“深海和极地关键技术与装备”重点专项
2023年度申报指南(公开)

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（以下简称“重点专项”）。本重点专项着眼国家发展与安全的长远利益，紧扣深海、极地领域关键技术和装备，坚持自立自强，坚持重点突破，坚持实际能力的巩固与提升：一是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，支撑促进深海装备产业发展；二是研发升级深潜装备体系，形成世界领先的深海进入能力；三是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。

2023年度指南部署按照分步实施、重点突出原则，面向深海和极地国家战略需求，围绕国家深海装备集群建设、深海装备关键部件产品化、深海应急响应及救助打捞技术、深水油气勘探开发前瞻性和共性关键技术、深水油气关键开发装备的自主可控、极地极端环境进入和探测的能力、极地环境保护和生物资源利用等方向，共部署29个公开指南方向。其中，围绕“深海进入、探测与作业技术装备”、“深海矿产资源勘探开发”、“深海生物资源开发利用”，拟部署3条青年科学家项目指南。

项目统一按指南二级标题的研究方向申报。每个研究方向拟支持1项（青年科学家项目除外），实施周期2-4年。除特殊说明外，所有项目均应整体申报，申报项目的研究内容须覆盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标（青年科学家项目除外）。若在同一研究方向下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

浙江大学 kjcgx

的情况时，可同时支持2个项目。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。

除特殊要求外，一般项目下设课题数不超过5个，项目参与单位总数不超过10家，项目设1名负责人，每个课题设1名负责人；青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家，项目设1名负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为1985年1月1日以后出生，女性应为1983年1月1日以后出生。

本重点专项2023年度项目申报指南（公开）如下。

1.1 “蛟龙”号关键作业技术能力提升及科学应用

研究内容:

针对进一步提升“蛟龙”号载人潜水器运行和作业效能水平的需求，开展电源动力、推进、液压、电气、观通等系统的技术能力提升和系统研制，实现“蛟龙”号载人潜水器节能减耗和实用性作业能力提升以及部件的国产化替代，进一步提高整体作业效能并在海山、海沟等典型深海环境开展矿产资源、生物资源等科学研究。

考核指标:

研制主、副、备用三种型号的锂电池组，在满足“蛟龙”号现有电气及空间结构前提下，单体能量密度不低于180Wh/Kg，工作深度不低于7000米，充电使用寿命不小于5年，总充放电循环寿命不少于750次；国产推进器7套，单套推进器输出推力不小于100kg；可调系统浮力调节范围大于150kg，7000米环境下排水流量不小于3L/min；应急系统可提供不少于5路切割油路；舱外高清摄像系统，分辨率为4k的摄像机不低于4台，水下广角水平视角不低于180度或光学变倍不低于36倍；提供不少于10路舱外视频接口，单路视频

浙江大学 kjcg

传输码率不低于 50Mb/s。技术升级后，参加深海/深渊科考应用航次，有效下潜次数（单次水下时间≥7 小时）不少于 150 次。

1.2 “海斗一号”关键作业技术能力提升及科学应用

研究内容:

面向深渊、深海科考应用和作业场景，针对自主遥控潜水器（ARV）技术发展的需求，开展潜水器总体适配性、微细光纤收放系统、机械手作业系统以及基于工作母船布放回收的技术攻关和能力提升；开展深海科学应用，实现同万米载人潜水器的联合作业，提升全海深自主遥控潜水器的技术先进性和实用化水平。

考核指标:

轻量化：空气中重量从 3.5 吨减少到不大于 3 吨，有效载荷从 20 公斤提升至不小于 30 公斤；续航能力：近海底连续工作时间由 8 小时提升至不少于 12 小时，航程从 15 公里提升至不小于 20 公里；作业能力：七功能电动机械手空气中重量由 52 公斤优化至不大于 40 公斤，末端运动速度从 0.15 米/秒提升至不小于 0.3 米/秒；形成面向合作目标与典型作业任务的机械手自主作业能力，并通过海试验证；环境友好性：光纤管理方式由抛弃式升级为光纤压坠器端具备光纤自动回收功能；科学应用：参加深海/深渊科考应用航次，有效下潜次数不小于 75 次；潜次下水前准备时间由 3 小时压缩至不超过 1 小时，潜次后正常维护时间由 8 小时压缩至不超过 3 小时；实现与万米载人潜水器的联合作业。

1.3 载人潜水器极区环境深潜技术

研究内容:

以在役的载人潜水器为基础，针对极区极端低温、浮冰、特殊地磁等环境挑战，完成包括耐压结构、蓄电池、通信、导航、抛载释放

浙江大学 kjcgx

装置、液压源及其介质等潜水器部件相关的密封、运行、作业等功能和性能的环境适应性研究和评估，研制出一套船载通信定位装置，并对部件开展极区环境适应性试验验证，形成适应环境的技术调整方案。基于极区水面复杂环境和作业需求，完成潜水器技术调整，形成全系统解决方案。研究极区环境下潜水器存储和维护需求，形成极区载人深潜全流程实施方案。

考核指标:

基于适应性研究，研制出一套船载通信定位装置，形成一台适应极地环境（-20℃~60℃）的载人潜水器，具备在北冰洋中央区实现海底作业时间不少于 6 小时的能力，并满足作业工具搭载和科学考察作业需求。适合极区环境的冰基水声综合定位系统，最大工作深度 6000m，综合定位精度优于 2m(CEP50)；载人潜水器与母船水声通信具备数据、指令、文字语音和图像传输功能，其中数据、指令、文字和语音的传输距离不小于 6km，图像传输距离不小于 4km；水声通信系统的相干通信峰值速率不小于 5kbps，非相干通信峰值速率不小于 400bps，扩频通信峰值速率不小于 30bps；非相干通信数据包接收正确率优于 80％。

1.4 极区母船科考装备研制

研究内容:

以在役的载人和无人潜水器为基础，针对极区极端低温、浮冰、特殊地磁等环境挑战，进行船载科考装备布放回收系统的极区耐低温科考设备总体技术研究、耐低温环境适应性研究、设备低温运行状态检测研究，对极区低温环境下的声学通信、定位及地形探测的关键技术进行研究。研制适配载人及无人潜水器布放回收系统：包括艉部 A 架及吊放装置、拖曳绞车、辅助止荡绞车、应急回收绞车、转运装置、

舷侧 A 架布放回收装置、水声通信机布放回收装置。研制出适应极区工作的船载声学系统，包括载人深潜水声通信、水声定位及船载多波束装置各一套。

考核指标:

基于极区载人深潜进行研究，研制出科考装备布放回收系统及船载声学系统，适应极区环境作业（-20℃~60℃），其中（1）载人潜水器艉部 A 架、吊放装置和转运装置、舷侧 A 架布放回收装置、水声通信机布放回收的安全工作负载分别不低于 100t、50t、20t、1.1t，相关设备需取得船级社产品证书。具备四级海况正常作业，五级海况应急回收能力；（2）多波束开角不大于 1°×1°，水声通信及定位系统适配在役载人潜水器。具备支撑极区载人深潜器的布放回收、通信、定位及海底地形探测的功能。

1.5 规范化海上试验

研究内容:

针对“十四五”专项研发的大深度海洋探测仪器装备海上试验和验收的需求，构建规范化的深海公共试验平台体系，组织规范化海上试验航次，提升装备的可靠性、以及海上作业能力，为深海装备后期的运维打下基础。

考核指标:

根据《海洋仪器设备研制质量管理规范》和《海洋仪器设备海上试验管理规范》的要求，结合专项研发的各类仪器装备测试需求，分年度组织试验航次，协调组织科考船舶、深海潜水器、着陆器等试验平台及其他相关支撑条件，试验航次总船时不少于 125 天。提供海上试验的全流程信息化服务，并形成试验数据库。

1.6 深海动物智能培养系统

浙江大学 kjcgy

研究内容:

针对在陆地实验室开展深海动物高压模拟实验研究的需求，研究海洋动物在极端环境条件下的生存策略，充分利用深海生物资源，方便及时地获取活体实验样本，研制开发适合全海深生物的培养系统，解决生物从活体采集、保压保温转运、长期连续培养、多次存取、以及实验应用等方面的一系列关键技术难题，实现对深海生物原位生存环境的实验室高保真模拟，为深海生物学的实验研究提供可靠的支撑平台。

考核指标:

智能培养系统最大工作压力不小于 120MPa，培养系统压力变化不大于 5%。用于培养深海典型生物（如钩虾、狮子鱼等）、连续运行能力不低于两个月，有效培养容积不小于 200L，温度控制范围 2-60℃；并配备保压采样系统，采集过程压力变化不大于 15%，温度变化不大于 20%。

1.7 深海天通北斗通信定位产品开发

研究内容:

针对深海无人作业系统的数据通信与定位国产化的需求（安全、高速、低成本），突破天通通信与北斗定位硬件、天通通信与北斗定位深海水密耐压天线，天通通信与北斗定位软件、天通通信与定位设备设计等关键技术，完成水下航行器主控机与天通通信模块的通信协议，指控中心、甲板控制系统对天通通信设备的通信协议开发。实现系列化产品级深海天通北斗通信定位系统研制。

考核指标:

天通北斗通信定位系统通信速率 1.2-9.6Kbps、定位误差小于 10m、首次定位时间小于 40s，发射功耗不大于 4W，接收功耗不大于 1W，

待机功耗不大于 0.3W，组合天线耐压深度不小于 2000m、通信天线顶点增益不小于 2dBi 的系列化产品，小型潜器用天线辐射体部分空气中质量不大于 200g、中型潜器用天线辐射体部分空气中质量不大于 500g、大型潜器用天线辐射体部分空气中质量不大于 1000g，开展海上示范应用，培育国产通信定位模块和组合天线制造高科技企业。

1.8 深海声学释放器产品化

研究内容:

面向海洋声学释放器产品化和可靠性需求，拟突破抗转发稳健扩频声学遥控技术、电路系统可靠性设计与测试技术、声学换能器研制与压力条件下测试技术、释放器舱体耐压耐腐蚀设计与拉力负载测试技术、深海环境电池可靠与耐用性测试技术、释放器可靠性综合测试技术，研制可靠稳定耐用覆盖全海深的系列化海洋声学释放器，突破实现其产品化与批量生产的相关技术。

考核指标:

研制 3 型集成通信功能的海洋声学释放器，具备批量化生产能力，每型释放器提供样机 3 台套，形成释放器可靠性测试标准；I.工作深度 2000 米，释放负载 3 吨；II.工作深度 7000 米，释放负载 7 吨；III.工作深度 11000 米，释放负载 11 吨。产品工作时间大于 2 年，测距精度优于斜距的 2%，具备电量、姿态感知能力，通信速率大于 32bps，通信误码率优于 0.0001；开展海上示范应用，在位测试时间不少于 1 年。培育及落实国产声学释放器生产企业。

1.9 全海深光电缆绞车系统与全海深 CTD 绞车系统

研究内容:

针对深海、极地科考绞车国产化的需求，开展极区光电缆与 CTD 绞车系统总体设计与优化技术研究、大长度光电缆机械与电气特性以

及信号传输研究、大长度交流电缆-绞车电磁感应研究、样机试验技术研究，研制全海深光电缆绞车系统与全海深 CTD 绞车系统。

考核指标:

全海深光电缆绞车系统：绞车安全工作载荷不小于 13t、电缆外径不大于 17.3mm；全海深 CTD 绞车系统：绞车安全工作载荷不小于 4t、电缆外径不大于 9.53mm、主动升沉补偿±1.5m。最大工作水深 11000 米，容绳量不少于 12000m，国产化率不低于 90%，适应极区环境作业（-20℃~60℃）；获得船级社产品证书，通过实船极地示范应用。

1.10 大深度水下残油及液体危化品回收关键技术研究与装备研制

研究内容:

针对水下 6000 米大深度残油及液体危化品回收、处置等应用场景，开展相关的关键技术研究与装备研制。研究大深度水下残油及液体危化品回收总体装备技术、大深度水下残油及液体危化品加热及保温与长距离传输技术等，形成一套完整的大深度残油及液体危化品回收技术体系与装备系统，并可应用于类似“桑吉”轮沉船快速抽油，海底液体危化品回收等场景。

考核指标:

装备系统适用水深不小于 6000 米；适用于单层及双层沉船的残油与液体危化品回收；单个大容量穿梭油罐存储量不少于 50 立方；燃油回收管传输距离不低于 100 米；装备系统取得海工产品相关认证。

1.11 水下高压干式焊接技术与装备研制

研究内容:

针对 300 米以浅水下打捞和水下结构修复等应用场景，开展相关

浙江大学 kjcg

的关键技术研究和装备研制。研究水下高压干式焊接技术、高压焊接舱在水下钢板表面固定密封技术和焊件表面凹陷三维扫描及堆焊填平技术等。形成一套完整的水下高压干式焊接技术体系及装备系统，在饱和潜水员协同作业下进行水下沉船打捞眼板焊接及水下钢结构修复等作业。

考核指标:

水下高压焊接设备适用水深不小于 300 米; 水下高压干式焊接强度达到屈服强度 235MPa；适用于水下干式焊接钢板厚度不小于 30mm；装备系统取得海工装备相关认证。

1.12 深海水下电液作动器(EHA)研制

研究内容:

开展深度不小于 3000 米深海环境下的液压驱动设备研究，解决深海环境下“高可靠性、高外压、高功密、耐腐蚀、长寿命、数字化”的水下电液作动器(EHA)关键技术问题。研制水下电液作动器一套，并开展海试验证。

考核指标:

工作水深不小于 3000 米；可承受外部环境压力不小于 35MPa; 核心泵阀缸元件相对外压工作压力不低于 60MPa; 外压补偿器能力不小于 3500 米水深；具有不同海深外压变化自动补偿能力；驱动功率不小于 1.0kW；工作行程不小于 100mm；输出力不小于 50kN。国产化率不低于 85%；通过海试验证。

