

“十四五”国家重点研发计划“深海和极地关键技术与装备”

重点专项 2021 年度项目申报指南

(征求意见稿)

为全面贯彻落实建设海洋强国战略部署，科技部会同有关部门，共同启动实施了国家重点研发计划“深海和极地关键技术与装备”重点专项。本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；二是建成世界上最为完备的深潜装备集群，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。

本专项执行期从 2021 年至 2025 年，2021 年拟针对拟针对上述方面的 11 个重点任务方向，部署约 15 个项目。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 深海进入、探测与作业技术装备

1.1 超长续航水下滑翔机产品化开发

研究内容：针对广域长时和精细化的海洋调查需求，基于我国当前水下滑翔机技术基础，开展能源与驱动、控制与通信、耐

压与结构、防腐与附着、环境感知与智能运行、以及长时间工作可靠性与安全性等技术优化研究，进一步突破平台系统的增能和降耗核心技术，研制具有自主知识产权的超长续航水下滑翔机，固化制作工艺，形成小规模产业化能力，并在长时序深海环境监测方面开展应用，提供重点海区大范围背景水文场和噪声场基础数据。

考核指标：最大工作深度不低于 1000 米，续航里程不低于 7000 公里，续航时间不少于 12 个月，观测剖面不小于 1200 个，最大滑翔速度 1 节，最大任务搭载能力不小于 5 公斤，通过海上试验验证。

有关说明：拟平行支持 2 个项目。

1.2 全国产千米级通透轻型载人潜水器研制

研究内容：针对完善载人深潜装备谱系和产业化应用的需求，突破通透型载人舱设计、制造、测试和评估技术，研究基础材料性能，开展规范设计，研究制造成型工艺，开展实球制造及测试，形成球壳性能评估方法。开展通透型载人潜水器总体设计和优化，采用已研发并性能优异的国产设备和部件，总装集成重量轻、全国产、千米级、通透型载人潜水器，并通过海上试验。适用于快速转运，水下高效近底航行及大通量观察作业，如考古观察、搜寻，海底作业包括取样、打捞和发掘等多类型任务，也为后续民用深潜产业提供技术支撑。

考核指标：研制全国产载人潜水器 1 台；载人舱球壳：2 个

外径相同、可互换的通透型球壳，1号球壳载员3人/内径1.8米/最大工作深度 \leq 1000米，2号球壳载员2人/最大工作深度 \leq 1500米；安装1号球壳最大起吊重量 \geq 12吨，安装2号球壳最大起吊重量 \geq 14吨；航速：最大航速 \leq 3节；海底作业时间： \leq 6小时；确定业主，制定运行规范，完成海试验证；落实产业化方案。

1.3 船载重型深海作业装备的研制

研究内容：(1)极区重载吊机总体技术研究。根据极区、母船布置、载人潜器等大型深海装备布放回收要求，开展系统技术指标体系、功能特性、适装接口等研究。(2)船载重载深海装备作业安全控制研究。开展极区深海装备作业动力学特性分析、不同作业阶段控制策略耦合分析、高海况下多机构控制特性技术等研究。(3)重载折臂吊机及导接载具集成设计研究。开展复杂环境载荷条件下的热-结构耦合分析、可换装多功能导接载具集成结构设计等研究，满足多吊放对象极区作业需求。(4)样机试验技术研究。开展样机试验技术研究，对关键技术指标进行验证，完成陆上、海上试验考核。

考核指标：海工级重载折臂吊机1套，适用于海上载人潜器等大型深海装备的布放回收，并适用极区环境作业；取得船检证书；安全工作负载不小于75t，工作半径不小于30m，起升速度不小于30m/min；具备止荡和补偿功能；4级海况安全作业，5级海况应急作业；重载吊机设计报告1篇，专利3项；完成海试验证。

有关说明：由具有极区航行作业能力的科考船舶业主办单位组织实施；需配套投入 2000 万，用于吊机安装及相应的船舶改造施工费用。支持年限 3 年。

2. 深海油气及天然气水合物资源勘探开发利用

2.1 深海无隔水管泥浆回收循环钻井技术装备研发

研究内容：针对超深水钻井工程采用开路钻井存在泥浆无法循环等关键技术问题，攻克深水井口泥浆的液位识别、控制系统、举升系统、上返管柱及动力与通讯传输系统等核心技术，自主研发系统关键装备和监测仪器。结合天然气水合物钻采船（大洋钻探船），通过船舶适配性分析，完成系统集成和海上试验，形成国际领先的天然气水合物钻采和大洋科学钻探核心技术装备。

