

国家重点研发计划“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 (公开择优类)

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，也要共同面临粮食安全、卫生健康等领域一系列挑战。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。本专项拟主动设计部署一批项目，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，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 12 个领域启动一批指南任务。项目统一按指南二级标题（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二级标题下指南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；在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评

价相近、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，将组织指南编制专家组审核研判是否开展项目评审立项，若继续开展项目评审立项，将提高评审立项标准。

项目中央财政经费小于 1000 万元，不下设课题；项目中央财政经费大于等于 1000 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。鼓励产学研用合作开展研究。申报项目时须有 1 个（或以上）国外合作单位共同参与申报，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，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，但不能作为唯一合作外方。

项目要坚持目标导向和问题导向，通过国际合作产出高质量成果，并重点关注和总结国际合作对项目成功实施所发挥的关键作用。国际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，应在突出国际合作的合著论文、联合申请国际专利或标准、国际会议、人才培养交流、合作平台建设等指标上体现。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%。

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经费，并列入项目预算的“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及开放计算生态的国际合作研究。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 FlagOS 多芯片统一通用编译器，原生支持 Triton、Triton-TLE 等算子编程语言，研发适配多厂商、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，显著降低大模型训练、推理和部署的跨芯片迁移成本；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 FlagOS 模型训练、推理优化和应用验证合作，依托 FlagOS 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 Hugging Face、ModelScope 等主流开源社区，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、Triton-TLE 等算子库编程语言；适配 GPGPU、DSA 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、端侧模型部署工具等。

（3）跨芯片算子库覆盖不少于 300 个算子接口或算子

实现，其中本项目新增或深度优化不少于 50 个算子。

(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。与国外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 FlagOS 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。

(5) 与国际开源基金会、国外高校/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，形成一套基于本课题技术栈的人工智能开放计算国际培训课程，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 ≥ 10 人次。

关键词：人工智能；AI 芯片；大模型；具身智能；通用编译器；开放计算；国际合作

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视觉协同感知合作研究（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

对视觉感知受光照、运动模糊及遮挡干扰、目标语义不完整及自主决策不足等问题，开展多智能体视觉协同感知研究，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，为地外探测、城市急救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 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、结构重建、未见目标识别及场景推理能力提升；研究基于世界模型和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，融合路径规划、任务分配与动态决策，增强探测、搜索、救援等作业能力，提升系统持续学习、环境适应与自主决策水平。

考核指标：

（1）构建多智能体仿真训练场 2 套，覆盖至少 2 类未知环境，支持 5 类视觉退化及 2 类环境与动态扰动因素建模；形成多场景数据库 1 个，覆盖 RGB、深度等不少于 4 类信息，且涉及场景不少于 1 万个。

（2）研制多智能体视觉协同感知原型系统 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）在月球或火星地外探测任务相关总体单位及省级急救中心验证：地外资源探测支持不少于 3 个异构智能体协

同，星球表面协同定位相对误差 $\leq 5\%$ 、目标识别准确率 $\geq 90\%$ 、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 $\geq 80\%$ ；具备极端光照、弱纹理、扬尘等退化条件下稳定运行能力；在城市急救中，目标识别准确率 $\geq 95\%$ ，未知目标识别准确率 $\geq 75\%$ ，空地协同人体检索准确率 $\geq 80\%$ 。

（4）与亚、欧、非等国家开展实质性协同感知合作，共建联合研发平台（基地）不少于 1 个，形成合作协议或成员确认函等支撑材料；联合发表论文不少于 5 篇，举办国际会议不少于 3 次；中外人员交流互访 ≥ 10 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，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，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，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，申请发明专利 5 项。

(5) 组织开展智能细胞机器人相关主题学术交流 2~3 次，邀请国外专家做报告 2~3 次；中外人员交流互访 ≥ 10 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、医学智能体系统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，开展跨境医学数据治理、可信模型协同与智能体闭环应用示范研究。具体包括：研究多模态医学数据标准化、时空对齐、混合噪声识别、标签修正、质量分级质控等关键技术，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；面向训练数据不可得、不可直接共享等现实约束，研究跨境异构模型的可信融合与能力协同机制，突破模型间语义不一致、能力差异大、推理不可控等瓶颈，实现模型能力的统一抽象、语义链接、动态编排与协同推理；研究面向多模态、跨境复杂医学任务的大规模模型协作网络，构建可解释、可验证、可调度的医学智能体体系，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，实现跨机

构、跨国家、跨场景的模型优势互补；围绕神经退行性疾病风险预警、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体系，验证其在真实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，总有效样本 ≥ 10 万；编制国际化数据治理技术规范 1 套。

（2）面向国际合作多中心数据孤岛，可信融合模型在医学诊断等典型任务中总体性能较常规方法提升不低于 5%，跨群体设定下提升不低于 20%。

（3）构建国际化分布式语义链接网络，实现异构医学模型能力的统一描述、注册、发现、调用和组合。针对复杂医学任务，动态编排机制较传统静态路由方法，在任务准确率、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预警、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，并至少在 2 个外国合作国家开展联合研究与应用验证，总参与机构不少于 10 个，其中应包括医疗机构、科研机构或产业化单位。

(5) 中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：数据治理，模型融合，医学多智能体，国际多中心协同

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。

1.5 人工智能驱动的多生态区农林有害动物声像行为识别与协同防控技术合作研究（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，研发声音、图像、行为等多维信息表型组识别技术，构建有害动物声像行为智能识别知识库，实现有害动物高精度识别、高致害性种群分型和防控靶标精准设计，构建云边端融合的跨境有害动物监测网络。具体包括：以蝗虫、蚜虫、害鼠等为主要对象，运用机器视觉、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；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；依托国际合作建立人工智能驱动的有害动物区域性扩散预警模型，研发可持续防控技术，形成可复制、可推广的有害动物国际监测预警协作模式。

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，动物数量 ≥ 100 种，有害动物图像识别准确率 $\geq 75\%$ 。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，数据总样本 ≥ 1000 份，覆盖农林主要有害动物 ≥ 5 种，害鼠警戒鸣声识别准确率 $\geq 80\%$ ，害虫行为识别准确率 $\geq 80\%$ 。

(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 ≥ 1000 条；构建重大有害动物多模态智能识别模型 1 套，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，双方交流互访 ≥ 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；国际合作

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 mRNA 及 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，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，性能较现有方法提升 $\geq 30\%$ 。

(3) 系统解析 CDS、UTR、IRES 等序列特征对 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 ≥ 10 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红队对抗方法，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。

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 套自动化红队对抗方法，能在多类视觉—语言—动作模型上发现典型不安全行为。

(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；联合发表论文不少于 5 篇；中外人员交流互访 ≥ 10 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；红队对抗评测。

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，合作研究可解释、可进化、高可信智能体关键技术，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，覆盖文献、仿真、实验、中/外大科学装置等不少于 5 类数据源，模态不少于 5 种，数据量 ≥ 10 万，形成数据治理规范 1 套；知识图谱知识实体 ≥ 2000 个，知识关系 ≥ 1 万条。

（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，实验迭代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，输出方案证据链覆盖率 $\geq 90\%$ ，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合作完成智能体驱动设计应用验证，研制的全固态电池软包单体尺寸不低于 $8\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ，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) 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；中外人员交流互访 ≥ 10 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；国际合作

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，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；研究模型全生命周期动态可信度评估技术，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，突破模型错误及偏差的全流程溯源与预警瓶颈；研制新型复杂系统建模仿真优化一体化研发软件平台。选择轨道交通、新能源汽车等典型领域开展应用验证。

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语法准确率 100%，语义准确率 $\geq 95\%$ 。

（2）形成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) 实现模型全生命周期可信度多维量化评估，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 $\geq 90\%$ 。

(4) 研制新型复杂系统建模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以及动态可信评估功能；在轨道交通、新能源汽车等不少于 2 个典型领域应用验证，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) 申请发明专利 ≥ 5 项（含国际专利 ≥ 1 项），联合发表高水平学术论文 ≥ 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 ≥ 10 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：

针对材料科学研究工作依赖经验试错、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，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，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、动态优化、危险预判与异常恢复，支撑试剂配制、薄膜制备、界面处理、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 ≥ 5 类智能体角色协同、 ≥ 5 台异构实验设备实时接入并行执行，自主实验规划与执行成功率 $> 90\%$ ，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，发表相关国际论文 5 篇，申请专利 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，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 ≥ 15 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. 生命健康

2.1 基于 SPECT/CT 的阿尔法核素诊疗一体化关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对阿尔法核素在肿瘤精准治疗中面临的给药剂量极低导致 SPECT 图像信噪比差，多能峰多子核联合成像定量困难，复杂衰变链中子核在人体内重新分布导致传统剂量计算模型失效，以及治疗过程中细胞失能与凋亡等生物效应缺乏观测手段等技术瓶颈，通过国际合作开展 SPECT/CT 在阿尔法核素低计数成像、精准剂量计算与生物效应观测中的关键技术研究，形成基于高性能 SPECT/CT 的阿尔法核素诊疗一体化能力；与国外机构共建模型平台与多中心数据质控体系，推动研究成果的国际标准化及国产装备接轨国际。主要研究内容包括：

(1) 适应阿尔法核素的新型 SPECT 探测技术。基于具备超宽能窗与高灵敏度特性的新型 SPECT 探测器系统，研

究阿尔法核素及其子核相互作用机理与多能窗精细采集技术，实现极低给药条件下阿尔法核素及其子核在人体全身器官和病灶的高精度定量成像。

(2) 适应阿尔法核素的精准剂量计算方法。对阿尔法核素及其子核在人体内的生物分布进行建模，开发精准剂量计算方法，包含快速蒙特卡洛引擎与 GPU 加速算法。

(3) 辐射剂量与生物效应的关联模型。基于新型 SPECT 探测技术和精准剂量计算方法，开展阿尔法核素治疗过程中疗效和器官毒性研究，建立辐射剂量与生物效应的关联模型，实现生物效应的直接观测与评价。

考核指标:

(1) 基于具备超宽能窗 (40-440keV) 与高灵敏度 (≥ 800 kcps/(MBq/mL)) 特性的新型 SPECT 探测器系统，开发多能峰串扰去除与低计数图像重建算法，适配阿尔法核素及其子核的高精度成像，图像信噪比较传统技术提升不低于 50%。

(2) 建立阿尔法核素的精准剂量计算方法，阐明衰变链子核在人体内分布规律，全身 3D 累积剂量计算时间不超过 120s，与 Geant4 蒙特卡洛模拟对比偏差不超过 $\pm 5\%$ 。

(3) 基于新型 SPECT/CT 系统和至少一种阿尔法核素治疗药物，完成人体数据采集不少于 30 例，完成疗效和器官毒性研究，建立辐射剂量-生物学效应模型。

(4) 与不少于 2 家国际科研机构开展技术共研，形成长效合作机制；中外交流互访不少于 5 人次/年；合作举办国际学术会议或国际研讨会不少于 3 次/年。

(5) 申请发明专利不少于 3 件（其中，国际专利不少于 1 件）；发表 SCI 论文不少于 2 篇（其中，联合发表不少于 1 篇）。提交国内 NMPA 注册证申请 1 项及海外 CE 或 FDA 认证申请不少于 1 项。

关键词：SPECT/CT；阿尔法核素；诊疗一体化；国际合作

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

2.2 靶向放射性药物（核药）偶联与高选择性递送技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

围绕放射性核素体内稳定性不足、非特异富集及靶向效率低等瓶颈问题，联合国际顶尖核药研发团队，吸收其在合成和标记，及临床转化等方面的先进技术和经验，聚焦肿瘤及血液系统疾病相关的成像与治疗，合作开展核素-载体定点偶联机制与体内递送行为研究。具体包括：阐明定点偶联的调控机制；解析放射性核素非特异富集的分子起源；建立偶联物递送行为与安全性的多尺度关联模型，平衡靶向效率与安全指标；构建从分子设计到体内评价的一体化技术体系，打通高通量筛选、工艺优化、效果验证与剂量计算的量化反馈链路，为低毒高效靶向核药精准设计与转化应用提供支

撑。同时，开展候选核药临床前药效、药代动力学及安全性评价，推动靶向核药进入临床试验阶段。联合推进靶向核药偶联、递送的质量控制国际标准编制，搭建双边核药研发数据共享平台，建立长期稳定的国际研发合作网络。

考核指标：

（1）建成 1 个靶向核药偶联与递送技术平台，平台整体技术能力不低于国际同领域先进水平；

（2）完成 3 款针对不同疾病靶点的候选核药研发，至少 1 款候选核药获得临床试验许可，2 款候选核药进入中试放大阶段；

（3）获批相关发明专利 3~5 件，其中国际发明专利不少于 1 件；

（4）发布靶向核药相关技术规范/行业标准 2 项，建成 1 个国际核药研发数据共享平台；

（5）联合署名发表 SCI 高水平论文不少于 3 篇，培养核药领域高端研发人才不少于 5 名；中外人员交流互访不少于 10 人次。

关键词：

靶向放射性药物；核素偶联技术；高选择性递送；核药临床转化；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 700 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

2.3 青光眼眼脑视觉环路评估与可展开微创治疗器械技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容:

围绕青光眼传统眼压、OCT 和视野指标难以解释低眼压进展、结构-功能不一致、术后疗效差异及神经保护疗效缺乏客观终点等瓶颈问题，联合国外神经影像方法学优势，聚焦青光眼精准分层、疗效评价与微创器械转化，开展 MRI 眼脑视觉环路量化评估、折纸工程可展开微创植入器械及输送系统研发、房水动力学与长期通畅性评价合作研究。建立 3T 及以上 MRI、dMRI、fMRI/rs-fMRI 扫描与分析流程，量化视神经、视交叉、外侧膝状体、视放射、V1 及高级视觉网络的结构和功能改变，形成可重复、可质控、可外部验证的候选终点；应用折纸工程学原理开发微型化、可控展开、形态稳定、低组织刺激的房水外流调控器械及输送系统，兼顾小切口进入、稳定展开和长期房水外流；构建层流数值模型、离体眼球压力测试和动物眼压评价体系，预测不同构型下外流阻力、通畅风险和长期控眼压效果；整合 OCT/OCTA、视野、动态眼压、前节影像、临床分型、MRI 视觉通路指标和器械验证数据，建立风险分层和术后疗效预测模型；形成 MRI 扫描协议、数据字典、质控流程、器械临床前验证资料包、联合研究报告和标准建议，为青光眼精准诊疗、神经保护疗效评价、国产原创微创器械临床试验审批和注册转化提供支撑，并建立长期稳定的国际合作网络。

考核指标:

(1) 建成 3T 及以上 MRI 眼脑视觉环路量化评估与质控体系 1 套，形成统一扫描和分析流程；2 家中心采集不少

于 100 例，30 例随访 12 个月；质控合格率 $\geq 85\%$ ，关键指标 ICC ≥ 0.75 ；

（2）完成折纸工程可展开微创植入器械及输送系统 1 款；经 $\leq 2.2\text{ mm}$ 切口输送，台架或离体试验 ≥ 30 次，展开成功率 $\geq 90\%$ 、尺寸偏差 $\leq 10\%$ ，完成生物相容性评价；

（3）建立房水动力学及通畅性评价体系 1 套；模型误差 $\leq 20\%$ ，连续灌流 30 天通畅率 $\geq 80\%$ ；完成 ≥ 20 只动物植入和 12 周随访，平均眼压下降 $\geq 15\%$ 、严重器械相关不良事件 $\leq 10\%$ ；

（4）建成覆盖 ≥ 100 例、200 眼次的多模态数据库；预测模型经 ≥ 50 例独立验证，AUC ≥ 0.75 ；形成第三方报告和临床前资料包各 1 份，申请知识产权不少于 2 项、联合 SCI 论文不少于 3 篇。中外人员交流互访不少 5 人次。

关键词：青光眼精准治疗；眼脑视觉环路；折纸工程可展开器械；房水动力学；国际合作

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

2.4 细菌群落抗真菌功能途径挖掘重构与集成化关键技术与装备联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向作物真菌病害绿色防控与化学农药减量的共同需求，相关生物防治技术长期受制于生态机制认知与工程转化之间的断层，亟需依托中外双方在微生物生态研究与生物合成工程方面的互补优势开展合作研究。针对天然细菌群落抗

真菌功能来源不清、难以标准化重构，而单一菌株机制单一、防效有限等问题，开展合作研究。以抑病土壤天然菌群抗真菌功能为设计蓝图、以生物合成基因簇为核心功能单元，研究抗真菌功能通道的挖掘、重构与单底盘集成化关键技术与装备。具体包括：1、功能通道的解析与高通量验证装备。解析抑病土壤细菌群落中生物合成途径的产物合成、传播特征与病原响应，建立群落抗真菌功能的定量刻画方法，界定重建抑菌功能所需的最小途径生成集；研制基于微流控、无标记成像与机器视觉的抗真菌高通量表型筛选—克隆分离一体化装备。2、功能途径的模块化重编程与计算—实验闭环。开展非核糖体肽、聚酮及其杂合途径的模块化重编程与底盘适配，以功能通道特征为目标约束，采用主动学习定向搜索性能更优的非天然途径。3、多途径单底盘集成与输出调控。在相容底盘中实现最小途径生成集的集成与协同表达，识别代谢瓶颈并优化底盘代谢，实现各通道产物输出比例的可调控。

考核指标：

（1）合作研制抗真菌无标记表型高通量筛选—克隆分离一体化创新装备 ≥ 1 套：无标记判读微培养单元 $\geq 10^3$ /批、准确率 $\geq 90\%$ 、单菌株 DBTL 闭环周期 ≤ 7 天；荧光信号系统组件编辑后筛选通量 $>10^4$ /批，实现在线生长曲线监测；装备与操作规程由双方共用共享；

（2）共建抗真菌功能通道资源库 1 个（收录 BGC $\geq 10^5$ 量级）；建立“产物合成—传播特征—病原响应”三维度协同

解析方法 1 套，完成候选途径的功能通道归类，锁定经实验锚定的核心抗真菌功能通道组合 ≥ 10 组；

(3) 建立面向途径重编程的主动学习迭代优选流程 1 套，以功能通道特征为目标约束，改造途径性能较随机组合提升 ≥ 1 倍；

(4) 联合构建功能集成型工程生防底盘/菌株 ≥ 2 株，单株集成核心抗真菌功能通道 ≥ 4 条并协同表达；建立基因组尺度代谢模型 1 套；对镰孢菌、丝核菌等目标病原抑制效果较野生型提升 $\geq 50\%$ ，完成 ≥ 1 类作物盆栽药效试验；

(5) 共建联合研究平台/联合工作组 ≥ 1 个，实现菌种/数据资源双向共享、装备与技术规程共用；中外人员交流互访 ≥ 10 人次，中外联合培养 ≥ 10 人；共同申请发明专利 ≥ 4 件（含 PCT/欧洲专利 ≥ 1 件），形成可转移的技术规程或标准 ≥ 2 项。

关键词：

细菌群落；功能通道解析；合成生物学；高通量无标记筛选装备；国际合作

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。

2.5 代谢物紊乱导致生育力降低的机制与评估干预策略合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对高龄、肥胖、糖脂代谢异常、微生物感染等状态下生育力降低、配子质量下降、胚胎发育阻滞等关键问题，以

