

“战略性科技创新合作”重点专项 2025 年度联合研发与示范（定向择优类） 项目申报指南

一、总体目标和安排

当今世界正处于百年未有之大变局，全球范围内新一轮科技革命和产业变革加速演进，世界各国既要共享科技全球化深入发展的机遇，也要共同面临粮食安全、矿产资源等领域一系列挑战。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

本批次指南拟在农业与粮食安全、关键矿产、脑机接口、深海及极地 5 个领域启动一批指南任务，共计 21 个二级指南方向。拟支持约 21 个项目，国拨经费概算 1.44 亿元人民币。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。

项目可下设课题，中方参与单位总数不超过10家，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（境）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有所体现。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。

具体指南方向如下。

1.农业与粮食安全

1.1 主要粮食作物种质资源引进与基因型鉴定评价（基础研究类）

研究内容：

围绕国家粮食安全和种业振兴等国家重大战略，针对我国玉米、小麦、大豆等主要农作物在高产、高抗、高品质等主要性状方面对优异种质资源的关键需求，引进遗传多样性丰富的玉米、小麦、大豆等主要农作物种质资源；通过高效基因型鉴定技术对引进的主要农作物种质资源进行遗传多样性分析与评价，鉴定独

特基因组变异，筛选核心种质资源，构建种质资源指纹图谱和 DNA 分子身份证，为种质资源创新利用奠定基础，为我国种业创新提供物质基础。

考核指标：

(1) 在“一带一路”相关国家建立主要农作物种质资源引进渠道 ≥ 3 个（以有效的国际合作协议等法律文件为证明）。

(2) 通过国际合作引进遗传多样性丰富的玉米、小麦、大豆等主要粮食作物种质资源 ≥ 600 份。

(3) 完成 600 份种质资源的基因型分型、遗传多样性分析与评价、构建种质资源指纹图谱库和 DNA 分子身份证。

(4) 通过鉴定独特基因组变异，筛选核心种质资源 ≥ 60 份。

关键词：主要农作物；“一带一路”；种质资源；国际合作；鉴定评价

其他要求：拟支持中央财政经费 300 万元人民币。

2. 关键矿产

2.1 达马拉造山带白岗岩型铀矿立体勘查技术与找矿预测（基础研究类）

研究内容：

针对达马拉造山带深部地质过程与铀富集作用关系不明、白岗岩型铀勘查技术不完善等问题，开展卫星重磁、航磁、航放数据三维反演、岩/矿石标本物性测量等工作，厘定区域地层、岩体和构造空间展布特征，建立白岗岩型铀矿成矿模型和找矿模式。

选择典型矿区，开展全空间“重、磁、电、放”探测工作，建立白岗岩型铀矿“天-空-地-井”立体勘查体系；以“地、物、化、遥”数据融合为依托构建“知识+数据”双驱动的智能找矿预测模型，圈定找矿靶区，助力我国海外企业铀资源增储上产。

考核指标：

(1) 完成达马拉造山带岩（矿）石物性测量（不少于 1500 块标本）；完成达马拉造山带卫星重磁、航磁、航放数据（2 万平方公里）处理与三维反演，提交区域地层、岩体和构造空间展布图 1 幅（比例尺 1:10 万），揭示区域白岗岩型铀矿成矿背景，建立成矿模型；并构建研究区地质-地球物理找矿模型。

(2) 在典型铀矿床完成 50 公里综合地球物理探测（不少于 5 种地球物理方法，点距不超过 100 米），构建白岗岩型铀矿立体勘查技术体系 1 套，建立“地、物、化、遥”多源数据融合的智能找矿预测模型 1 个，新增找矿靶区 3 个。

(3) 主办产学研用国际会议 1 次；在境外建设联合实验室 1 个；联合开展不少于 4 种物性参数的岩石物性测量；国际合作人员互访不少于 8 人次，培训国外专业技术人员 3 次（每次不少于 3 人）；联合发表学术论文 5 篇以上。

关键词：白岗岩型铀矿；达马拉造山带；综合地球物理勘探；成矿模式；地质—地球物理模型；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

2.2 戈亚斯古陆块金镍成矿系统探测与对比研究（基础研究

类)

研究内容:

针对克拉通内部成矿系统形成、演化的深部过程不清、控制要素不明等问题,选择南美中部戈亚斯古陆块的 Au、Ni 成矿带,开展三维大地电磁探测与电性结构成像、二维宽频地震剖面探测和成像研究,阐明古陆块地壳、岩石圈精细结构,以及形成演化的动力过程;揭示 Au、Ni 成矿系统形成的深部过程和控制要素;开展成矿带区域重磁、航空 γ 能谱数据处理和地质解释,结合同位素地球化学 (Sm-Nd, Lu-Hf 等)、年代学等资料,研究区域构造、岩浆岩及成矿特征,建立研究区成矿模型和找矿模型,开展矿产资源潜力评价;在上述研究基础上,开展与我国古陆块典型 Au、Ni 成矿带的综合对比研究。

考核指标:

(1) 完成南美中部戈亚斯古陆块成矿带三维大地电磁测量 200 个物理点(按照 $10 \times 5 \text{ km}$ 间距,覆盖面积约 1 万平方公里),提交岩石圈三维电性结构模型。

(2) 完成一条 300 km 宽频地震探测剖面,30 个宽频地震台连续观测 2 年,提交古陆块岩石圈 P、S 波速度结构模型。

(3) 完成成矿带航磁、 γ 能谱和区域重力(卫星)数据处理和解释,圈定成矿远景区 2~3 处,提交区域成矿规律图和成矿预测图。

(4) 建立戈亚斯古陆块构造演化地球动力学模型和金、镍矿

找矿模型。

(5) 国际合作人员互访不少于 10 人次；共同开展野外数据采集，采集时间不少于 2 月/年；召开国际研讨会 1~2 次；中外联合发表论文 5 篇以上。

关键词：古陆块；成矿系统；大地电磁；宽频地震；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 800 万元人民币。