1.13 深海进入、探测与作业技术攻关及前沿和颠覆性技术探索（青年科学家项目）

研究内容:

（1）探索长自持潜水器多源绿色能源俘获与利用新原理和新技术，

浙江大学 kjcgx

包括海洋能源俘获转化、新能源装置小型化、可再生能源俘获与潜水器运动协同技术等;

（2）开展潜水器深海通信定位传感一体化关键技术研究，包括通信定位一体化声纳新技术、水声通信定位新算法、信号体制一体化设计新理论、潜水器用传感新技术等;

（3）开发复合功能型长时探测作业创新技术装备，包括复杂耦合机构设计、长航时复合型潜水器自适应作业功能实现、多源动力分配机制、新型高效推进与驱动技术等;

（4）针对便携式潜水器功耗、体积的限制以及大规模集群协同作业的需求，研制低成本、小型化高速水声通信机，开发面向节点高移动性、网络拓扑高动态性的可靠、轻量化水声组网协议，建立现实通信条件下潜水器编队高效协同信息感知与路径规划方法，通过海上试验验证;

（5）发展智能潜水器敏捷控制新技术、新方法，包括复杂网络控制系统架构与敏捷协同控制算法设计、复杂网络多源信息融合与事件触发控制算法设计、环境自主感知与智能控制系统设计等;

（6）深海液压系统维护和保障技术研究，包括潜水器液压系统油品全自动实时监测和处理方法，油水分离、精确过滤和油品状态评估技术，实现液压系统油品提升，提高液压系统稳定和作业的有效性;

（7）大深度水密电缆组件性能考核与状态评估自动检测技术，包括水密接插件短路、断路、耐压性能和绝缘性能实时在线检测技术，水密接插件性能和技术状态智能评估技术等，揭示大深度情况下水密接插件故障模式和失效机理，形成深海装备水密接插件试验和检测标准;

（8）大厚度钛合金电子束焊接超高能量与熔池流动协同作用机理及应力场控制研究，针对超大深度载人潜水器载人舱用大厚度钛合金电

子束焊接技术在超高能量、超长时间作用下的稳定性与焊接应力场分布问题，研究电子束超高能量分布特征与熔池流动的协同作用机理，凝固过程中相变、晶粒组织演化规律及焊接缺陷产生机理，建立强约束条件下的应力场控制模型等;

（9）复杂深海环境下特种金属材料损伤机理与感知关键技术研究，针对钛合金、高强钢、增材制造合金等特种金属材料在深海高压、低温缺氧、高速洋流、高含沙等复杂环境中的电化学腐蚀、流体冲刷、机械摩擦等多因素联合作用下的耦合损伤问题，研究材料的损伤机理、损伤累积与演化机制，开发深海结构材料内部力学损伤及表面环境诱发损伤的感知技术，研制适用于深潜器等深海装备的融合腐蚀、冲刷及摩擦等多参量损伤传感技术的健康状态实时监测与安全预警系统。

考核指标:

聚焦深海潜水器绿色能源、安全通信、精准定位、长时探测、智能控制和关键材料部件等六个重点领域方向，实现自主可控关键技术不少于 7 项，储备前沿和颠覆性技术原型不少于 2 项，完成海上试验验证或应用。

有关说明:

青年科学家项目，围绕上述研究内容申报者可自行选题并确定项目名称，平行支持 9 个项目。

2.1 深海钻井泥浆回收安全应急关键装备研发

研究内容:

针对深海无隔水管泥浆回收钻井过程中存在的安全风险和工艺复杂的难题，开展安全作业技术及装备研发，形成安全高效专用泥浆返回立管系统及辅助收放作业装置、非接触式动力与通讯传输系统、举升应急控制系统，并提高泥浆举升系统安全性，构建基于天然气水

浙江大学 kjcg

合物钻采船（大洋钻探船）自主可控的深海无隔水管泥浆回收循环钻井系统。

考核指标:

研制深水专用泥浆上返立管及辅助装置 1 套，立管长度不小于 2000m，立管最小通径不小于 110mm；非接触式动力与通讯传输系统 1 套，传输功率不小于 2.5KW，通信速率不小于 10Mbps；高可靠多功能泥浆举升系统 1 套，满足水下举升单元串并联等多工况切换；安全应急控制系统 1 套，所研设备联控实现多工况系统应急处理；国产化率不低于 95%；系统稳定运转时间不少于 250 小时，进行实船安装及验证。

2.2 海洋石油大直径指向式旋转导向技术

研究内容:

针对海洋石油中软地层地质导向钻井作业的需求，研究大直径高动态回转指向式旋转导向测量与控制技术，形成全新一代具备边界探测功能的大直径指向式旋转导向钻井系列技术，实现实钻验证；进一步提高海洋油气勘探开发技术自主能力。

考核指标:

研制大直径指向式旋转导向钻井仪器 1 套，适应最大井眼直径 12.25”，软硬地层造斜率不小于 6°/30m；数据实时传输速率不低于 12bps；实钻验证 1 井次，进尺大于 500m。

2.3 天然气水合物储层压裂防砂一体化技术研究及应用

研究内容:

针对泥质粉砂天然气水合物试采单井产量低、稳产周期短等问题，构建水合物储层压裂防砂一体化关键技术，进一步增加储层改造体积和面积，降低地层出砂量和筛管堵塞程度，提高生产性试采单井产量

湖北大学 kjcgx

和稳产周期，助力生产性试采储层改造和防砂工程方案设计与实施，为我国海域天然气水合物产业化开发奠定基础。

考核指标:

构建天然气水合物储层压裂防砂一体化技术体系，研发适合于水合物储层特征的压裂防砂模拟设计及评估软件 4 套，水合物储层改造半径不少于 10m，通喉扩孔改造储层基质渗透率增加 50%以上，储层出砂量降低 20%以上，筛管防砂有效期超过 40 天，开展试验性应用。

3.1 深海硫化物资源移动式高效钻测技术与示范

研究内容:

面向深海硫化物矿产资源量评价需求，突破深海硫化物矿床可移动钻探及原位测量技术，研发深海自行式钻机及钻孔环境多参数原位测量系统；形成一套适用于非均质弱固结硫化物资源量高效评估和原位测量技术体系，在我国多金属硫化物矿区应用示范。

考核指标:

研发 1 套深海可移动原位测量钻机装备，能够在现有大洋主力调查船上收放，单次钻探深度不小于 20m，取芯率不低于 60%，适用水深不小于 3000m，可智能移动寻址并间隔多孔连续取样，单次水下作业不少于 3 孔，控制距离大于 30m；钻孔原位测量可沿钻孔剖面采集电、磁、声、温等参数，探测深度不少于 60m，原位测量参数不少于 3 种；形成一套智能高效的钻探测量装备，在深海硫化物典型矿区完成试验性应用。

3.2 深海稀土资源高效探测评价技术与示范

研究内容:

针对深海稀土资源高效勘查与资源量精准评估的需求，突破深水发射阵和采集拖缆关键技术，形成深海富稀土层高分辨率声学探测、

精细成像、反演识别、赋存判识技术体系，构建基于深海近底声学探测技术和赋存状态快速分析的深海稀土资源勘查技术体系与资源评价方法；开展示范应用，获取近底声学高分辨率探测剖面并有效识别富稀土层，结合地质取样分析对比，建立深海富稀土层资源评价的声学探测模型，为深海稀土“探矿区”选划提供技术支撑。

考核指标:

深海富稀土层声学探测系统，使用国产技术实现垂向分辨率优于0.5m，地层探测深度不少于100m，作业深度不小于6000m，发射阵声源级不小于210dB，采集水听器灵敏度不小于-201dB；单次近海底连续工作时间大于48h；富稀土层识别率优于70%；建立深海稀土资源精准勘查技术体系和资源评价模型，示范区面积不少于400km^2，采集测线长度至少200km。

3.3 海底矿物水下安全高效提升与泵管重载布放回收及柔性悬挂多维补偿等关键技术与装备

研究内容:

针对深海复杂环境下超长距离、大流量矿石提升需求，研究泵管提升与气力提升两种方式大颗粒矿石多相流输运、矿浆提升系统流态监测与智能调控、多目标优化设计方法和全流动保障、管道应力及空间形态在线动态监测和显示、泵管系统堵塞预防和解除、管道耐磨抗腐蚀、管道快速连接、极端海况下风险评估与应对策略等关键技术，提出5000m级水深的管道提升整体设计方案。研究深海采矿管道输送系统储存、转运、对接与拆卸等高效布放回收总体技术、突发高海况时的管道应急保护技术及运动姿态控制技术、柔性悬挂多维补偿技术等关键技术研究。管道提升、重载布放回收技术与装备开展大于1500米水深的海上试验验证。

浙江大学 kjsy

考核指标:

研究并设计基于泵管提升和气力提升水下输送系统总体方案 2 套，设计水深不少于 5000 米，设计矿石提升产能不小于 100t/h；研发管道快速接头 1 套，配合布放回收系统完成试验验证，单节管道对接时间小于 8 分钟；完成矿石管道提升试验，提升矿石最大粒径大于 30mm，矿浆体积浓度大于 10%，提升矿石量大于 100t/h，提升试验管道总长大于 1500 米，运行时间大于 100 小时；形成 1 套泵管系统防堵塞与应急解除方案，完成实验室试验验证，验证事故产生到旁路开启时间小于 2 分钟。形成管道布放回收系统总体技术方案及相关关键技术方案，具备 5000m 水深的管道系统存储、转运、布放回收能力，布放回收支持负载不少于 1000t；研制管道高效对接及拆卸装备一套,单根管道全流程转运及对接时间不超过 12min；5000 米泵管系统总布放时间不超过 48h；研制管道应急保护关键装备一套，负载不少于 1000t，角度补偿不低于 ± 10° 应急保护启动时间小于 10 分钟；布放回收验证负载不少于 450t；柔性悬挂多维补偿技术方案一套。构建陆地试验系统，开展布放回收负载试验验证，高效对接与拆卸试验验证，管道应急保护试验验证。完成安全高效提升、重载布放回收技术和装备的海上试验，水深大于 1500 米，布放回收海况按 4 级设计、工作海况按 5 级设计，验证提升关键技术和工艺指标，验证除载荷之外的布放回收系统性能指标。为 5000 米级的商业采矿提供安全高效的输送、重载布放回收技术。

3.4 深海采矿生态修复高效附着基关键技术

研究内容:

针对深海采矿活动对生态环境的损害状况，高效筛选可用于生态修复的生物类群，发展生态恢复、修复技术，突破深海采矿活动下的

环境影响减缓措施和生态高效补偿技术，研发促进多金属结核矿区深海底层生态系统恢复的高效生物附着基和生境再造技术方法，结合多金属结核矿区扰动实验，开展实验室模拟试验，评估减缓措施下的生物多样性和生态系统结构与功能的恢复能力和潜力。

考核指标:

建立与完善促进深海采矿环境的高效修复与生境再造关键技术，提出深海采矿环境影响减缓和修复的措施方案和生物技术策略；筛选获得可用于矿区生态修复的优势种群微生物 3 种（类）以上，研制 3 种以上生物可有效利用的人工基底附着基替代物，适应水深大于 5000m，初步阐明促进生态恢复的互作机理；人工修复速率较自然修复效率大幅提高，实现与自然生态相兼容，并模拟多金属结核矿区环境获得实验验证。

3.5 深海矿区指示生物的原位快速检测技术与应用

研究内容:

针对深海采矿影响评估中生物多样性探查检测手段缺乏，自动化、时效性低的难题，利用生物和非生物技术，重点攻克深海矿区底层游泳动物自动监测、底栖生物幼体大体积富集与计数、功能微生物高通量培养、环境 DNA 与指示基因快速检测等关键技术，研究我国深海矿区指示生物的物种多样性及丰度，研制具有自主知识产权的深海原位生物快速检测装备，为采矿扰动影响下的生物群落生态效应监测与评估提供技术支撑。

考核指标:

研发完成深海生物原位快速探测检测及富集装备 2 台（套）；建立深海矿区指示性宏生物综合数据库；2 类以上底层游泳动物种类原位自动识别率至少 80%；底栖生物幼体采集过滤流量不低于 $1m^3/h$，

浙江大学 KJGX

原位计数准确率至少 80%；原位富集培养深海微生物新物种 30 种；建立环境 DNA 与指示基因检测体系，检测特异性大于 95%，单次检测时间小于30分钟;工作深度不少于5000m,近底走航观测大于10km和定点时序监测大于 3 个月，在我国多金属结核矿区获得实验验证，提供矿区生物多样性报告 1 份。

3.6 深海矿产资源勘探开发利用（青年科学家项目）

（1）面向立管输运系统的深水动力特征提取与损伤识别

突破深海超细长立管系统涡激振动分析与控制技术、深水结构水动力特征提取与损伤识别预警，攻克深水非线性流固耦合作用下的涡激振动问题，分析管路损伤模式和机理，研发水下多源传感器网络与水动力特征提取算法，开发 5000m 水深智能化泵管损伤识别与预警系统。

（2）深海矿产资源快速、精细探测的新技术与新方法

开展深海矿产资源的快速探查评估的新技术和新方法研究，发展深海矿产资源非传统探测理论与技术方法，研发新型生物和非生物等找矿标志、替代指标及其找矿方法，基于现有深海探测的声、光、电、磁和钻探等技术手段研发多源找矿信息融合评价新方法。

（3）基于物理-生态耦合的采矿尾水排放监测评价技术

结合卫星遥感、自动剖面浮标、海洋动力模拟等多种技术手段，研究深海采矿表层尾水排放引起的海洋浮游生态系统响应，建立物理-生态耦合数值模式，评价表层尾水排放引起的生态效应和扩散机理，形成相关监测技术。