代谢物紊乱为核心，围绕疾病状态、代谢细胞器功能异常、生殖微环境失衡与配子/早期胚胎发育潜能下降之间的关联与因果机制，开展代谢调控机制、发育潜能评估和干预策略研究。通过合作研究，整合我国及国（境）外团队的临床资源和技术优势，突破单一中心的样本和技术局限，建立复杂疾病状态下卵巢、配子、受精卵、早期胚胎及子宫内膜相关生殖微环境的多模态研究体系，揭示代谢物紊乱导致生育力降低的关键机制，形成面向辅助生殖中配子和早期胚胎发育潜能评估的机制型指标体系和风险分层策略。具体包括：结合多中心临床样本、动物模型、类器官/器官芯片模型和胚胎样模型，系统解析高龄、肥胖、糖脂代谢异常、微生物感染等状态下配子成熟、受精和早期胚胎发育潜能受损的代谢特征，鉴定与生育力降低相关的关键代谢物及代谢通路；重点研究线粒体、内质网、过氧化物酶体、溶酶体/自噬系统和脂滴等代谢相关细胞器功能异常导致能量代谢、脂质代谢、氧化还原稳态和代谢—表观遗传偶联失衡的机制；解析复杂疾病状态本身引起的代谢异常如何改变卵巢、配子、受精卵和早期胚胎微环境；探索营养/饮食结构异常、关键营养底物缺乏或过量、外源性代谢物暴露等因素对生殖微环境代谢稳态和配子/胚胎发育潜能的影响；整合低起始量代谢组学、单细胞组学、细胞器功能检测、活细胞成像和人工智能分析等技术，建立配子和早期胚胎发育潜能的代谢评估模型；通过合作研究，推动复杂疾病状态下生殖样本采集、低起始量检测、数据分析、机制验证和模型评估的标准化，提升我国在生育

力代谢评估与辅助生殖质量控制领域的国际合作能力和标准制定能力。

考核指标:

(1) 关键代谢物鉴定: 鉴定不少于 3 种与配子成熟、受精、早期胚胎发育潜能下降或生育力降低相关的关键代谢物, 覆盖高龄、肥胖、糖脂代谢异常、微生物感染等不少于 3 类代表性疾病或异常状态; 明确其在卵巢、配子、受精卵、早期胚胎及子宫内膜等不少于 3 类生殖相关样本中的变化规律。

(2) 代谢物紊乱机制解析: 阐明不少于 3 条代谢物紊乱导致生育力降低的因果机制, 覆盖能量代谢、脂质代谢、氧化还原稳态、免疫代谢或代谢-表观遗传偶联失衡等机制。每条机制应明确不少于 1 种关键代谢物、1 种靶细胞类型、1 条信号通路; 并通过代谢物补充、抑制、信号通路干预等方式, 在动物模型、类器官/器官芯片模型中完成因果验证。

(3) 低起始量检测技术与评估模型建立: 建立低起始量、单细胞水平的关键代谢物检测技术 1~2 项, 适用于单个配子、早期胚胎、微量卵泡液或少量生殖组织等不少于 3 类样本, 覆盖能量代谢、脂质代谢、氧化还原稳态、免疫代谢或代谢-表观遗传偶联失衡等不少于 3 类通路; 建立代谢细胞器功能分析方法 1~2 项, 形成覆盖线粒体能量代谢、脂滴代谢、内质网应激、溶酶体/自噬功能、氧化还原稳态等不少于 3 类细胞器或功能过程的定量分析指标; 形成适用于配

子或早期胚胎发育潜能评估的代谢指标组合 1 套。

(4) 与国(境)外优势团队建立稳定合作机制; 组织国际研讨会不少于 2 次, 科研人员双向交流不少于 10 人次; 联合发表高水平论文不少于 3 篇。

关键词:

生育力降低; 代谢物紊乱; 疾病状态; 代谢细胞器; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

**2.6 肿瘤及自身免疫性疾病中的适应性免疫合作研究
(基础研究类)**

合作目标与研究内容:

针对我国肿瘤与自身免疫性疾病负担沉重、免疫治疗源头创新不足、适应性免疫跨疾病共性调控规律尚未阐明的瓶颈问题, 聚焦免疫靶点核心科学问题, 解析慢性抗原持续刺激下 T、B 淋巴细胞命运决定与功能调控的分子机制, 建立跨疾病可比较的适应性免疫研究范式, 为肿瘤免疫治疗优化与自身免疫病精准干预提供理论支撑。通过协同攻关, 发挥中外各自优势, 推动研究范式、技术体系与成果共享互鉴, 提升我国适应性免疫研究的科学深度与国际影响力。具体包括: 系统解析适应性免疫应答的共性规律与关键差异, 以 T 细胞为核心, 对比两类疾病中该细胞群体转录调控网络、表观遗传特征及分化轨迹的保守性与差异性, 阐明 T、B 细胞活化模式、分化路径及功能差异, 揭示跨疾病适应性免疫的核心调控逻辑; 开展 T 细胞耗竭表观调控与代谢重编程研

究，对比两类微环境下 CD8⁺T 细胞耗竭动态进程，绘制多维度表观修饰图谱，鉴定耗竭状态核心调控元件，解析 T 细胞代谢谱特征，阐明代谢重编程对细胞命运与干性的调控作用，筛选代谢干预靶点；研究调节性 T 细胞异质性与可塑性，解析两类病灶中 Treg 细胞亚群组成与组学特征，揭示微环境介导的 Treg 可塑性转换机制；探索细胞治疗优化与 B 细胞靶向干预策略，基于干性维持与耗竭调控规律优化 CAR-T 改造方案，针对两类疾病开展临床前验证，解析 B 细胞衰老代谢特征及其疾病调控机制，探索 B 细胞靶向新靶点。

考核指标：

（1）完成肿瘤与自身免疫病 T、B 细胞单细胞转录组与表观组整合图谱，明确 T 细胞跨疾病保守调控程序与特异性特征，鉴定 2~3 个关键调控分子与通路，形成跨疾病适应性免疫研究范式；

（2）揭示 T 细胞耗竭表观调控、代谢重编程、Treg 可塑性及 B 细胞衰老的 2~3 条全新调控机制，提出 2~3 种免疫细胞治疗优化策略，完成细胞与动物模型功能验证，为临床转化提供理论支撑；

（3）共建中外联合实验室 1 个，建立稳定长期合作网络，中外人员交流互访不少于 15 人次，培养青年科研骨干 4~6 名；

（4）联合发表高水平 SCI 论文 5~8 篇，申请国家发明专利 1~2 项，形成具有国际影响力的原创性成果。

关键词：

适应性免疫；肿瘤免疫；自身免疫性疾病；免疫耗竭；
国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 700 万元人民币。

2.7 跨组织模块化类器官互作模型构建及组织再生体系 合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对类器官构建基质材料可控性不足、多器官互作联动有限和体外评价与体内疗效关联不强等现状，重点解析调控类器官成熟、病理建模及多组织协同再生的机制，服务重大退行性疾病精准诊疗的基础与机制研究需求。通过合作研究，整合中外在临床、生物材料与类器官功能建模、标准化评价方面的优势，推动类器官材料参数库、多器官互作模型和再生评价标准的联合建立与国际互认。

具体包括：聚焦生物材料与微纳加工技术，研究材料组成、结构、力学强度、黏弹性和降解行为对类器官构建及功能成熟的调控规律，建立工程化材料微环境参数库；结合基因编辑与药物递送技术，构建骨、软骨、神经等区块化实时联动类器官模型，模拟关键病理进程；聚焦多器官互作驱动的系统性机制，建立跨器官复杂组织修复从体外机制解析到体内疗效预测的再生评价方法；依托多器官互作类器官模型，构建多维数据集，发展人工智能辅助高通量药物筛选与药效预测方法，形成“表型读出-模型预测-候选优选-疗效评价”闭环，提升我国再生医学产业技术水平。

考核指标:

(1) 共建国际联合研究中心或实验室, 形成人才联培机制; 中外互访不少于 4 人次/年, 举办学术会议不少于 2 次, 联合发表高水平论文不少于 3 篇。

(2) 建立透明质酸、胶原、海藻酸钠等生物材料微环境参数库, 每种 ≥ 5 个可调控参数; 开发微纳加工、微流控和 3D 生物制造构建方法, 构建骨、软骨、神经等重大退行性疾病相关类器官模型, 每种类器官含 ≥ 3 种功能细胞且比例明确, 同参数组合下构建的类器官, 核心功能指标 (COL2A1、Tuj1 阳性率等) 批间 CV $\leq 15\%$ 。

(3) 基于基因编辑和递送技术模拟骨、软骨、神经关键病理进程, 多基因编辑效率 $\geq 50\%$, 递送穿透 $\geq 200\ \mu\text{m}$, 病理进展可分级呈现 ≥ 3 个阶段; 形成疾病模拟与功能干预类器官模型不少于 3 类, 体外功能维持 7 天以上。

(4) 构建含基质屏障、血管通道和靶器官的多器官协同类器官模型, 实现 ≥ 3 类器官+2 界面联动。

(5) 建立疾病表型与药物响应多维数据集, 开发 AI 辅助高通量筛选方法不少于 1 套, 多维数据集含 ≥ 5000 条类器官-药物响应记录, 至少 3 种以上药效指标的自动识别与量化分析, 筛选验证候选药物/活性成分不少于 5 个。

关键词: 微纳加工、跨组织类器官、类器官基质材料、基因编辑、药物筛选、国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 1000 万元人民币。

2.8 肌骨超声跨国远程诊疗系统联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向中国与共建“一带一路”国家医疗健康合作需求，围绕“跨国诊疗、实时协同、精准介入”的远程医疗建设目标，聚焦肌骨超声远程诊疗核心技术攻关，开展跨国多流传输优化、双语实时协同、多品牌超声设备互通及介入操作精准力反馈等关键技术联合攻关。通过双方高水平科研与医疗机构联合攻关，建立一套跨国联通的远程肌骨超声诊疗系统，实现两国间高效、安全、标准统一的远程超声协同能力。具体包括：

1. 跨国多流传输技术研发：研究肌骨超声影像、操作视频、语音指令及机械臂控制信号四流实时同步传输优化算法，攻克跨境网络路由波动导致的延迟、丢包与同步劣化问题，构建满足跨国网络条件的低延迟传输通道。

2. 双语医疗协同与设备互通技术研发：构建双语肌骨超声专业术语映射库与实时医学翻译引擎；研制通用接口协议与数据转换中间件，实现多品牌超声设备的无缝兼容与数据互通。

3. 远程介入精准操控与力反馈技术研发：研发远程操控机械臂系统，实现探头摆位、压力调节及介入操作的高精度控制，攻克力反馈还原技术。

4. 系统集成与临床验证：在两国教学医院和基层医疗机构开展分阶段系统联调及全场景压力测试，完成小范围试点

与基层拓展部署，构建“诊断-介入-随访”一体化远程医疗验证体系。

考核指标：

(1) 支持 1080P/60fps 高清影像、操作视频、语音指令及机械臂控制信号四流实时同步传输；在跨境网络环境下，端到端延迟稳定 $\leq 60\text{ms}$ ，视频帧率稳定 $\geq 55\text{fps}$ ，图像与声音同步时差 $\leq 30\text{ms}$ 。

(2) 构建双语肌骨超声专业术语映射库 1 套，涵盖不少于 2000 条专业术语；实现实时语音与文字翻译，语义准确率 $\geq 95\%$ 。

(3) 实现对不少于 5 种型号超声设备的无缝兼容与数据互通，其中包括国内主流品牌不少于 3 种，合作国家常用品牌不少于 2 种，每个设备兼容测试用例不少于 50 个；单次设备连接与数据互通启动时间 ≤ 30 秒。

(4) 远程操控机械臂的力反馈精度 $\leq 0.1\text{N}$ ，误差 $\leq \pm 5\%$ ；介入操作定位误差 $\leq 2\text{mm}$ ；系统连续运行稳定性测试 ≥ 72 小时无故障。

(5) 在国内和合作国家各部署不少于 1 个临床验证站点（累计不少于 2 个站点），完成不少于 100 例临床测试病例；通过双方医疗数据安全性与合规性测试证明 1 份；联合申报/获得软件著作权不少于 2 项，联合发表学术论文不少于 2 篇；组织双向国际技术培训不少于 2 场，培训双边医务人员不少于 30 人次。

关键词：肌骨超声；远程诊疗；双语协同；设备兼容；

力反馈精准操控；国际合作

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

2.9 人工合成单细胞生命功能模块构建与整合合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

聚焦“生命功能跨层次涌现的原理”核心科学问题，联合国际优势团队，采用“白箱-黑箱双驱动”研究范式，从生物大分子出发，自下而上开展合成单细胞生命的关键功能模块构建与整合研究。通过合作研究，将生长、复制、分裂等关键生命功能模块的研究任务进行跨国分解与协同攻关，建立全球统一的生物合成元件接口标准和实验流程规范，推动合成细胞研究从“各国分别探索”走向“全球协同共建”。具体包括：开展生长模块构建研究，探索细胞生长过程中物质合成与能量转化的核心机制，构建可在体外稳定运行或部分功能可验证的生长功能模块；开展复制模块构建研究，探索基因组及细胞整体复制的最小功能单元，构建可部分自主完成基因组复制或相关关键步骤的复制功能模块，实现遗传物质在合成体系中的传递验证；开展分裂模块构建研究，探索细胞膜形变、分裂环组装及胞质分裂的物理化学机制，构建不依赖天然细胞骨架的分裂功能模块，验证合成细胞形态完整性和分裂可行性；开展模块整合与标准化探索研究，建立上述功能模块间的物理接口和化学信号传递规则雏形，提出生物合成元件接口标准、实验流程标准和数据计量标准的草案框架，

探索可跨实验室比较和整合的研究范式；开展合成细胞系统集成与初步验证研究，探索将各功能模块整合至磷脂囊泡载体中的技术路径，构建具备生长-复制-分裂等关键生命过程雏形的合成细胞原型系统，验证其功能和演化潜力。

考核指标：

（1）完成不少于 2 个生命功能模块的初步构建与功能验证，每模块关键功能验证时间不低于 48 小时；建立不少于 1 套模块整合的初步接口方案，提出不少于 2 项技术标准草案框架；

（2）实现至少 1 个合成细胞原型系统的初步集成构建，具备完成不少于 1 次生长-分裂循环的能力，分裂后子代囊泡中基因组可检出；

（3）发表高水平研究论文不少于 10 篇（其中，合作发表论文不少于 3 篇），申请发明专利不少于 2 项；

（4）组织国际学术研讨会不少于 1 次（参会外方代表不少于 20 人次），形成合成细胞领域国际合作建议报告 1 份；中外人员交流互访不少于 10 人次。

关键词：人工合成单细胞生命；功能模块；生长-复制-分裂；模块整合；元件标准；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 700 万元人民币。

2.10 面向共建“一带一路”国家针灸防治疑难病和慢性病的作用机制与国际多中心临床评价合作研究（应用示范类）

合作目标与研究内容：

面向共建“一带一路”国家慢性病、常见病及部分疑难病防治需求，发挥我国针灸简、便、验、廉和整体调节优势，推动针灸技术在共建国家的广泛应用。同时针对针灸在国际临床应用中缺乏高等级循证证据、作用机制阐释不足、国际公认诊疗指南缺失等突出问题，围绕脑卒中后功能障碍、骨关节疼痛、偏头痛、过敏性疾病及视神经疾病等重点病种，开展针灸防治疾病合作研究。按照“临床需求调研→诊疗方案优化→多中心验证→疗效机制阐明→海外服务推广”的技术路线，系统开展合作国家疾病谱、医疗需求和针灸技术应用场景调研，形成区域适配的针灸干预病种遴选方案；基于中医辨证与现代医学评价体系，优化形成针灸防治脑卒中后功能障碍、骨关节疼痛、偏头痛、过敏性疾病及视神经疾病等重点病种的国际化诊疗方案和技术操作规范；依托合作国医疗机构和科研院所，构建多国家、多中心临床研究网络，开展大样本前瞻性临床评价，形成高质量循证医学证据；综合运用现代分子生物学技术，系统阐明针灸防治疾病的关键生物学机制；建设海外针灸推广研究中心和国际培训平台，推动针灸技术、标准、方案和服务模式在共建“一带一路”国家示范应用，形成可复制、可推广、可持续的国际合作路径。

考核指标：

（1）围绕不少于 3 类优势病种完成共建“一带一路”国家临床需求调研与适宜性评估，形成国别或区域调研报告不少于 3 份。

（2）制定针灸防治疑难病、慢性病、常见病的国际化

诊疗方案、技术规范或技术指南不少于 2~3 项。

(3) 建成覆盖不少于 3~5 个国家、5~8 家医疗机构的针灸多中心临床研究协作网络，完成不少于 800~1000 例受试者的临床研究或真实世界研究。

(4) 形成针灸干预重点病种的高质量临床循证证据不少于 2 项，主要临床结局指标改善率达到预期目标，不良事件发生率控制在安全范围内。

(5) 围绕针灸防治疾病效应机制，解析不少于 2 项关键作用机制，发现并验证相关生物学标志物或客观评价指标不少于 3 项。

(6) 建设海外针灸推广研究中心或联合研究平台不少于 2 个，开展国际培训、学术交流或技术推广活动不少于 4 次，培训海外专业人员不少于 100~200 人次。

(7) 发表高水平论文不少于 5 篇，形成中外合作研究报告、政策建议或标准化成果不少于 2 项。

关键词：针灸；“一带一路”；多中心临床研究；诊疗方案；国际合作。

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 2:1。

2.11 面向保肢后功能重建的大尺寸神经缺损牵张再生系统联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向严重肢体毁损伤血管吻合保肢后的功能重建需求，聚焦大尺寸长距离周围神经缺损修复、远端神经肌肉接头退

变减缓和神经-肌肉功能恢复等关键技术问题，依托国际多学科团队协作，开展智能神经牵张再生系统合作研发与关键技术攻关。具体包括：

1. 合作建立大尺寸长距离神经缺损模型与评价体系：依托跨国多实验平台，构建建立保肢后长距离周围神经缺损动物模型，形成牵张修复组与常规自体神经移植组对照评价方案，围绕神经再生、肌肉功能、电生理表现和神经肌肉接头退变开展系统研究。

2. 微小型机器人神经牵张修复技术研发：研制具备神经断端固定、可控牵张、状态监测、安全保护和电刺激接口等功能的微小型机器人系统，研究长距离神经缺损单吻合口原位牵张修复方法。

3. 神经肌肉接头退变减缓机制研究：研究神经牵张过程中机械应力、神经营养因子、局部微循环与远端神经肌肉接头保护之间的关联性，以及牵张干预减缓终板结构退变和肌肉失神经支配的有效时间窗。

4. 电刺激与电生理反馈调控技术研发：研究电刺激促进神经再生和功能恢复的方法，利用肌电等电生理信号建立反馈调控策略，提高再生神经成熟度和神经-肌肉功能恢复效果。

考核指标：

（1）建立大尺寸长距离周围神经缺损动物模型不少于 1 种；合作完成牵张修复组与常规自体神经移植对照组验证，每组不少于 5 例；在术后 4 周、8 周等时间点完成神经再生、

肌肉功能、电生理和神经肌肉接头形态等不少于 4 类指标评价。

(2) 研制微小型机器人神经牵张修复原型系统 1 套；关键执行模块牵张力 $\geq 3\text{N}$ ，有效牵张距离 $\geq 5\text{cm}$ ，大动物验证有效牵张距离 $\geq 3\text{cm}$ ，牵张控制误差 $\leq 10\%$ 。

(3) 联合开展远端神经肌肉接头形态和功能评价，检测终板面积、乙酰胆碱受体聚集、电生理复合动作电位等不少于 3 项指标；牵张修复组在不少于 2 项神经肌肉接头或肌肉功能指标上优于未牵张对照或常规修复对照。

(4) 电刺激模块具备强度、频率或脉宽等不少于 2 类参数可调能力；建立肌电或其他电生理信号反馈方法，完成不少于 1 项闭环反馈调控实验验证。

(5) 完成临床前试验报告、操作流程和风险控制方案各 1 份；申请发明专利不少于 3 项，发表高水平文章不少于 3 篇，其中，合作发表文章不少于 1 篇；与不少于 1 个国(境)外团队开展方法对标、联合验证和评价体系研究，形成联合研究报告 1 份，中外人员交流互访不少于 10 人次。

关键词：保肢后功能重建；大尺寸神经缺损；神经牵张再生；电刺激；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 700 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

2.12 外来药用资源引入技术集成与应用示范合作研究 (应用示范类)