3.脑机接口

3.1 人工智能技术赋能脑机接口系统合作研究（基础研究类） 研究内容：

针对脑机接口需要从脑信号中提取信息并进行解码控制的重大需求，满足神经康复、认知增强、人机交互等的需要，发展深度学习和自适应算法，提高脑机接口系统的信号解码精度、用户适应性和系统稳定性等性能，实现从“命令控制型”向“认知交互型”的跨越发展。具体包括：发展脑电信号的实时、精准、全面感知神经脑生理信号的多模态融合采集设备，进一步研究个体化、适应性、高效能的脑信号识别和反馈方法，重点研究脑机闭环交互中的学习机制，研发侵入性弱、抗干扰能力强的脑机接口软硬件技术，基于人工智能大模型对人脑认知机制的类比建模，构建可解释性的脑信号解码与控制体系，实现对外部设备的智能化、认知驱动交互控制。开发 AI-BCI 的联合算法框架与脑机接口系统，发展面向多场景、多功能、多人群的动态脑状态解码技术，研制人工智能驱动的高可靠脑机交互系统。开展面向脑卒中、

抑郁症、老龄康复等神经系统受损人员的应用验证。

考核指标:

(1) 建立 AI 在脑信号感知优化、个性化解码模型、闭环反馈优化三阶段的贡献度计量标准, 解决从脑信号中提取信息并进行解码控制的重大需求。

(2) 开发 ≥ 1 套 BCI 软硬件系统, 包含 ≥ 1 种脑信号采集设备, 数据采集延迟 ≤ 100 ms, 实现不少于 2 类多维度交互任务如机械臂多自由度控制、虚拟环境认知交互的闭环实验验证, 任务完成延迟 ≤ 300 ms, 交互成功率 $\geq 85\%$ 。

(3) 开发一套统一的 AI-BCI 算法框架, 支持 ≥ 10 种插件式功能性算法接入, 在医疗、教育等 ≥ 3 个场景中完成应用测试, 在脑卒中康复、抑郁症评估、老年认知训练等至少 2 个方面开展验证, 应用人群不少于 1 万人, 应用效果优于传统方法或现有 BCI 技术 $\geq 20\%$ 。

关键词: 脑机接口; 脑机交互; 人工智能; 深度学习模型; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

3.2 基于脑机接口的意识神经机制合作研究(基础研究类)

研究内容:

针对意识与大脑活动的时空动态相关核心科学问题, 采用高密度脑电、TMS-EEG、侵入式皮层和深部电极技术, 设计多空间层级的脑机接口平台, 实现皮层、皮层下结构、丘脑信号的实时

采集、解码、反馈，提取意识状态相关的神经电活动时空特征，确定意识的神经相关物，解释意识产生的神经机制。具体包括：融合神经电生理、功能影像学（fMRI、PET）建立脑网络拓扑与意识行为的确定联系，构建基于脑机接口的意识状态分类器与预测模型，区分清醒、麻醉、睡眠和昏迷等不同意识状态；利用闭环脑机接口技术指导 TMS、tES、tFUS 等干预技术实现意识唤醒与维持的关键参数设置，验证意识调控机制，探索磁/电/声刺激调控机制。

考核指标：

（1）高密度脑电、TMS-EEG、侵入式皮层和丘脑神经信号采集成功率 $\geq 95\%$ ，清醒、麻醉、睡眠和昏迷等意识状态分类准确率 $\geq 85\%$ ，跨被试/跨设备意识状态分类模型泛化能力 $AUC \geq 0.8$ 。

（2）开发意识监测/干预设备原型，检测设备满足通道数目 ≥ 32 ，输入电压范围 $\geq \pm 300 \text{ mV}$ ，带宽 $0.1 \sim 1 \text{ KHz}$ ，采样率 $\geq 10 \text{ KSps}$ ，提出评估范式 ≥ 3 个，意识检测指标 ≥ 3 个。干预设备满足闭环控制算法 ≥ 3 种，调控模式 ≥ 3 个。

（3）基于闭环脑机接口技术优化 TMS、tES、tFUS 等干预方案，提出闭环优化模式 ≥ 3 个，有效调控皮层非动力学特征、皮层节律特征、皮层功能连接特征，提升率 $\geq 20\%$ ；探究基于刺激-响应的多维度干预下的意识相关的网络动力学特征，揭示意识水平与内容的神经相关物，提出意识相关特征 ≥ 3 个。

(4) 发起全球意识研究数据共享计划，数据集 ≥ 1 TB，包括清醒、麻醉、睡眠和昏迷等状态的人口统计学特征、神经电生理、功能影像学等。

关键词：意识的神经机制；意识状态实时监测；脑机接口；脑网络动力学；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 400 万元人民币。

3.3 无创脑机接口的信号采集传输一体化集成芯片技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

针对无创脑机接口系统小型化、功能集成的应用需求，及脑机接口设备在噪声抑制、实时响应、长期佩戴的现实需求，开发脑信号采集传输一体化集成的超低噪声无创脑机接口芯片。具体包括：研制高输入阻抗、高精度、极低噪声的脑电信号采集芯片；研究数据压缩与无线传输电路技术，降低数据传输量并提升实时性；研究基于先进封装技术的模块集成方案，优化芯片性能与尺寸；基于该芯片形成无创脑机接口硬件设备，具备高精度、抗干扰的脑电采集与无线传输功能，整体效能和性价比优于市场芯片。

考核指标：

(1) 脑电信号采集性能达到国际领先水平，实现无创脑机接口芯片的系统小型化和功能集成。

(2) 输入阻抗 $\geq 10\text{ Gohm}@10\text{Hz}$ ，等效输入电压噪声峰峰值 $\leq 0.5\text{ }\mu\text{Vpp}(0.1\sim 100\text{ Hz})$ ，等效输入电压噪声密度 $\leq 10\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$

(@10Hz), 等效输入电流噪声密度 $\leq 10 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (@10Hz), 带宽 $\geq 500 \text{ Hz}$, 动态范围 $\geq 130 \text{ dB}$, 共模抑制比 $\geq 110 \text{ dB}$ (@50Hz), ADC 精度 24 bit。

