员参会比例不低于 1/3；中外人员交流互访 ≥ 10 人次。

关键词：通海水工程；复杂河网；大河三角洲；工程环境扰动效应；多目标协同调控

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

8. 物理与天文

8.1 半导体关键工艺等离子体模拟软件、数据库及诊断技术合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对半导体刻蚀、沉积和光刻等关键工艺等离子体中多尺度模拟建模的精度不足、自主可控的专用数据库和先进模拟平台缺乏、设备（刻蚀机，等离子体增强化学气相沉积（PECVD）设备等）研制中面临的等离子体诊断手段缺乏等突出问题，联合国内外优势团队开展数据库和模拟平台研制，突破相关工艺等离子体中原子过程参数库的精密研制、半导体等离子体玻尔兹曼方程非平衡含时求解，以及原子过程、辐射输运和流体的耦合计算、工

艺等离子体中密度和温度等关键参数诊断等关键技术。具体包括：构建等离子体多尺度非平衡物理模型，研究原子分子过程、辐射输运和流体演化过程的耦合机制；中外双方联合研制、核心技术和数据能力自主可控的半导体工艺等离子体专用数据库，涵盖原子分子能级结构、电子碰撞激发/电离截面、辐射跃迁参数、非平衡辐射输运系数等数据；建立包含探针、电子密度、背景温度、光谱及电学参数监控的等离子体全方位诊断系统；建立半导体制造中关键工艺等离子体的多尺度耦合计算平台，集成碰撞辐射模型、玻尔兹曼求解、流体输运和粒子网格（PIC）模拟等功能。

考核指标：

（1）形成半导体刻蚀、沉积和光刻典型工艺气体的专用数据库 1 个，包括刻蚀工艺气体 HBr 、沉积工艺气体 SnCl_4 ，典型光刻工质气体 Xe 、 Sn 。数据精度：10eV 以下低能区电子碰撞激发截面误差 $<10\sim30\%$ ，能级误差 $<10\%$ 。

（2）编写半导体工艺等离子体多尺度模拟软件 1 套，建立从原子碰撞到等离子体宏观参数再到器件形貌的多尺度耦合计算平台，突破当前普遍采用的局部热力学平衡假设。

（3）实现基于自主研制数据库和机器学习方法的多尺度平台模拟能力，完成包括刻蚀和光刻等离子体在内的不少于两例的关键工艺等离子体模拟的理论实验验证：反应器器件模拟参数(n_e , T_e)与实验对比偏差 $\leq 30\%$ ，光谱谱分辨 $\leq 0.05\text{ nm}$ 。

(4) 研制出工艺等离子体中电子密度测量的基于微波驱动的复合型探测手段，能实现跨越 $10^8 \sim 10^{11}/\text{cm}^3$ 四个数量级的密度测量，时间分辨率 $\leq 0.1 \mu\text{s}$ ，探针空间分辨率 $\leq 2.0 \text{ cm}$ 。

(5) 研制出高频磁探针，工作带宽 $\geq 100\text{MHz}$ 。能够有效抑制共模信号，具备谐波磁场的测量能力，具备磁场及电流密度时、空分辨测量能力；探针时间分辨率 $\leq 10\text{ns}$ 、空间分辨率 $\leq 5\text{mm}$ 。

(6) 研制基于光纤探测的等离子体背景环境温度监控系统，能够实现对等离子体中背景气体温度的实时监控，温度分辨率 $\leq 1.0^\circ\text{C}$ ，空间分辨率 $\leq 1.0\text{cm}$ ，刷新频率 $\geq 1.0\text{Hz}$ 。

(7) 建立射频等离子体全负载系统等效电路模型，该模型包含匹配网络、传输线、等离子体腔体内射频路径，适用频率范围不窄于 $13.56\text{MHz} \sim 40.68 \text{ MHz}$ ，具备等离子体及电路上关键位点（含匹配器前后端、腔内电极表面等）电参数及阻抗的预测能力。