合作目标与研究内容：

立足海外药用资源丰富地区，如东南亚、南美等地区，引进传统疗效确切且我国缺乏的特色药用资源，解决其药效物质基础不清、功能定位不明的问题，为中医临床用药提供支撑。针对“我无人有”的海外药用资源，系统开展引种栽培、物质基础、功效用途、关键活性成分生物合成和产品开发技术集成研究，探索将外来药用资源引入国内的技术集成与应用示范，丰富传统医药诊治手段。具体包括：

（1）联合开展海外药用新资源调查与样本采集，明确基原和应用基础；

（2）开展多学科协同研究，开展国外药用资源物质基础、安全性、有效性研究，明确资源开发的功能定位；进行资源的引种栽培、关键活性成分生物合成技术研究，明确引入我国的应用潜力；

（3）面向中医药临床和大健康产业需求，推进新药材、保健食品、新资源食品或化妆品等产品研发转化。

考核指标：

（1）完成不少于 5 个海外特色药用资源的系统性调查与样本采集，明确基原；

（2）建立 3 种关键活性成分的生物合成技术体系；

（3）完成 3 个资源的药效物质基础解析及安全性评价报告；

（4）开发 3 项面向市场的新产品（包括新药材、保健食品、新资源食品或化妆品）；

(5) 形成覆盖资源发现至产品开发的全链条技术规范或行业标准 3 套；

(6) 发表高水平学术论文 5 篇，申请发明专利 3 项；中外人员交流互访不少于 5 人次。

关键词：海外药用资源；生物合成；药效物质基础；中医药；大健康产业

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

2.13 脑—身体—环境闭环约束下数字小鼠模型构建与验证合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

聚焦数字小鼠模型，针对生命数据多尺度割裂、缺乏可执行数字模型和验证闭环机制等问题，构建以脑结构、神经活动、外周生理、行为和环境交互为核心，基于多模态影像数据约束的可计算、可预测、可验证数字小鼠原型模型（小鼠数字孪生）。与国际优势团队开展数据规范共建、联合建模研发及跨数据集交叉验证等合作研究，建立数字小鼠标准化数据治理体系、闭环模拟框架及基准验证范式。该体系将为动物实验虚拟化与减量替代，小鼠通用基础模型，以及生物启发智能研究提供基座支撑。具体包括：

(1) 数字小鼠多模态跨尺度数据表达体系：整合脑结构、神经活动、生理、多组学、精细行为和环境交互等多模态跨尺度数据，建立时空坐标、语义标注、质量控制和模型接口规范。

(2) 脑—身体—环境闭环建模：发展跨尺度多模态融合算法，构建脑活动、身体状态、行为输出和环境反馈的动态耦合模型，建立探索、睡眠、行为决策等典型状态模型。

(3) 扰动驱动的模式验证范式：围绕神经调控、环境和行为任务扰动，建立“模型预测—实验干预—结果验证—模型迭代”闭环，形成可复用的模型验证方法。

(4) 国际合作与模型互验：联合国际优势团队开展数据标准共建、模型联合开发、典型任务互验，推动数据集、模型工具和验证范式共享。

考核指标：

(1) 建立数字小鼠多模态跨尺度数据表达体系 1 套，覆盖不少于 5 类数据，形成数据采集、质量控制、语义标注或模型接口规范不少于 2 项。

(2) 构建脑—身体—环境闭环数字小鼠原型模型 1 套，建立不少于 3 类典型生命状态或行为任务模型。

(3) 形成多模态数据融合与跨尺度建模方法不少于 2 项，在至少 2 类行为或生理状态中实现状态预测、轨迹生成或行为模拟，关键性能较单模态基线提升不少于 20%。

(4) 建立扰动驱动的数字小鼠模型验证流程，完成不少于 2 类模型预测的实验验证，形成“预测—干预—验证—迭代”的闭环。

(5) 提炼可迁移的生物启发智能机制不少于 2 类，形成相关算法原型不少于 2 项。

(6) 与不少于 1 个国（境）外优势团队开展实质合作，

共建数字化协作平台或联合实验室 1 个，具备持续运行能力；完成联合数据或模型验证任务不少于 2 项，预测准确率、重构误差等核心指标达到国际同期先进水平；双方共同组织 50 人以上高水平国际学术会议/国际研讨会不少于 1 次；合作双方的研究生、青年研究人员开展中外交流互访不少于 20 人次。

(7) 形成数据标准、模型框架或验证范式等标志性成果不少于 3 项；发布数据集、模型、算法或工具不少于 2 项；发表高水平论文不少于 3 篇；培养交叉学科人才不少于 10 名。

关键词：数字小鼠；跨尺度建模；脑—身体—环境闭环；生物启发智能；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币。

3. 先进制造

3.1 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，引进先进薄膜沉积技术，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，并实现其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，联合海内外研发团队共同开展字线阶梯接触工艺、栅介质及氧化物半导体沟道生长等关键工艺技术攻关，研发先进存储、逻辑器件及集成技术，重点突破高性能基于氧化物半导体沟道的 DRAM 器件制备工艺、国际领先的铪基铁电三维 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）合作研究先进 DRAM 技术：基于氧化物半导体的 DRAM 存储单元 ≥ 4 层，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 ） $\leq 3\%$ 。

（2）三维铁电 NAND 闪存技术：完成基于铪基铁电薄膜的三维 NAND 闪存集成工艺开发，NAND 闪存单元存储窗口 $\geq 6\text{ V}$ ，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 ） $\leq 3\%$ 。

(3) 磁存储技术：磁隧道结薄膜隧穿磁阻 $\geq 170\%$ ，电阻面积乘积 $\leq 10 \Omega \cdot \mu\text{m}^2$ ；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。

(4) 先进逻辑低金属电阻技术：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) 合作发表高水平 SCI 论文不少于 4 篇，获中外发明专利不少于 10 项。

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。

3.2 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，引进先进底层算法，通过消化吸收形成自有的核心优化技术，形成自有产权软件，开展大规模点阵结构多学科特性高保真优化、点阵-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。

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，形成国产智能优化设计工具 1 套。

（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，设计变量较密度法减少 2 个数量级，结构拓扑设计-制造路径映射精度优于 10^{-3} m/N 量级，等质量下刚度较密度法提升 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因子 ≥ 0.9 。

(1) 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 $\geq 40\%$ 。制定技术标准 $\geq$ 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

(2) 合作发表高水平SCI论文 ≥ 5 篇，双方互访交流 ≥ 6 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。

3.3 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，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，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。

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，三维立体形貌测量垂直分辨率 $\leq 0.1\text{nm}$ 、横向分辨率 $\leq 300\text{nm}$ ，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表征。

（2）开发高精度波长扫描干涉显微检测技术及装置；申请发明专利不少于 5 项，其中国际专利不少于 1 项，联合发表高水平学术论文不少于 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。

（4）构建可与国际对标的技术体系，立项国家标准 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；国际合作

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。

3.4 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,利用中外优势资源和技术,合作开展原子级抛光基础理论与机制研究,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 $Ra \leq 0.2 \text{ nm}$ ，全口径多点测量 $Ra \leq 0.3 \text{ nm}$ ，亚表面缺陷层厚度 $\leq 5 \text{ nm}$ ，关键性能指标离散度 $\leq 15\%$ 。

(4) 通过合作建立验证平台 1 个，组织开展原子级光学制造研讨会 2~3 次，联合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。

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。

3.5 面向智能制造的工业多模态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，面向智能制造与集成电路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，提升我国工业多模态时序大模型研发水平，并在智能制造领域开展应用示范。具体包括：研究工业多模态时序数据统一表示与跨

模态关联方法，构建融合传感器时序、设备日志、工业视觉检测数据和质量数据等异构信息的工业多模态时序大模型，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；研究工业多模态时序模型轻量化、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。形成面向柔性智能制造的工业软件平台，并在离散制造、集成电路等领域开展应用示范。

考核指标：

（1）形成工业多模态时序建模方法，支持覆盖传感器时序数据、工艺参数、设备日志、图像或声学信号、质量检测数据等不少于 5 类工业多模态异构数据联合建模；工业多模态问答任务准确率不低于 90%，工业多模态任务响应时间 $\leq 2s$ 。

（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，预测误差降低 $\geq 10\%$ 。

（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；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) 在离散制造、集成电路等领域开展不少于 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；联合开展跨场景模型评测或验证不少于 2 次，国际学术交流、技术研讨或人员互访不少于 10 人次。合作发表高水平 SCI/EI 论文不少于 4 篇，申请发明专利不少于 8 项。

关键词：智能制造；工业多模态时序大模型；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。

3.6 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，通过国际合作，引进先进的搅拌摩擦焊搅拌头材料设计和制造技术，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：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 2~3 次，申请发明专利不少于 5 项，联合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。

3.7 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，建立常态化中新学术协同机制，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；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；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 ≥ 8 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 ≤ 800 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) 开展国际学术交流或人员互访不少于 4 人次; 合作发表高水平 SCI 论文不少于 4 篇, 申请发明专利不少于 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。

4.地球生态

4.1 战略铜多金属矿绿色高效回收利用技术合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

铜、钴、镍、钼等稀有金属是支撑国家战略安全的关键原料。海外权益金属矿资源丰富,但普遍面临综合利用率低、绿色智能技术薄弱及国际协同不足等瓶颈,通过“一带一路”产学研合作,突破选冶联合浸出、低碳火法分离、宽粒级分选等关键技术,建成工程示范 2 项,推动绿色技术、装备与标准国际互认,提升我国海外资源安全保障能力,助力合作国低碳转型,实现互利共赢。具体包括:针对中非地区氧化铜钴矿浮选稳定性差、浸出不同步、微细粒回收难,合作研究“先硫后氧浮选—常压氧压联合浸出”协同机制,揭示有价元素迁移规律;开发微细粒高碳质矿物高效浮选及环境友好药剂,研发浸出渣酸性浮选与加压浸出回收技术,构建“浮选—浸出—渣资源化”全链条绿色体系,减少固废排放、提升水循环率;针对俄罗斯诺里斯克区域、中国金川等地区复杂硫

化铜镍矿有价金属分散、铜镍难分离、能耗高，合作开发铜镍同步富集—富镍精矿低碳熔炼技术；研究原位改性与同步分选工艺，优化富氧熔炼参数，降低燃料消耗和碳排放，回收余热、减排有害烟气，提升铂族金属富集率；针对南美安第斯山脉高海拔地区大型铜钼矿浮选分离过程中微细粒损失大、抑制剂选择性差等难题，合作开展矿物表征与界面调控研究，开发新型绿色可降解高效抑制剂，形成适应高海拔铜钼矿绿色高效分选方案。

考核指标：

（1）与矿山生产实际相比，铜多金属矿选矿铜回收率提高 1~2 个百分点，伴生钼回收率提高 ≥ 5 个百分点，伴生钴综合回收率提升 ≥ 2 个百分点；冶金过程伴生镍分离效率 $\geq 85\%$ ，铜镍矿吨精矿能耗降低 $\geq 5\%$ ，铂族金属富集率 $\geq 95\%$ 。

（2）建成铜金属量 7.5 万吨/年、钴金属量 3500 吨/年的选冶技术工程示范；建成富镍铜精矿处理量大于 80 万吨/年火法冶金工程示范。

（3）与合作机构共建国际联合研究中心，形成科学研究与人才联培长效机制；围绕战略性矿产资源绿色高效开发利用主题，组织国际研讨会不少于 3 次，外方人员参会比例不低于 1/3；中外人员交流互访 ≥ 30 人次；合作发表论文不少于 5 篇，申请国际专利 5 项；联合培养复合型国际化科技人才队伍，推动绿色选冶技术、装备及标准在共建“一带一路”国家的互认与输出。

关键词：绿色选冶；铜钴协同浸出；铜镍低碳火法分离；铜钼选择性分离；国际合作

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 1:1。

4.2 欧亚草原生态修复机制与可持续利用合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向“一带一路”生态安全需求，针对欧亚草原（以中国北方疆域边界国为主要区域）退化荒漠化严重、结构简化、脆弱性加剧、生态生产功能下降、保护修复模式单一等突出问题，以“生态优先”和“近自然修复”理念为核心，创新生态修复理论与技术，打造可持续利用新范式，为联合国生态系统恢复十年以及跨境草原生态修复提供科技支撑。具体包括：针对欧亚草原修复重大需求，合作研发土壤、动植物和微生物天-空-地高通量检测监测技术，解析典型区域生态系统保护修复中的突出障碍因子，阐明其对生物多样性、生产力和稳定性的作用机制；以消减障碍因子为切入点，发展“乡土植物-土壤-功能微生物-草原动物”草原生态系统协同调控的生态修复理论，研发优势乡土物种建植、土壤养分回补、水分高效利用、“植物-植食性昆虫-天敌”关系协调、功能微生物互作利用、放牧制度等草地保护修复与利用技术，创建跨国合作机制和“保护中利用”的草原生态修复和可持续利用模式。通过理论研究、技术整合和不同区域的技术互鉴，为欧亚草原草地修复的跨区域合作提供从理论到实践的样板、

范式和全新路径。

考核指标:

(1) 建立欧亚草原生态生产现状基础数据库 1 个, 包括草地类型、退化等级、植物、土壤和微生物等 30 个指标, 不少于 100 个地面验证样点的基础信息; 解析欧亚草原修复障碍因子及其作用机制, 发展快速且可持续的生态修复理论。

(2) 联合研发适用于不同障碍因子草地修复与可持续利用的关键技术 5~6 项, 植被盖度提高 20%~30%、生产力提高 30%~50%、优质牧草比例提升 30%~50%以上; 在合作国别建立不少于 3 个示范区, 每个示范区面积不少于 1000 亩。

(3) 组织联合跨国科考不少于 2 次, 组织多边国际学术研讨会或国际技术培训不少于 2 次, 培养研究生和青年骨干不少于 10 人, 中外人员交流互访不少于 20 人次。中外联合发表论文不少于 5 篇, 提交研究报告或政策建议不少于 2 份。

关键词: 欧亚草原; 障碍因子; 草原食物网; 修复机制; 可持续利用范式; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 1000 万元人民币。

4.3 亚洲—澳洲—非洲季风国际协同观测研究及南海“一带一路”区域极端降水精细化预警关键技术合作研究(共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

针对印度洋、南海和西太平洋等亚-澳-非季风关键区的大气-海洋观测能力显著不足现状，通过国际合作构建亚-澳-非季风关键区的综合观测与监测体系，系统提升关键区域大气-海洋环境协同观测能力，深化对亚-澳-非季风从源区到影响区的协同演变特征及其对极端降水事件影响机制的认识，通过协同观测多源资料应用及人工智能模型优化研究，提升南海共建“一带一路”国家对极端降水事件的监测预报预警能力。具体包括：提升亚-澳-非季风关键区域近岸与陆基观测能力，获取季风爆发和季节转换高敏感区季风观测结构特征。利用卫星、浮标、无人机等多种观测平台，研究季风关键区域海陆协同观测试验技术，获取大洋区域大气要素、海洋物理及生物地球化学参数，开展季风爆发、维持及其与热带气旋相互作用过程观测和研究，揭示季风系统演变及极端天气气候效应；构建季风观测数据融合与共享体系，制定统一多源观测标准与质量控制流程，编制高时空分辨率的季风综合观测数据集；研发南海周边区域物理机理与人工智能深度融合的极端暴雨预警技术，开发南海及“一带一路”区域暴雨灾害风险量化评估模型，为季风气理研究、数值模拟改进及极端天气气候事件的监测预警提供关键数据支撑。

考核指标：

（1）完善印度洋季风关键区域海-陆一体化观测网络，覆盖不少于 2 个印度洋沿岸国家，升级完善不少于 4 个海洋气象观测站（连续稳定运行 1 年以上），布放不少于 2 套锚系浮标，完成 1 次季风关键通道海气联合综合观测航次。

(2) 建立亚-澳-非季风综合协同观测试验技术标准体系，形成多源观测标准与质量控制规范，观测数据质量达标率 90%以上，观测数据时间分辨率达到 1 小时。

(3) 研发南海“一带一路”区域极端降水精准预报产品和暴雨灾害风险量化评估模型。开发格点化预警产品，空间分辨率公里级、时间分辨率分钟级。

(4) 提供南海“一带一路”区域灵活组合的人工智能预报和风险评估工具集，实现南海海洋灾害中国版早期预警技术出海应用。

(5) 合作发表学术论文不少于 5 篇，联合培养科研人才不少于 10 名，中外人员交流互访不少于 5 人次。

关键词： 亚洲-澳洲-非洲季风；极端天气气候事件；综合协同观测试验；气象人工智能模型；海洋气象；早期预警；国际合作

其他要求： 拟支持中央财政经费 300 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.4 基于“梦想号”的深海科学钻探合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

依托我国 2024 年建成入列的中国首艘大洋钻探船——“梦想”号大洋钻探船，开展全球大洋钻探合作研究，促进国际大洋钻探科学发展，支撑中国拟牵头发起的中国大洋钻探国际合作计划，增强我国在全球深海治理中的话语权，推动构建人类命运共同体。具体包括：针对边缘海形成演化及物质循

环等重大科学问题，选择典型海域，组织实施大洋钻探国际联合航次，获取高质量的岩心样品和数据；重点研究边缘海物质组成特点及形成演化机制，厘定碳、氮、硫等元素循环通量及其对全球物质能量循环的贡献，阐明边缘海地质历史时期构造活动对海洋生态环境的影响，揭示边缘海对全球重大气候事件的沉积响应特征。

考核指标：

(1) 依托“梦想”号组织大洋钻探国际合作航次 1 个，钻孔数量不少于 2 个，总进尺不少于 500 m，获取岩芯样品不少于 2 份。

(2) 形成依托“梦想”号的大洋科学钻探国际合作航次报告 1 份。

(3) 中外人员交流互访不少于 6 人次，在国际研讨会上组织专题会不少于 1 次。

(4) 联合发表学术论文不少于 4 篇，申请国际专利不少于 1 项。

关键词：“梦想”号大洋钻探船；边缘海；物质循环；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币。

4.5 气候变化下小麦赤霉病与毒素复合风险遥感监测与跨区预警合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

小麦赤霉病及其真菌毒素严重威胁全球主要麦区粮食产量与质量安全。气候变化正在改变其适生范围、侵染窗口

和流行强度，传统调查难以满足大范围连续监测和前瞻性预警需求，现有模型跨气候区等适用性不足。利用国际团队在多气候区长期连续观测、病害生物学及毒素形成机理研究等方面的优势，围绕复合风险遥感响应、流行过程模拟和跨区智能预警等方面开展联合研究，提升我国粮食质量安全风险前移监测与全球农业风险研判能力。具体包括：合作研究赤霉病与毒素复合风险遥感响应机制，融合遥感、近地传感、物候、病情和毒素资料，揭示病原侵染前后冠层与穗部光谱和结构响应及其与宿主易感阶段、病害发展和毒素风险的阈值、时滞与交互作用；合作研究遥感信号与宿主易感、侵染潜伏、显症扩展等病害流行阶段及毒素风险的关键响应关系；合作研究融合长时序观测、气候情景、流行过程模型和人工智能的全链条模拟方法，解决模型跨气候区适用性问题，实现复合风险跨区迁移和智能预警；依托中外典型麦区联合观测与验证，形成可解释、可迁移的遥感监测与跨区预警理论方法体系。

考核指标：

（1）构建覆盖中外不少于 3 个典型小麦气候生态区、连续不少于 2 个生长季的“遥感—气象—物候—病情—毒素”协同数据集 1 套，涵盖卫星、无人机和近地多尺度观测数据，关键候选因子不少于 20 项。

（2）研制融合遥感观测数据、病害流行过程模拟和机理约束的病害—毒素复合风险智能预警模型 1 套，在中外典型区域形成 10 米级赤霉病与毒素复合风险预警产品，跨区

风险预警命中率不低于 80%，发布中外联合预警报告不少于 3 期。

(5) 组织联合观测或研讨不少于 2 次，联合发表学术论文不少于 3 篇，联合培养青年科研人员或研究生不少于 3 人次，中外人员交流互访不少于 5 人次。

关键词：气候变化；小麦赤霉病；复合风险；遥感监测；跨区预警；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