（4）深海采矿底层海洋环境噪声高效监测技术

面向深海采矿环境近底水体噪声监测的需要，研发适应于 5000m 深海底层海洋自然背景噪声和采矿引发噪声的监测技术和方法，实现

湖北大学 kjcgx

长时段（不小于 1 年）、自动定深、定期信息回传等功能，深化深海噪声机理认识。

有关说明:

青年科学家项目，围绕上述研究内容申报者可自行选题并确定项目名称，平行支持 4 个项目。

4.1 深海生物来源功能材料工程化技术研究

研究内容:

以资源丰富、功效明确的深海生物为原料，围绕生物功能材料研发的关键工程技术问题，开展生物质材料规模化高效提取分离、定向化学修饰改造、工程化制造、临床前和临床评价等关键技术研究，研发系列高端生物分子分离介质材料，部分产品实现产业化并替代或部分替代进口；研发一批高附加值医用生物材料，完成临床前或临床评价，部分产品实现产业化。

考核指标:

34 个深海生物来源分离介质材料或/和医用生物材料实现批次百公斤级工程化制备，纯度、性能等指标达到国家或行业标准，建立相应的质量标准并建成产业化生产线；其中 1-2 种具有重要应用价值的大宗分离介质材料获得应用示范（示范不少于 3 家）；45 个深海生物来源新型医用材料（如体内止血、愈创材料，组织工程仿生修复材料，药物或基因载体缓释材料等）完成临床前研究，其中 23 个进入临床研究，12 个产品获得国家三类医疗器械批准文号并实现产业化。

4.2 深海养殖动物免疫制品研制与应用

研究内容:

针对我国深海养殖业中具有重大危害的病原（细菌、病毒等），阐明重要养殖经济鱼类抗感染免疫应答的细胞和分子特征，建立免疫

浙江大学 kjcgx

制品科学评价体系，研发一批新型鱼类疫苗（减毒活疫苗、或亚单位疫苗、或核酸疫苗等），其中 12 种得到推广应用。

考核指标:

解析 2 种以上深远海重要经济鱼类的单细胞免疫图谱（不少于 10 种免疫细胞亚群），建立核心免疫评价指标 5 项左右；开发深远海重要经济鱼类疫苗候选产品 35 个，保护率 60%以上；获疫苗临床批件 23 个、一类新兽药证书 12 个并实现产业化。

4.3 深海高端生物农药与健康产品研究（青年科学家项目）

研究内容:

（1）挖掘和解析深海生物来源植物免疫诱抗分子的结构，揭示其对植物免疫诱抗及促生长的作用机制，为开发新一代高效靶向生物农药及生物刺激素奠定基础；（2）攻克深海生物来源重要营养或功能因子的挖掘、功效评价和绿色规模化制造技术，为开发深海生物来源高端功能食品和特殊医学用途配方食品提供候选产品。

考核指标:

获得深海生物来源新型免疫诱抗或促生长功能分子 35 个，解析其结构和作用的分子机制，完成其应用潜力主要指标的评价。获得深海生物来源新型健康功效分子 35 个，解析其结构和作用的分子机制，完成其应用潜力主要指标的评价。

有关说明:

青年科学家项目，围绕上述研究内容申报者可自行选题并确定项目名称，平行支持 4 个项目。

5.1 北极环境立体观测装备集成规范化海试与信息服务

研究内容:

围绕本专项“极地观测与探测”任务部署的各类北极环境观测与

浙江大学 kjcsx

探测装备海上集成试验和验收需求，在北冰洋开展规范化海试。结合船基和无人机观测设备，检验专项研制技术装备的环境适应性、观测/探测性能，装备之间的兼容性等；开展北极环境立体观/探测体系关键技术装备应用示范，初步构建北极“空-天-冰-海-潜”一体化环境立体观/探测体系；汇交并集成各类观测装备的原始数据和各项目产出的科学数据，建设北极海洋环境数据与服务平台，并开展数据产品应用示范。

考核指标:

根据《海洋仪器设备研制质量管理规范》和《海洋仪器设备海上试验管理规范》的要求，组织试验航次，在北冰洋中央区开展集成化海试 1-2 次，其中秋冬季（9-12 月，环境温度≤-20℃）1 次，海试总船时不少于 30 天，参试装备不少于 10 种；无人机冰区续航不低于 3 小时，搭载能力不小于 10kg，可实现破冰船起降；无冰布放回收装置集成于破冰船，通道尺寸不小于 4m × 3m，布放重量不小于 1.5t；自主科学数据产品不少于 10 种，卫星产品分辨率优于 50m，航空数据产品优于 0.5m，数据产品示范应用不少于 2 次；集成化海试时长不小于 15 天，海试面积不小于 400 平方公里。

