

## 中国船舶报

CHINA SHIP NEWS

产经专刊

Industrial Economic Special

2025.05.09 责任编辑/李琴 版面设计/王娟 责任校对/王倩

中国船舶集团物资有限公司

邀您纵览  
海洋装备产业链全景

深海科技领域依托极端环境技术突破、资源开发潜力及多学科交叉优势,正加速从科研探索向产业化迈进,有望成就10万元亿级市场

船舶企业凭借深厚的技术积累与强大的工程化能力,能够在深海科技领域释放全产业链优势,以装备研发制造为核心,全面支撑国家战略需求

## 用科技照亮深海

相关链接

## 深海矿产开采现状及展望

近日,美国总统特朗普签署一项行政命令,要求相关政府部门“加快审查和颁布国家管辖范围以外区域的海底矿产勘探许可证和商业开采许可证程序”,允许矿产公司获得海底采矿授权,迅速发展美国在国内和国际水域开采和加工矿物的能力。一位美国政府官员称,开采这些资源可以在10年内使美国的国民生产总值(GDP)增加3000亿美元,创造10万个就业机会。

海平面200米以下的深海蕴藏着大量富含锰、钴等金属的多金属结核。随着科技的飞速发展和全球经济的持续增长,对关键矿产铜、钴、镍等的需求与日俱增。国际能源署预测,到2040年,世界对关键矿产的需求将比2020年增加一倍以上。

陆地矿产资源经过长期大规模开采,面临储量逐渐减少、开采难度增大以及环境破坏严重等诸多问题。在此背景下,从海底开采关键矿物,正逐渐成为全球关注的焦点。

尽管海底采矿前景诱人,但面临的挑战也不容小觑。海底采矿的技术难题是首先要面对的。深海环境极端复杂,数千米海底水压高达数百个大气压,这要求采矿设备具备超强抗压性、极高稳定性与可靠度,否则极易发生故障。

当前主流技术如水力提升式采矿系统虽已通过小规模试验,但沉积物过滤效率不足15%,矿石输送管道在复杂地形中易发生断裂,作业成本居高不下。

受限于复杂技术与恶劣环境,深海采矿效率低下,单位矿产开采成本远超陆地采矿,经济效益难以保障。以深海钴矿开发为例,前期勘探与环保措施使单吨钴开采成本达3.5万美元,远超当前陆地钴矿1.8万美元的市场价。挪威2022年的试验数据显示,单次8小时深海采矿作业的设备损耗维护费用超过200万美元,凸显深海采矿面临的技术可靠性与经济性的双重瓶颈。

而且,深海采矿还面临生态危机。深海采矿过程产生的噪音、震动,会干扰海洋生物独特的声纳系统,使其导航、交流、觅食受阻。许多深海生物依靠声纳感知环境、寻找伴侣与食物,一旦受到干扰,生存繁衍将面临困境。

从法律与治理维度看,当前深海采矿相关法规尚不完善。国际海底区域虽有国际海底管理局统筹,但在具体规则制定、执行监管上存在模糊地带。不同国家对海底资源开发的诉求各异,导致国际规则协商艰难,难以及时出台全面且具操作性的规范。

虽然面对诸多难题,但深海采矿已从设想步入实践探索阶段,并呈现出多维度的发展态势。全球约有20个国家参与深海采矿设备试验,其中挪威、中国、日本、加拿大处于领先地位。

近年来,深海采矿相关技术快速发展,为其商业化提供了更好条件。如美国麻省理工学院2024年研制的仿生采矿机器人采用柔性机械臂与AI地形识别系统,可减少海底地表扰动面积40%;随着原位资源利用技术兴起,通过在海底直接冶炼矿石减少运输能耗成为可能。澳大利亚CSIRO机构预计2030年该技术可降低深海采矿总成本30%;材料科学家研发出抗压、耐腐蚀新型合金,使深海设备能承受深海高压;机械工程领域通过优化结构,使采矿车行走可依地形智能调节,采矿臂更灵活,有利于精准采集;利用电子信息技术进行智能操控与故障诊断,提升作业安全性与效率。

