

附件 2

国家重点研发计划“深海和极地关键技术与装备”重点专项 2024 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“深海和极地关键技术与装备”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2024 年度公开项目申报指南。

“深海与极地关键技术与装备”重点专项的实施，一是希望解决我国深海和极地领域“缺项”和关键技术“卡脖子”、应用基础研究薄弱、有技术但缺失产业的问题，推进我国在深海关键领域实现自主可控，初步摆脱对国外关键及基础部件的高度依赖；二是希望解决我国极地调查和观测缺乏重大科学目标引领，缺少国产核心装备，缺乏多学科协同立体持续观测的问题，整体提升我国极地观测探测技术和装备能力水平。专项研究内容包括：（1）着力突破深海科学考察、探测作业、深海资源开发的系列关键技术与装备，实现自主可控，支撑促进深海装备产业发展；（2）建成国际先进的深海装备集群，形成世界领先的深海进入能力；（3）着力攻克极地空天地海立体探测、极地保障与资源开发利用及其环境保护技术、装备和体系，显著提升极地监测预报能力。

2024 年度指南面向实现深海和极地关键技术与装备自主可控的国家战略需求，围绕深海进入、探测与作业技术装

备，深海油气及天然气水合物资源勘探开发利用，深海矿产资源勘探开发利用，深海生物资源研究和开发利用，极地观测和探测，极地保护与可持续利用和前沿与颠覆性技术等，形成指南任务 26 项，共 28 个项目（包括 13 个青年科学家项目）。

项目统一按照指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报，每个指南方向各支持 1 个项目（青年科学家项目除外）。申报单位根据指南研究方向，面向解决重大理论问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标（部分青年科学家项目除外）。除特殊要求外，每个项目下设课题数不超过 5 个，参与单位数不超过 10 家，项目实施周期原则上不超过 3 年。

青年科学家项目参加单位数原则上不超过 3 家，不再下设课题。青年科学家项目负责人年龄 40 周岁以下（1984 年 1 月 1 日后出生）。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务一：深海进入、探测与作业技术装备

1.1 大洋科学钻探井下长期观测及原位取样关键技术

研究内容：针对深海钻探“钻后”地层中物理、化学和生物特征动态变化在多“时空尺度”上原位观测难度大的问题，攻关高分辨高精度高信噪比的深井原位地震、温压及流体活动等多参量观测监测关键技术，研发包含海底井孔装置的深井观测与集控装置、原位采样与观测仪器等大洋科学钻后井中观测关键装备，建立基于我国“深钻”重大装备的深

海海底深井观测技术体系，并开展科学应用。

考核指标：

(1) 研发深海井孔装置 1 套，工作水深 $\geq 2000\text{m}$ ，井下监测深度 $\geq 200\text{m}$ ，取样及温压观测层位不少于 3 个，集成井下仪器智能集控、水下数据交互、能量补给等模块，实现与深海遥控潜水器协同作业。

(2) 研发井中宽频地震计 1 套，频带范围 60s~100Hz；井中体积式应变仪 1 套，分辨率优于 $5 \times 10^{-10}\epsilon$ ；研发井下原位流体取样装置 1 套，采集能力 0.5~2.5mL/天；井下微生物取样装置 1 套；井下原位溶解气体检测仪 1 套，CH₄ 测量范围 0~500ppm，测量精度 $\pm 0.2\%FS$ ，CO₂ 测量范围 0~1%，测量精度 $\pm 0.1\%FS$ 。

(3) 在南海水深超过 1200m 水深海域海底流体活跃区开展科学应用示范，累计观测时间不低于 30 天。

关键词：大洋科学钻探，海底深井观测，井孔装置，原位观测取样

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 3000 万元。

1.2 基于载人潜水器的深海多模态三维成像检测系统研发与应用

研究内容：本项目基于载人潜水器前视声呐，以及 MEMS、激光雷达、IMU 等多传感器信息融合技术，研制一套深海多模态三维成像检测系统，实现深海环境多模态实时测量、深海生物原位识别、区域快速建模与成像。通过同步

触发高速、高分辨率激光雷达及相机，融合载人潜水器前视声呐，实时采集点云及图像数据，运用组合惯导技术，对视角场范围内的外部环境进行快速、鲁棒建模与三维成像，支撑 BBNJ 协定履约、海底矿区资源调查与评价工作。

考核指标：

(1) 深海 MEMS 芯片相机支持最高频率 60Hz 的图像采集成像，最高频率 10Hz，分辨率达 0.05mm 高精度点云采集成像，空气中总重量不超过 10kg，功耗不大于 10W，设计深度不小于 11000m。

(2) 深海线扫描激光雷达探测系统水下视场角： $40^{\circ}\times 40^{\circ}$ ，水下分辨率 50mm@50m、5mm@10m，水下探测距离 50m@0.05m⁻¹，空气中重量不大于 40kg，水中重量不大于 25kg，设计深度不小于 6000m。