4.6 基于东亚典型草原下垫面的中国高空基准气候观测关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对我国高空基准气候观测长期依赖外方设备、北斗探空尚未进入全球高空基准观测网（GRUAN）国际数据产品（GRUAN Data Product, GDP）序列、东亚典型草原下垫面高空基准数据不完备等现状，研制面向高空基准气候观测的北斗探空仪，攻克不确定度分析及计量溯源等关键技术，通过与国际技术领先单位深度合作，推动自主可控的北斗探空进入 GDP 序列，将北斗探空 GDP 与风云卫星等多源观测应用于东亚典型草原下垫面，服务国家气候安全与全球气候变化谈判。具体包括：通过与国际探空技术先进单位合作，构建北斗探空仪温度辐射误差修正、湿度响应时间滞后等不确定度分析与全流程计量溯源标准化校准模型，研发北斗探空数据不确定度分析方法和校正质控算法，建立适应国际互认需求的高空基准数据集，服务全球数据互换与资源共享；突

破北斗探空、地基遥感垂直与风云卫星等中国高空基准观测数据，研究“地-空-天”一体化基准检验及融合处理方法；分析评估东亚典型草原下垫面的中国高空基准气候观测站 0~40 公里垂直大气柱中温湿压风等关键要素在复杂环境下的探测不确定度特征，形成“基准产品-协同探测-标准输出”闭环，提升中国高空基准观测数据在东亚典型草原下垫面区域的代表性与可用性。

考核指标：

（1）构建北斗探空不确定度分析方法和校正质控算法体系，开发北斗探空计量溯源标准化校准模型。

（2）编制温度、湿度、风要素的中国高空基准数据集。

（3）完成 2 项高空基准数据产品认证，向全球提供中国高空基准数据产品共享服务，实现中国北斗探空技术向 WMO 成员国技术输出。

（4）完成 2 项探空计量国家标准/计量校准规范的立项编制，通过立项评审。向 WMO 及二区协输出不少于 2 项探空技术规范。

（5）中外人员交流互访不少于 2 人次/年，合作举办学术会议不少于 3 次，申请发明专利不少于 4 件，联合发表论文不少于 4 篇。

关键词：东亚典型；草原下垫面；高空基准；气候观测；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.7 极地航空气象观测合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向南北极综合考察、极地机场运行、固定翼与直升机飞行保障以及极地航线风险防控需求，聚焦极地立体观测、关键天气过程机理和多时间尺度预测等研究，形成覆盖南极重点区域空基协同的立体观测能力。具体包括：围绕极地机场及周边区域，开展自动气象站、微波辐射计、激光雷达、云高仪、无人机和卫星遥感协同观测研究，构建立体化极地航空气象观测体系；研究低空急流、吹雪、白化、积冰、近地层稳定结构及边界层突变等关键过程的形成机制与环境指示因子，提升对极地航空气象关键过程的科学认知；发展融合物理机制、数据同化和人工智能的多时间尺度预测方法，构建面向航线规划、飞行调度和应急保障的极地航空气象预警预报模型；形成服务国际合作站、典型机场和极地航线的联合观测、联合验证和能力建设方案，为我国极地航空气象观测提供基础理论与方法支撑。

考核指标：

（1）构建覆盖极地机场和典型飞行区域的立体观测原型体系，形成 1 套多源观测数据共享与质量控制规范。

（2）揭示低空急流、吹雪、白化、积冰等不少于 2 类关键天气过程形成机制，建立 1 套环境指示因子识别方法。

（3）形成极地航空气象多时间尺度预测与预警方法，主要环境或风险参数预测误差 $\leq 15\%$ 。

（4）形成面向机场运行和极地飞行保障的极地航空气

象观测的数据和服务共享机制。

（5）联合发表学术论文不少于 4 篇；每年中外人员互访不少于 2 人次；举办极地航空气象观测国际研讨会不少于 2 次，外方参会人员比例不少于 1/3。

关键词：极地航空气象；立体观测；边界层过程；白化积冰；智能预报；风险评估；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.8 澜湄国家橡胶树叶部病害数智化监控关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

为减少澜湄国家天然橡胶树叶部病害损失，针对传统病害监控监测滞后、病害潜伏期识别困难、多源监测数据割裂、防控施药粗放低效，缺乏从抗性利用、全域智能监测、风险预警到精准飞防的一体化技术体系等短板，合作研发橡胶树叶部病害数智化监控关键技术，支撑解决区域国家橡胶产业绿色、安全生产等问题，推动澜湄国家天然橡胶产业稳产提质与绿色可持续发展。具体包括：交换、引进橡胶树特异种质资源，开展澜湄国家橡胶树冠长势、叶部病害疫情、品种抗性天空地多源协同数据采集，研发主栽品种抗病性鉴定技术规程；研发多尺度跨区域病害特征提取与融合算法，构建遥感监测模型实现病害早期识别；合作开展抗病种质资源鉴定与抗病种苗繁育，建立抗病评价标准；分类研发针对白粉病和坏死型真（卵）菌性落叶病的多功能药剂，开发无人机

变量施药决策模型；共建病害数据库与集成智能监测预警、精准用药施药和防控效果评估体系，搭建多源数据融合的一体化数智监控服务平台，形成“品种抗性利用—多源数据监测预警—精准变量防控—防控效果评估”的全链条病害智慧监控技术体系并进行应用。

考核指标：

（1）交换、引进橡胶树特异种质资源 20 份，培育优良抗病种苗不少于 1000 株，建立主栽品种抗病性鉴定技术规程 1 套。

（2）研发橡胶树长势与叶部病害遥感监测智能模型 1 套，监测准确率 $\geq 85\%$ 。

（3）建立澜湄国家橡胶树长势和叶部病害监测数据库 1 套，搭建一体化数智监控服务平台 1 个。

（4）在 3 个国家以上建立技术集成应用示范点 5 个以上，每个应用示范点示范面积不少于 300 亩，推广应用面积不少于 5000 亩。

（5）示范区病害防效 $\geq 80\%$ ，化学农药使用量减少 20%。

（6）联合申请专利不少于 3 项，合作发表学术论文不少于 5 篇；举办 30 人以上国际学术交流与国际技术培训活动不少于 3 次，外方参会人员比例不低于 1/3。

关键词：橡胶树病害；多源数据融合；遥感监测；种质发掘利用；精准飞防；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.9 富营养化湖泊生态韧性多模态监测预警与调控提升 合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

面向气候变暖与人为污染双重胁迫导致湖泊富营养化、草退藻长等问题引发的生态系统韧性衰减的全球共性风险，依托我国空-天-地-底观测技术优势，引进湖泊稳态模型、解析技术与生态成功修复经验，融合国际成熟的湖泊草藻稳态转换理论、生态模型与修复实践经验，联合构建多模态智能监测体系与百年高时空生态数据库，研发生态韧性定量监测、风险预警及协同调控关键技术，形成适配跨区域湖泊生态韧性提升方案，保障我国水生态安全，为全球同类湖泊治理提供参考。具体包括：联合搭建天-空-地湖泊流域多模态观测体系，研发植被、藻华、水质等生态环境关键参数遥感模型，形成现代生态监测数据集；耦合古湖沼沉积长时序记录，研发多源数据时空融合与同化算法，联合建成百年尺度高时空湖泊生态数据库；解析湖泊稳态转换驱动机制，量化稳态突变阈值，结合国际通用生态模型，构建“结构-功能-恢复力”生态韧性定量评价体系；融合我国天-空-地-底监测技术与国际生态预警建模框架，研发湖泊生态韧性监测预警平台，实现植被退化、藻华暴发、稳态转换等风险精准预判；借鉴多国湖泊生态修复技术，结合我国湖泊特征，研发藻型、过渡型、草型湖泊差异化韧性调控方案，形成“多源感知-智能解析-韧性评估-风险预警-协同调控”全链条技术体系，提升我国湖泊生态韧性与长效治理能力。

考核指标:

(1) 基于多国提供的湖泊观测数据, 联合研发富营养化湖泊植被群落与藻华遥感同步识别模型 1 套, 精度 $\geq 85\%$; 研发涵盖至少 3 项核心水质指标的遥感反演模型 1 套, 精度 $\geq 80\%$ 。

(2) 构建典型湖泊高时空 (百年时序, 30m 分辨率) 生态数据集 1 套; 研发湖泊草-藻稳态转换风险识别方法 1 套, 编制典型湖泊稳态演化分析报告 1 份。

(3) 建成多模态协同的湖泊生态韧性监测预警平台 1 个, 具备动态监测、韧性评估、风险预警、调控模拟等核心功能, 形成差异化湖泊生态管控建议 1 项。

(4) 开展国际学术交流与国际技术培训 2 次, 中外人员交流互访不少于 5 人次; 联合发表学术论文不少于 3 篇, 申请国内外发明专利不少于 2 项。

关键词: 富营养化湖泊; 多模态协同监测; 湖泊稳态转换; 生态系统韧性; 风险智能预警; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 300 万元人民币, 配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.10 海洋生态安全与预警预报合作研究 (应用示范类)

合作目标与研究内容:

面向国家海洋强国建设、全球海洋治理和沿海地区防灾减灾需求, 聚焦海洋-气候无缝预报、近海生态系统健康与风险预警、海洋灾害智能监测评估和国际合作能力建设等方向, 构建“智能观测—机理认知—耦合预测—预警服务”一体

化基础研究框架。具体包括：研究面向台风、海洋热浪等极端事件的高分辨率海洋-气候无缝预报理论、多源数据同化方法和从数天到季节尺度的预测体系；围绕有害藻华、缺氧、酸化等近海生态灾害，开展多因子驱动机制、灾害演变规律和风险评估研究；研发融合现场观测、卫星遥感、无人平台、数值模式和人工智能的海洋生态安全监测评估与预警方法，形成监测—预测—可视化管理闭环技术方案；构建面向太平洋岛国、共建“一带一路”国家以及中韩、中埃合作场景的联合应用、技术标准和能力建设路径，为我国海洋生态安全与预警预报提供基础理论与方法支撑。

考核指标：

（1）构建覆盖区域到全球、时间从数天到季节的海洋-气候无缝预报原型体系，形成 1 套多源观测数据共享与质量控制规范。

（2）阐明有害藻华、缺氧、酸化等不少于 3 类近海生态灾害的驱动机制，建立多因子耦合风险评估方法。

（3）形成海洋生态灾害智能监测与预警预报方法，主要环境或灾害参数预测误差 $\leq 15\%$ 。

（4）形成监测—预测—可视化管理闭环应用方案，覆盖不少于 3 个太平洋岛国、沿海国家或区域。

（5）联合发表学术论文不少于 4 篇；举办相关领域国际学术研讨会不少于 2 次，外方参会人员比例不低于 1/3。中外人员交流互访不少于 5 人次。

关键词：海洋生态安全；无缝预报；海洋生态灾害；有

害藻华；缺氧酸化；风险预警；智能监测；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 2:1。

4.11 森林重大外来入侵生物精准监测与智能预警机理与方法合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向全球变化背景下森林重大外来入侵生物跨境传播风险持续增加和我国森林生态安全重大需求，针对红脂大小蠹等森林重大外来入侵生物适生区动态监测能力不足、受害木冠层异常遥感响应机理不明以及传播扩散预测理论不足等科学问题，联合全球典型发生区国家及生物安全相关国际组织，开展红脂大小蠹等森林重大外来入侵生物精准监测与智能预警理论和方法合作研究，为森林重大外来入侵生物研究和宏观决策提供科技支撑。具体包括：建立全球典型发生区红脂大小蠹等森林重大外来入侵生物适生区遥感监测理论与方法，揭示跨区域适生分布时空演变规律；研究不同生态环境下受害木冠层多源遥感响应特征，建立受害木遥感响应特征集，构建受害木遥感识别模型；融合虫情、生境、遥感、气象及人为活动等多源信息，建立传播扩散关键驱动因子集，构建传播机理约束的多模态预测模型，形成跨区域传播风险预测方法，为森林重大外来入侵生物跨区域精准监测与智能预警提供理论支撑。

考核指标：

（1）合作建立全球典型发生区红脂大小蠹等森林重大

外来入侵生物适生区遥感监测方法 1 套。

(2) 建立全球典型发生区红脂大小蠹受害木冠层多源遥感响应特征集 1 套, 合作构建受害木遥感识别模型 1 套, 受害木识别精度 $\geq 85\%$ 。

(3) 建立全球典型发生区红脂大小蠹传播扩散关键驱动因子集 1 套, 构建传播机理约束的多模态预测模型 1 套, 传播风险预测准确率不低于 80%。

(4) 联合发表学术论文不少于 3 篇; 联合举办国际学术研讨或国际技术培训 2 次, 中外人员交流互访不少于 10 人次, 联合培养青年科研人员或研究生 3 人。

关键词: 森林重大外来入侵生物; 红脂大小蠹; 适生区监测; 受害木遥感识别; 传播扩散预测; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 300 万元人民币。

4.12 星载 SAR 智能信息获取与实时处理理论与方法合作研究 (基础研究类)

合作目标与研究内容:

针对星载合成孔径雷达 (SAR) 数据处理实时性与智能化水平以及业务响应能力不足的问题, 突破星载 SAR 实时智能信息处理关键理论方法, 以满足突发灾害快速感知需求。吸收国际优势团队在执行新体制雷达卫星任务中形成的数据资源、技术积累和工程经验, 开展星载 SAR 智能信息获取与实时处理理论方法合作研究, 围绕实时成像、干涉反演与智能解译等关键方向联合攻关, 提升我国面向全球防灾减灾高质量遥感信息智能服务能力。具体包括: 合作研究星载

SAR 保质保相实时成像方法，解决高质量成像与快速处理协同优化难题，依托国外先进 SAR 系统与成像算法研究优势，实现星载 SAR 数据高效成像与干涉相位高保真保持；合作研究复杂环境下地表层参数智能反演方法，解决大气延迟等多源相位信息耦合难分离问题，依托国外智能分析与建模优势，实现形变、大气等地表层参数稳定高精度反演；合作研究星上 SAR 图像智能解译方法，解决目标精细识别和灾害变化快速检测问题，结合国外智能遥感解译优势，实现典型地物精准解译与灾害信息快速智能感知；基于一体化实时智能处理平台，合作开展涵盖干涉对成像-干涉处理与地表层参数反演-图像解译的全链路地面等效实验验证，形成高效、可扩展的实时处理能力。

考核指标：

(1) SAR 成像分辨率损失 $\leq 2\%$ 、SAR 成像相位误差 $\leq 5^\circ$ 。

(2) 合作开展基于不少于 2 型卫星数据验证（含国外卫星 1 型），实现反演形变优于 $5\text{cm}@100\text{m}$ 分辨率、反演大气可降水量优于 $3\text{mm}@100\text{m}$ 分辨率。

(3) 城区变化检测准确率优于 80%、水体区域提取准确率优于 85%，形成国内外典型场景变化特征数据集 1 套。

(4) 合作完成 L0 级数据从干涉对成像、干涉处理到参数反演与图像解译全链路处理， $10\text{K}\times 10\text{K}$ 规模图像处理时间 $\leq 150\text{s}$ 。

(5) 举办专业领域国际会议 1 次，覆盖不少于 5 个国

家专家参会；中外人员交流互访不少于 5 人次；合作发表学术论文不少于 3 篇。

关键词：星载 SAR；实时处理；保质保相；地表层参数反演；智能遥感解译；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币。

4.13 气候突变与极端气候风险下生态系统韧性提升合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

面向全球气候变化背景下气候突变、极端干旱、热浪、暴雨、风暴潮等复合气候风险加剧对关键生态系统稳定性、生物多样性、碳汇功能和区域生态安全造成的重大威胁，围绕“气候突变识别—生态影响机理—韧性评估预警—适应治理示范”的全链条科技需求，开展气候突变及极端气候事件对北半球和典型生态系统影响机理、早期预警与适应路径研究，服务我国生态安全屏障建设、森林火灾防控、气候变化适应和全球气候治理。具体包括：揭示气候突变情景下北半球高—中—低纬气候协同变化特征及关键物理过程，整合北极、东亚、地中海、南美等区域多源观测、代用指标和模式模拟资料，构建气候突变事件及其生态影响综合数据集，识别气候突变前兆信号，建立气候突变响应的物理图像与诊断方法；针对我国西南生态屏障区山地针叶林在气候暖干化和极端干旱背景下面临的树木死亡、森林退化和火灾风险升高问题，联合国外先进实验平台，开展大气干旱与土壤干旱对树木生理过程影响的跨气候区比较研究，阐明水力失败、碳

饥饿及碳—水耦合调控等树木死亡共性机制与区域差异，融合树轮宽度、稳定同位素、野外长期观测、控制实验和多源遥感数据，构建西南山地针叶林死亡风险早期预警与动态预测模型；面向红树林、珊瑚礁、热带森林、山地森林和流域生态系统等典型脆弱生态系统，研究极端气候与人为干扰共同作用下生态系统退化、生物多样性丧失、碳汇弱化及“碳汇—碳源”转化的阈值机制，发展生态韧性量化评估、动态监测和跨尺度气候风险预警技术；开展在典型区域基于自然的解决方案本地化应用与效益评估，构建覆盖“风险监测—预警—决策—行动—评估”的适应性治理框架，形成可推广的生态韧性提升技术路径和管理模式。

考核指标：

（1）构建覆盖北半球典型生态区域的气候突变事件及生态影响综合数据集 1 套，识别不少于 3 类气候突变或极端气候风险前兆信号，形成气候突变情景下北半球气候响应物理图像和诊断方法 1 套。

（2）在我国西南山地针叶林区和欧洲地中海气候相似区域建立联合观测与对比研究样区，形成不少于 2 类典型针叶林树种的干旱致死生理机制解释框架，构建融合树轮、同位素、遥感和过程机理的森林死亡风险预警模型 1 套，模型对高风险退化或死亡区域的识别准确率 $\geq 80\%$ 。

（3）建立面向森林（如红树林、热带雨林等典型生态系统）的气候韧性评估指标体系 1 套，形成多源遥感、生态观测和模型模拟融合的动态监测技术方法 1 套，完成对生态

系统抵御、适应气候风险和恢复能力的定量化评估报告一份。

(4) 研发跨区域复合气候风险早期预警与决策支持系统 1 个，在中国及合作国家典型区域建设生态韧性提升或气候适应示范区不少于 2 个，提出 2 项可推广的生态修复、风险管理或适应治理技术建议。

(5) 开展国际人员交流与国际培训不少于 20 人次，举办国际研讨会或国际专题培训不少于 3 次，外方人员参会比例不低于 1/3；联合发表学术论文不少于 5 篇，形成政策建议报告不少于 1 项。

关键词：气候突变；极端气候风险；生态韧性；森林死亡；早期预警；气候变化适应；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币。

5.能源领域

5.1 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，联合创新国家优势科研机构和共建“一带一路”国家技术需求单位，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适应能力和运行决策水平，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 $\leq 10s$ ，关键热工参数预测误差 $\leq 5\%$ ；

(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 $\leq 3min$ ，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，并在燃煤锅炉、工业窑炉等典型场景建立工程示范合计 2 个，实现锅炉效率提升 $\geq 0.3\%$ 或单位产品燃料消耗降低 $\geq 0.5\%$ ， NO_x 等典型污染物排放降低 $\geq 10\%$ ，超温等安全风险明显下降；

(4) 合作发表 SCI 论文不少于 4 篇；组织开展主题国际研讨会 1~2 次，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；中外人员交流互访 ≥ 10 人次；基于跨区域合作，形成高温燃烧炉智能化政策建议、技术输出适用性分析报告或技术标准（团体标准及以上报批稿）合计 ≥ 2 个。

关键词：高温燃烧炉；多参量在线感知；数字孪生；智能调控；国际合作

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。

5.2 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，结合中方卫星平台工程经验和外方空间电源系统设计技术优势，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）；