(8) 联合发表高水平学术论文不少于 8 篇；联合培养研究生不少于 2 名；受理软件著作权 2 项；与不少于 2 家国（境）外团队开展对外交流、研讨不少于 3 次，中外人员交流互访不少于 20 人次。

关键词： 半导体等离子体模拟；自主可控数据库；多尺度模拟软件；机器学习代理模型；半导体工艺等离子体温度密度诊断

其他要求： 拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

8.2 不稳定原子核结构国际合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容:

围绕不稳定原子核的奇特结构与性质及其在核天体物理过程中的关键作用，联合中外在实验探测、理论研究等方面的优势科研力量，结合亚洲放射性核束装置在不同能区和核素区可提供的束流条件，开展国际合作研究。通过探测器联合研发、跨装置合作实验等方式，推动亚洲核物理实验与理论团队建立规范稳定的合作机制，提升我国在丰中子奇特核研究及国际核物理合作网络中的影响力。

具体包括：联合国内外核物理实验优势团队，发展以多中子探测为核心、兼顾带电粒子和伽马射线测量的新型多粒子关联探测设备，突破中子探测效率、时间与位置分辨、中子多重性识别和多粒子关联测量等关键技术；以核反应为主要实验手段，研究丰中子奇特原子核壳结构演化、集团结构、多中子关联等前沿问题；理论与以上实验研究目标紧密结合，发展适用于弱束缚开放量子体系和极端同位旋原子核的先进理论模型与计算方法，显著提升其在远离稳定线区域的预测及外推能力；以多体关联、连续谱耦合和弱束缚效应等为核心，精确计算丰中子奇特原子核的结构和性质，并解释关键实验结果。

考核指标:

(1) 发展用于核反应实验的多粒子关联探测设备，带电粒子探测能量分辨率优于 1% (对约 5.5 MeV 的阿尔法粒子)、伽马探测能量分辨率优于 5% (对约 1.3 MeV 的伽马射线)，具备 2

中子以上符合探测能力，中低能区中子探测时间分辨 $\sigma < 120$ ps、位置分辨 $\sigma < 1.5$ cm、单中子探测效率 $> 10\%$ 。

(2) 紧密结合实验目标发展适用于不稳定原子核的先进核结构理论模型，在中重质量不稳定核区的外推能力优于当前国际主流第一性原理理论（如耦合簇理论 CC），完成不少于 3 个新不稳定原子核体系的理论研究，提出不少于 3 项可供 HIRFL/HIAF、RIBF、RAON 等亚洲放射性核束装置近期实验检验的理论预言。

(3) 依托至少 2 个亚洲国家的放射性核束实验装置（其中至少有 1 个国外实验装置）完成不少于 3 次国际合作实验，发现 2~3 例丰中子原子核奇特结构现象；结合实验数据完成不少于 3 项理论-实验联合分析研究，阐明不少于 3 类奇特结构现象及其形成机制。

(4) 与国外合作单位联合发表基于合作实验成果的高水平学术论文不少于 5 篇。

(1) 加强国际交流与人才培养，举办或共同举办国际学术会议、专题研讨会不少于 3 次，外方人员参会比例不低于 1/3；与国外合作单位人员互访不少于 20 人次，联合培养青年科研人员不少于 3 人，形成规范、稳定的亚洲不稳定核实验与理论研究的国际合作机制。

关键词： 丰中子原子核奇特结构；核反应；弱束缚与连续谱耦合；多粒子关联探测；放射性核束装置

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

8.3 基于宇宙线同位素能谱的核物理前沿合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

围绕宇宙线物理前沿，依托海外在轨运行且具有同位素分辨能力的国际大科学装置阿尔法磁谱仪 (AMS) 所获取的实验数据，通过国际合作，在 AMS 探测器升级后的电荷与径迹重建、同位素事例鉴别和能谱分析等环节开展联合攻关。合作方式包括：双方共享探测器升级后的标定数据和运行参数，联合研发电荷与径迹重建算法等。精确测量宇宙线原子核同位素能谱及核碎裂截面，为揭示宇宙线起源、加速与传播机制提供关键实验依据，巩固我国在该领域的国际领先地位，维系稀有稳固并拓展国际合作通道。