考核指标：研制深水井口泥浆的液位识别、控制系统、举升系统、上返管柱及动力及通讯传输系统各 1 套，泥浆比重 ≤ 1.2 和流量 0-2000L/min 工况下，适用水深 $\leq 2000\text{m}$ ；国产化率 $> 95\%$ ，示范应用不少于 2 次，稳定运转时间 ≥ 200 小时。

有关说明：由自然资源部结合天然气水合物钻采船（大洋钻探船）建造需求，组织申报实施。

2.2 海洋天然气水合物、浅层气、深部气目标评价及合采技术

研究内容：攻克南海北部水合物、浅层气、深部气目标勘探与储层精细评价技术，提出多气或两气合采试采靶区。针对目标

区天然气水合物、浅层气、深部气多气源区域共生的储层特征、层间温压体系，开展微观-介观-宏观多尺度两气、多气合采过程产气与储层变形模拟分析、降压和固态流化多方法联合开发工艺、层间热-流-力耦合作用机制研究，突破多气合采机理、安全高效的水平多分枝井钻完井工艺，建立多气或两气合采层间产能分配机制、预测方法、储层安全评价和试采技术能力。

考核指标：揭示南海北部目标区海洋水合物、浅层气、深部油气多气合采机理，初步形成两气或多气合采理论方法；建立南海北部目标区水合物、浅层气、深部气共存共生机制和储层评价方法，提出 1-2 个两气或多气合采上钻目标和储层保真评价分析；建立了自主的水合物、浅层气两气合采技术、工艺和装备配套，包括多分枝水平井钻完井工艺、降压和固态流化联合开发技术、防控砂工艺、流动保障及连续排采机具和装备配套。

3. 极地探测、保护与可持续利用

3.1 北极航道通信导航保障关键技术与系统研发

研究内容：针对北极主要航道东北航道、中央航道和西北航道开发利用需求，综合研究北极航道国际公约和相关国家海事规则要求，进行北极航道船舶航行通信传输、导航定位和信息服务需求研究，构建北极航道商船、科考船等船舶航行通信导航保障体系；研究高纬度地区多频多模、高可靠通信技术；研究基于北斗的极地航行船舶导航优化技术；研究北极航道航行保障数据要素体系与可信构建技术；构建面向多种船舶的北极冰区航行风险

评估方案，融合多源数据分析北极航道通航能力历史变化规律；研究北极航道标准化航行信息服务集，研发北极航道船舶航行信息服务平台，并开展示范应用。

考核指标：研制的船载综合无线电通信系统支持(北斗、AIS、中频、高频、甚高频、卫星通信)等至少6种类型通信传输方式；研制的船岸短波通信系统覆盖范围不低于2000海里，岸基多点联合成功接收率不低于80%；研发的船载导航系统可以实现可靠定位，支持通过北斗短报文接收冰区导航信息服务(IMO-MSP13/INS)，支持极地电子航行图、航行保障信息集成与互操作；提出北极航道航行保障数据要素体系，研制符合S-100数据格式的北极航道航行保障数据资源池，覆盖北极东北航道80%以上航段；融合国内外多源数据资料，构建面向WMO 12种船舶类型的近40年逐日冰区航行风险评估数据集，并分析北极航道通航能力的变化规律；完成通过地图出版审查的北极西北航道海图30幅，1:30万20幅，1:75万7幅，1:150万3幅；研制北极航道船舶航行信息服务平台，在北极航行船舶上进行示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

3.2 北极海冰自主卫星探测及微波综合试验

研究内容：针对北极航运、极地科考和极地气候变化等对北极海冰探测的迫切需求以及我国极地观测能力和观测体系建设薄弱的问题，突破国产卫星北极海冰遥感探测技术，形成我国完全自主的海冰遥感产品及技术体系；在北极开展天-空-地/船微

波综合观测试验，为新型海冰探测 SAR 载荷设计提供数据和科学支撑；形成以试验观测驱动的星载 SAR 载荷参数最优配置方案。

考核指标：基于国产卫星研发并发布至少 10 年的海冰产品（海冰密集度、冰面融池、冰间水道、海冰厚度、海冰分类、海冰漂移等）不少于 6 种；构建国产卫星数据处理及产品服务系统，产品生产时效优于 6 小时。海冰关键热力-动力学参数遥感产品满足以下要求：逐日海冰密集度和类型产品空间分辨率 ≤ 12.5 km，预期精度 $\geq 90\%$ ；海冰漂移产品空间分辨率 ≤ 250 m，预期精度速度偏差 ≤ 1 km/日，角度偏差 $\leq 50^\circ$ ；逐日冰间水道产品空间分辨率 ≤ 1 km；预期精度 $\geq 90\%$ 。北极当年冰、多年冰及开放水域天-空-地/船一体化多模式 SAR（频段不少于 5 种）大型综合现场观测试验至少 1 次。制定针对北极海冰优化探测的小型 SAR 卫星载荷设计方案，详细参数配置（重访周期、波段设置、极化方式、噪声水平等）不少于 4 种。