(3) 深海生境数字化可视系统搭载载人潜水器开展深海典型生境应用，对目标区域进行地理信息建模（精度小于 0.1m）。针对区域内重点生物进行地理信息标注（线性精度小于 0.1m，角度精度小于 10° ）。在西太海试区、菲律宾海盆或印度洋热液区开展航次应用，形成不少于 2 种深海典型生境的三维视境示范应用。实现水下设备 6D 实时定位及姿态估计。船上实现识别物体 3D 彩色打印展示，复原深海生境。

关键词：深海科考，载人潜水器，水下三维成像系统，海洋仪器研发应用

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数

1500 万元。

1.3 海底管缆冲刷悬跨治理关键技术与装备（青年科学家项目）

研究内容：针对国内各海域海底管缆冲刷、悬跨事故情况，开展设计理论，事故评估，运维措施与装备研究。探究海流-管缆-海床耦合作用与管缆结构失效机制；形成海底管缆抗冲刷技术方案与悬跨设计方法；研制海底管缆冲刷防护、悬跨处理装备。

考核指标：

- (1) 海底管缆抗冲刷技术方案和悬跨设计方法各 1 套；
- (2) 海底管缆冲刷防护和悬跨处理装备，满足国内易冲刷海域（2.5m/s 流速以上）使用要求；
- (3) 海底管缆冲刷防护和悬跨处理装备，在实际海况下完成全功能和性能测试。

关键词：海底管缆失效，海洋油气，海洋工程，悬跨，管缆防护

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

1.4 碳纤维复合材料大深度高耐压壳体设计制造与应用评价（青年科学家项目）

研究内容：针对轻质、高强、高稳定性耐压壳体需求，开展耐压壳体高可靠结构设计与成型技术、深海装备用高性

能碳纤维可控制备技术研究，并开展性能测试及环境适应性验证，建立寿命预测与可靠性评价方法。

考核指标：

(1) 耐压壳体尺寸不低于 $\phi 0.5\text{m}$ （内径） $\times 1\text{m}$ （不含两端封头）的回转体，设计使用深度不低于 3000m，耐压壳整体的容重比（自身重量/排水量）不大于 0.58。

(2) 开展最大考核压力的循环耐压测试，每个循环不小于 6 小时，循环数不少于 7 个。

关键词：复合材料，耐压壳体，深海装备，轻量化，低成本

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务二：深海油气及天然气水合物资源勘探开发利用

2.1 天然气水合物动态成藏与高效开发实验模拟关键技术

研究内容：针对原位状态下天然气水合物关键地质参数精准获取难题，基于勘查试采矿体实际地质特征，攻克储层原位流体精准测试、孔隙网络微尺度流动表征、成藏-开发多相流数值模拟等关键技术。研发原位条件微生物产气模拟、井下原位储层参数测试、沉积物原位条件相变-渗流微观可视化等一系列原位状态地质流体运移与表征实验装备。建立天然气水合物千年尺度成藏演化与相变-渗流强耦合理

论模型，形成天然气水合物动态成藏及高效开发理论体系，服务天然气水合物产业化。

考核指标：

(1) 研发井下原位储层参数测试装备 1 套，测试内容包括地层原位流体取样、绝对渗透率测量等，工作水深 $\geq 1000\text{m}$ ，适用温度 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；研发高压厌氧微生物产气模拟实验装置 1 套，测试产甲烷菌群产气速率，实验压力 $\geq 25\text{MPa}$ ，配备保压岩心切割转移接口；研发天然气水合物相变-渗流微观可视化实验装置 1 套，测试沉积物孔喉大小（精度 $\leq 15\ \mu\text{m}$ ）、绝对渗透率、气水相对渗透率，动态监测水合物赋存形貌、气-水-水合物三相饱和度及接触关系变化规律等。

(2) 开发具有自主知识产权的天然气水合物精准产能评价及调控数值模拟软件 1 套，可实现 ≥ 1000 万网格数的并行计算、能够快速求解三相四场耦合模型。

关键词：天然气水合物，原位测试，多相流模拟，动态成藏，高效开发

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1300 万元。

2.2 深水轻型动态海缆设计关键技术与运动响应理论研究

研究内容：围绕深远海能源开发和浮式设施电能输送需求，建立符合浮式设施应用需求的深水轻型动态海缆截面结构设计方法，开展复杂洋流条件下动态海缆水动力试验并研究恶劣海况轻型动态海缆总体动态响应预报及运动控制技术

术，建立轻型动态海缆和静态海缆一体化生产制造工艺流程并开展样缆及附件试制，开展疲劳试验等验证轻型动态海缆疲劳性能，开发深水浮式设施与动态缆耦合响应分析软件以及具备物理参数反演能力的实时孪生系统，为我国深海能源自主经济开发提供支撑。