部分拥有先进技术与丰富资源储备的国家和企业,或将率先推动深海采矿的商业化进程。(王闻)

■ 记者 赵芸

《2025年国务院政府工作报告》首次提到推动深海科技等新兴产业安全健康发展。随后,资本市场掀起“深海科技”热潮。作为海洋经济的重要组成部分,深海经济依托极端环境技术突破、资源开发潜力及多学科交叉优势,正在加速从科研探索向产业化迈进,有望成为未来经济增长的重要引擎。

中国船舶集团经济研究中心许牧远表示,深海科技作为新兴产业的地位正逐渐上升,其需要融合海洋学、材料科学、人工智能、生物工程等多个学科,推动仿生机器人、耐压合金、深海传感器等技术创新。船舶工业是深海科技发展的重要载体和技术支撑,未来,船舶企业可凭借深厚的技术积累与强大的工程化能力,在深海科技领域发挥全产业链优势,全面支撑国家战略需求。作为我国船舶工业的主力军、国家队,中船集团将在深海能源开发、资源勘探、科考探测、智能装备及绿色技术等方面,进一步开展科技研发与业务拓展,加快推动深海装备产业化进程,推进核心装备及关键部件自主可控。

记者:深海科技包括哪些领域?  
中船集团经济研究中心许牧远:深海通常指水深超过200米的海域,阳光无法照射到,具有高压、低温、黑暗、地质复杂等特点。深海科技是面向海洋资源开发、生态保护与国

家安全的前沿领域,以探索、开发和利用深海资源为目标,融合多学科高新技术,突破深海极端环境限制的高新技术体系。结合当前技术发展与实践,所谓的深海科技应包含深海能源开发、深海资源开发、深海科考与探测、深海信息数据、深海生态与环保、深海国防与安全等六大领域。

深海能源开发是聚焦深海油气、可燃冰及海洋可再生能源的开采技术;深海资源开发覆盖了多金属结核、富钴结壳、热液硫化物等矿产资源的勘探与绿色开采技术;深海科考与探测是以载人或无人潜水器、海底观测网络为核心技术;深海信息数据包括水下通信、数据传输与海底数据中心建设;深海生态与环保强调开发与保护的平衡;深海国防与安全涵盖了深海装备国产化与军事方面的应用。

当然,深海科技作为国家新兴产业,其内涵与外延也正在随技术突破和政策支持不断拓展。

记者:据预测,深海科技行业市场规模达到10万亿元,这是蓝图还是现实规模?

中船集团经济研究中心许牧远:当前,深海科技正加速从科研探索阶段向规模化产业应用阶段迈进。这一历史性的跨越不仅体现在单一技术或装备的突破上,更是一场涵盖技术研发、装备制造、服务创新、资源开发与生态保护的全价值链革命。

10万亿元级市场“蓝图”的背后,是深海科技领域在科研端持续突破高压密封、耐腐蚀材料、智能感知等核心技术,产业端加速形成从勘探开发到运营维护的完整链条,服务端构建覆盖数据监测、应急救援、科普旅游的多元场景,资源端推动深海矿产、生物基因、清洁能源的战略性开发,生态端建立产学研用深度融合的创新生态。

这种全链条跃迁正在重塑海洋经济版图,使深海科技成为未来科技竞争的战略要地。随着深海装备国产化率提升、智能探测技术普及和海洋牧场等新兴产业崛起,其创造的经济价值将渗透到高端制造、新能源、生物医药等关键领域,而其在维护海洋权益、促进可持续发展、拓展人类生存空间等方面产生的社会效益,更将形成难以估量的战略红利,为我国在蓝色经济时代抢占全球科技制高点提供核心支撑。

记者:深海科技与船舶行业息息相关,其中关联您能展开说说吗?