（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 $\leq \pm 5\%$ ；

（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；

（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，完成 1 套核心部件及系统级原理样机的功能性能测试、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 ≥ 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。

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；国际合作

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。

5.3 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 $\geq 80\%$ ；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 $\geq 5\%$ ；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；

（3）中外共同建立典型示范区 2~3 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，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；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 1000 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

5.4 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，提高热泵供热系统的多气候适应性；利用多元非共沸工质温度滑移匹配温度跨度大波动大的宽温域多热源条件，降低系统焓损提高能效；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）多热源（空气/太阳能/土壤/废热 ≥ 4 类）稳定耦合运行，覆盖 $-40^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 宽温域蒸发温度， -35°C 环境温度 55°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 ≥ 3 种非共沸工质的物性参数库与宽温域制热适配性评价方法，多热源温度滑移匹配精度 $\leq 5\text{K}$ ，相较于多热源纯工质循环焓损降低 $\geq 20\%$ ，工质筛选平台覆盖蒸发温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的宽温域范围；

（3）多热源热泵系统 AI 调控算法实现系统 24 小时性

能预测误差 $\leq 10\%$ ，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，形成多源热泵性能测试标准(团体标准及以上报批稿) 1 套；

(5) 组织开展国际研讨会 1~2 次，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：多源热泵；非共沸混合工质；宽温域匹配；AI 智能调控；国际合作

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。

5.5 低温蒸汽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

力量突破以快吸附、易解吸为核心的高性能胺功能化 DAC 固体吸附剂设计与公斤级放大制备，合作探究吸附剂结构化成型技术与低温蒸汽驱动变温真空吸附（S-TVSA）再生工艺优化，构建面向 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 低温 S-TVSA 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，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 $\geq 1.5\text{mmol/g}$ ，半吸附时间 ≤ 20 分钟，50 次循环后容量保持率 $\geq 90\%$ ，实现 50 公斤级放大合成；开发蜂窝式吸附剂成型工艺，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）搭建吨级 S-TVSA 循环样机，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 ≥ 5 人次，召开国际研讨会 1~2 次，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。

5.6 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性、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，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，构建复杂耦合场景硬件在环仿真环境，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，单个规划方案安全评估用时 ≤ 5 秒，微网供电可靠率 $\geq 99.95\%$ ，极端情况下离网运行时间 ≥ 4 小时、关键负荷不失电。

（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，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 $\leq 5\%$ 。

（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 $\geq 92\%$ ，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；提出智能微电网领域 IEC、ISO 或 IEEE 国际标准建议稿 1~2 项；与智能微电网领域国家互访交流 ≥ 5 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。

5.7 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）

合作目标与研究内容：

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；开展生物质制氢、膜分离纯化、固态储氢的系统集成与海岛场景验证。

考核指标：

（1）完成不少于 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%，建立生物质自热式催化制氢样机 1 套。

（2）开发耐盐雾湿热环境氢分离膜材料及组件， H_2/CO_2 分离选择性 ≥ 20 ， H_2 渗透率 ≥ 1000 气体渗透单位（GPU），在 40~60 °C、相对湿度 $\geq 95\%$ 、5 wt.%盐雾环境下连续运行 ≥ 1000 小时后性能保持率 $\geq 80\%$ 。

（3）建成固态储氢装置或样机 1 套，单体储氢量 $\geq 5 \text{ kg}$ ，吸氢压强 $\leq 3.5 \text{ MPa}$ ，放氢压强 $\geq 0.2 \text{ MPa}$ ，供氢纯度 $\geq 99.99\%$ ，2000 次充/放氢循环后容量保持率 $\geq 90\%$ 。

（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

次以上新能源与绿氢相关国际研讨会 ≥ 2 次，国际合作发表论文 ≥ 2 篇；中外人员交流互访 ≥ 5 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。

5.8 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 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 and 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 $\geq 99\%$ ；立项算电冷热协同相关国际标准 1 项，标准参与团队包括欧洲、亚洲等不少于 3 家外方单位。

(2) 研制全国产化异质储能多端协同控制装备，支撑响应时长 < 5 秒，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，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；依托国际合作，受理发明专利不少于 5 项，联合发表高水平学术论文不少于 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；国际合作

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 2:1。

5.9 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，参与场控的风电机组 ≥ 10 台，系统控制模式重构时间 ≤ 1 秒，发电量提升 $\geq 2\%$ （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 ≥ 100 兆瓦，风电场并网点短路比在 1.2~10.0 范围内应不脱网连续稳定运行，支持 ≥ 2 类变流器并网协同运行；

(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。

(6) 中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：海上风电；海上光伏；电力电子；国际合作

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。

5.10 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。因此，亟需联合国际优势科研力量，研发建筑立面光伏增效与装配式构件一体化关键技术。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工程示范与技术验证，推动相关成果转化与行业标准制定。

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 $\geq -0.006\%/^\circ\text{C}$ ；

（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 A 级不燃标准；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，示范项目 ≥ 2 个，建筑适配场景数 ≥ 5 个，装机容量 $\geq 100\text{ kW}$ ；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 1~2 次，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：光伏建筑一体化；立面光伏；陷光技术；光伏组件；装配式构件；国际合作

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。

5.11 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；研发低碳环保的高性能胶粘剂；开发新型竹木结构材料产品；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结构建筑设计优化工具；进行工程示范验证。

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，可适用于不同气候区，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；

(4) 通过国际合作联合开展多气候、多工艺竹木 LCA 实测，建立木竹材料 LCA 数据库 1 套，开发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 ≥ 5 人次。

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；国际合作

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。

5.12 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等现状，中欧联合开展城市水系统甲烷精准监测技术研发，并以此为核心驱动能效提升与碳减排的协同治理。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与原位校准技术，研发适应复杂水环境的低功耗、抗干扰甲烷监测核心装备，并

协同集成能耗计量模块；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统计核算与多源监测数据共享平台，形成统一的动态核算边界与碳排放因子库；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，开发评估城市水系统以甲烷削减为主导、兼顾能效提升协同效益的降碳绩效评价工具包；开发城市污水管网及集中式污水处理设施甲烷吸收、富集及转化技术及装备，有效降低城市水系甲烷排放；以典型城市为对象，验证以控排高潜势温室气体为核心的减污降碳协同增效路径，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）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，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 $\leq 5\%/年$ ；

（2）建立城市水系统全链条碳核算边界，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 个关键节点的实时数据接入与在线动态核查；开发以甲烷减排为驱动的协同降碳绩效评价与决策优化模块 1 套；

（3）开发城市污水管网及集中式污水处理设施甲烷吸收、富集及转化技术及装备，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 $\geq 80\%$ ，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，相比传统治理模式，示范区内水系统甲烷综合排放削减率 $\geq 30\%$ ，并以此为抓手协同实现污水处理综合能耗降低 $\geq 15\%$ 。

(5) 联合发表高水平论文 ≥ 4 篇；申请发明专利 ≥ 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；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；国际合作

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 1:1。

5.13 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 $\geq 150\text{ kW}$ ，额定工况发电效率 $\geq 60\%$ ，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）实现关键负荷连续供电 ≥ 168 小时，形成系统设计、测试或运行评价规范 ≥ 2 项。

（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，国际合作发表论文 ≥ 3 篇；中外人员交流互访 ≥ 5 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。

5.14 共建“一带一路”国家填埋温室气体泄漏监测与导排利用技术应用合作研究（应用示范类）

合作目标与研究内容：

面向全球气候治理与“双碳”目标，针对共建“一带一路”国家填埋场面临的监测覆盖不足、导排效率低下及资源化模式单一等挑战，联合国际优势科研力量开展填埋温室气体泄漏监测与导排利用技术应用研究。具体包括：构建“监测—导排提纯利用”全技术链条，整合卫星遥感与车载移动设备，研发多场景协同的甲烷泄漏热点精准定位技术；开发适用于开放式填埋场的负压优化系统，并结合生物脱硫与膜分离技术，攻克含硫杂质气体净化与高效提纯难题，实现填埋气向电能或生物天然气的高价值转化；探明共建“一带一路”共建国家复杂垃圾成分对填埋甲烷产排特征的影响机制，构建适配性强的温室气体核算与资源化管理体系；打通精准监测、高效收集、高值转化、碳资产管理的全链条技术路径，探索适应当地国情的政企协同运营与自愿减排交易机制，形成可复制推广的“丝路方案”。

考核指标：

（1）研发适配多场景的移动协同监测技术与装备，实现填埋场甲烷泄漏热点精准定位，移动装备空间定位精度达到亚米级，核心漏点识别率 $\geq 90\%$ 。

（2）构建高效导排与脱硫脱碳集成系统，开放式及常规填埋场的填埋气收集率提升至 $\geq 75\%$ ，提纯后的甲烷纯度 $\geq 97\%$ 。

（3）形成 ≥ 3 项适配中亚、西亚典型气候与填埋场特征的本土化资源化工程方案并落地示范，推动项目纳入区域性或国际自愿碳减排交易体系，实现年减排二氧化碳当量 $\geq$

100 万吨。

(4) 制定涵盖精准监测、高效收集、高值转化、碳资产管理的成套标准规范；在共建“一带一路”国家建立 ≥ 10 个政企协同的碳资产开发与运营示范社区，实现居民分类参与率 $\geq 80\%$ ；中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：填埋温室气体；甲烷导排提纯；卫星遥感监测；垃圾资源化分类；“一带一路”；政企协同运营

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 2:1。

6. 国际标准

6.1 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）建立基于 X 射线干涉仪的微位移传感器计量溯源方法 1 项。

（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，中外交流互访不少于 5 人次。

（6）联合发表 SCI 论文不少于 3 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。

6.2 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，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，制定相应的计量技术规范或团体标准 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学术论文不少于 2 篇，中外人员交流互访不少于 5 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。

6.3 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： $\leq -100\text{dBc}@$ （2V，6kHz）。

（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。

(4) 在不少于 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，中外人员交流互访不少于 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。

6.4 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) 发表或录用论文≥1篇，申请发明专利≥2项，完成软件著作权≥1项，中外人员交流互访≥5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。

6.5 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;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向前1~2个阶段;培育 ≥ 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。

(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》。

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。

6.6 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；采集低空飞行过程数据 ≥ 50 小时，形成示范运行报告1份。

（7）联合申请发明专利项 ≥ 8 项（含国际专利3项），中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

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。

6.7 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；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，完成不同板型及温压工况下的能效指标稳定性验证。

(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。

(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动 3 项国际标准立项；申请国际发明专利不少于 1 项，联合发表学术论文不少于 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。

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；国际合作

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。

6.8 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）研发碳排放精准计量关键技术 ≥ 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，形成跨境碳数据互认示范案例 ≥ 2 项。

(4) 中外人员交流互访不少于 2 人次/年；合作举办学术会议不少于 2 次；联合发表高水平学术论文 3 篇；完成国家标准或计量技术规范报批稿 2 项；申请发明专利 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。

6.9 智能科研自主实验室标准与国际生态体系研究（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。形成《智能科研自主实验室跨境协同标准》实施指南。

（3）研制不少于 3 项区域标准、国际标准或技术规范；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 SCI 论文不少于 2 篇，中外人员交流互访不少于 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；国际合作

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。

6.10 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 JCTLM(国际医学检验溯源联合委员会)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，实现跨境异构组学数据无偏转化与自动化去噪。

（4）提交或立项转录组定量、多组学质控与数据整合等领域 ISO 国际标准或技术规范 1~2 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；推动我国自主研制标准物质在 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。

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。

6.11 质量检测机器人关键技术国际合作研发及标准研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对油气管道、热电锅炉、高铁轨道等生命线工程核心装备质量检测机器人关键技术涉及的质量检测对象策划、管控技术装备体系构建、系统化多源数据处理应用和数字化性能测试验证等环节的重点需求，突破当前领域控制要素不明确、管控装备场景适应性不足、过程数据质量不佳，物理测试验证效率低等问题，通过中外科研机构合作与人员交流，推动质量检测指标体系、管控机器人技术装备、多源数据协同处理智能体、性能测试数字化平台等技术与行业应用。具体包括：合作研究“机器人+”质量检测要素及评价指标体系，研制相关国际标准；合作研究全流程质量检测过程中的多模态感知技术与高适应性搭载机构动态协同设计方案，开发复杂场景高适应性智能监检测机器人装备；合作研究多源异构数据迭代生成与闭环反馈技术，开发质量异常识别、根因诊断和跨工序追溯的质量检测智能体系统；合作研究质量检测机器人数字孪生体与动态场景生成技术，赋能数字化

测试验证环境构建，并面向典型场景开展应用验证。

考核指标：

（1）形成“机器人+”质量检测要素指标体系及评价准则，完成 ISO/IEC 国际标准提案 2 项（其中完成立项不少于 1 项）。

（2）研究多模态感知技术，开发特殊环境高适应性搭载机构，研发不少于 2 种构型的智能检测机器人装备，应用场景不少于 3 个。

（3）依托国际合作，申请发明专利不少于 3 项（其中国外专利不少于 1 项），联合发表高水平学术论文不少于 3 篇。

（4）研制质量检测工业智能体原型系统 1 套，包含基准数据集不少于 3 个，开展质量异常识别、根因诊断与追溯、工艺优化等不少于 3 类典型场景验证，完成验证报告不少于 3 份。

（5）开发质量检测机器人数字化性能测试平台 1 个，可生成不少于 3 种场景的虚拟测试环境。

（6）与不少于 2 家国外团队开展对外交流、研讨不少于 3 次，中外交流互访不少于 5 人次。

关键词：智能制造；机器人技术；多模态感知；质量检测；智能体

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。

6.12 东盟传统药物质量提升与产业化应用联合研究（基础研究类）

合作目标与研究内容:

通过国际合作,引进东盟国家传统药物优势资源,利用我国研制中药国际标准丰富的经验及先进的溯源管理技术,研制进出口中药初加工技术、标准及国际溯源体系,开展跨境应用示范,助力我国传统医药的话语权。具体包括:针对东盟传统药物资源普遍存在基原鉴定混乱、初加工技术与标准缺失、全过程质量控制技术滞后、进出口中药国际溯源体系建设不足、标准转化落地困难等突出问题,聚焦传统药物全链条质量提升及跨境产业化发展需求,针对3~5种代表性的东盟传统药物,合作研制适配东盟产区的初加工适宜技术及质量智能评价技术;联合研制基原鉴别技术和数字化标准平台,解决传统药物基原鉴别难题;聚焦含量测定与外源有毒有害物质污染风险监控,建立非靶向风险物质库,提升药材质量;联合搭建进出口传统药物智能化溯源管控体系,实现传统药物国际流通全程可追溯、可监管;合作开展东盟传统药物初加工产业实地调研,组织国际研讨会,联合推进先进质控技术、标准体系的海外落地与产业转化应用,完善跨境传统药物全链条质量控制体系,提升东盟传统药物贸易质量水平。

考核指标:

(1) 围绕3~5种东盟传统药物,联合完成东盟传统药物初加工产业专项调研报告1份,联合新建初加工技术规范3套。

(2) 建立非靶向风险物质库1个,修订传统药物国际

标准 1 项、国家标准 1 项，建成数字化标准平台 1 个。

(3) 联合研制传统药物质量评价移动程序 1 个，基原快速鉴别技术 1 项，国际溯源体系 1 套，并在合作国家应用于传统药物贸易企业 2 家及以上。

(4) 联合培养访问学者 2 人以上，中外交流互访不少于 5 人次，联合发表高质量学术论文不少于 5 篇。

关键词：初加工技术；溯源体系；质量评价；基原鉴别；质量标准

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

7.材料科学

7.1 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，围绕活性位点利用效率低、材料结构演化失稳、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。引进国际先进的理论和表征技术，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，开展绿电直联电解水制氢催化材料创制与电堆的协同创新研究，支撑国内绿电直联条件下高性能电解水制氢装备研制。

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；研究高电流密度与波动工况下电极材料、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及百千瓦级制氢电堆。

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：析氢过电位 $\leq 150 \text{ mV}@1 \text{ A cm}^{-2}$ ；析氧过电位 $\leq 350 \text{ mV}@1 \text{ A cm}^{-2}$ ；电催化剂在饱和 NaCl 中运行，每间隔 24 小时启停一次，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 膜电极能效与稳定性：工作电压 $\leq 1.7 \text{ V}@1 \text{ A cm}^{-2}$ ， $1.95 \text{ V}@2 \text{ A cm}^{-2}@60^\circ\text{C}$ ，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 $\geq 0.24 \text{ m}^2$ ；制氢电堆单电解槽功率 $\geq 100 \text{ kW}$ ，稳定运行时间 $\geq 2000 \text{ h}@1 \text{ A/cm}^2$ ，电压增长率 $\leq 20 \mu\text{V h}^{-1}$ ，能耗 $\leq 3.9 \text{ kWh/Nm}^3 \text{ H}_2@0.5 \text{ A/cm}^2$ ，实现 10%–150% 宽负载稳定运行，动态响应时间 $\leq 0.1 \text{ s}$ 。

(4) 质子交换膜 (PEM) 电解水制氢中阳极催化剂单批次 $\geq 100 \text{ g}$ ；铱载量 $\leq 0.2 \text{ mg Ir cm}^{-2}$ ，电解槽运行电压 $\leq 1.7 \text{ V}@3 \text{ A cm}^{-2}@80^\circ\text{C}$ ，运行 $\geq 2000 \text{ h}@2 \text{ A cm}^{-2}$ ，电压增长率 $\leq 15 \mu\text{V h}^{-1}$ 。

(5) 与有关国外科研机构共建 ≥ 1 个联合研究平台（基

地)；中外人员交流互访 ≥ 10 人次；合作举办学术会议 ≥ 3 次；合作发表论文 ≥ 20 篇，申请专利 ≥ 20 件；培养学生 ≥ 5 人，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；国际合作

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

7.2 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国家战略前沿需求，针对传统半导体器件在计算功耗、处理速度等方面的瓶颈，通过国际合作，引进磁计算材料理论设计领域的国际先进方法和技术，聚焦具有本征太赫兹自旋动力学特性的反铁磁材料，建立超低能耗电场操控方法，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 种高质量反铁磁计算材料, 材料在 $\geq 50\text{ T}$ 强磁场环境下保持服役性能, 电阻变化率 $\leq 1\%$ 。

(2) 材料在总剂量 $\geq 1.5 \times 10^6\text{ rad}$ (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 $\leq 1\%$ 。

(3) 利用超低能耗电场操控方法, 在反铁磁计算材料中实现可分辨的非易失性电阻态数 ≥ 10 个。

(4) 基于电场操控反铁磁计算材料构建物理神经网络, 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 $\geq 99\%$ 。

(5) 发表高水平论文 ≥ 7 篇, 其中国际联合发表 ≥ 2 篇; 申请发明专利 ≥ 2 项; 中外人员交流互访 ≥ 5 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; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.3 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, 依托国外在量子超材料理论与机制方面的优势, 通过国际合作, 开发新型超材料及高效集成新方法, 研发多维度可调控量子超材料平台, 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，探索自旋—动量锁定、室温拓扑凝聚态等新奇物性；建立超材料结构与量子调控性能之间的构效关系，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，量子态操控的响应时间优于 50 ps。

（2）研制高自旋激子极化激元超表面，可见光波段相干光源自旋偏振比 ≥ 0.8 ，双偏振分离角 $\geq 60^\circ$ 。

（3）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 $\geq 90\%$ 。

（4）发表高水平论文 7 篇以上，其中合作发表论文 3 篇以上；中外双方互访 ≥ 5 人次，合作举办学术会议 ≥ 2 次。

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。

7.4 新一代跨温域轻质高熵合金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，依托我国在高熵合金规模化制备和加工成形方面的优势，联合国外在 AI 辅助成分设计、多尺度组织调控与强塑化机制研究方面的优势，突破跨温域高熵合金智能设计、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熵合金结构材料，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：开展跨温域高熵合金 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，实现高熵合金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，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；开展典型工况下的工程应用验证，推动跨温域轻质高熵合金结构材料的工程化应用。