考核指标：

(1) 建立深水轻型动态高压电缆截面设计方法和制造工艺，电压等级不低于 35kV，每米重量较采用传统钢丝铠装降低 30%以上，运行条件下抗拉能力不低于 40 吨；在南海船型浮式生产储卸油装置应用条件下可动态疲劳服役年限不低于 20 年并通过疲劳试验验证；轻型动态电缆在水深 300m 级及以上海洋油气开发项目示范不少于 3 个月。

(2) 动态海缆水动力响应试验雷诺数不低于 105，应包含浮力块等关键附属构件。试制轻型海缆样缆，包括动态段、静态段和过渡连接部分，通过疲劳试验和机械、电气性能试验验证。

(3) 开发海洋缆索结构动力分析软件，具备真实海洋环境特征下轻型海缆等细长柔性缆索动力学分析功能，与主流商用软件计算误差<10%，完成实验验证。

关键词：轻型动态海缆，截面结构设计，一体化动静态海缆，结构动力响应

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

2.3 深海垂直地震随钻探测与智能取心系统研制

研究内容：针对海底未固结沉积地层序列难以有效预测和天然气水合物等目标层取心易缺失等问题，开展基于钻探系统的双频垂直地震探测、数据采集传输、动态实时地震成像、数据优化处理与反演、原位流体动态开发模拟测试、低扰动多功能智能化井下动力取心等关键技术研究，研发垂直地震随钻探测与智能取心系统，获取天然气水合物高精度地震成像、原位温压、储层流体等多维度地质信息，实现对天然气水合物复杂地层钻探超前预测，有效指导高效钻井作业。

考核指标：

(1) 研发适用于天然气水合物勘探的随钻地震成像系统 1 套，工作水深 $\geq 2000\text{m}$ ，超前预测距离 $\geq 250\text{m}$ ，构造成像最高分辨率达到 2m；三分量检波器频宽 2Hz~800Hz，高频震源能量 $\geq 1000\text{J}$ ，震源主频 $\leq 500\text{Hz}$ ；

(2) 研发适用于深海钻探的低扰动多功能智能化井下动力取心系统 1 套，岩心直径 $\geq 50\text{mm}$ ，黏性土及完整基岩地层岩心采取率 $\geq 85\%$ ，系统耐压 $\geq 30\text{MPa}$ ，井下取心电机额定转速 $\geq 500\text{r/min}$ ，额定功率 $\geq 10\text{kW}$ ；

(3) 开发垂直地震随钻探测与智能取心综合应用软件 1 套；

(4) 完成水深 1500 米以上海区示范应用 1 次。

关键词：天然气水合物，深海垂直地震，随钻探测，智能取心

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

2.4 深远海水下非金属柔性储油储液装置研制及应用

研究内容：针对深远海油气储运成本高、周期长，装置重复利用难等问题，突破深远海水下储油储液装置悬浮总体方案与工艺设计、非金属柔性装置结构设计理论方法，安装方法与姿态控制关键技术，及储油储液装置过程控制与监测方法，研制深远海水下非金属柔性储油储液缩尺原理样机，开展水池试验并完成海试，初步探索可移动、易回收式深远海储油储液装置设计理论方法与创新工艺路径，实现深远海油液经济、高效储运。

考核指标：

(1) 适用设计水深 500m，设计储油储液能力 10000m³。

(2) 研制缩尺原理样机 1 套，原理样机储液体积不低于 100m³，并完成 500m 海试。

(3) 创新形成水下非金属柔性储油储液装置设计理论方法 1 套。

关键词：深海浮式生产系统，柔性结构，数字孪生，参数反演

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

2.5 深水油气及天然气水合物开采干预修井轻型高压立管关键技术研究（青年科学家项目）

研究内容：针对深海油气、天然气水合物开采降本增效的水下井口干预作业需求，基于中国南海复杂海洋环境载

荷，建立深水钻探船-轻型立管-井口-导管耦合模型，开展深水轻型立管与钻探船、井口、导管和沉积物的全耦合力学特性研究；开展深水轻型高强度立管接头连接技术研究和疲劳可靠性分析，以及全尺寸试验测试；研发可应用于深水油气及天然气水合物水下干预作业的深水轻型立管，并开展海试验证，形成深水油气干预修井及天然气水合物开采轻型高压立管系统技术方案。

考核指标：

(1) 研发深水油气干预修井及天然气水合物开采轻型高压立管不少于 2 根，通径尺寸不小于 155mm，有效长度 9m，材质等级 750MPa，工作压力等级不小于 70MPa，接头疲劳性能达到 F2 曲线，轴向承载能力不低于 300 吨，以上考核指标应经全尺寸试验验证。