(3) 采集脑电通道数 ≥ 16 , 噪声 $\leq 1 \mu \text{ Vpp}$ (0.1 ~ 100Hz), 单通道功耗 $\leq 5 \text{ mW}$; 阻抗检测精度误差 $\leq 10\%$ ($100 \Omega \sim 100 \text{ k} \Omega$), 具有实时信号质量检测功能, 满足 YY9706.102-2021、GB9706.226-2021 和 JJG954-2019 等相关标准; 无线传输的数据传输速率 $\geq 2.5 \text{ Mbps}$, 传输延迟 $\leq 10 \text{ ms}$ 。

(4) 基于该设备在脑控打字场景中进行验证: 指令集数 ≥ 100 , 识别准确率 $\geq 85\%$ 。联合国际科研机构完成不少于 1 次跨国技术标准研讨会, 提交芯片性能对比检测报告 1 份 (第三方国家检测机构), 无线传输性能指标对标德州仪器 (TI) CC2652R7。

关键词: 脑机接口芯片; 超低噪声; 采集传输一体化集成; 无线传输; 低功耗; 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 2:1。

3.4 新型介入式脑机接口系统合作研究 (共性关键技术类)

研究内容:

针对脑机接口在医疗康养行业面临的脑电采集器件生物相容性、意图识别技术长期有效性、脑机交互设备稳定适配性等方面的需求, 研发具备不开颅采集颅内脑电信号特性的高安全、高可靠、高智能的新型介入式脑机接口系统。具体包括: 创制介入

脑电采集与无线传输新器件，突破意图在线解析与长效识别新技术，建立稳定闭环调控与智能交互新系统，开展运动功能障碍患者意图精准识别与智能康复设备交互试验验证。推动我国在介入脑机领域保持国际领先地位，为脑机交互在医疗康养行业提供前沿技术支撑。

考核指标：

（1）介入式脑电电极信号的采样频率范围 $0.1\text{ Hz} - 1\text{ kHz}$ ，介入式脑电电极的性能检测范围 $10\text{ }\mu\text{V} \sim 10\text{ mV}$ ；介入脑电无线传输设备功耗不高于 1 W ；介入脑电意图识别算法的准确率 $\geq 80\%$ ；脑机交互系统集成的刺激方式 ≥ 2 种。

（2）肌电信号频率检测范围 $10\text{ Hz} - 10\text{ kHz}$ ，肌电信号性能测量范围 $100\text{ }\mu\text{V} \sim 100\text{ mV}$ ；功能性电刺激脑控外设的信号频率输出范围 $1\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ ，电刺激信号电压幅值输出范围 $2\text{ V} - 20\text{ V}$ 。

（3）整体系统满足：GB 9706.1-2020、YY 9706.102-2021，采集部分应满足：JJG 954-2019、GB 9706.226-2021，刺激部分应满足：YY 0989.3-2023、YY 9706.210-2021、YY/T 0696-2021 等相关标准要求。

（4）中方领衔开展面向运动功能障碍患者的介入式脑机接口人体临床试验不少于 1 例，中外合作方建设 1 个联合临床应用示范中心，联合发布介入脑机操作规范白皮书 1 份。

关键词：介入式脑机接口；多模态信号融合；智能康复系统；

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。

3.5 基于脑磁的脑机接口系统合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

针对当前非侵入式脑机接口在源信号定位精度低、认知状态解码能力较弱、系统反馈链条缺失等技术瓶颈，构建以 SQUID-MEG 为核心的脑磁脑机接口系统原型平台，开展系统性关键技术攻关。具体研究包括：脑磁信号采集-编码-解码-反馈闭环架构设计-构建高通道 SQUID-MEG 系统、高灵敏度脑磁信号接口方案；源定位与认知状态编码技术，开发适用于脑磁信号的源定位与功能分区建模算法，构建语言、注意、运动、记忆等关键脑区功能连接图谱；脑磁信号解码与接口算法系统，针对自然状态下的认知任务，构建无监督/自监督的深度神经网络模型，实现对复杂认知状态的高精度实时解码；脑发育评估与闭环反馈机制设计，在儿童脑智发育任务中嵌入脑机反馈模块，实现从脑磁采集、认知解码到功能反馈的闭环操作，开发脑发育障碍识别算法、个体化干预策略建议模型。

考核指标：

（1）构建 ≥ 1 套具备脑磁采集、状态识别、实时反馈功能的脑机接口原型系统，支持多任务范式（语言、运动、注意、记忆等）场景切换，全流程处理延迟 $< 500\text{ms}$ 。

(2) 构建 ≥ 3 类典型认知任务的无监督/自监督解码模型，模型对复杂认知状态（自然范式）分类准确率 $\geq 85\%$ ，训练稳定性指标 $CV < 10\%$ 。

(3) 在 ≥ 300 名健康儿童中建立多维脑功能发展模型，提供 ≥ 3 条不同认知维度的脑功能标准曲线（拟合 $R^2 \geq 0.7$ ），在儿童脑发育障碍患者中应用，评估识别准确率 $\geq 85\%$ ，敏感性/特异性均 $\geq 80\%$ 。

(4) 明确识别 ≥ 3 种候选脑磁特征作为发育障碍生物标记（显著性 $P < 0.01$ ，效应量 $Cohen's d > 0.8$ ），生物标志物进入辅助诊断验证流程 ≥ 1 项。

(5) 完成 ≥ 100 例真实临床辅助诊断流程测试，医生诊断一致率 $\geq 85\%$ ，患者系统接受度评分 $\geq 80/100$ 。

(6) 联合国际团队建设 ≥ 1 个符合 BIDS-MEG 国际数据结构标准的脑磁数据共享与评估平台，参与或主导制定 ≥ 1 项国际脑磁接口系统互操作性标准或白皮书。

关键词：脑磁系统与信号；无创脑机接口；脑发育；儿童脑健康；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。

3.6 脑机接口治疗脑积水新技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

针对脑积水治疗缺乏无创治疗，且治疗方案尚不能确定最佳

手术干预时机、最佳分流路径的临床问题，将新型脑机接口技术应用于脑积水监测与治疗，开展临床医学研究，开发脑积水治疗新技术。具体包括：开发基于超薄聚合物基底（如聚酰亚胺/Parylene-C）上集成微电极的高灵敏度放大器电极；提出电极-血管壁接触稳定性解决方案，采用柔性设计实现贴合矢状窦壁曲率，研究基于深度学习的运动伪影消除算法，设计体外无线传输模块和输送导管系统，开发血管内介入有创脑机接口系统；发展利用解码脑脊液压力相关神经信号驱动外部泵阀系统调节分流，进而干预颅内淋巴引流与血循环继而治疗脑积水的技术与方案；开展动物实验和临床概念验证试验，确定血管内介入有创脑机接口对脑积水后颅内外淋巴引流、脑室影像形态与神经功能的影响，验证治疗方案的可靠性与有效性。