考核指标：

（1）开发出密度 $\leq 5.7 \text{ g/cm}^3$ 的新一代高熵合金，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 ≥ 1200 MPa、抗拉强度 ≥ 1300 MPa、断裂延伸率 $\geq 20\%$ ； -196 °C下屈服强度 ≥ 1000 MPa、抗拉强度 ≥ 1100 MPa、断裂延伸率 $\geq 20\%$ ； 500 °C下屈服强度 ≥ 700 MPa、断裂延伸率 $\geq 10\%$ 。

(2) 熔炼铸锭 ≥ 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 ≤ 3000 ppm，锭间差 ≤ 4000 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 ≤ 1500 ppm，杂质 N 含量 ≤ 300 ppm，杂质 H 含量 ≤ 100 ppm，杂质 C 含量 ≤ 500 ppm，杂质 Si 含量 ≤ 1000 ppm。

(3) 制备热加工材 ≥ 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 $C_v \leq 5.5\%$ 。

(4) 完成典型应用场景的工程应用验证 ≥ 1 项。

(5) 依托国际合作，发表高水平学术论文 ≥ 10 篇（其中联合发表论文 ≥ 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，中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：高熵合金；跨温域服役；成分设计；组织调控；国际合作

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

7.5 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，依托国外在电催化基础理论的优势，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。

（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，实现 1 种催化材料的百克级制备工艺。

（3）电合成双氧水器件电流密度 $\geq 300 \text{ mA cm}^{-2}$ ，选择

性 $\geq 90\%$ ，能耗 $\leq 1.5 \text{ kWh Kg}^{-1} \text{H}_2\text{O}_2$ ；槽电压 500 小时衰减率 $\leq 5\%$ ， H_2O_2 累积浓度 $\geq 4.5 \text{ wt}\%$ ；制备双氧水中阴、阳离子和有机物杂质含量 $\leq 100 \text{ ppb}$ 、 0.1 ppb 和 10 ppm 。

(4) 发表高水平学术论文 ≥ 8 篇，其中联合发表论文 ≥ 3 篇；申请专利 ≥ 3 项；中外人员交流互访 ≥ 5 人次，合作举办学术会议 ≥ 1 次。

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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

7.6 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，依托国外在原子尺度表征装备研制和软件开发以及表征分析技术等方面的优势开展国际合作，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 $<100\text{ ppm}$ ）、5N 级（总杂质含量 $<10\text{ ppm}$ ）、5N5 级（总杂质含量 $<5\text{ ppm}$ ）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），获得不同尺度下杂质的尺寸、形貌、结构等 ≥ 3 类关键信息。

(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。

(5) 发表高水平论文 ≥ 7 篇，其中联合发表论文 ≥ 2 篇；

申请发明专利 ≥ 3 件；组织开展相关国际研讨会 ≥ 1 次；中外科研人员互访人数 ≥ 10 人次。

关键词：高纯金属；微痕量；杂质；物相；表界面；缺陷；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.7 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，联合国外在基础理论、科学机制和先进研究方法等方面优势，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等关键技术攻关，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，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 $\geq 2000 \text{ mAh/g@0.1 C}$ 。

（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 $> 10^{-3} \text{ S/cm}$ 。

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

（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 $\geq 450 \text{ Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 300 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，其中国际合作论文 ≥ 3 篇；申请发明专利 ≥ 3 件；组织领域内国际研讨会 ≥ 1 次；中外科研人员实地互访 ≥ 5 人次。

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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.8 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, 引进外方在芯片制作、先进表征等方面的先进技术, 联合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; 研究多步刻蚀技术精准把控三色刻蚀深度, 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 $\geq 30\%$ 。

（4）发表 SCI 期刊论文 ≥ 6 篇（其中合作论文 ≥ 2 篇），申请发明专利 ≥ 3 项。

（5）开展宽禁带半导体材料专题学术交流 ≥ 5 次，培养博士研究生 $\geq 2\sim 3$ 名，中外科研人员交流互访 ≥ 5 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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.9 低空飞行器低成本高性能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低成本高性能轻合金材料及其一体化制备技术重大战略需求,针对传统轻质合金“凝固组织粗大、强塑性匹配差、一体化高精度成型难”等问题,开展低空飞行器低成本高性能构件一体化制备合作研究。依托外方凝固理论和精密成型技术优势,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—服役性能协同调控基础理论,实现低空飞行器低成本高性能构件一体化成型,推动半固态射铸轻合金材料数据库、关键工艺参数与性能评估方法的互认与应用,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:探究材料成分 AI 辅助设计方法与坯料组织调控机制,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—服役性能之间构效关系,开发低空飞行器低成本高性能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。

(2) 开发新型半固态射铸成型轻合金材料, 合金密度 $\leq 1.9 \text{ g/cm}^3$; 室温屈服强度 $\geq 190 \text{ MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 270 \text{ MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$; 在 120°C 、 50 MPa 应力下, 经 100 h 蠕变测试, 蠕变总应变 $\leq 0.3\%$ 。

(3) 至少完成 1 种轻合金半固态射铸成型构件 (合金密度 $\leq 1.9 \text{ g/cm}^3$) 试制, 成形精度 $\leq \pm 0.7 \text{ mm}$ 。

(4) 申请发明专利 ≥ 4 件, 发表高水平学术论文 ≥ 7 篇 (其中, 国际联合发表论文 ≥ 3 篇), 中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词: 轻合金; 低空飞行器; 高性能构件; 一体化; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.10 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, 利用国际电化学提锂材料设计与提锂反应器工程化研发优势, 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，开发提锂工序与锂材制备工序协同优化技术；开发电化学提锂、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 ）、高碱性（pH ≥ 10 ）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 $\geq 90\%$ 。

（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吨级中试装置，实现连续稳定运行 ≥ 2500 h，提锂效能衰减率 $\leq 10\%$ ，富锂液锂浓度 ≥ 8 g/L、镁离子浓度 ≤ 0.1 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，其中国际联合发表论文 ≥ 3 篇；申请专利 ≥ 5 件；合作举办主题国际研讨会 ≥ 2 场，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。

7.11 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国家重大需求，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。依托国外光磁/光声耦合光子学机制研究方面的优势，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 $RSD \leq 10\%$ ，材料在生理条件下稳定性 ≥ 72 h。

（2）实现 1~2 种放射性元素掺杂量子点诊疗剂的临床

前药效/安全性评价及 PET-CT 影像探针应用验证。

(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 $\geq 80\%$, PET 成像信噪比提升 $\geq 30\%$, 体内滞留时间 $\geq 24\text{ h}$, 治疗响应监测灵敏度 $\geq 85\%$ 。

(5) 发表高水平论文 ≥ 7 篇, 其中合作发表论文 ≥ 3 篇; 申请专利 ≥ 2 件; 举办国际专题论坛 ≥ 2 次, 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; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.12 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, 依托国外在极端环境模拟测试技术及先进材料表征方面的优势, 通过协同研究, 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，构筑高效能轻质的空间光伏器件；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；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 $\geq 6 \text{ Ah}$ ，能量密度 $\geq 350 \text{ Wh/kg}$ 。

（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/m^2 ）、大气中子辐照（适用储能器件： $1 \text{ meV} \sim 1.6 \text{ GeV}$ ）、高真空（ $< 2 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ ）、宽温域（光伏器件： $-175 \sim +130 \text{ }^\circ\text{C}$ ；储能器件： $-40 \sim +80 \text{ }^\circ\text{C}$ ）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 ≥ 100 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) 集成多源数据规模 ≥ 20 万组，实现关键性能预测精度 $R^2 \geq 0.80$ 。

(5) 发表高水平论文 ≥ 8 篇，其中国际合作论文 ≥ 3 篇；申请发明专利 ≥ 4 件；组织空间光储技术领域国际研讨会 1~2 次；中外人员交流实地互访 ≥ 6 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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

7.13 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，依托国外在近红外二区（NIR-II）荧光探针材料设计和高分辨活体成像设备方面的优势，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 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。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 窗口的高性能荧光探针与成像技术，研究 NIR-II 比率荧光成像技术对 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 NIR-II 成像与人工智能算法的免疫治疗疗效评估模型，实现活体深层组织中免疫细胞分布的实时、无创、高分辨率可视化。

考核指标：

(1) 开发 ≥ 2 类具有肿瘤微环境响应调控功能的生物材料，可响应瘤内 pH、氧含量等多项理化指标，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 ≥ 2 种实体瘤动物模型中完成疗效验证，肿瘤生长抑制率 $\geq 90\%$ 。

(3) 开发 ≥ 2 种 NIR-II 荧光探针，发光波长 $\geq 1000\text{ nm}$ ，探针在常规成像激光功率下连续 1 小时照射荧光强度衰减率 $\leq 20\%$ 。

(4) 开发 ≥ 1 种双通道 NIR-II 分子成像方法，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，组织穿透深度 $\geq 10\text{ mm}$ 。

(5) 共建联合研究平台 1 个；发表高水平论文 ≥ 7 篇，其中联合发表 ≥ 3 篇；申请发明专利 ≥ 3 件；组织国际学术研讨会 ≥ 1 次；中外人员交流互访 ≥ 5 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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元人民币。

8. 农业科技

8.1 主要粮食作物种质资源引进与阐释合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

针对我国作物种质资源遗传基础狭窄、优异育种资源储备不足、关键基因机制阐释薄弱等现状，通过深度国际科技合作，开展主要粮食作物种质资源引进与阐释合作研究。具体包括：聚焦我国作物育种核心短板，围绕高产、优质、抗逆、抗病虫、资源高效利用等育种目标性状，联合国外优势科研机构，引进我国育种亟需的优异种质资源，有效拓宽我国作物育种遗传基础，破解优异育种资源匮乏的产业痛点；开展精准表型及基因型鉴定，解析农作物高产、优质、抗逆、抗病虫、气候韧性等重要性状形成的分子机理，阐明重要性状基因的作用机制；搭建稳定的种质资源引进与阐释研究国际合作网络，持续提升我国作物种质资源领域的国际话语权与核心竞争力，助力我国现代种业高质量可持续发展。

考核指标：

(1) 引进小麦、玉米、大豆、水稻等作物种质资源 ≥ 1000 份, 并开展精准表型和基因型鉴定, 构建高质量基因型-表型-环境型数据集 1 套;

(2) 鉴定出具有高产、优质、抗逆、抗病虫、气候韧性等优异性状的种质资源 ≥ 100 份, 其中可用于育种改良的种质 10~15 份;

(3) 阐释优异性状形成的遗传基础, 发掘优异基因 10~15 个, 创制携带优异变异的新种质 10~15 份;

(4) 申请发明专利 8~10 项, 合作发表论文 5~8 篇;

(5) 邀请境外种质资源相关专家来华交流访问 5~8 人次/年, 选派我国科技人员赴国外交流考察 5~8 人次/年。

关键词: 粮食作物; 种质资源; 资源引进; 国际合作; 基因型鉴定; 表型鉴定; 机制阐释

其他要求: 拟支持中央财政经费 1000 万元。

8.2 跨境重大动物流行疫病防控技术联合创新与快速响应合作研究 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

针对易通过动物迁徙、国际贸易、人员交流等途径传播的口蹄疫、布鲁氏菌病、非洲猪瘟等重要跨境动物疫病及烈性外来病, 与中亚或非洲国家合作开展跨境重大动物流行疫病防控技术联合创新与快速响应合作研究。具体包括: 建立流行病学数据库、监测体系和数据共享平台, 为疫病流行检测和防控提供支撑; 针对中亚等周边国家疫病流行现状和防控需求, 建立联合研究平台 (基地), 研制开发快速诊断和

检测技术，创制动物疫病防控疫苗或诊断产品，提升疫病检测和防控能力；推动完善动物疫病国际联防联控体系，防范动物疫病跨境传播风险，保障国家生物安全，服务“一带一路”生物安全共同体建设。

考核指标：

- （1）构建包含 3~5 种重要跨境动物疫病的流行病学数据库 1 个；
- （2）构建监测预警体系与数据共享平台 1 个；
- （3）建立联合研究平台（基地）2~3 个；
- （4）开发口蹄疫、布鲁氏菌等主要传染病快速诊断/检测技术 3~5 种；
- （5）创制动物疫病防控疫苗 2~3 种；
- （6）为中亚国家培养科研骨干和专业技术人员 ≥ 30 名；
- （7）国内外联合发表论文 4~5 篇；
- （8）中外人员交流互访 ≥ 20 人次。

关键词：跨境动物疫病；诊断技术；疫苗开发

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 1:1。

8.3 基于动物-机器智能对话的奶牛集约化智慧养殖关键技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对传统奶牛集约化养殖依赖人工经验、管理粗放，存在疫病发现滞后、资源损耗严重等问题，聚焦养殖健康管理、精准饲喂、繁殖优化、环境调控等核心环节，建立“联合研发

—跨国验证—装备共创—标准协同”的合作机制，共同开发健康巡检、精准饲喂、体型评定、福利养殖、环境管控等智慧养殖关键技术研发与示范。具体包括：研究奶牛行为、健康、环境、生产等多类数据的采集标注与管控方法，构建奶牛个体及群体多模态数据集；融合可穿戴设备与视觉技术，研发牛只识别追踪、无接触表型监测及异常行为识别技术，实现养殖状态智能监测；研究牛羊生理行为信号与机器指令的语义映射机制，搭建健康评估、发情预测、应激预警智能决策模型；研发精准饲喂、智能清粪等养殖机器人与配套设备，结合知识图谱、大模型及数字孪生技术搭建智慧养殖云平台。通过国内外多场景联合示范，推动奶牛养殖从经验判断转向数据决策、从被动应对转向主动预判，助力养殖提质增效、低碳可持续发展，并推动形成广泛认可的智慧养殖技术准则。

考核指标：

（1）建立奶牛多源数据集，标注奶牛 ≥ 300 头，长周期监测规模 ≥ 30000 头·天，形成采集协议、标注规范和跨场景评估方案；

（2）研发奶牛个体识别准确率 $\geq 95\%$ ，行为识别准确率 $\geq 90\%$ ，覆盖 ≥ 6 种基本行为；

（3）研制可穿戴设备、智能传感器及精准饲喂、清粪、喷淋等核心智能装备 ≥ 5 种，开发健康评估、精准饲喂、应激预警等AI模型 ≥ 3 种，疾病早期预警准确率 $\geq 85\%$ ；

（4）在国内集约化圈养与国外开放牧场散养场景中建

设联合示范牧场 ≥ 2 个，其中国内存栏 ≥ 5000 头牧场；

(5) 依托国际合作，受理发明专利 ≥ 4 项（其中国际专利 ≥ 1 项），合作发表高水平论文 ≥ 3 篇；

(6) 与不少于2家国（境）外团队开展对外交流、研讨 ≥ 3 次，中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：奶牛；动物机器智能对话；养殖状态智能监测；养殖机器人；智慧养殖云平台；国际合作

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

8.4 中国—中亚跨境农业有害生物监测与防控体系构建合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对中国和中亚国家跨境有害生物监测预警水平不高、联防联控基础薄弱等关键问题，联合中亚国家优势科研机构，构建跨境农业有害生物监测与防控体系。具体包括：建立中国—中亚跨境入侵生物潜在风险定量筛查与风险评估技术体系，形成跨境入侵风险分类分级优先管控清单；针对中亚跨境高风险入侵生物，明确跨区域扩散路径和前沿风险区，开发多模态智能识别技术和监测调查应用终端，研发甜菜孢囊线虫等形态/危害特征隐蔽相似病虫害的多靶标特异性快速检测技术和试纸条产品；聚焦草地螟、亚洲飞蝗、摩洛哥戟纹蝗等中国—中亚重大跨境迁飞害虫，揭示其跨境迁飞扩散路径和规律；利用高空灯、昆虫雷达等开展重大跨境迁飞害虫联合监测，研发、完善智能精准识别技术、迁飞轨

迹分析技术等；联合筛选优势昆虫病原真菌、天敌昆虫等生态调控资源，集成适合中国—中亚地区生境的绿色生态调控技术，建立“一种一策”“多物种协同”的高效灭除防控技术体系，共同构建“智能监测—精准预警—绿色防控—区域协同”全链条跨境联合防控模式与应用示范区；推动国产化防控技术与产品输出，开展国际人才交流培训，保障国家粮食安全和生物生态安全。

考核指标：

（1）联合建立中国—中亚外来入侵生物风险评估技术体系 1 套、入侵物种分类分级风险清单及重点物种扩散前沿风险图谱 1 套、害虫迁飞轨迹和风险预判模型 1 套，合作建成中国—中亚跨境有害生物数据库 1 个，明确主要病虫害跨境迁飞或扩散路线 2~3 条；

（2）联合研发入侵生物智能监测识别系统 1 套、重大迁飞害虫智能识别模型 1~2 套，准确率 $\geq 90\%$ ；研发入侵及重大跨境有害生物便携式分子快速检测产品 ≥ 4 种，筛选入侵生物高效化学灭除药剂 ≥ 3 种，筛选耐干旱/抗逆高效昆虫病原真菌菌株 3~5 株、高效天敌昆虫/竞争性替代植物 2~3 种；

（3）集成环境友好型绿色综合防控技术方案 ≥ 2 套，构建跨境联合防控应用模式 1 套，建立跨境入侵“监检阻控”联合防控示范区 ≥ 2 个、境外联合监测站点 1~2 个、跨境迁飞害虫核心示范区 1 个；

（4）建立跨境有害生物监测与防控协作组，覆盖中亚

国家 ≥ 3 个、人员 ≥ 20 人，中外人员交流互访 ≥ 20 人次，联合组织跨境有害生物防控国际会议1次、国际专题论坛或国际培训 ≥ 2 次。

关键词：跨境有害生物；风险筛查；智能监测与分子检测；跨境联防联控技术体系；农业生物安全；国际合作

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。

8.5 主要热带作物种质资源精准评价和生物育种合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

聚焦天然橡胶等国家战略物资安全保供及重要农产品稳产提质需求，针对种质资源评价精准度不足、品质和抗性等关键性状遗传基础解析不深、定向育种效率不高等现状，联合国际优势科研力量开展主要热带作物种质资源精准评价和生物育种国际合作研究。具体包括：系统开展橡胶、香蕉、木薯、椰枣、咖啡、油棕种质资源引进与精准评价，建立覆盖农艺、品质、抗逆等核心性状的高通量精准评价技术体系，构建种质资源分子身份证以及覆盖多种作物的种质资源精准评价数据库；围绕产量、品质、抗逆等重要性状系统挖掘关键功能基因，阐明关键基因的生物学功能及作用机制，开发功能分子标记，为分子设计育种提供靶标基因和选择标记；建立分子标记辅助选择、全基因组选择和基因编辑技术体系，提升遗传转化效率，缩短育种周期，实现定向育种，为培育“突破性”新品种提供核心育种材料支撑。通过合

作研究，增强我国在天然橡胶等国家战略物资以及重要农产品供给的保障能力，提升我国在全球热带农业科技合作中的引领地位，服务高质量共建“一带一路”。

考核指标：

（1）引进橡胶、香蕉、木薯、椰枣、咖啡、油棕种质资源 180~220 份，联合完成种质资源精准鉴定评价 500~800 份，获得优异新种质 10~20 份，构建覆盖 6 类作物的种质资源精准评价数据库 1 个；

（2）挖掘优质、抗逆等关键功能基因 15~20 个，开发分子标记 8~10 个；

（3）建立橡胶、香蕉、木薯、椰枣、咖啡、油棕分子标记辅助选择技术体系各 1 套，构建全基因组选择模型 3~5 个，建立高效的遗传转化或基因编辑体系 3~5 套，创制生物育种材料 3~5 份；