6.1 伊丽莎白公主地冰下湖与冰下生命探测

研究内容:

针对伊丽莎白公主地大埋深冰下湖湖水理化性质与生态系统认知不清等科学问题，以及常规钻探取样方法污染湖水和现有冰下湖探测与湖水洁净取样装备能力不足等技术问题，重点研发适用于大埋深热水钻孔的安全高效洁净冰下湖探测取样装备；研发冰下湖微生物样品现场处理技术与仪器，开展伊丽莎白公主地冰下湖湖水样品理化性质与微生物分析；开展航空强化探测和冰雪面地球物理探测等调查，

优选大埋深冰下湖科学钻探位置及其进出安全线路；实施冰下湖科学钻探工程示范，以实现对伊丽莎白公主地冰下湖的科学认知和冰下生命探索。

考核指标:

洁净冰下湖探测取样装备 2 套，钻进速度不低于 2 m/h，适用深度能力不小于 3600 m，耐压能力不低于 40 MPa；冰下湖水样微生物样品现场处理仪器 2 套，单细胞分选速度不少于 120 个/h，单细胞率不超过 99%，优选冰下湖湖水中可能存在的微生物优势种群与代谢功能；选定 1 ~ 2 处钻探位置和至少 1 条安全线路，钻探位置表面高程测量精度不超过 0.5 m，冰厚精度不超过 3‰，冰下湖/沉积物深度反演精度不超过 50 m；实施冰下湖科学钻探示范工程 1 项，钻进冰层深度达到 3000m 级，获取 3000m 级冰下湖湖水样品不少于 500 mL，水样所含外部细胞含量不高于 10^2 个/mL。

7.1 深海超高能量密度全固态软包电池

研究内容:

针对二次电池在深海舱内和舱外各类应用，研发聚合物无机复合电解质的全固态电池。探索百兆帕超高等静压下固态离子传输新机制，阐明全海深环境应力下复合固态电解质离子渗流的使役行为；突破固态电池在 110MPa 环境下从颗粒到电芯的界面构建、结构演化、应力分布、寿命衰减、安全性边界等瓶颈问题，构建满足各类深海应用的颠覆性超高能量密度全固态电池体系；研制大容量、高能量密度、低自放电、本质安全和长寿命的适应深海应用的全固态电池样品；探索全海深、轻量化系统集成技术，全海深复杂工况下作业时间提升 2 倍以上，实现长潜伏示范应用。

考核指标:

揭示聚合物无机复合固态电解质的离子传输机制，形成百兆帕超高等静压下离子渗流新理论；掌握固态电池在全海深工况下界面衍化规律、电-化-力耦合失效机制、使役条件下热失控行为等共性科学规律；有机无机复合固态电解质室温离子电导率不低于 10^{-3}s/cm；电池单体质量比能量密度大于 500Wh/kg，体积比能量密度大于 1000Wh/L，电芯 100%SOC 最大体积形变小于 12%，自放电率低于 1%，1C 放电能量保持率大于 80%，循环寿命大于 500 次，安全性能达到国标要求；完成 50kWh 全固态电源系统集成与全海深示范验证，深海长潜伏时间不低于 6 个月。

7.3 原位试验与船载环境模拟装置协同试验技术

研究内容:

针对深海关键生物化学过程的原位数据测定与过程机制解析的需求，突破深海原位长周期多功能试验、深海环境精细化模拟与在线实时监测、原位试验装置与深海环境模拟协同试验等关键技术，获取深海典型环境的原位微生物碳氮代谢速率与实验室环境模拟对比数据，精细解析深海典型生态系统的结构与功能，实现设备的国产化研制，通过海试验证。

考核指标:

深海原位实验装置 1 套，最大工作深度 11000m，海底连续工作时间不少于 10 天，具备开展不少于 3 种原位实验的能力，可基于载人或无人遥控潜水器完成样品回收、实验试剂更换、实验工具换装等。深海环境模拟试验装置 3 套，适用于科考船环境运行，3 套组成平行试验组，具备与原位试验装置同步设定试验条件、协同试验能力；最大模拟试验压力 115MPa，每套有效容积不小于 1L；具备模拟深海流体动力过程、氧化还原电位、温度的能力，流体动力模拟过程中压力

浙江大学 kjcgr

控制精度优于±1MPa；具备在线实时检测细胞生长、耗氧、有机碳氮降解等生物活性的功能；连续工作时间不少于 1 个月。获取深海典型环境的原位微生物固碳、有机碳降解、硝酸盐还原、氨氧化等碳氮代谢速率数据 2 组并与实验室环境模拟数据进行对比。

浙江大学 kjcgx