(2) 形成 1 套深水油气干预修井及天然气水合物开采轻型高压立管系统技术方案；完成海上示范应用 1 次，测试工作压力不小于 70MPa。

关键词：轻型高强度立管，水下井口干预，全耦合力学

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务三：深海矿产资源勘探开发利用

3.1 弧后盆地热液隐伏矿产探测评价技术

研究内容：弧后盆地热液系统隐伏矿产资源声-光-电-

磁联合探测技术，针对弧后盆地热液成矿系统的地形、沉积、羽流、和隐伏矿产等重要目标的探测需求，开发集声呐、激光、电法、磁法于一体的探测技术，实现隐伏矿产资源的精细高效探测。弧后盆地热液系统隐伏矿产资源智能探测平台技术，开发具有爬行与浮游等多运动模式的水下作业平台和水下特定目标智能识别技术，实现隐伏矿产的原位探测和取样作业和羽状流的高效追踪。弧后盆地热液系统隐伏矿产资源探测技术示范应用及建模评价技术，选择典型弧后盆地冲绳海槽开展技术示范应用，探测获得该盆地热液系统隐伏矿产资源信息，开展多源异构信息的融合和多介质、跨尺度三维建模，揭示成矿机制并定量评价资源潜力。

考核指标：

(1) 适用于弧后盆地热液系统隐伏矿产资源的声-光-电-磁联合探测系统 1 套，激光成像分辨率 $\leq 5\text{cm}$ ，声呐分辨率 $\leq 10\text{cm}$ ，电磁法分辨率 0.01mV ，磁法分辨率 0.1nT ，地形地貌融合成像距离 $\geq 40\text{m}$ ，羽流成像距离 $\geq 15\text{m}$ ，电-磁法联合反演图像分辨率 $300\text{dpi}@100\text{m}\times 100\text{m}$ ，电法探测深度为海床以下 $100\text{m}@1.5\text{kW}$ 发射功率，磁法探测深度为海床以下 $100\text{m}@1\text{km}$ 量级磁铁矿。

(2) 适用于弧后盆地热液系统隐伏矿产资源的探测水下平台 1 个。最大工作深度 3000m ，具备浮游和爬行两种模式，海底爬行速度不低于 0.5m/s ，国产化率 $\geq 80\%$ 。

(3) 典型弧后盆地热液系统海试应用 1 次。工作水深 $\geq 1000\text{m}$ ，对金属硫化物矿产富集区实施声-光-电-磁联合探

测，扫测面积 $\geq 1\text{km}^2$ ，重建扫测区三维地形地貌和羽流特征，刻画金属硫化物矿体（含隐伏部分）的范围、形态及产状。

（4）适用于弧后盆地热液系统隐伏矿产资源的探测信息处理与建模技术 1 套。对海试目标区实现 1:1 三维数字建模，视距 $\leq 300\text{m}$ ，平面网格步长 $\leq 25\text{m}$ ，纵向分辨率 $\leq 1\text{m}$ ，模型加载响应时间 $\leq 10\text{s}$ 。

（5）申请发明专利不少于 12 项，软件著作权登记不少于 4 项。

关键词：弧后盆地，隐伏矿产，声-光-电-磁联合探测，水下探测平台，信息处理与建模

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 2000 万元。

3.2 大洋多金属结核/结壳成矿预测的新技术新方法（青年科学家项目）

研究内容：开展大洋锰结核和富钴结壳等表生矿产的成矿机理及成矿预测研究。开发矿物精细结构表征和金属元素示踪的新技术新方法，查明多金属成矿元素的赋存状态、物质来源及迁移形式，揭示大洋多金属结核/结壳大规模聚集成矿的驱动机制和时空分布规律。关联海底地形地貌、地质构造和水动力条件等控矿因素，利用大数据分析技术，构建大洋多金属结核/结壳资源的定量预测新模型。

考核指标：解析大洋多金属结核/结壳微纳米-原子级结构特征和元素迁移成矿机制；金属结核成矿元素同位素示踪新方法 2~3 种；获得 1~3 项具有实用价值的资源定量预测新

指标 1~3 项；建立大洋多金属结核/结壳成矿模型和资源预测新模型，应用于实际资源预测并获得验证数据。

关键词：矿物精细结构；同位素示踪技术；深海矿产成矿模型；资源定量预测指标

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

3.3 深海稀土沉积物绿色集矿关键技术（青年科学家项目）

研究内容：深海稀土沉积物土工力学与物理特性研究，掌握力学特性和物理参数；开展不同模式的集矿方法研究，突破低扰动高效率集矿方法；进行扰动源强控制技术和羽流扩散抑制技术研究，监测集矿过程环境参数，降低集矿对海洋环境影响；开展模拟沉积物的集矿试验，实现中试场景验证。

考核指标：提出不低于 2 种类的稀土沉积物采集模式，研发深海稀土集矿技术与装备，开采能力 $\geq 10\text{t/h}$ ，沉积物集矿量与扰动量之比不得低于 0.5，研发不低于 2 种类型的羽流扩散抑制技术，有效抑制羽流的空间扩散。

关键词：深海稀土，沉积物，开采，扰动

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 400 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于