（4）整合表型、基因型、组学数据，建立 ≥ 300 份优异种质资源分子身份证；

（5）开展中外专家互访交流 ≥ 25 人次，培养研究生 8~10 名；联合发表论文 8~10 篇，申请发明专利 8~10 项。

关键词：热带作物；种质资源；精准评价；生物育种；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元。

8.6 面向中亚五国的抗逆高产蔬菜新品种培育及配套高效栽培技术联合研发（应用示范类）

合作目标与研究内容：

针对中亚五国的蔬菜存在种质资源搜集不够、鉴定技术滞后、优良种质资源挖掘不够、优良品种不足、栽培技术落后等关键问题，联合国际优势科研力量开展抗逆高产新品种培育及配套高效栽培技术研发。通过中国与中亚国家“一带一路”农业科技合作，推进构建资源共享、联合育种、协同示范的技术体系，提升中亚地区蔬菜育种和生产技术水平。具体包括：系统收集和评价中亚地区蔬菜地方品种及野生近缘资源，开展表型、基因型和农艺性状系统鉴定评价；围绕蔬菜耐盐碱、耐高温、耐旱、高产优质等重要性状，利用多组学分析和现代生物育种技术，解析重要抗逆性状形成机制、挖掘关键基因、开发相关分子标记；针对中亚不同生态条件和生产需求，培育适宜设施和露地栽培的抗逆高产优质蔬菜新品种；结合中亚干旱半干旱、盐碱化和高温逆境突出等生产实际，研发精准水肥调控、土壤改良和高温逆境缓解等关键技术，建立新品种配套高效栽培模式，并在中亚合作国家及我国西部相似生态区开展联合测试、示范与推广应用。

考核指标：

（1）收集蔬菜种质 ≥ 200 份，精准评价种质 ≥ 300 份，挖掘抗逆基因 ≥ 3 个，开发紧密连锁相关分子标记 ≥ 3 个。

（2）选育抗逆、高产、优质并适应中亚生态条件的蔬菜新品种 ≥ 5 个，并在相关合作区域开展适应性评价与示范应用。

（3）研发耐高温、耐干旱、耐盐碱等的蔬菜高效生产关键技术 ≥ 3 项，形成适用于中亚典型生态区的综合栽培技

术模式。

(4) 在中亚国家及我国新疆维吾尔自治区建设联合测试与示范点，建立品种与技术集成示范基地，示范面积 ≥ 1 万亩，平均增产 $\geq 10\%$ 。

(5) 合作发表高水平学术论文 3 篇，申请发明专利 3 项，培养研究生等青年人才 ≥ 5 名，中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：中亚五国；蔬菜；辣椒；种质资源；新品种培育；高效栽培技术

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 2:1。

8.7 饲料精准营养供给与节粮减排技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

围绕养殖业绿色转型目标，聚焦畜禽养殖领域节粮减排关键技术瓶颈，联合国际优势科研力量开展饲料精准营养供给与减排增效的系统性合作研究，助力推动我国本地特色资源评价方法和数字工具走向国际。具体包括：针对不同畜种不同阶段，优化日粮营养配方，引入动态营养需求预测，构建基于大数据的精准营养配方库；建设节粮减排数据库，将传统饲料营养评价指标结合碳足迹等指标，构建“营养—排放”耦合模型；提升对本地饲料资源的营养价值评估能力，建设多因子联动的本地特色饲料营养评价体系；建立基于全生命周期评价方法的精准营养方案，开展典型模式标准化验

证；开发适用于养殖场场景的智能化饲料营养软件或移动端应用软件；建立节粮减排技术合作网络，制定饲料营养相关的国际合作标准或倡议文件。

考核指标：

（1）构建不同畜种精准营养体系，涵盖 3 种以上畜种（生猪、奶牛、肉牛等），实现蛋白饲料用量降低 $\geq 8\%$ ，饲料转化率提高 $\geq 10\%$ 。

（2）形成可推广的“营养—排放”耦合模型，实现全生命周期碳排放强度下降 $\geq 10\%$ ，氮排放强度下降 $\geq 15\%$ 。

（3）建成至少 1 个智能化本地特色饲料评价体系，覆盖饲料原料、配方、动物健康、排放等核心模块，提高本地特色饲料综合利用效率 $\geq 10\%$ 。

（4）开发智能化饲料营养软件，并获得 2 项以上计算机软件著作权（含移动端），完成 2 项以上基于软件开展的生产应用案例。

（5）建立 1 个国际合作联盟或标准框架，联合 5 个以上国家的知名机构参与。

（6）中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：精准营养；节粮减排；畜禽养殖；饲料转化

其他要求：拟支持中央财政经费 350 万元，配套经费与中央财政经费的比例不低于 1:1。

8.8 非洲典型粮油营养挖掘与评价合作研究及加工利用技术示范（应用示范类）

合作目标与研究内容：

粮油国际供应链的稳定与安全，关乎我国粮食安全大局。非洲国家粮油原料丰富，但长期受制于营养组分不明、加工适宜性不清、加工技术落后及高品质产品缺乏等瓶颈，既阻碍了当地粮油加工产业升级与农民增收，也制约了对华稳定供应。鉴于此，亟需联合中外科研机构建立不同区域（西非、北非、东非）、不同品种（小麦、玉米、木薯、花生、芝麻、葵花籽等）粮油原料特征营养组分挖掘与加工适宜评价技术体系，研发粮油绿色高效加工利用技术与高品质产品（全谷物、功能油脂等），开展粮油营养挖掘与加工利用技术示范推广。具体包括：开展不同粮油原料特征营养组分挖掘与基础数据库构建，建立粮油原料加工适宜性评价技术、方法与指标体系；探明磨粉、压榨、挤压、均质、分离提取、储藏等典型加工过程中粮油特征组分（淀粉、油脂、蛋白及营养组分等）变化规律，研发适用于当地实际情况的粮油绿色高效加工利用工艺技术与高品质产品；在主产区建设加工利用技术中心和示范生产线，联合当地政府、科研机构、企业开展国际技术培训和产品推广，助力非洲发展中国家粮油加工产业升级与农民增收。

考核指标：

（1）探明西非、北非、东非典型粮油原料（小麦、玉米、木薯、花生、芝麻、葵花籽等）特征营养组分组成差异，构建基础数据 1 个，涵盖基础数据 ≥ 3 万条；

（2）建立不同粮油原料加工适宜性评价技术、方法与指标体系 ≥ 6 套；明晰典型加工过程中粮油特征组分（淀粉、

油脂、蛋白及营养组分等)变化规律 6~8 种,研发适用于当地实际情况的粮油绿色高效加工利用工艺技术 6~8 种,形成适配标准或技术规程 6~8 项;开发适合相关国家消费需求的高品质粮油产品 6~8 种;

(3) 建立涵盖原料预处理、特性评价与加工利用的技术合作中心 3~4 个,推广加工利用技术和装备 6~8 项,建立示范生产线 1~2 条;

(4) 联合组织粮油营养挖掘与加工利用主题的国际研讨会 3~5 次,推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次;

(5) 开展国际技术培训 6~8 次,培训外方政府官员、技术人员、企业人员 ≥ 250 人次;培养研究生 ≥ 5 名;

(6) 申请发明专利 ≥ 4 件;国际合作发表论文 ≥ 4 篇。

关键词: 粮油资源; 营养挖掘; 加工适宜性评价; 加工利用; 技术示范; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 600 万元,配套经费与中央财政经费的比例不低于 2:1。

8.9 生猪无人化免疫注射具身智能装备联合研发及应用 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

面向规模化生猪养殖场疫病常态化精准防控的无人化作业需求,聚焦人工智能与机器人技术深度融合,联合国际优势科研力量开展生猪无人化免疫注射具身智能装备联合研发及应用。针对猪舍变光照、生猪动态运动等复杂养殖工况,构建包含生猪特定注射区域(颈部或臀部)位姿信息、

运动状态的专属养殖数据集，攻克复杂场景下生猪注射靶点连续、稳定追踪与预测技术，实现最优注射时机自主识别判定。通过合作解决我国猪场动态猪只识别不准、机械臂柔顺注射控制薄弱、无针注射系统集成困难等问题，提升我国生猪疫病防控与智能化养殖装备研发水平。具体包括：突破基于具身智能的机械臂柔顺控制与无针注射技术，研制专用免疫注射机械臂，开发结合生猪预测运动轨迹的机械臂的最优控制算法，以最优路径、最快速度精准到达注射点；研发多参数自适应补偿无针注射装置，构建机械臂与无针注射协同联动的新型智能化疫苗免疫作业范式；搭建一体化无人化免疫注射智能管控平台，建立生猪个体身份、疫苗信息、注射参数、养殖环境的标准化免疫数据库，实现注射成功率、异常免疫状态等核心数据的智能统计与分析。项目最终完成无人化智能免疫装备创制，开展国内外典型规模化猪场场景的试验验证、示范应用与技术推广，推动生猪防疫由人工粗放操作向机器人精准智能作业转型。

考核指标：

（1）研发生猪臀部注射区域精准定位与动态跟踪算法，生猪臀部注射靶点识别准确率 $\geq 95\%$ ，动态目标持续跟踪稳定率 $\geq 93\%$ ，可自主判定最佳注射窗口期；

（2）研发无标定视觉伺服机械臂自主注射控制与自适应无针注射系统，完成生猪动态无约束精准免疫作业；单头生猪完整注射作业时长 ≤ 10 秒，注射位置误差 $\leq 20\text{mm}$ ，规模化场景综合注射成功率 $\geq 90\%$ ；

(3) 研发多参数自适应补偿的无针注射装置及专用机械臂 1 套, 研发生猪无人化免疫注射管控平台, 集成创制生猪无人化免疫注射具身智能装备 1 套;

(4) 在国内和海外生猪养殖场中分别完成 ≥ 1 处示范应用, 分别注射 ≥ 3000 头生猪;

(5) 依托国际合作, 受理发明专利 ≥ 3 项, 国际合作发表高水平论文 ≥ 2 篇;

(6) 与不少于 2 家国(境)外团队开展对外交流、研讨 ≥ 3 次, 中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词: 生猪; 无人化免疫注射; 具身智能装备; 国际合作

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

8.10 新型昆虫蛋白资源高效加工利用技术合作研究(共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

昆虫蛋白作为一种可持续的新兴营养资源, 其巨大价值与潜力在全球粮食安全与资源压力下正日益凸显。针对我国饲用和食用蛋白资源短缺、农林剩余生物质资源转化效率低、高品质昆虫蛋白制品缺乏等问题, 联合国外在精准繁育、专用粉碎等方面的技术优势, 合作开展农林有机废弃物和食品加工副产物高效转化新型昆虫蛋白及其高值化利用关键技术研究。具体包括: 以黄粉虫等昆虫蛋白资源为研究对象, 重点突破黄粉虫等昆虫规模化繁育技术, 优化高蛋白昆虫品

系全周期生长效率；研发黄粉虫等昆虫生物转化有机废弃物和食品加工副产物工艺，提升蛋白转化率；开发黄粉虫蛋白功能成分高效提取与精深加工技术，突破批量均匀制粉化等昆虫蛋白生产加工工艺难点，推动适温脱脂、异味去除、挤压组织化等昆虫蛋白及其产品精深加工技术创新；建立昆虫蛋白饲料、昆虫蛋白食品营养与安全评价体系，明确其在畜禽及水产饲料、双蛋白肉制品及饮料中的应用效果；集成智能化蛋白昆虫养殖与饲料化、食品化加工及资源循环技术，形成新型昆虫蛋白资源低碳高效加工利用产业化模式。

考核指标：

（1）幼虫期缩短 10%，单位养殖密度黄粉虫等昆虫蛋白产出提升 $\geq 15\%$ ；开发农林废弃物和食品加工副产物蛋白昆虫转化技术，底物转化率 $\geq 30\%$ ，虫体干基粗蛋白含量 $\geq 55\%$ ；

（2）脱脂虫粉脱脂率 $\geq 90\%$ ，粗蛋白含量 $\geq 70\%$ ；制定新型昆虫蛋白饲料和食品原料质量标准 2~3 套，形成昆虫蛋白高效提取及应用技术规程 2~3 套；

（3）开发 2~3 种昆虫蛋白饲料配方，在家禽、鱼饲料中替代豆粕 $\geq 20\%$ ，畜产品产出率提高 $\geq 5\%$ ；形成新型昆虫蛋白资源饲料化高效加工利用技术模式 1 套；

（4）开发 2~3 种昆虫蛋白食品原料，在植物-昆虫、动物-昆虫等双蛋白肉制品、饮料制品中添加量 $\geq 30\%$ ，产品中必需氨基酸含量提升 $\geq 10\%$ ；形成新型昆虫蛋白资源食品化高效加工利用技术模式 1 套。

(5) 联合组织专题国际研讨会 2~3 次，推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 10 人次；

(6) 国际合作发表论文 ≥ 3 篇；申请发明专利 2~3 项。

关键词：食用昆虫；农林废弃物转化；蛋白产品；资源循环；国际合作

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。

8.11 主要粮食作物气候韧性提升与智慧化生产技术联合研发（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对全球气候变化背景下我国主要粮食作物丰产稳产面临的挑战，依托国际先进农业科技在作物气候韧性提升、生长调控、智慧栽培和精准管理等方面的优势，联合国际优势科研力量开展主要粮食作物气候韧性提升与智慧化生产技术联合研发。具体包括：解析作物气候韧性的生理生态基础，明确作物系统气候韧性与脆弱性的转化关联，突破抗逆减灾农作制度、栽培管理技术、调控产品研发与精准调控等关键技术短板；阐明主要粮食作物面对光照、温度与水分等复合逆境的韧性响应机制及其调控途径，构建作物气候韧性评价体系；开发集成智能监测预警、灾害防控和生长调控的综合性防灾减灾技术，创新提升作物气候韧性的栽培措施与农作制度，在我国主要粮食产区示范应用，为粮食作物的稳产高产提供技术支撑。

考核指标：

(1) 构建气候韧性农业评价指标体系 1 套, 研发灾害智能监测预警系统 1 套;

(2) 引进主要粮食作物绿色高效生产关键技术 ≥ 3 项, 创建应对气候变化的播期调控、轮作轮耕等农作制度 ≥ 2 套;

(3) 集成防灾减灾、土壤健康与丰产增效协同的韧性提升轻简化生产技术体系 ≥ 2 套, 研发抗逆防灾绿色调控产品 1~2 个;

(4) 实现主要粮食作物减损增产 $\geq 10\%$, 节本增效 $\geq 15\%$, 农田温室气体减排 $\geq 15\%$;

(5) 建立稳定高效的国际合作交流平台 1~2 个, 在我国典型生态区域建立试验示范基地 2~3 个, 辐射带动示范面积 ≥ 50 万亩, 中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词: 气候变化; 主要粮食作物; 气候韧性; 丰产稳产; 栽培技术; 农作制度; 国际合作

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

8.12 深远海养殖智能化投喂关键技术联合研发与示范 (共性关键技术类)

合作目标与研究内容:

针对我国深远海养殖投喂粗放、饵料浪费严重、鱼群摄食状态监测不足、高海况下投喂精准度低等行业痛点, 联合国际优势科研力量开展智能化投喂关键技术集成与成套装备研发。具体包括: 构建深远海养殖水环境多参数感知体系, 实现水温、溶解氧、海流、盐度等环境数据实时采集与多源

数据融合，为投喂决策提供环境基底数据；融合水下成像与声呐 AI 视觉技术，构建鱼群密度、生物量、生长状态及实时摄食行为识别模型，精准研判鱼群摄食强度与摄食需求；建立基于鱼群行为特征、生物量估算及海域环境耦合的智能投喂决策算法，形成动态自适应精准投喂策略，替代传统定时定量粗放投喂模式；研发适配高海况的抗扰智能投喂执行装备，集成自动下料、流量调控、故障自检等功能，匹配深远海网箱养殖工况；依托大数据技术搭建投喂智能管控子平台，实现投喂参数可视化、数据可追溯、策略可迭代；通过深远海养殖海域示范应用，优化装备与算法性能，有效降低饵料损耗、提升养殖产出效益，形成适配我国深远海养殖场景的智能化投喂技术体系与成套装备。

考核指标：

（1）研发深远海养殖环境多源数据融合感知系统，养殖水体关键环境参数采集准确率 $\geq 95\%$ ，数据传输延迟 ≤ 2 秒，可为智能投喂决策提供稳定数据支撑；

（2）构建鱼群摄食行为 AI 识别与生物量估测模型，鱼群密度估测误差 $\leq 12\%$ ，摄食状态识别准确率 $\geq 92\%$ ，实现鱼群摄食需求精准研判；

（3）建立环境-鱼群耦合的自适应智能投喂决策体系，相较传统投喂模式，饲料利用率提升 $\geq 15\%$ ，饵料浪费率 $\leq 5\%$ ；

（4）研制适配高海况的深远海智能精准投喂成套装备 1 套，具备自动定量投喂、动态流量调节、海况抗扰及运行状

态自检功能，适配大型深远海养殖网箱作业场景。

（5）搭建深远海养殖智能投喂管控子平台 1 套，完成 ≥ 1 处深远海海域示范应用，示范片区养殖综合产能提升 $\geq 10\%$ ，养殖人工运维成本显著降低。

（6）开展国际合作技术攻关，受理发明专利 ≥ 3 项（其中国际专利 ≥ 1 项），国际合作发表高水平论文 ≥ 2 篇，开展中外技术交流研讨 ≥ 3 次，中外人员交流互访 ≥ 5 人次。

关键词：深远海养殖；智能投喂；装备研制；国际合作

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

8.13 中国咖啡品质关键技术标准合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

针对我国咖啡产业在技术标准体系不完善、国际定价权影响力较弱的问题，围绕中国等新兴咖啡产区与消费市场的品质安全要求，以我国小粒咖啡关键参数为核心，联合国际优势科研力量向国际标准组织提供数据并推动制定国际标准，提升我国在全球咖啡标准体系中的影响力。具体包括：开展低纬高原不同产区、土壤、气候条件中国小粒咖啡的品质形成规律研究，与国外精品咖啡风味的差异比较研究，建立中国小粒咖啡的生物标志物的技术标准；开展咖啡种植、采后处理、仓储加工、成品流通全链条咖啡潜在污染物检测及其传播路径研究，解析咖啡豆营养基质产生有害物质的代谢机制与影响因素；研发基于霉菌特征挥发气体识别的功能

化传感阵列，融合机器学习判别模型，实现咖啡多种成分无创、前置现场快速筛查技术；构建一套集源头有害物质阻隔、加工过程微生态抑制、成品多物质同步精准筛查的协同防控技术标准体系，并以此为基础，开展标准国际化研究。

考核指标：

（1）与东南亚地区的知名机构共建国际联合研究中心，形成科学研究与人才联培长效机制；双方互访 ≥ 2 人次/年；开展标准国际培训 ≥ 2 次，人员培训 ≥ 100 人次。

（2）建立中国小粒咖啡品质数据库 1 个，小粒咖啡质量分级标准样品 ≥ 3 个，鉴定小粒咖啡生物标志物 ≥ 3 种，鉴别检测方法 ≥ 5 种；危害物控制技术 ≥ 3 种，形成技术规范标准草案 ≥ 3 个，其中提交国际组织征求意见稿 1~2 个。

（3）依托国际合作，申请国家发明专利 ≥ 3 项（其中国际专利 ≥ 1 项），联合发表高水平论文 ≥ 3 篇。

关键词：中国小粒咖啡；低纬高原；品质；安全；标准国际合作

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。

8.14 母乳及肠道源功能益生菌的精准挖掘与制备关键技术合作研究（共性关键技术类）

合作目标与研究内容：

生命早期微生态关系婴幼儿免疫成熟、脑功能发育和终身健康，是健康中国、食品生物制造及母婴营养产业亟需布局的战略前沿。当前我国高端益生菌原料仍存在对国外菌株

和技术体系依赖、原创菌株与功能分子标记储备不足等问题，亟需联合国际优势科研力量开展母乳及肠道源功能益生菌的精准挖掘与制备关键技术合作研究。具体包括：围绕母乳及肠道源功能益生菌，在跨洲际、跨种群和多生态位背景下，整合多国家菌株基因组、母乳及人体肠道微生物组等资源，解析生境驱动的遗传变异、功能基因保守性及生态适应机制；结合比较基因组、多组学关联、体外功能评价和基因编辑，挖掘与神经、免疫及母婴传递调控相关的关键功能基因、调控元件和代谢物，建立“遗传标记-代谢通路-功能表型”因果证据链；构建基于功能分子标记的菌株精准筛选、评价与定向制备技术体系，获得具有明确遗传基础、功能机制和制备潜力的原创益生菌株。