考核指标：

（1）开发 >128 通道的网格电极，厚度 $\leq 50\ \mu\text{m}$ ，宽度 $2\sim 4\ \text{mm}$ （适配矢状窦直径），电极密度不低于 $64\ \text{通道}/\text{cm}^2$ 曲率半径需匹配生理弯曲（ $\geq 5\ \text{mm}$ ），电极阻抗 $>50\ \text{k}\Omega$ （ $1\ \text{kHz}$ ），频率响应 $0.05\sim 400\ \text{Hz}$ ，噪声水平 $<2\ \mu\text{V}\ (\text{rms})$ 。

（2）疲劳寿命：耐受血管搏动（ $1\sim 2\ \text{Hz}$ ） >10 年，符合 ISO 14708-3 植入标准；高灵敏度放大器（输入参考噪声 $<20\ \text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ），采样率 $>10\ \text{kSPS}$ ，ADC 精度 $\geq 16\ \text{bit}$ ，传输速率 $>24\ \text{Mbps}$ ，具备运动伪影和生理信号干扰滤除算法，信噪比提升不少于 $10\ \text{dB}$ ，设计可控转向导管和自膨胀支架结构，保证信号采集质量。

(3) 矢状窦电极捕获 LFP 低频振荡，解码准确率和重建颅内压状态（误差 $<2\text{ mmHg}$ ）；根据压力状态调节分流速度响应时间 $<50\text{ ms}$ ，从信号采集到泵阀响应全程 $\leq 100\text{ ms}$ ，流量精度 $\pm 0.1\text{ ml/min}$ 。

(4) 开展 100 例以上动物实验和不少于 10 例临床验证试验，临床指征改变：恶心/呕吐减轻或消失，意识状态评分显著提高，行走不稳、跌倒等症状显著减少或恢复正常；生物安全性：材料安全性高，无细胞毒性和低致敏性；感染率降低至 30% 以下；生物相容性：不出现免疫排异反应和过敏反应。

(5) 建立跨国医师培训体系，认证国际手术专家 ≥ 15 名。

关键词：脑积水；微电极；有创脑机接口；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。

3.7 脑控脊髓电刺激关键技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

脑控脊髓电刺激技术作为一种新兴的治疗手段，提供了主动式神经功能恢复和运动功能重建的可能性，研究高精度、高通量的脊髓电刺激与神经根重建方法，加快脊髓电刺激应用于临床治疗的开展。具体包括：建构精确且高速的大脑运动意图解码方法；优化基于影像的脊髓神经根重建方案；建立磁共振成像兼容的新型高通量电极与全植入式系统。

考核指标：

(1) 建立高精度与高速的运动意图识别算法：通过植入式脑电采集数据，建立可用于下肢运动的运动意图（5 分类），时延小于 180 ms、准确率大于 90%、可部属于市售芯片的轻量化算法。

(2) 建立高精度脊髓神经根模型：通过磁共振兼容影像数据，搭建有效最小体素大小： $0.15\text{ mm} \times 1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 精度以上的神经根影像数据，实现脊髓损伤患者腰骶部的神经根重建自动化配置与临床应用。

(3) 磁共振成像兼容的新型高通量电极：脑皮层电极通道数 ≥ 64 ；电极点直径 $\leq 3\text{ mm}$ ；脊髓电极通道数 ≥ 32 ，电极点直径 $\leq 1\text{ 毫米}$ ；电极在 7T 场强的磁共振成像系统中不产生显著伪影，在结构成像中脑皮层与脊髓电极的伪影尺寸长宽 $\leq$ 电极尺寸的 40%，电极材料的磁化率与人体组织的磁化率差别 $\leq 100\text{ ppm}$ 。

(4) 研制不小于 32 通道硬膜外脊髓刺激单元与 64 通道脑电采集单元组成的双向神经接口，其中刺激端为恒流源设计，可输出刺激电流 $0 \sim 10\text{ mA}$ ，支持极性切换与时空刺激；采集端应具备 ≥ 12 位量化精度、底噪 $\leq 30\text{ }\mu\text{V}$ 、共模抑制比 $\geq 60\text{ dB}$ ，并提供 $\geq 1\text{ kHz}$ 采样率。

(5) 完全性脊髓损伤患者（AIS A、B）在 24 周的随访中，须达到 AIS 等级提升 ≥ 1 级。完成技术在国际医疗机构的临床前验证，联合申报国际发明专利 ≥ 2 项。

关键词：高通量电极；脊髓神经根重建；磁共振兼容；植入式电极；运动意图解码；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。

3.8 脑-脊髓接口-外骨骼系统的下肢运动协同调控技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

针对严重脊髓损伤患者下肢运动功能重建的需求，开展脑-脊髓接口-外骨骼系统的下肢运动协同调控技术研究。具体内容包括：研究可准确执行中枢神经运动意图、精准靶向脊髓下运动神经元的脑-脊髓接口神经调控技术，实现下肢运动的协调控制；研发具有生物反馈式运动矫正功能的外骨骼系统，并研究外骨骼系统与下肢肌群精准耦合运动控制方法；揭示脊髓神经调控-下肢肌肉激活-外骨骼辅助的协同下肢运动控制机制，建立脑-脊髓接口-外骨骼系统协同康复方案，并开展临床应用。

考核指标：

（1）研发可准确执行中枢神经运动意图、精准靶向脊髓下运动神经元、具有高时空分辨率的脑-脊髓接口神经调控装置，脊髓神经调控刺激的空间分辨率 $\leq 0.08 \text{ mm}^2$ 、时间分辨率 $\leq 1 \text{ ms}$ ；经脊髓接口神经调控对下肢关键肌肉激活选择性 $\geq 95\%$ 、关节独立控制率 $\geq 85\%$ 。