具体包括：

(1) 轻质量原子核碎裂截面与分支比测量及氮同位素成分比测量。利用 AMS 实验数据，测量碳、氮、氧等重核碎裂生成硼、铍、锂等轻核的截面与分支比，能区覆盖 $0.6\sim 15\text{ GeV/n}$ ，为传播模型提供关键核作用参数。同时测量氮-14/氮-15 比例，约束宇宙线源模型。

(2) 宇宙线铍（铍-7/铍-9/铍-10）与硼（硼-10/硼-11）同位素能谱高精度测量。利用铍-10（半衰期约 140 万年）作为宇宙线传播“时钟”，在 $3\sim 40\text{ GV}$ 刚度区间实现首次独立测量，约束银

河系传播尺度;在3~35 GV 区间实现硼同位素能谱首次独立测量,约束传播模型扩散系数与星际介质密度。

考核指标:

(1) 碳核到铍同位素(铍-7/铍-9/铍-10)、碳核到硼同位素(硼-10/硼-11)分支比测量:能区 0.6~15 GeV/n,最高能区误差 $\leq 20\%$ 。

(2) 铍同位素(铍-7/铍-9/铍-10)能谱测量:刚度 3~40 GV,最高能区铍-10 测量误差 $\leq 20\%$;硼同位素(硼-10/硼-11)能谱测量:刚度 3~35 GV,最高能区硼-10 测量误差 $\leq 25\%$ (国际首次)。

(3) 培养博士/硕士 ≥ 2 名,博士后 1 名,国际博士生交换互访 1~2 人次(1~3 月/次)。

(4) 参加国际顶级学术会议并做邀请报告 ≥ 3 人次,中外人员交流互访 ≥ 10 人次,举办国际研讨会 ≥ 1 次,外方人员参会比例不低于 1/3。

(5) 发表高水平学术论文不少于 5 篇,其中中外合作发表论文不少于 3 篇,其中包含至少 1 项具有国际引领意义的重大成果。

关键词: 宇宙线;同位素能谱;AMS;核碎裂截面;宇宙线传播;领域交叉

其他要求: 拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

8.4 基于高能宇宙线的日地空间环境交叉合作研究(基础研究类)

合作目标与研究内容:

围绕宇宙线日地空间物理前沿，以我国地基高能宇宙线探测设施（LHAASO）为核心数据来源，联合国际前沿团队开展宏观日地空间环境诊断研究。以极高能宇宙线为新型信息载体，探测太阳爆发活动与日地空间大尺度磁场结构，拓展高能宇宙线与日地空间物理的交叉前沿。利用国内外空间大科学装置的最新原位观测数据，与我国地基 TeV 宇宙线“太阳阴影”宏观动态观测深度耦合；聚焦国内外宇宙线传输调制模型方面的优势力量以及 Physics-informed AI 数据同化与先进算法方面的经验积累，开展宇宙线传输调制模型的联合优化与交叉验证、建立数据共享机制、联合开展交叉比对分析。同时研发具有自主知识产权的 TeV 宇宙线在日球层磁场中传播的三维数值模拟程序，挖掘强地磁暴与日球层扰动与地基 TeV 宇宙线太阳阴影演化之间的相关性及其物理规律，构建灾害性空间天气预警模型，为实现基于 TeV 宇宙线阴影演化特征的太阳爆发早期识别与灾害性空间天气预警奠定理论基础。

具体包括:

（1）重构日地空间大尺度动态磁场三维结构。研具有发自主知识产权的 TeV 宇宙线在日球层磁场中传播的三维数值模拟程序；与日冕物质抛射（CME）的磁流体动力学（MHD）模拟深度耦合，定量分析 CME 驱动的大尺度扰动磁场对宇宙线路径的调制效应，反演约束 CME 内部磁场强度及位形边界参数，构建