1:1。

3.4 面向船载的多金属结核有价金属低碳绿色定向分离技术（青年科学家项目）

研究内容：多金属结核钴镍铜锰等有价金属赋存状态、嵌布特性及与赋存相结合机制；低碳/无碳多金属结核还原工艺与方法；有价组元转化行为与矿相解离机制；有价元素定向分离与富集调控机制；伴生钼、锂等微量有价金属走向分配规律；废渣无害化处置技术。

考核指标：形成深海多金属结核有价金属低碳/无碳绿色定向分离技术：

(1) 有价金属综合回收率 $\geq 90\%$ ；

(2) 尾渣特性符合第 I 类一般工业固体废物标准（GB 8978），排放尾渣与矿石无用成分之比不小于 70%；

(3) 发明专利 2~4 件。

关键词：深海多金属结核，低碳绿色，定向分离，减量化

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，申报者围绕上述研究内容可自行选题并确定项目名称，平行支持 2 个项目。国拨经费参考数 600 万元，每个项目 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

3.5 深海采矿平台作业海洋与大气极端环境预报保障系统

研究内容：针对深海采矿平台作业对台风和巨浪等极端

环境条件下高精度风、浪、流预报的实际应用需求，开展海气通量的现场定点观测，分析波浪在调制海气通量过程中的关键作用，提出高风速条件下海气通量新的参数化方案；突破海洋观测成本高昂难题，研制新型海洋表层观测浮标，实现海浪、表层海流、大气同步观测；结合多种历史资料分析矿区海洋内波的出现频度与强度，为作业窗口选择提供科技支撑；发展区域高分辨率大气-海浪-环流耦合的新型台风模式，结合新型观测浮标和卫星遥感观测数据，建立海洋与大气环境预报保障系统。

考核指标：

(1) 与国际通用的海气通量方案 COARE3.5 相比，考虑波浪的新型海气通量方案误差减少不小于 20%。

(2) 新型浮标实现海浪、表层海流、大气水汽含量及海气通量观测，浮标国产化率不低于 90%，且工作状态能耗低于 4 瓦，自主海洋动力环境卫星数据利用率不低于 90%；

(3) 利用历史资料给出目标矿区内波的季节统计特征；进行不少于一年大洋矿区台风的后报实验，台风强度的后报与观测误差比目前台风模式降低不少于 20%，开展一年的台风实际预报，且误差降低不少于 10%。

关键词：深海采矿平台作业，海洋与大气极端环境，自然灾害，预报保障系统

有关说明：该任务方向支持 1 个项目。国拨经费参考数 1400 万元，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3.6 深海采矿对上层海洋和低层大气的环境影响及气候效应（青年科学家项目）

研究内容：聚焦深海采矿对上层海洋、低层大气环境及气候系统可能产生的影响，集成现场海洋和大气观测及受控模拟和培养实验，开展以现场生态和环境监测为基准的深海采矿区“海洋生态-大气环境-气候效应”的综合影响和评估研究。研究深海采矿影响下上层海洋浮游植物生长及群落结构的演替规律，揭示采矿过程潜在的施肥和毒性效应及作用机理；研究深海采矿区上层海洋浮游植物优势种、海水有机质分子组成及关键理化特性的影响；研究采矿船的大气颗粒污染物排放特征，及采矿区上层海洋生化环境改变对海洋-大气间有机质和碳质气溶胶转移的调控作用，探究采矿海域潜在的大气有机气溶胶分子指纹特征；揭示海洋大气气溶胶成分和特性、转化过程及气候效应对深海采矿过程的响应，综合评估深海采矿可能产生的潜在气候效应。

考核指标：

(1) 建立深海采矿区真光层浮游植物生长、营养盐需求和群落稳定性对生境改变的响应模式，获得 2 个以上用以表征深海采矿影响的上层海洋初级生产特征参数。

(2) 获取包括采矿船排放、采矿区海洋释放在内的大气气溶胶观测数据集 1 套，涵盖有机碳、黑碳、无机盐、有机酸等气溶胶主要化学成分，颗粒物光学、形貌、吸湿性等气候敏感理化参数。

(3) 基于超高分辨率质谱分析，建立深海采矿区海水

有机质和有机气溶胶全化学分子指纹谱，甄别 3 个以上具有深海采矿指示性的有机分子特性或分子示踪物种（类别）。

（4）建立深海采矿-上层海洋与低层大气环境响应-气候效应的综合评价体系，形成关键影响机制的基础理论。

关键词：深海采矿，上层海洋环境，低层大气环境，气候效应

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目，国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务四：深海生物资源开发利用

4.1 深海生物来源药源分子作用靶标和作用机制研究

研究内容：围绕恶性肿瘤、耐药性感染、代谢和神经退行性等重大疾病，选择具有成药前景的深海来源药源分子，发展药物靶标或通路鉴定新技术新方法（多组学联合分析、分子探针、分子捕捉、分子对接、人工智能等），并在分子、细胞、类器官或整体动物等水平上验证药源分子作用的靶标与作用机制，开展优质深海药源分子的系统性成药性评价，为我国深海创新药物研发提供支撑。