（2）研发具有生物反馈式运动矫正功能的外骨骼系统，能够辅助脊髓损伤完全瘫患者完成坐起、站立、步行等 3 种以上运动指令；外骨骼与人体接触界面压力阈值范围为 10 ~ 40 kPa、腿杆

长度可调节范围 $\geq 28\text{ cm}$ 、辅助下最大步行速度 $\geq 1\text{ m/s}$ ；外骨骼具备生物反馈式运动矫正功能，实现下肢主要关节角度跟踪误差 $\leq 0.5^\circ$ 、角速度误差 $\leq 3\%$ 。

(3) 建立脑-脊髓接口-外骨骼系统的下肢运动协同调控方案，实现髌-膝-踝关节运动推理相关性 ≥ 0.85 、步态周期肌群协同控制准确率 $\geq 95\%$ 。

(4) 形成脑-脊髓接口-外骨骼协同运动功能康复的国际通用方案，临床应用 ≥ 10 人次。与外方联合申请外骨骼相关国际专利 ≥ 1 项，起草脑-脊髓接口-外骨骼协同肢体调控的临床指南。

关键词：脑-脊髓接口；神经调控；外骨骼；生物反馈式运动矫正；智能康复；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。

3.9 意识障碍的神经动力学监测与干预技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

面向意识障碍精准康复需求，基于意识障碍的脑动力学机制，开发个体化脑状态监测技术以及脑状态依赖的无创神经调控促醒技术，具体包括：基于意识障碍康复轨迹中的神经动力学演变规律，开发意识障碍床旁脑状态实时监测方法；研究经颅物理因子刺激与意识的神经网络交互作用机制，开发包括脑机接口等技术在内的刺激-响应反馈的意识调控即时评价方法；研究意识障

碍神经康复的多维无创正向调控技术，研发个体化、脑状态依赖的高效能认知-运动耦合促醒技术装备并推广应用。

考核指标:

(1) 建立意识障碍康复电生理特征库(非线性特征、节律和非节律特征、功能连接特征, 样本量>1000 例)和演变图谱, 提出床旁实时动态可监测的、高时间-空间精度的意识康复关键脑状态特征, 覆盖全脑皮层活动的时-频-空 3 个维度。

(2) 构建意识障碍康复演变过程评估标准, 提供意识状态评估、意识调控和恢复结果评估科学标准化流程的操作标准。

(3) 构建增强型脑机接口闭环调控系统, 实现实时神经反馈功能, 时间不超过 300 毫秒, 完成个体化脑状态依赖的意识促醒装备样机研制, 提供原理样机 1 个, 提出脑状态识别算法 ≥ 2 个, 意识促醒装备调控靶点 ≥ 3 个, 促醒装备闭环控制算法 ≥ 2 个, 获得发明专利数不少于 3 项, 在不少于 10 家医疗单位实现典型应用, 应用人数>100 人次, 实现意识水平行为指标提升 $\geq 30\%$, 神经电活动指标提升 $\geq 50\%$, 患者促醒率在已有基础上提升 $\geq 50\%$ 。

(4) 开发关键脑状态特征的实时获取方法, 脑状态特征获取类型 ≥ 6 个, 单次特征提取时间延迟 $<10\text{ ms}$, 脑状态识别准确率 $\geq 75\%$ 。

关键词: 意识障碍; 认知-运动分离; 无创神经调控; 脑动力学; 脑机接口; 评估; 康复; 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。

3.10 面向重性抑郁症的闭环植入式脑机接口系统合作研究（应用示范类）

研究内容：

针对重性抑郁症（MDD）患者亟需的精准诊疗挑战，开展高时空分辨闭环植入式脑机接口基础技术的合作研究，聚焦于建立基于 MDD 相关神经回路异常神经电活动及关键神经递质微变化生物标志物的实时反馈调控机制。具体包括：研发可同时执行高精度神经电信号采集与智能化精准刺激的植入式一体化可编程装备；攻关适用于 MDD 靶向脑区的长寿命植入式微电极阵列检测调控集成器件的设计、制备工艺、集成封装及可靠性测试技术；并最终制定针对难治性 MDD 患者的标准化临床评估流程，以实现该闭环脑机接口诊疗系统在难治性 MDD 中的初步临床应用验证。

考核指标：

（1）研制出高密度植入式脑机接口神经电极，电极封装器件密度 ≥ 1.28 万检测位点/mm²，完成从浅脑到深脑的精准检测识别与功能定位动物实验。

（2）研制出临床用深脑植入式检测和刺激集成宏微电极，深脑微电极位点数 ≥ 256 ，深脑刺激位点数 ≥ 64 ；研制出临床用皮层检测刺激电极，浅脑位点数 ≥ 1024 ，完成脑疾病诊疗闭环临床试验验证。

(3) 研制出临床用神经信息双模精准诊断与治疗系统, 通道数 ≥ 2048 , 采样率 ≥ 30000 SPS, 电刺激器刺激深度 ≥ 8 cm, 电刺激器刺激支持刺激电流、刺激频率和刺激深度个体化自定义; 完成临床试验测试验证。

(4) 基于结构像和功能像, 诊断敏感性 $> 80\%$, 特异性 $> 75\%$ 。症状评估与缓解/有效标准: 使用抑郁评定量表 (如 17 项汉密尔顿抑郁量表、蒙哥马利-艾森贝格抑郁量表或 PHQ-9) 评估治疗结局, 有效指症状改善 $\geq 50\%$, 缓解指评分达到特定临界值 (如 PHQ-9 < 5 分或汉密尔顿抑郁量表 ≤ 7 分)。

(5) 建立不少于 3 类临床应用场景的疾病类型 (青少年抑郁症、自虐自杀倾向抑郁症和创伤性抑郁症), 获批医疗器械注册证。

(6) 牵头组建 MDD 神经调控国际研究组, 发布治疗共识 1 份。

关键词: 精神疾病; 脑机接口; 闭环调控; 神经电; 神经调控电刺激器装备; 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。

3.11 一体化神经重症脑机接口可视化动态诊疗技术合作研究 (应用示范类)

研究内容:

针对神经重症 NICU 脑信号监测难、脑功能实时评估难、精准诊断技术缺乏、个性治疗和无创干预手段缺乏, 脑结局难以精准提前预测、等瓶颈问题, 研究开发兼具 “无创同步监测—功能

评估—精准诊断—提前预测—个性化治疗”一体化的基于脑机接口的神经重症可视化动态诊疗体系。具体研究包括：可无创同步监测脑电、颅内压、脑氧的 NICU 无创脑信号监测技术；可实时在线评估神经—血管耦联功能及脑血管自动调节能力的 NICU 脑功能实时在线评估技术；面向神经重症的高空间分辨率的无创物理调控技术开发；实现一套可便携的多模态同步监测—评估—诊断—预测—治疗的脑机交互设备，并开展小样本临床验证。通过与欧洲（法国、德国、瑞士、芬兰、意大利等）、日本、新加坡等开放合作国家联合研究。

考核指标：

（1）开发无创便携可同步监测脑电、颅内压及脑氧设备一套，其中无创颅内压与有创颅内压金标准相关系数 ≥ 0.85 、无创脑氧与已有标准相关系数 ≥ 0.92 ，整套设备重量 $\leq 5\text{ kg}$ ；开发全身多器官氧合监测设备一套，监测部分不少于 8 个，实现高压氧舱等环境应用。

（2）开发可实时在线评估神经-血管耦合功能指标 2~3 个，建立 NICU 意识障碍患者 NICU 意识障碍患者结局预测模型，与临床结局相关性 ≥ 0.75 。

（3）开发可实时评估脑血管自动调节能力的在线评估指标 2~3 个，NICU 个性化评估指标 2~3 项，用于 NICU 脑创伤或者手术期间功能评估，与预后相关性 ≥ 0.8 。

（4）发 NICU 高空间分辨率无创超声神经调控技术 1 套，声

场焦域 $\leq 5.0 \times 1.0$ mm，脑内深度 ≥ 6 cm。

(5) 申请发明专利 ≥ 10 项，申请2类或3类医疗器械注册证3~4个；构建神经重症多模态数据云平台，实现 ≥ 200 例重症患者颅内压、脑血流、脑氧、脑电等多模态数据的长程监测，实现匿名患者数据的共享与清洗。

关键词：脑机接口；神经重症；可视化动态诊疗；无创同步监测；神经血管耦合；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2:1。

4. 深海

4.1 全球深渊科学联合研究（基础研究类）

研究内容：

依托我国全球领先的深渊级潜水器技术（6000米以上载人/无人潜水器），开展全球深渊深潜探索计划的国际合作研究，促进国际深渊科学发展。具体包括：针对深渊极端环境下生命如何协同演化等重大科学问题，联合“一带一路”国家和临近深渊国家及其科研团队，依托大深度万米级载人潜水器和深渊级无人潜水器/滑翔机，采用多种深渊原位观测探测手段，组织开展深渊国际联合深潜航次；通过深潜航次获取的高质量深渊样品和数据，重点研究深渊区岩石的空间分布规律及其地球化学差异，揭示不同构造单元中岩石的成因机制及其所反映的深部物质循环过程；解析深渊钙质生物壳体的矿物组成与微观结构，结合关键基因数据

分析，揭示碳酸盐补偿深度以下生物的钙化机制；系统分析深渊沉积物中有机碳的来源、组成及地球化学特征，揭示其与矿物的相互作用机制及环境控制因素，探索深渊环境下有机碳的保存机制；厘定深部碳与沉积碳的来源与通量，解析深渊碳循环的关键机制，评估其在全球碳循环与气候变化中的潜在作用。扩大国际深渊学术交流和科研合作，支持相关国家的深渊科学探索需求，形成以我国为主导、他国科学家参与的多边国际深渊科学研究网络，增强我国在全球深海科技治理中的话语权，支撑国家前沿科学探索、深海资源以及科技外交的战略需求。

考核指标：

(1) 实施 1~2 个国际联合深渊载人深潜航次（不少于 3 个国家参与），执行不少于 20 个潜次的下潜，单次海底作业时间 4 小时以上；深渊滑翔机累计航程不低于 2000 公里，任务剖面不少于 200 个。

(2) 获取深渊地质样本（岩石、沉积物）不少于 100 份，深渊宏生物样本不少于 50 份；CTD 剖面数据不少于 20 条。

(3) 中外联合发表 SCI 学术论文 5 篇以上。

(4) 培养深渊科学与技术研究领域硕士、博士研究生 6~8 名。

关键词：深渊科学，载人潜水器，无人潜水器，多边深渊研究网络

其他要求：拟支持中央财政经费 1500 万元人民币，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.2 集束式管缆设计分析与测试评价方法合作研究（基础研究类）

研究内容：

针对深海油气和商业化矿产资源开发大口径、高集成性的迫切需求，与具备脐带缆和软管设计与测试能力的国际机构，合作进行集束式管缆设计分析与实验测试技术的联合攻关。具体包括：面向集束式管缆大口径高压输运、强电绝缘和加热隔热等需求，与国际专业软件研发单位合作，开展电-热-力多物理场耦合的截面分析理论、协同优化设计方法以及考虑迟滞、涡激的总体强度分析方法研究，研发集束式管缆设计分析专业软件；依托合作双方的大吨位原型疲劳测试平台（拉力 ≥ 400 吨）、深水实验池（水深 ≥ 9 m）和六自由度平台等实验设施，联合推进真实海洋环境雷诺数下集束式管缆水动力实验技术、螺旋单元塑性加工成型理论、原型疲劳加速实验设计方法和空间姿态时空连续监测技术研究；通过样缆制造与测试，加速集束式管缆设计与评价技术迭代，形成国际认可的集束式管缆设计方案、分析软件和测试技术与平台。

考核指标：

（1）研制集束式管缆样缆 1 根：设计水深 2000 m、中心管 ≥ 10 英寸、长度 ≥ 50 m、功能单元数 ≥ 20 个，疲劳寿命 ≥ 25 年，具备流体介质输运、信号通讯、强电供应和内置式姿态/变形的时间与空间连续监测功能；国际合作方提交设计分析报告 ≥ 1 份。