多区太阳风参数流体模型。

(2) 基于高能宇宙线探测的日地空间天气诊断技术。利用 TeV 宇宙线“高磁刚度”与“准光速传播”特性，研究对地 CME 事件与宇宙线日影/月影异常变化关联机制，联合 AI 技术挖掘地磁暴与宇宙线阴影特征演化之间的相关性及其背后的物理规律，构建短时标空间天气定量诊断与超前预警模型，为空间天气预报业务提供新型科学支撑。

(3) 以引发地磁暴事件的太阳风关键物理参数（如 IMF 磁场 B_z 分量、太阳风速度）为攻坚方向，探讨太阳风对宇宙线观测特征的调制作用，基于宇宙线观测结果反演太阳风关键物理参数，并预测地磁暴 Dst 指数，为国家防灾减灾提供科学支撑。

考核指标:

(1) 具备三维非均匀日球层磁场中的高能粒子（0.1–100 TeV）轨迹逆向追踪能力；实现与至少 1 套三维 MHD 太阳风/CME 模拟数据（如 ENLIL 或 SWMF 算例）的接口耦合，空间覆盖范围涵盖 0.1–1.0 AU；对于太阳风速度在 300–1000 km/s 范围内，反演/预报与 L1 点观测值相关性不低于 0.6；对行星际磁场 B_y 预测准确率大于 60%；基于 TeV 宇宙线的地磁暴预警方法，支持对 Dst 指数的天标预报。

(2) 培养博士/硕士 ≥ 2 名，博士后 1 名，国际博士生交换互访 1~2 人次（1~3 月/次）。

(3) 参加国际顶级学术会议并做邀请报告 ≥ 3 人次，中外人员交流互访 ≥ 10 人次，举办国际研讨会 ≥ 1 次，外方人员参会比例不低于 1/3。

(4) 发表高水平学术论文不少于 5 篇，其中中外合作发表论文不少于 3 篇，其中包含至少 1 项具有国际引领意义的重大成果。

关键词：宇宙线；太阳磁场边界参数；日地空间环境；日球层磁场；空间天气；领域交叉

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

9. 科学数据

9.1 面向大模型与智能体的信息领域多模态高质量科学数据合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

围绕大模型、智能体和多模态智能系统对高质量科学数据的需求，急需开展网络通信、数据库和云系统、人工智能与公共安全、网络空间安全等领域科学数据国际合作研究，并与境外研究机构建立实质性合作。汇聚代码、文档、科研论文、模型评测、工具调用、智能体交互轨迹、网络安全样本和开源项目演化等多模态数据，研究模型原生的数据表示、语义对齐、质量评价、合成增强、溯源确权和安全流通方法，重点开展复杂科学推理数据构造与过程标注、工具学习与可靠调用、面向真实科研任务的自主实验闭环，以及模型决策过程可解释性研究。建设信息领域科

学数据资源库、AI Ready 数据集、智能体任务沙箱和评测基准，开展代码智能、科研知识发现、软件研发自动化和网络安全分析等应用示范，形成数据共享、模型评测和智能体任务基准相关规范。

考核指标:

(1) 建设资源库与服务平台 1 套，汇聚多模态数据不少于 100TB，其中国外数据不少于 50%，并可直接用于人工智能大模型训练的 AI-ready 数据；研制高质量 AI Ready 数据集不少于 6 个，其中覆盖全应用流程的多模态数据集不少于 2 个、智能体任务轨迹数据集不少于 2 个；形成大模型与智能体评测基准不少于 4 套，覆盖代码生成、复杂软件任务执行、科研问答、工具调用和安全分析。

(2) 研发数据质量评价、语义对齐、合成数据生成、数据溯源、安全检测、轨迹采集与评测等工具不少于 5 项，核心算法在测试集上的准确率或 F1 值不低于 85%，其中敏感及风险数据检测召回率不低于 90%；单项工具数据处理能力不低于 1 万条/小时，并提供标准化接口。