考核指标：

（1）建立、发展深海天然活性产物作用靶标或通路鉴定新技术、新方法 5 个（类）以上，获得第三方应用验证。

（2）阐明不少于 10 个深海活性先导化合物的分子作用机制，发现 3~5 个（条）新分子靶标或新作用通路。

(3) 完成 3~5 个以上深海来源候选药物的系统性成药性评价。

关键词：深海药物，药物靶标，作用通路，作用机制

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

4.2 深海生物新资源探查、挖掘以及应用潜力评价关键技术研究

研究内容：探查重点或典型深海环境新生物资源（特别是深海共生微生物和未培养微生物资源），进一步提升深海生物及其基因资源的原位观测、样品采集、培养和保藏等关键技术水平，深度挖掘深海新生物资源、功能基因资源和代谢产物资源，建立系统完善的深海生物资源获取与可持续利用技术体系，引领和支撑深海生物制造战略性新兴产业的发展。

考核指标：

(1) 研制、升级改造深海生物样品原位识别、采集、培养，生物分子原位检测等装置 3 台（套）以上，通过规范化海试，性能指标达到或优于国际先进水平。

(2) 建立不少于 2 种（类）深海生物-共生微生物实验室共培养技术，实现不少于 5 个重要未培养（难培养）类群微生物的实验室培养，构建深海共生和未培养微生物菌种库（1000 株以上）与功能基因库（1000 个以上）。

(3) 从深海新微生物资源中获得新代谢产物 100 个以上、新型极端微生物酶 20 种以上，并完成其中 10 个以上新产物、新酶等的应用潜力评估。

关键词：共生微生物，未培养微生物，原位装置，深海生物资源利用

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

4.3 深海生命科学前沿研究（青年科学家项目）

研究内容：选择若干典型深海（深部生物圈）特征性生物，开展生命特征、生命过程、生命演化，环境适应性机制，与物质循环、能量流动、气候变化等的互作用及其机制等前沿探索性研究，提升我国在深海生命科学领域的国际影响力和话语权，培养一批有发展潜力的青年科学家。

考核指标：青年科学家项目不需要覆盖指南全部内容，项目申报者可以自行选择其中的一个研究内容作为研究方向，自行确定研究项目名称，不设具体考核指标。总体要求在自行选择的研究方向上产出国内外同行认可的前沿创新性成果。

关键词：深海生物，生命科学，前沿研究

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，每项研究内容最多支持 1 个项目（共 2 个），国拨经费参考数 400 万元，200 万元/项。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务五：极地观测与探测

5.1 基于实船监测的重型破冰船推进系统和露天设备状态预报评估系统研究

研究内容：面向重型破冰船设计研发与在役运用，发展极地复杂冰水气环境特征与推进系统和露天甲板设备在役

运行状态参量同步测量方法，开展数据-物理融合的推进系统各关键环节冰水环境下运行时空稠密重构研究，以及典型甲板设备与关键部件的极地原位、类极地内外场环境失效模式研究与分析，实现推进系统与露天甲板设备运行状态长期监测与可靠性评估。具体研究内容包含基于实船的极地冰水气环境、推进系统及露天甲板设备运行状态参量原位同步测量，基于多源数据监测和物理仿真的推进系统运行状态参量时空稠密重构，露天甲板设备室外贮存时间极限和正常运转温度边界预报方法研究，推进系统及露天甲板设备可靠性与运行状态预报评估系统开发。

考核指标：

(1) 在冰区开展不少于 4 个航次实船测试试验，实测破冰船不少于 2 艘，监测极地冰水气环境、推进系统及露天甲板设备运行状态参数总数不少于 8 种，形成实测数据谱集。

(2) 建立数据-物理融合的极地复杂冰水环境与推进系统各环节运行状态时空稠密重构方法，重构场景至少包含海冰、覆雪等环境因素及螺旋桨、轴系等关键系统设备，与实测验证数据对比，环境参数重构误差小于 20%，设备响应重构误差小于 15%。

(3) 开展露天甲板设备失效模式模拟试验和分析评估，提出基于实测故障数据驱动的露天甲板设备室外贮存时间极限和正常运转温度边界的预报模型，与实测验证数据对比，时间极限预报误差小于 10%，温度边界预报误差小于 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 开发推进系统及露天设备可靠性与运行状态预报评估系统，具备实船应用条件。

关键词：极地装备，推进系统，实船监测，设备防寒

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 1500 万元。

5.2 极地船舶安全作业仿真测试及应急保障技术

研究内容：突破极地复杂冰水环境模拟、船舶破冰模式与航行性能预报、冰激结构安全性监测与预测、动力系统健康管理与安全保障、联合仿真测试体系架构等关键技术研究，研发极地船舶航行实时仿真测试与安全评估系统，建立极地船舶应急响应策略和安全保障机制，提升我国在极地冰水环境模拟、极地船舶航行安全保障和远程在线辅助决策的能力。