（2）形成集束式管缆截面分析方法与软件 1 套：具备结构

建模、性能预测、失效判定与光电校核等功能，可实现电-热-力多物理场耦合下的截面布局优化设计，精度与试验对比误差小于15%。

(3) 形成集束式管缆总体水动力分析方法与软件1套：具备超高雷诺数($\geq 10^6$)实验测量水动力系数、考虑迟滞、涡激等非线性因素的总体动力时域分析功能，在海洋工程水池完成内波、顶部平台运动、剪切流等引起的涡激振动与抑制实验3类，计算精度与实验对比误差小于25%。

(4) 形成集束式管缆原型疲劳加速测试设计方法、技术流程1套，提交拉、弯、高温和内压联合作用下的样缆疲劳测试方案 ≥ 1 份(国际合作方)、原尺度集束管测试报告1份。

(5) 形成集束式管缆三维姿态与空间曲率的时间与空间连续监测技术1套：实现样缆构型、应力、弯曲等响应特征的全寿命实时监测，连续采样(频率 ≥ 0.5 Hz)；经数值模拟与模型试验验证，全长度变形位置监测准确度 $\geq 95\%$ 。

(6) 提交材料选择与兼容性分析报告1份，包括各功能管(流体管、电缆、光纤等)材料的相容性(电化学腐蚀、应力腐蚀开裂)、护套/填充材料的耐候性(温度、UV、化学介质、微生物)、阻燃性、耐磨性、长期老化性能。

关键词：集束式管缆；截面设计；多物理场耦合；超高雷诺数；疲劳原型测试；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费1500万元人民币，配套经

费与国拨经费的比例不低于 1:1。

4.3 多频水平扫描参量阵声呐技术合作研究（基础研究类） 研究内容：

通过关键技术攻关、水下目标探测试验与数据处理分析等国际合作，联合开展水中小目标远距离声学探测技术与新型专用声呐装备研制，与国际非线性水声学技术优势科研团队合作，突破水下声学参量阵关键技术。具体包括：多频水平扫描探测机理；小孔径宽带参量声学基阵设计；多频声束高效发射技术；回波信号实时增强与目标检测跟踪技术；声呐显示控制软件及数据库联合开发；参量阵声呐系统样机研制与典型小目标探测联合外场试验。研制具备多个探测声束高效发射与水下场景要素同阵获取功能的多频水平扫描参量阵声呐系统，提升我国鱼群等水下小目标探测声呐能力水平。

考核指标：

（1）参量阵技术指标：孔径不超过 $450\text{ mm} \times 250\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 高）；高频（原频）频率不低于 200 kHz ，低频（差频）频率范围 $10 \sim 50\text{ kHz}$ ；声束水平开角 10° 、 20° 、 30° 可选，垂直开角 3° 、 6° 可选；接收灵敏度不低于 -220 dB ；试验环境水深大于 100 m ；国际合作方提供基阵设计与测试报告 1 份。

（2）声呐水下目标探测距离不小于 1 km ，声呐探测分辨率不低于 10 cm ，声呐最大工作水深不小于 100 m 。

（3）合作开发数据库 1 套，申请发明专利不少于 8 项。

关键词：水声参量阵；水下目标探测；水平扫描；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。

4.4 移动高速水声通信与动态图嵌入式组网关键技术合作研究（共性关键技术类）

研究内容：

针对我国高速水声通信装备可靠性与大规模组网泛化能力的短板，引进智能信号处理与图嵌入式等关键技术，联合开展移动高速水声通信组网样机研制与动态图嵌入式组网系统的研发，提升装备在复杂海洋环境下的可靠性，并建立具有全球适应性的智能组网验证体系，为构建新一代水下通信网络奠定技术基础。具体包括：与国际专业智能信号处理与图嵌入式技术优势研发单位合作，开展模型与数据双驱动的高速水声通信物理层算法、强时变多普勒估计与补偿算法、强自噪声的干扰抑制算法、水声通信动态图嵌入式组网接入协议和水声通信动态图嵌入式组网路由决策算法的研究；依托合作双方的智能算法验证测试系统以及海试试验场等实验设施，联合推进高速水声通信样机的研制与大规模水声通信网络仿真模拟系统的研发，实现物理空间有限水声通信节点链路泛化推理至大规模水声通信组网系统，形成水声通信与组网技术研究新范式。

考核指标：

（1）研制水声通信机 ≥ 10 台，支持树型、星型典型拓扑组

网，水声通信机尺寸直径 $\leq 100\text{ mm}$ 、长度 $\leq 350\text{ mm}$ 。

(2) 水声通信用户通信速率和通信距离 $\geq 3\text{ kbps}@5\text{ km}$ ，声源级 $\leq 186\text{ dB}$ ，通过海试验证。合作双方提交水声通信智能信号处理算法设计分析报告 ≥ 1 份。

(3) 节点最大支持通信跳数 ≥ 5 跳，通过海试验证。

(4) 组网平均端到端时延 $\leq 20\text{ s}@3\text{ km}$ ，通过海试验证。

(5) 作用距离 $\geq 3\text{ km}$ 情况下水声通信链路误码率 $\leq 10^{-4}$ ，误包率 $\leq 10^{-1}$ ，通过海试验证。

(6) 节点间相对移动速度最大 ≥ 3 节 (1.5 m/s)，通过海试验证。

(7) 建立基于图嵌入式的大规模水声通信与组网模拟仿真系统，支持 ≥ 500 个节点的组网模拟，合作双方提交水声通信动态图嵌入式网络接入协议和路由策略算法设计分析报告 ≥ 1 份。

(8) 申请发明专利 ≥ 8 项。

关键词：水声通信；水声通信网络；图嵌入式；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。

5. 极地

5.1 北极船舶安全航行数字保障关键技术合作研究（基础研究类）

研究内容：

面向中俄共建“冰上丝绸之路”建设的战略需求，聚焦形成

北极船舶安全航行数字保障能力，研究内容包括：开展北极航道多模态数据融合算法和极地高纬度电子海图研究，构建覆盖北极高纬度区域的动态航道数据库，实现极地航道数字化和航行信息动态预报；建立高精度船-冰-环境耦合动力学模型与实时解算方法，开发可用于快速预报的船舶航行性能数字模型；开展融合冰情动态预测、船舶性能约束与多目标优化的北极航线规划研究，实现北极航线智能规划与验证；研究复杂动态冰情下极地船舶航行态势推演评估方法，开发支持人机协同决策的极地航行智能辅助决策平台，形成“数据多源融合—性能快速预报—航线智能规划—系统集成开发”技术闭环，为实现北极全年运输和安全通航提供技术支撑。