(3) 建设智能体任务沙箱和评测环境 1 套，支持不少于 30 类工具调用任务和 150 个复杂任务样例，环境应具备隔离执行、快速重置、全过程日志记录、任务回放和异常注入功能，任务环境复现成功率不低于 95%，操作轨迹记录完整率达到 100%，环境重置时间不超过 60 秒；代表性智能体多步工具调用成功率不

低于 70%，自主实验闭环任务完成率不低于 60%；形成数据治理、模型评测和多模态数据描述规范不少于 3 项。

（4）开展应用示范不少于 1 个，覆盖开展代码智能、科研知识发现、软件研发自动化和网络安全分析等领域，与不少于 2 个境外研究机构建立实质性合作，共同发布或采纳 1 项国际标准/规范，发表高质量科学数据论文不少于 3 篇。

（5）中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：科学大模型；科研智能体；多模态科学数据；网络安全；AI Ready 数据集

其他要求：拟支持项目数：2 项，每个项目支持中央财政经费 500 万元人民币。

9.2 药物研发科学数据国际合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

立足国内创新药研发、生物医药 AI 发展需求，联合境外团队搭建合规可控的国际药物研发数据协同共享体系。与境外药物数据机构建立合作，通过合法渠道完成全球公益药物研发核心数据库镜像备份，形成稳定跨境数据共建更新机制。合规搭建多类专项数据库：全球公益药物研发核心镜像库、核心化合物库、心脑血管、恶性/罕见肿瘤、糖尿病临床信息库、对应领域新药研发动态库与药品专利库，搭建覆盖化合物、研发管线、临床进展、专利、行业竞争的多维数据产品体系。依托国际合作网络布局上述疾病药物不良反应监测点，统一数据标准，实现不良反应标准

化、可追溯常态化采集更新。开展药物研发数据标准及国际认证路径研究，研究与国内相关标准及监管要求的映射与衔接机制，形成面向国际交换、互认和监管应用的数据标准框架及认证实施路径。搭建一体化药物数据协同共享平台，融合知识图谱、语义计算、RAG、MCP、可信 AI 等技术，提供跨库整合、语义挖掘、智能问答、证据溯源、AI 辅助分析、可视化等功能，创新药物研发数据服务模式。依托国家级科学数据中心落地示范应用，验证平台在数据共享、知识挖掘、研发决策、成果转化方面的实用价值。项目全程严守数据安全、跨境流动、知识产权、伦理法规，落实数据分级分类管理，实现数据合法安全受控流转。

考核指标:

(1) 建成全球公益药物研发核心数据库镜像库 1 个，并形成稳定、合规的数据同步更新机制，数据同步更新周期不超过 3 个月；核心化合物库 1 个（不少于 10000 条目）。

(2) 建成不少于 1 个心脑血管疾病、恶性/罕见肿瘤以及糖尿病等临床信息数据库（不少于 5000 例）；建成全球心脑血管疾病、恶性 / 罕见肿瘤以及糖尿病等新药研发动态数据库 1 个（不少于 10000 条目）；建成心脑血管疾病、恶性/罕见肿瘤以及糖尿病等药品专利库 1 个（不少于 10000 条目），整合全球药物相关专利全文、法律状态等数据。

(3) 建设不少于 1 个药物不良反应数据的监测点，实现心脑血管、恶性 / 罕见肿瘤、糖尿病等不良反应数据常态化采集(收

集不少于 5000 条不良反应），形成统一的数据采集、编码、质量控制和追溯规范，标准字段使用率不低于 90%，关键数据来源可追溯率不低于 95%，来自于国外数据条不少于 30%；建成覆盖化合物、研发管线、临床进展、药品专利和行业竞争等维度的药物研发数据产品体系 1 套，形成不少于 5 类专题数据产品，实现多维数据的统一检索、关联分析、动态追踪和可视化展示，核心数据对象关联数量不少于 10 万条。