考核指标：

(1) 极地船舶航行实时仿真测试与安全评估系统，具备离线仿真、在线监测与评估预报功能，并开展不小于 1 个极地航次测试；

(2) 极地冰水环境模拟数据平台，具备多源数据融合、多分辨率建模与演化预报功能，分析不小于 1 个实船航次数据；

(3) 复杂冰-水耦合作用下极地船舶运动学数学模型，模型实时解算频率不低于 30Hz，与实船数据对比精度不低于 80 %；

(4) 具备冰激作用下典型结构在线监测功能，与实验

对比结构响应预报精度不低于 85%；

(5) 具备动力系统故障分析、预警与诊断能力，故障诊断模型精度不低于 80%，预警时间不低于 2 分钟；

(6) 形成极地船舶作业风险评估方法和应急保障机制，完成满足 IMO 要求的一型船舶极地水域操作手册编写，并经过不小于 1 个航次的极地航行检验。

关键词：极地冰水环境模拟，性能仿真测试，安全性评估，联合仿真

有关说明：支持 1 个项目，国拨经费 1460 万元。

5.3 重型破冰船螺旋桨不锈钢材料点蚀-疲劳失效机理研究及耐蚀样件研制（青年科学家项目）

研究内容：针对极地重型破冰船超低温冰载荷环境服役对高强韧、抗冲击、耐腐蚀特种螺旋桨不锈钢的需求，开展适应于冰载荷破冰环境用高强高韧不锈钢设计、超高纯铸造工艺、微观组织演变机制及稳定性调控、高强及高韧性能匹配等研究，揭示不同航线、海冰密度、海冰厚度、冰区航行距离、破冰方式服役条件下极地船舶螺旋桨不锈钢与海水腐蚀/海冰冲蚀作用失效机理；突破交变冰载荷、宽温域、超低温服役环境下特种螺旋桨不锈钢的合金设计、力学性能与抗点蚀性能匹配、螺旋桨不锈钢铸件流体动力学设计与尺寸精度控制等关键技术，填补不锈钢螺旋桨表面点蚀安全性评估体系空白，研发出适用于极地冰载荷重型破冰船的高强度高韧耐蚀不锈钢螺旋桨材料，形成样件并完成典型应用示范。

考核指标：

(1) 研发出适用于 PC2 级及以上极地重型破冰船的高冰级螺旋桨用高强高韧特种不锈钢，性能满足抗拉强度 $>800\text{N/mm}^2$ ，屈服强度 $>650\text{N/mm}^2$ ，延伸率 $>18\%$ ，断面收缩率 $>55\%$ ， -10°C 下 V 型口冲击功 $>130\text{J}$ ， -20°C 下 V 型口冲击功 $>120\text{J}$ ，等效点蚀当量(PREN) ≥ 16 ，形成材料样件，实现极地重型破冰船服役装备的典型应用示范；

(2) 建立 PC2 级及以上高冰级不锈钢螺旋桨表面点蚀安全性评估方案。

关键词： 不锈钢螺旋桨，材料腐蚀，点蚀，冰载荷，强韧性

有关说明： 该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目。国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

5.4 北极航运船舶冰区溢油应急处置技术和装备（青年科学家项目）

研究内容： 针对北极低温气象条件以及浮冰密布特点，研究强化控冰溢油围控技术，揭示强化控冰围油栏对栏前流场水力特性、栏前浮冰和油池形态演变迁移运输及滞油控冰性能的影响规律，研制强化气幕控冰围油栏；研究基于溢油加热功能的冰区高粘度油高倍率吸附回收技术，揭示油-冰-水相间的表面张力差异、密度差异效应、溶解效应和物理过滤效应对加热分离油-冰-水的影响规律，揭示吸附材料表面活性和孔隙结构对高粘度油在低温环境下的吸附性能的影响

响规律，研制具有加热功能的冰区高粘度油高倍率吸附回收装备原理样机。综合高效解决北极常态化航运船舶溢油事故对极地水域环境的影响。

考核指标：

(1) 研制强化控冰围油栏 1 套，适用于浮冰密集度 $\geq 10\%$ ，环境温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ，水流速度 $\geq 0.25\text{m/s}$ ，拦油率 $\geq 90\%$ ，拦截长度 $\geq 2\text{m}$ ，并通过实验室试验验证。

(2) 研制冰区溢油回收原理样机 1 套，具有冰区高粘度油高倍率吸附、溢油加热等功能，适用于浮冰密度 $\geq 10\%$ ，环境温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ，油品粘度 $\geq 50\text{mm}^2/\text{s}$ (10°C)，单位厚度油层回收效率 $\geq 50\%$ ，并通过实验室试验验证。

关键词：极地船舶溢油回收，控冰溢油围控，高粘度油吸附，溢油加热

有关说明：该任务方向为青年科学家项目，支持 1 个项目。国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的，要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务六：极地保护与可持续利用

