

深海经济:建设基础、面临的问题及发展路径

韩立民 梁 铄

摘要: 深海是我国经济发展的新空间,是国际竞争的新领域,发展深海经济对保障我国资源能源安全、提升科技创新能力、保障海洋权益与国土安全等具有重要意义。我国深海海域资源丰富,拥有坚实的深海科技创新基础,海洋经济发展态势良好,具备大力发展深海经济的有利条件。然而,当前我国深海经济的发展仍面临产业技术创新能力不足、产业链培育与规划布局不完善、外部技术封锁加剧、国际海底资源权益竞争激烈等挑战。为此,建议采取以下发展路径:持续提升技术创新能力,分类施策推进产业发展,积极探索融合发展模式,不断完善深海开发保障体系,积极参与深海国际治理。

关键词: 深海经济;海洋强国建设;战略性新兴产业

DOI:10.13658/j.cnki.sar.20250702.006

作者简介: 韩立民,农学博士,中国海洋大学海洋发展研究院教授、博士生导师;

梁铄(通讯作者),管理学博士,中国海洋大学管理学院副教授。

中图分类号:F062.9

文献标识码:A

文章编号:1008-1569(2025)04-0138-13

深海海域是地球表面的主体。地球上海洋面积约为3.6亿平方千米,约占地表总面积的71%,其中90%的海域水深大于1000米。根据《联合国海洋法公约》,除去各沿海国的领海、专属经济区等管辖海域,全人类共有的深海面积约占全球海洋总面积的64%,地球总表面积的45%。^①近一百年来,全球人口和经济持续快速增长,90%的人口居住在10%的陆地上,资源约束日益趋紧,生态环境持续恶化,经济可持续发展能力不足,人类进一步发展亟须开拓新空间。深海海域是地球上面积最广、容积最大的地理空间,是人类可以利用的最大潜在战略空间。21世纪以来,世界大国持续加大对深海科技、产业、军事等的战略投入,在深海工程装备、海底油气等深海经济发展方面取得很大进展。在这一时代背景下,大力发展深海经济成为我国必然的政策选择。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“加快建设海洋强国背景下我国‘深蓝渔业’发展战略研究”(项目编号:21&ZD100)。

^① 胡波:《中国的深海战略与海洋强国建设》,《人民论坛·学术前沿》2017年第18期。

自 2012 年党的十八大提出建设海洋强国的方略后,深海开发得到重点关注。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出,要加强深海、深蓝等领域的战略高技术部署,积极参与深海、极地等领域国际规则制定。国务院 2016 年发布的《“十三五”国家科技创新规划》提出,以拓展远海、探查深海、引领发展等为原则,重点发展海洋资源开发、深渊海洋科学、深海运载作业、海洋油气资源开发等关键核心技术。2016 年 5 月,习近平总书记指出:“深海蕴藏着地球上远未认知和开发的宝藏,但要得到这些宝藏,就必须在深海进入、深海探测、深海开发方面掌握关键技术。”^①同年,《中华人民共和国深海海底区域资源勘探开发法》施行,为我国深海矿产资源开发提供了法律基础,为深海战略性新兴产业发展提供了重大机遇。2025 年政府工作报告首次将“深海科技”列为战略性新兴产业。^② 2025 年 4 月,由习近平总书记提出的“金砖国家深海资源国际研究中心”成立,为深海资源的国际合作治理和可持续利用奠定了良好基础。^③

一、深海经济的内涵特性与战略价值

深海经济是海洋经济的一部分,但作为一种新兴业态,其技术经济特性与以海洋渔业、港航运输、滨海旅游为主体的一般海洋经济有显著区别。当前学术界关于深海经济的研究较少,对其内涵特性与战略价值等的探究较为缺乏。

(一) 内涵特性

海洋经济是以海洋资源为基础,利用技术手段对海洋空间及资源进行开发、利用和保护的经济活动及与之相关联活动的总和,^④其核心在于通过多产业协同,实现海洋资源的可持续开发与价值转化,涵盖资源开发、空间利用、生态保护、科技创新及服务配套等多个维度。深海经济是海洋经济的子集,是深海海域(包括海面、水体与海底)的资源开发利用与保护等经济活动的总和,其核心是突破极端环境(如深水、高压、低温、无光等)的限制,实现深海矿产、能源、生物及空间等资源的产业化利用,同时平衡生态保护与可持续发展的需求。