考核指标：

（1）系统揭示益生菌的微生态适应机制与生境驱动遗传演化规律，形成原始创新理论 ≥ 1 套；

（2）解析并验证 ≥ 5 个与神经、免疫、母婴传递调控相关的功能基因/元件/代谢物，构建功能分子标记数据库。

（3）挖掘与制备技术体系：构建基于分子遗传标记与多组学整合的益生菌功能筛选与评价方法体系 ≥ 1 套；

（4）筛选获得 ≥ 5 株可改善脑功能、免疫、母婴传递的益生菌株，完成其全基因组测序及功能注释；

（5）完成不少于2-3个关键功能基因的CRISPR基因编辑验证，建立基因—代谢—表型因果关系证据链；

（6）联合组织专题国际研讨会2~3次，推动科研人员

双向交流与实地互访 ≥ 10 人次；

(7) 国际合作发表论文 ≥ 3 篇；申请发明专利 2~3 项。

关键词：益生菌、母乳、肠道、遗传特征、分子靶标、定向选育；国际合作

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。

9. 航空航天

9.1 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：

面向单一机构或国家难以实现基于短弧观测的空间碎片风险评估的现状，依托国际组织和科研机构协同创新，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。具体研究内容包括：（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）针对观测弧段不连续、目标状态强不确定性等问题，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）结合多特征相似性和动力学约束，突破同源碎片群识别与空间事件溯源技术；（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，长期轨道预报时长 30 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) 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；多源多弧段协同精密定轨位置误差 $<50\text{ m}$ 。

(3) 完成空间碎片事件溯源算法程序 1 套，完成 3 起以上解体、碰撞等典型事件的碎片溯源检测验证。

(4) 建立厘米级空间碎片撞击风险边界表征程序 1 套，具备 3 种以上误差传播分析、风险窗口识别、碰撞概率估计功能。

(5) 与至少 1 家国（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，联合发表论文 >5 篇；中外团队互相提供数据与方法验证不少于 2 次；推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 10 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；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 500 万元人民币。

9.2 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。

研究内容具体包括：

（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。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。

(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) 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。

(2)) 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, 载荷承载能力 $\geq 150\text{kg}$ 。

(3) 覆盖 115-180 nm、200-350 nm 紫外波段和 400-1600 nm 可见近红外波段。

(4) 适应 600 Pa 至 1×10^{-10} Pa 的环境范围, 探测高度 0 ~ 500 km。

(5) 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, 光谱定标能力优于 0.1 个光谱分辨单元。

(7) 发表相关学术论文不少于 5 篇(其中由中外合作发表的论文不少于 3 篇), 申请发明专利不少于 3 项(国际发明专利不少于 1 项), 双方交流互访不少于 5 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。

9.3 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。具体内容包括:

(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 $\geq 85\%$ ，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 100m ~ 300m 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；组织国际学术研讨等交流活动不少于 5 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）发表高水平论文不少于 3 篇，申请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。

9.4 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。

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、语音与环境调控功能，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）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；发表高水平论文 ≥ 5 篇（其中国际合作论文 ≥ 2 篇），申请发明专利 ≥ 3 项，培养硕博研究生 ≥ 2 名。

（2）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。

（3）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。

（4）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，开展虚实融合一体化演示验证。

（5）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。

（6）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、语音与环境调节系统，结合生理情绪仿真实现“感知-决策-调节”闭环控制；疲劳、压力、情绪识别准确率 $\geq 85\%$ ，10 名受试者 VR 体验评分 $\geq 7/10$ 。

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。。

9.5 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 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、飞控系统故障监控手段不足、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 飞控系统异常检测隔离与容错重构技术；数智驱动的 eVTOL 机体结构健康预测性维护技术；复合类型多起降场集中管控与动态调度技术。

考核指标:

(1) 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 $\geq 99.5\%$ 。

(2) 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 $\leq 5\%$ 。

(3) 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 $\geq 90\%$ 。

(4) 研制多垂直起降场远程集中智慧管控系统, 支持同时接入的垂直起降场站点 ≥ 15 个。

(5) 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。

(6) 依托国际合作, 科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 人次, 申请发明专利不少于 4 件, 发表论文不少于 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; 国际合作

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。

9.6 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，合作开展基于北斗卫星导航系统的极端天气精准监测、智能预警模型构建及多层级应急联动技术研究，并在国外开展典型区域示范应用，推动北斗系统在东盟及全球灾害管理领域的深度应用与联合治理能力共建，助力“一带一路”防灾减灾科技合作新范式。具体研究内容包括：

（1）北斗增强的极端天气协同监测技术研究。开展北斗/GNSS 水汽反演与电离层扰动监测技术在极端降水、洪涝及台风路径预测中的应用研究，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暴雨、洪涝与台风灾害智能预警模型。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危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, 三维水汽密度精度优于 1.5g/m³, 低纬度地区电子含量精度优于 0.3TECU, 大气参数反演时间分辨率优于 5min, 时效性优于 5min。

(2) 建立北斗极端天气监测预警模型 1 套, 模型预测精度 ≥ 85%, 预警时效较现有方法提升 ≥ 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, 集成北斗短报文灾情报送、极端天气预警、应急资源调度等功能模块, 在不少于 2 个东盟地区开展示范应用。

(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; 国际合作

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。

9.7 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，依托联合研究机制，共同开展空间焊接关键科学问题攻关，共享空间实验数据与验证资源，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,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,实现高可靠焊接成形。

(4) 研制空间智能焊接原理样机 1 套,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,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 ≥ 10 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; 国际合作

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。

9.8 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,推动商业航天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；发动机故障条件下推力分配与重构控制协同设计；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；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。

考核指标：

（1）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 $\leq 10\text{ms}$ 。

（2）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 $xx\text{ ms}$ 。

（3）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 。

（4）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，规划控制求解时间 $\leq 150\text{ms}$ 。

(5) 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。

(6) 组织开展商业航天与运载火箭规划控制为主题的国际研讨会 1~2 次，推动科研人员双向交流与互访 ≥ 10 人次。

(7) 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。

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；国际合作

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。

9.9 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。

研究内容包括：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，组织国际交流活动不少于 3 次，科研人员双向交流与实地互访不少于 10 人次。

（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；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。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) 联合发表高水平论文不少于 6 篇，申请发明专利不少于 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) 推动科研人员双向交流与实地互访 ≥ 20 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。

9.10 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，通过合作研究，形成可复制推广的太空交通管理合作模式。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与处置规则；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，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，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 3 项，联合发表高水平学术论文不少于 2 篇；与国（境）外团队开展对外交流、研讨不少于 10 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。

10. 公共安全

10.1 氢能列车火灾爆炸事故防控与应急救援国际合作研究（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，联合国际上在氢气火灾爆炸数值模拟、全尺度实验及防火抑爆技术方面优势科研机构，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；研究典型事故工况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—抑爆一体化处置装备；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）构建隧道氢能列车氢气泄漏火灾爆炸全尺寸实验平台，构建隧道高压氢气喷射火、爆炸关键致灾参数预测模型，最大超压预测精度 $\geq 95\%$ ，氢喷射火火焰长度预测精度 $\geq 90\%$ 。

（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 $\leq 10\text{ppm}$ ，对氢气响应可抵抗 CH_4 、 CO 等常见干扰气体（抑制比 ≥ 5 ）。

（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：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—抑爆一体化处置装备 1 套：响应时间 $\leq 10\text{s}$ ，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。

（5）联合举办氢能安全相关国际会议 ≥ 2 次，联合发表高水平论文 ≥ 5 篇，推动科研人员互访交流 ≥ 20 人次。

（6）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；国际合作

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

10.2 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，通过与相关国家协同开展跨国界、跨气候带数据共享、模型验证和应急响应对接等合作，聚焦滑坡、崩塌、泥石流等三类典型地质灾害，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、山洪水位、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协同补盲方法；建立统一时空基准和跨模态特征映射体系，发展基于图神经网络与对抗式域适应的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、灾害机理、地质知识图谱、专家规则和历史案例，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—知识过程驱动的数字孪生预警大模型，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，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 $\geq 85\%$ ，其中不要求机载设备在降雨环境下工作；建立稀疏监测条件下的多模态数据协同补盲方法，保障数据覆盖率 $\geq 80\%$ 。

(2) 多源异构数据融合算法实现滑坡、崩塌、泥石流三类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) 构建地质灾害数字孪生预警大模型，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 $\leq 15\%$ ，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三维数字孪生平台，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，外方人员参会比例

不低于 1/3；中外人员交流互访不少于 5 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。

10.3 极端气候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）

合作目标与研究内容：

在全球气候变化加剧背景下，暴雨洪涝、滑坡泥石流与海岸侵蚀等灾害频发且强度显著增强，对公路、铁路、港口等交通基础设施安全构成严峻挑战。依托我国在基础设施建设与监测方面的优势，联合国外在交通基础设施系统韧性管理和智能决策方面先进经验，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气候条件下重大交通基础设施灾害防御能力。具体包括：研究极端气候环境下交通基础设施损伤及灾变演化机理，融合多源异构感知数据，建立多维立体化的灾损智能识别技术，实现对重大交通基础设施健康状态的快速精准评估；研究构建极端气候—渗流—荷载等多源作用下重大交通基础设施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；针对极端气候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) 建立覆盖暴雨洪涝、滑坡泥石流、海岸侵蚀等 ≥ 3 类极端气候驱动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 个典型气候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。

(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 $\leq 10\%$ ，推演时间窗口覆盖灾前 72h 至灾后 72h；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，在极端气候条件下（降雨 $>50\text{mm/h}$ 、气温 $-30^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ）数据有效采集率 $\geq 85\%$ 。

(5) 发表高水平学术论文 ≥ 8 篇（其中国际合作发表 ≥ 4 篇），申请发明专利或软件著作权 ≥ 5 项；形成《极端气候条件下交通基础设施智能体协同防控技术指南》 ≥ 1 份。

(6) 在欧亚交通廊道沿线国家，以及我国华南、西南等极端气候灾害多发地区的重大交通基础设施工程中完成灾变监测、评估及应急辅助决策示范应用 ≥ 3 处。

(7) 培养具有国际视野的跨学科高层次人才 ≥ 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 ≥ 5 人次。

关键词： 交通基础设施；极端气候；快速推演；韧性评估；应急辅助决策；国际合作

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。

10.4 泡沫灭火剂全生命周期质量监测与无害化处置关键技术国际合作研究（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，引进国外先进灭火剂无害化处置技术、老化失效数据库与性能评估试验平台等，就阐明泡沫灭火剂老化失效作用机制、突破泡沫灭火剂全生命周期关键质量参数评估技术、泡沫灭火剂老化失效预测技术、失效过期含 PFAS 泡沫灭火剂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，建立实际复杂环境条件下泡沫灭火剂储存寿命预测模型和方法，实现对泡沫灭火剂全生命周期质量的精准监测和预测；合作研究过期泡沫灭火剂的回收再利用技

术，分析过期含 PFAS 泡沫灭火剂在不同条件下的降解特性和污染物生成机制，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、无害化处理处置。

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，揭示温度交替（-40℃~55℃）老化条件下，泡沫灭火剂关键性能退化阈值，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，处理后残留 PFAS 浓度低于检出限，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）依托国际合作，申请发明专利不少于 5 项（其中国际专利不少于 1 项），联合发表高水平学术论文不少于 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，中外人员交流互访不少于 5 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；国际合作

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。

10.5 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，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：研究生产安全事故多源数据智能化提取方法；提出基于因果链的事故致因分析框架模型；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。

(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。

(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 400 个事故案例的结构化数据库, 完成不少于 20 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; 推动科研人员双向交流与实地互访不少于 20 人次。

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；国际合作

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。

10.6 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，综合利用多源国产卫星数据，通过国际合作，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，构建流域近十年、高时空分辨率关键水文要素场；提出适用于缺资料地区水循环要素时空演变诊断方法，解析流域降水、蒸散发等水文要素的演变特征及其对变化环境的响应关系；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。

(2) 发布中英双语《亚非典型流域水资源安全评估报告》1 份，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。

(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。

关键词：国产卫星应用；水资源安全；动态监测评估；归因分析；国际合作

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。

10.7 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—基础与结构损伤—港口功能恢复”的风险传递机理；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；提出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、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，覆盖地层结构、岩土物理力学指标、原位测试、特殊岩土类型等数据。

（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，工程造价较常规方案降低 10%以上。

（3）申请发明专利不少于 6 项；国际合作论文不少于 5 篇；技术标准不少于 1 份；人员交流互访不少于 20 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；国际合作

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

10.8 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：研究通海水运工程扰动下河网—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，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。

(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、动力地貌演变模拟误差降低 15% 以上。

(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。

(4) 申请发明专利不少于 5 项, 国际合作论文不少于 8 篇, 技术标准不少于 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 ≥ 5 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; 国际合作

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。

11. 物理与天文

11.1 半导体关键工艺等离子体模拟软件、数据库及诊断技术联合研发 (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，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，利用国外数据库研制评估和等离子体状态理论诊断方面的优势理论研究能力，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 Boltzmann 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：发展等离子体多尺度非平衡物理建模，耦合描述原子分子过程、辐射输运和流体演化过程；研制半导体刻蚀、沉积和光刻典型工艺气体的基础数据库，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、Boltzmann 求解、流体输运和 PIC 模块模拟能力，理论与实验结合完成不少于两例关键工艺等离子体模拟的实验验证。

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 ，光刻光源 Xe、Sn。数据精度：能级误差 $<10\%$ ，电子碰撞激发截面误差 $<10\text{--}30\%$ ，达到国际先进水平。

（2）形成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；模拟精度：反应器器件参数（ n_e , T_e ）与实验对比偏差 $\leq 30\%$ ，光谱谱峰位置预测误差 $\leq 0.1\text{ nm}$ 。

（3）验证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，分别完成刻蚀等离子体和光刻等离子体模拟验证不少于 1 项。

（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，时间分辨率优于 $0.1\text{ }\mu\text{s}$ ，探针空间分辨率优于 2.0 cm 。

（5）依托国际合作，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 5 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；国际合作

其他要求： 拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

11.2 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，发展先进多粒子关联探测设备，依托 HIRFL/HIAF、RIBF、RAON 等亚洲核物理放射性核束装置开展国际合作物理实验。具体包括：面向核反应、核衰变实

验需求，突破中子探测效率、时间与位置分辨、中子多重性识别及串扰抑制等关键技术，发展以中子探测为核心、兼顾带电粒子和伽马测量的先进多粒子关联探测设备。以核反应、核衰变为主要实验手段，基于带电粒子、中子、伽马等多粒子关联探测，研究不稳定原子核的壳结构演化、集团结构、多中子关联等奇特结构现象，揭示极端同位旋条件下原子核结构和衰变规律，推动核结构理论、核反应理论和核天体物理模型的发展。通过探测器合作研发、联合实验、国际学术会议、合作论文发表及联合人才培养，促进亚洲相关团队建立长期稳定的合作机制，提升我国团队在不稳定原子核实验研究和国际核物理合作网络中的影响力。

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，充分利用亚洲各国在实验探测、理论研究等方面长期积累的优势和特色，发挥 HIRFL/HIAF、RIBF、RAON 等亚洲放射性核束装置在不同能区和核素区能够提供的束流条件，开展实验、理论与技术紧密结合的国际合作研究。具体包括：在实验技术方面，面向丰中子核区弱束流强度、低反应截面和复杂多粒子末态的探测需求，突破中子探测效率、时间与位置分辨、中子多重性识别和串扰抑制等关键技术，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。以核反应为主要实验手段研究奇特核结构，发展带电粒子、中子和伽马射线等多粒子关联测量和分析的新方法，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。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，特别是发展能够贯通核结构、反应机制与实验可观测量的理论方法，并解释关键实验结果；利用实验数据约束核力和核多体方法，提升理论模型在远离稳定线区域的可靠性和外推能力。

考核指标:

(1) 发展用于核反应、核衰变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 5.5 MeV 的 α 粒子)，具备 2 中子以上探测能力，中低能区中子探测时间分辨： $\sigma < 120$ ps、位置分辨： $\sigma < 1.5$ cm。

(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与核反应理论模型，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。

(1) 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。

(2) 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，联合培养或引进青年人才不少于 3 人，形成规范、稳定的亚洲不稳定核实验与理论合作机制。

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。

11.3 基于宇宙线的核物理与天体物理前沿交叉合作研究（基础研究类）

合作目标与研究内容：

围绕宇宙线物理前沿，依托国际大科学装置与地基高能宇宙线探测设施，开展微观同位素精密测量与宏观日地空间环境诊断的交叉研究。微观层面，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；宏观层面，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。通过与各国核物理研究所（院）及大学等深度合作，主导关键物理分析，巩固我国在该领域的国际领先地位，维系稀有国际合作通道。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 0.6~15 GeV/n，为传播模型提供关键核作用参数。同时测量氮-20/氮-22 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 3~40 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。

(3) 重构日地空间大尺度动态磁场三维结构。开发自主知识产权的 TeV 宇宙线在日球层磁场中传播的三维数值模拟程序，与 CME 的 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。

(4) 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，研究晕日冕物质抛射事件与宇宙线日影/月影异常变化关联机制，联合 AI 技术挖掘地磁暴对宇宙线阴影特征的响应规律，构建短时标空间天气定量诊断与超前预警模型，为国家防灾减灾提供科学支撑。

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 3-0 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）形成具有自主知识产权的 TeV 宇宙线日球层磁场追踪三维数值模拟程序 1 套，建立基于地基宇宙线数据的日地空间磁场及空间天气参数反演模型 1 套；

（4）培养博士/硕士 ≥ 4 名，博士后 1-2 名，国际博士生交换互访 2-3 人次（1-3 月/次）；

（5）参加国际顶级学术会议并报告 ≥ 6 人次，国际交流 ≥ 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；

（6）发表代表性学术论文不少于 5 篇，其中包含 1~2 项重大成果。

关键词：宇宙线；同位素能谱；AMS；核碎裂截面；宇宙线传播；太阳磁场边界参数；日地空间环境；领域交叉；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

12.科学数据

12.1 面向大模型与智能体的信息领域多模态科学数据合作研究（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，开展信息领域科学数据国际合作研究。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，建设信息领域多模态科学数据资源库与智能化服务平台，形成支撑代码大模型、科研智能体、软件工程智能体和网络安全智能体研发评测的 **AI Ready** 数据集。构建复杂科研与工程任务的智能体评测环境和任务基准，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：

建设资源库与服务平台 1 套，汇聚多模态数据不少于 100TB；研制高质量 **AI Ready** 数据集不少于 6 个，其中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；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；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；形成数据治理、模型评测或多模态数据描述规范不少于 2 项，开展应用示范不少于 1 个，发表高质量论文不少于 3 篇。

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。

12.2 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。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：

核心化合物库 1 个（不少于 2000 条目）；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 2000 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 5000 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，整合全球药物相关专利全文、法律状态等数据；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 1000 条不良反应）；形成跨境药物数据相关技术规范 1-2 项；打造至少 2 个示范应用案例，支持对外开放交流。

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。

12.3 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；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；针对敏感数据场景，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：

化学 AI-Ready 科学数据标准规范不少于 2 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；结构化数据不少于 100 万条，总量不少于 1 PB，关键字段完整率不低于 90%；化学数据国际合作目录 1 套，接入资源不少于 5 个；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 个；高质量论文不少于 2 篇，技术报告不少于 2 份，交流培训活动不少于 2 次。

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。