6.1 南极空间环境主动探测实验（青年科学家项目）

研究内容：针对极区电离层突发 E 层/中间层顶突发钠层现象，在南极地区开展极端空间天气事件下的特殊现象形成机制及演化过程研究。通过陆基钠荧光大气激光雷达及电离层垂测/斜测设备主动探测实验，获取电离层突发 E 层及中高层大气突发钠层的分布和结构信息，开展极端空间天气事件

下的电离层突发 E 层-中高层大气突发钠层耦合过程研究,深入了解南极地区磁层-电离层-中高层大气多圈层的耦合行为与变化,并用于日地相互作用的科学研究和极区能量注入与气候变化相关关系中。

考核指标:

(1) 获取南极上空电离层-中高层大气突发钠层的时空演化特性;探测突发钠层精细结构的时间分辨率 15s,高度分辨率为 50m;大气风场及温度信息时间分辨率 5min,高度分辨率为 0.5km。

(2) 阐明在极端空间天气过程中,极区能量物质垂直和水平输运在电离层-中高层大气的相对变化;通过数值模拟,获得 60~120km 高度电子密度,时间分辨率为 5min,高度分辨率为 1km。

(3) 完成南极上空电离层-中高层大气对极端空间天气事件的响应评价报告 1 份,评估高层大气密度变化。

关键词: 极端空间天气事件,地磁暴/极光亚暴,极区能量注入

有关说明: 该任务方向为青年科学家项目,支持 1 个项目。国拨经费参考数 300 万元。企业作为青年项目参与单位的,要求提供配套经费额度与获得国拨经费数配比不低于 1:1。

任务七: 前沿和颠覆性技术

7.1 南极蓝冰大直径冰芯钻探装备研发及工程示范

研究内容: 针对古老冰芯研究需求,开展南极格罗夫山等

蓝冰区综合调查, 优选古老蓝冰的潜在地点; 研发具备获取连续大直径蓝冰冰芯能力的钻探装备, 并通过实施钻探工程在南极获取连续蓝冰样品; 研究蓝冰冰芯定年方法, 构建蓝冰冰芯气候变化序列, 尝试对轨道尺度气候变化进行研究。

考核指标:

(1) 建立古老蓝冰潜在地点选择方法, 选择古老冰芯钻探位置 1-2 处。

(2) 研发大直径蓝冰钻探装备 1 套, 冰芯直径不小于 15cm, 钻进能力不小于 200m。

(3) 实施南极古老蓝冰钻探示范工程 1 项, 钻进深度不低于 100 m, 并获取连续冰芯。

(4) 形成 1 套定年不确定性小于 10% 的蓝冰冰芯定年方法, 并构建包含冰芯气体和化学组分等多指标的变化序列。

关键词: 南极, 蓝冰, 冰芯, 钻机, 定年方法

有关说明: 该任务方向支持 1 个项目, 国拨经费参考数 1000 万元。

7.2 面向深海弱散环境下放式声学多普勒海流剖面测量技术

研究内容: 开展深海水体声散射特性研究, 突破深海高效率声学换能器技术、适应弱散射体的智能变频声学测流技术和下放式流场剖面反演技术, 研制一套适用于深海弱散射体环境的下放式声学多普勒海流剖面仪 (LADCP)。

考核指标: 测流精度优于 0.3% 测量值 $\pm 3\text{mm/s}$; 在深海环境下测流距离不小于 50m; 下放测流可获得的反演流场剖面不

小于 6000m；适应工作水深不小于 6000m；完成海上性能测试和应用试验，完成 6000m 剖面数不少于 10 个。

关键词：LADCP，深海，弱散射环境

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数 400 万元。

7.3 基于主动示踪的深海湍流混合与垂向速度观测技术

研究内容：围绕深海混合与垂直速度高精度长期连续观测的需求，研发深海示踪物质定时释放装置，优选适应于深海垂直速度示踪观测的主动示踪荧光物质，研制深海主动示踪定时释放设备和示踪物分布信息获取技术，开发基于主动示踪物浓度空间分布的湍流混合与垂向速度反演算法；集成深海高精度海洋动力环境（温、盐、深和流速等）观测单元和高性能数据采集设备，实现深海湍流混合与垂向运动高精度长期连续观测，合理选址开展深海现场观测实验。

考核指标：

- (1) 一套深海主动示踪物质释放与信息监测实验系统。
- (2) 一套基于主动示踪物浓度空间分布的湍流混合与垂向速度反演算法。
- (3) 垂直速度测量误差小于 10m/天。
- (4) 海洋观测：至少开展两次外海试验，每次不少于 15 天；
- (5) 最大工作水深不小于 3000m。

关键词：主动示踪，深海观测，垂直速度测量

有关说明：该任务方向支持 1 个项目，国拨经费参考数

400 万元。

香港城市大学深圳研究院 cityus2