考核指标：

（1）开发基于多源数据融合的极地环境数据库，数据维度包含冰脊/冰山分布、海冰密集度/冰厚/速度/存在时间、风浪流环境等信息，空间覆盖包括北纬 80 度高纬度北极航道的 80% 以上关键区域，时间覆盖近 5 年历史数据。

（2）合作构建极地船舶航行性能快速预报模型，预报误差小于 20%，解算频率不小于 30 Hz。

（3）实现融合安全、效率、能耗的航线智能动态规划，航线规划响应时间 ≤ 5 分钟。

（4）联合开发基于二维电子海图和三维场景的极地航行智能辅助决策平台，人机交互仿真频率 ≥ 30 Hz。

关键词：北极航行安全；高纬度北极航道；多源数据融合；快速预报；航线智能规划；国际合作

其他要求：拟支持中央财政经费 1000 万元人民币。

5.2 高冰级螺旋桨冰载荷实时监测与安全评估技术合作研究（基础研究类）

研究内容：

针对极地船舶螺旋桨冰载荷直接测量方法缺失、航行过程中桨叶安全状态难以评估的问题，开展螺旋桨冰载荷实时监测与状态评估方法研究，为船舶极地安全航行提供支撑。具体包括：极地船舶螺旋桨冰载荷直接测量与间接反演方法；螺旋桨冰载荷实船试验、实测冰载荷统计分析与随机性表征；高应变率、强约束条件下多年海冰材料分层特性与失效机理、高冰级螺旋桨冰载荷数值计算；高冰级螺旋桨冰载荷实时监测与短期预报方法、高冰级螺旋桨承载能力与安全状态实时评估方法。

考核指标：

（1）提出高冰级螺旋桨冰载荷直接测量方法，能够测量桨叶表面冰压力分布与时空变化，建立不少于 5 种冰厚、5 种冰强下的冰载荷实验数据库。

（2）建立高应变率、强约束条件下多年海冰分层材料模型，与三轴冰力学实验结果对比，材料强度预测误差小于 20%；基于多年海冰材料模型开展高冰级螺旋桨冰载荷数值计算，与缩比实验冰载荷极值对比均方根误差小于 20%。

(3) 提出高冰级螺旋桨冰载荷间接测量与反演方法, 能够反演桨叶表面冰压力幅值, 幅值反演精度与直接测量方法对比误差小于 20%, 并开展不少于 1 个极地航次的冰载荷测量。

(4) 提出高冰级螺旋桨冰载荷随机性表征方法, 对比不少于 10 小时实测数据, 随机性表征方法拟合优度通过统计检验, 分位图决定系数 >0.95 。

(5) 提出高冰级螺旋桨冰载荷实时监测与短期预报方法, 能够基于冰况与船体和螺旋桨参数预报冰载荷短期极值, 预报结果与实测结果对比均方根误差小于 20%。

关键词: 高冰级螺旋桨; 多年冰; 冰载荷; 直接测量; 安全评估; 国际合作

其他要求: 拟支持中央财政经费 700 万元人民币。

5.3 极地船舶多层级冰致扰动抑制技术与动力能效管理系统合作研发(共性关键技术类)

研究内容:

针对破冰船因冰桨干扰或反复正倒车而导致功率频繁大幅波动的特点, 合作研究推进动力功率波动抑制方法与控制系统, 具体包括: 研究碎冰对螺旋桨水动力的作用, 构建实尺度船-冰-桨耦合动力学预测模型; 分析船舶以及螺旋桨在典型冰况中连续破冰、冲撞破冰等破冰模式下的运动响应特性, 建立破冰过程中船舶运动姿态控制逻辑; 研究冰区破冰工况下船舶推进功率转速协调控制方法和安全控制策略, 多推进器安全高效联动控制策略;

研究船舶推进功率-转速协同稳定控制方法，提出面向连续破冰、冲撞破冰的电力推进控制与系统功率优化方法；开发面向多目标综合动态优化的动力能效管理系统，采用半物理硬在环和搭建缩比试验系统等方式进行试验，验证冰区环境扰动抑制与能效协同控制方法的实施效果。

考核指标：

(1) 构建满足实时要求的船-冰-桨耦合动力学预测模型，具备基于多种冰情下的螺旋桨载荷波动预报能力，冰情三种（层冰、碎冰道、冰脊），恒功率状态扭矩波动预报值与实测值不高于 20%。

(2) 基于破冰船综合电力推进系统，提出面向不少于两种典型破冰场景的冰致扰动和运动姿态控制逻辑曲线，研究冲撞破冰和卡冰状态下的多桨运用工况，提出多推进器安全高效联动控制策略，建立电力推进功率-转速稳定控制方法，针对大幅扰动提出多轴桨推进电机协同抗扰控制方法，在连续破冰单个螺旋桨卡冰工况下引起的原动机功率瞬态波动小于 10%，冲撞破冰时原动机瞬态功率波动小于 20%，功率匹配响应时间不超过 140 ms，模拟仿真曲线与实际操控指令偏差不大于 20%。

(3) 建立船舶冰区动态抗扰与能量协同的实时控制方法，提出动力—电力—机械分层协同功率管理方法，通过仿真验证船舶破冰能耗降低不少于 5%，在冲撞破冰工况下电力系统电压波动小于 10%。

(4) 开发 1 套面向多目标综合动态优化的动力能效管理系

统，动态响应延迟不超过 200 ms，能效管理系统数据丢包率不大于 0.5%，能够与现有岸基控制台系统设备进行联调，系统软硬件通过第三方测试。

关键词：极地船舶；船-冰-桨耦合动力学；船舶运动姿态控制逻辑；冰区多推进器联动控制策略；电力推进稳定控制；破冰动力能效管理系统；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。