3.3 极地多栖无人艇研制

研究内容：针对水面、冰面、雪地、冰水混合等极地环境下多栖无人艇关键技术难点，以理论和试验为研究手段，开展低温下艇体结构设计、运动性能预报、极地环境感知、自主控制、系统集成等研究，突破低温下艇体结构抗冲击与耐磨技术、极地复杂环境条件下运动性能预报技术、强反射背景下的多栖目标检测识别技术、冰水混合干扰下高机动巡航稳定控制技术、多栖无人艇总体设计及系统集成技术等关键技术，研制工程样机，完成并

通过冰区兼或极地演示验证。

考核指标：水面航速不小于 40km/h、冰面航速不小于 10km/h；乘员不少于 8 人；总载重能力不小于 1000kg；对距离 1km、尺寸 10m 的目标识别率不小于 85%；路径跟踪误差不大于 3m。

3.4 极地大深度冰盖快速钻探技术与装备

研究内容：针对大深度冰盖钻进科技问题，突破快速钻进、钻孔保持、井下钻具强度和控制、地表装备极地适应性等关键技术，研发快速钻进成孔工艺与技术、长时间钻孔井壁稳定工艺与技术、大深度高强钻具系统、耐低温地表设备系统等，形成大深度冰盖快速钻进技术与装备。

针对大埋深冰下湖科学钻探选址需求和探测科技问题，突破人工地震设备耐低温和高分辨率冰雪成像、大深度冰雷达发射功率增强、GNSS 监测站耐低温等关键技术，研制大埋深冰下湖探测用人工地震技术与设备、深部穿透车载冰雷达系统和 GNSS 监测仪器，形成大埋深冰下湖探测与钻探选址技术与装备。

考核指标：大深度冰盖快速钻进井下钻具 2 套、地表装备 1 套，钻进能力不小于 3000m，耐低温能力不小于 -50°C ，钻进速度不小于 20m/h，钻孔直径不小于 216mm；大埋深冰下湖探测人工地震设备 1 套考核指标、车载冰雷达系统 1 套，耐低温能力不小于 -50°C ，探测能力不小于 4000 m；GNSS 监测站 5 套，耐低温能力不小于 -50°C 。

4. 前沿和颠覆性技术

4.1 深海微型核能发电系统

研究内容：进行深海微型熔盐堆的基础研究和方案设计，突破热管-熔盐换热、热系统与温差发电系统集成等关键技术打通其关键技术链条，完成 20kW 级别的深海微型熔盐堆核电源模拟样机的研制工作，为我国深海微型熔盐堆核电源的部署奠定基础。

进行 Sr-90 放射性同位素电池的基础研究和方案设计，突破十万居里级同位素热源盒制备技术，完成十瓦级和百瓦级深海放射性同位素电池模拟样机的研制工作，为我国深海放射性同位素电池的部署奠定基础。

进行液态金属冷却深海超小型核电源的基础研究和方案设计，突破高温热管等关键技术，完成 20kW 级别的液态金属冷却深海超小型核电源模拟样机研制工作，为我国深海液态金属冷却深海超小型核电源部署奠定基础。

考核指标：深海微型熔盐堆核电源：工作水深>2000 米，熔盐最高温度达到 650℃，电源功率 20kW；深海 Sr-90 放射性同位素电池：工作水深>2000 米，十瓦级和百瓦级电池最大输出功率 ≥ 10 瓦和 100 瓦，输出效率分别 $\geq 3\%$ 和 6% ；液态金属冷却深海超小型核电源：工作水深>2000 米，电功率 $\geq 20\text{kW}$ ；提供模拟样机并完成海试。

有关说明：拟平行支持 2 个项目。

4.2 深海多金属结核非连续采矿模式及其原理样机研究

研究内容：针对深海多金属结核资源绿色、高效与智能开发需求，研究非连续采矿新模式、新工艺，突破自然丰度矿石高倍富集、人工高丰度矿石收集转运、泵管或其他间断提升方式高浓输送、海底装备智慧协同作业等关键技术，探索海底供能场景下装备无缆自持技术，研制相应关键技术的原理样机，开发样机协同作业控制仿真平台，完善深海采矿技术体系。

考核指标：形成深海多金属结核非连续采矿工艺方案1套，总回采率不小于80%，基本满足全天候结核富集和采输安全生产要求，或满足极端恶劣海况下快速撤离的要求，符合ISA海底矿物开采环境规范；研制新型高倍富集、高效采收、高浓输送原理样机各1台，富集倍数不低于5，采收与输送产能不低于10t/h，输送体积浓度不低于10%；原理样机完成海上试验。

有关说明：拟平行支持3个项目。