（4）形成跨境药物数据相关技术规范 1-2 项，兼容或映射 3 类国际通行标准或术语体系，完成国内外相关标准映射研究，通过公开渠道发布；建成不少于 1 个面向药物研发大模型应用的 AI-Ready 数据集，包含规范的数据说明、数据字典、标注规则、质量报告、版本信息和训练集、验证集、测试集划分，在不少于 2 项典型任务中开展模型预训练、微调或 RAG 应用验证。

（5）与未使用该数据集的基线方案相比，至少 1 项核心评价指标取得可量化改进。实现上述资源跨库整合、统一检索、语义挖掘、智能问答、证据溯源、AI 辅助分析和可视化展示等不少于 7 类功能；形成至少 2 个示范应用案例，覆盖数据共享、知识挖掘、研发决策或成果转化等应用场景，并支持合规条件下的对外开放交流。

（6）中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词： 生物医药；科学数据；药物研发；大数据平台；重大疾病；信息资源

其他要求：拟支持项目数：2 项，每个项目支持中央财政经费 500 万元人民币。

9.3 化学领域人工智能就绪科学数据资源建设与应用合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向 AI 驱动化学研究对高质量、多模态、可复用科学数据的迫切需求，联合国外团队开展化学科学数据合作汇聚、标准化治理与智能化应用研究。建立科学数据分类分级体系与安全使用规则，制定覆盖分子结构、反应流程、谱学表征、理论计算、功能标签、过程操作记录及负结果的数据标准与元数据规范，加强与国际通行化学数据标准的兼容；开展多源异构数据汇聚与治理，补齐仪器校准、实验上下文、失败模式等关键要素，提升数据可追溯性、可复现性与可训练性；研发基于大模型、自然语言处理、化学命名实体识别等文本挖掘技术的文献数据自动挖掘与重构方法，实现“从文本到数据”的数据补全；研发自动化数据清洗、校验、规范化及可视化工具，建设国际合作服务平台，支撑数据目录发布、权限控制、版本追踪、标准接口调用与 AI-Ready 数据集生成；围绕催化反应、功能化学品创制、能源环境化学等场景，研制结构—谱学—功能多模态 AI-Ready 数据集，开展性质预测、谱学解析、反应优化等应用示范，形成“数据—模型—实验/计算”闭环工作流；以真实实验验证数据应用价值，形成“数据质量—模型性能—实验结果”的量化关系；针对能源、电力、化工等企

业中涉及商业敏感信息、知识产权或数据安全约束的敏感数据场景，研究联邦分析、联邦建模与安全协同机制，探索“数据不出域、模型与策略可联动”的国际科学数据合作模式。

考核指标:

(1) 化学 AI-Ready 科学数据标准规范不少于 2 项，其中分类分级与安全使用规则不少于 1 项；核心数据资源不少于 3 类，包括结构—谱学—功能、理论—实验、实验流程等；高质量、多模态结构化数据不少于 100 万条，覆盖实验/计算条件、仪器参数、操作记录与上下文等关键要素，总量不少于 1 PB，关键字段完整率不低于 90%、可追溯率不低于 95%。

(2) 研制自动化数据治理工具和国际合作服务平台各 1 套，具备目录发布、权限控制、版本追踪、标准接口和数据集生成功能；接入国内外来源及授权明确的数据资源不少于 5 个，其中化学实验设施、企业受控数据域、国际公开或合作资源各不少于 1 个。

(3) 性质预测、谱学解析、反应优化等应用示范不少于 3 项，其中真实实验验证不少于 2 项；跨机构、跨仪器的联邦分析、联邦建模或安全协同验证不少于 2 项，其中至少 1 项面向国际合作场景开展，数据不出域条件下联邦任务性能指标不低于集中式基准的 90%。

(4) 发表高水平论文不少于 2 篇；技术报告不少于 2 份；交流培训活动不少于 2 次，其中外方人员参会比例不少于 20%；

中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：化学科学数据；AI-Ready 数据集；多模态谱学；数据治理；联邦协同；智能化学

其他要求：拟支持项目数：2 项，每个项目支持中央财政经费 500 万元人民币。

浙江大学 092558