中船集团经济研究中心许牧远:深海科技与船舶行业的关联非常紧密,甚至可以说,船舶工业是深海科技发展的重要载体和技术支撑。船舶企业主导建造的深海钻井平台、浮式生产储卸油装置等装备,支撑着深海油气资源的高效开发。同时,海上风电安装船、漂浮式风电平台等装备的研发,推动深海可再生能源规模化利用,其船体设计与海洋

工程技术的结合,形成了覆盖设计、建造、运维的高端海工装备产业链。在深海科考与探测领域,科考船就是深海探测的“移动实验室”,搭载的水下滑翔机、深海着陆器等设备,布放回收系统与甲板实验室的定制化设计,体现了船舶技术与深海探测需求的深度适配。此外,船舶工业还通过新材料研发提升船体耐腐蚀性与结构强度,也为深海装备在高压、高盐环境下的长期作业提供了保障。

记者:为推动深海科技新兴产业发展,船舶企业需要做什么?

中船集团经济研究中心许牧远:船舶企业凭借深厚的技术积累与强大的工程化能力,能够在深海科技领域释放全产业链优势,以装备研发制造为核心,全面支撑国家战略需求。

立足深海能源与资源开发的紧迫需求,船舶企业应加速研制大型化、智能化深海作业平台,突破深海油气钻采、矿产采集、生物基因开发等特种船舶与核心装备的关键技术,打造从设计到交付的完整技术链条。同时,船舶企业可依托自身工程化能力,协同科研机构开展深海科考装备的自主化研发,重点发展载人及无人深潜器、高精度探测装备、深海原位实验舱等系统,构建从水面支持母船到海底观测网的一体化科考体系,为深海科学研究提供全方位技术支持。

在此基础上,结合深海环保与国防安全的双重需求,船舶企业需进一步拓展技术边界,研发海底生态修复装备、深海监测预警系统以及深海应急救援艇,推动绿色船舶技术与深海大数据平台的深度融合应用。通过跨领域协同创新,船舶企业不仅能在深海装备智能化、国产化的进程中提升核心竞争力,还能为国家战略深海提供坚实保障。

更重要的是,这种创新驱动的

发展模式将为全球海洋可持续发展贡献中国智慧,以技术突破引领深海资源开发与生态保护的平衡,以自主装备支撑海洋强国战略,为人类探索深海未知、守护蓝色家园提供系统性解决方案。

记者:作为我国深海科技领域的核心力量,中船集团在深海科技领域应在哪些方面发力?

中船集团经济研究中心许牧远:近年来,我国持续加大投入,研发了作业型载人潜水器“蛟龙”号、万米级载人潜水器“奋斗者”号、首套国产化水下采油树、“开拓一号”深海重载作业采矿车、国产全自研一体化水下施工作业装备等一批重大装备,我国深海技术装备研制获得快速突破,但部分核心装备及关键元器件和零部件仍依赖进口,产品精度、可靠性等方面与国际先进水平相比仍存在一定差距。

中船集团作为我国深海科技领域的核心力量,可在深海能源开发、资源勘探、科考探测、智能装备及绿色技术等方面深化科技研发与业务拓展。一方面,依托“梦想”号大洋钻探船等重大装备的研发经验,进一步突破万米级深海油气勘探、可燃冰试采及海底矿产开发技术,推动深海能源产业化与资源高效利用;另一方面,通过“探索三号”全海域科考船、深远海多功能科学考察船等平台的技术迭代,提升极地冰区探测、深远海考古、载人深潜支持等综合科考能力,同时加速智能无人母船“珠海云”号等智能装备的应用,促进深海信息感知、高精度定位及数据通信技术的集成创新。在绿色转型领域,可深化新型燃料、储能技术及零碳动力系统研发,推动深海装备低碳化,并通过深海养殖生态监控、矿浆输送泵耐磨技术等攻关,助力深海生态保护与可持续开发。

中船集团还可发挥技术优势,强化水下机器人、声纳等技术的融合应用,全面支撑海洋强国战略。这些布局将带动船舶动力、材料科学、智能控制、环境工程等领域协同突破,为我国抢占深海科技制高点提供全方位技术支撑。