不同领域对深海的界定不同:在海洋科学中深海和浅海的划分通常以 200 米水深为界,200 米以上的为浅海,受阳光照射水体明亮,水温相对较高;200 米以下的水域称为深海,阳光无法穿透,水体较暗,水温较低。^⑤ 海洋油气开发领域多以 500 米水深为界,^⑥浅海油田一般位于大陆架上,可在海底建立支撑结构,油气资源开发难度和成本较低,深海油田一般需使用浮式或水下开采装备,开发难度和成本高。海水养殖领域通常以 20 米水深为界确定深海养殖,这个深度多需要锚固、可沉降、钢结构等专门的设计。^⑦ 考虑到深海界定标准的复杂

① 习近平:《为建设世界科技强国而奋斗——在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上的讲话》,《人民日报》2016 年 6 月 1 日。

② 李强:《政府工作报告——2025 年 3 月 5 日在第十四届全国人民代表大会第三次会议上》,人民出版社 2025 年版。

③ 《金砖国家深海资源国际研究中心在浙江杭州成立》,新华网,2025 年 4 月 24 日, <https://www.xinhuanet.com/world/20250424/ebd2779881bd49a089f78c0f3e12d6ea/c.html>。

④ 韩立民:《海洋经济学概论》,经济科学出版社 2017 年版,第 13 页。

⑤ 唐心强等:《国内外海洋深层水资源利用现状及展望》,《海洋湖沼通报》2007 年第 3 期。

⑥ 孙宝江等:《深水钻井技术装备现状及发展趋势》,《石油钻探技术》2011 年第 2 期。

⑦ 董双林等:《迈向远海的中国水产养殖:机遇、挑战和发展策略》,《水产学报》2023 年第 3 期。

性,以及各产业领域间的密切联系,本文从广义与狭义两个层面对深海经济做界定。广义的深海经济以最低的临界值为标准,即以深远海养殖领域的 20 米水深为标准,如此可将海洋各产业的深海部分并集,最大化涵盖范围。狭义的深海经济以海洋油气开发领域中的深海界限为标准,即以 500 米水深为界,主要包括了以大型海洋工程装备为手段开发、利用和保护深远海所进行的各类生产和服务活动,即海底油气及矿产资源开发、深海生物资源开发、深海绿色能源开发及相应的装备产业。本文主要讨论狭义的深海经济活动。

由于所处海域的特殊性,深海经济在自然环境、技术经济、法规治理等方面,与普通海洋经济、陆域经济相比具有显著不同。在所处的自然环境方面,深海经济作业区域位于深海大洋,面临风速大、波浪高、海流急、极端气象频发等复杂特殊的海域环境,油气矿产勘探开发等海底作业,面临高压、无光、低温等极端环境,其环境风险远大于近海。深海区域的海洋生态系统脆弱,人类活动易对其产生显著影响。在技术经济特性方面,深远海面临的特殊环境要求装备具备高性能、高可靠性、高耐压、耐腐蚀特点,具有突出的技术密集与创新依赖特性。同时,深远海远离陆地,物资运输、人员调配、设施维护、安全保障等运营成本高。为应对环境复杂性,深海产业项目通常规模较大,呈现长回收周期、高投资门槛的资本密集特征。由于面临的经营风险大,有关企业的融资成本和保险费用因风险溢价会明显上浮。在法规治理方面,相当一部分深海经济项目布局的管辖海域受国际法约束。《联合国海洋法公约》《生物多样性公约》和《联合国气候变化框架公约》等明确了沿海国和国际组织的权利与义务,为深海经济提供了基本的法律框架。深海经济从业主体需同时满足国际法与国内法相关规定,构建“双重合规”体系,投入较高的合规环评成本。

(二)战略价值

发展深海经济,开发深海资源,对我国经济和社会可持续发展,建设海洋强国,维护国家主权、安全和发展利益等具有重要的战略价值。

一是保障矿产资源和油气资源安全。我国锰、钴、镍、铜等核心矿产资源和石油、天然气等资源自给率低,高度依赖国际市场进口。随着大国竞争持续加剧,我国资源能源安全面临严峻挑战。深海蕴含着极为丰富的油气、金属矿产、热液硫化物等资源,开发潜力巨大。深海矿产与能源的开发可直接缓解我国关键资源对外高依存的困境,保障我国能源安全,并通过增强供应链韧性提升抵御外部封锁的能力,降低陆域资源枯竭与外部贸易限制引发的经济安全风险。

二是助力实现高水平科技自立自强。海洋科技创新是建设创新型国家的重要领域,深海是未来最可能出现重大技术创新与突破的领域,因此与深海相关的资源能源、环境效应和生命过程等问题成为海洋科技研究的焦点。开展深海经济活动对深海探测、海上平台、海上通信、海工船舶等技术与装备提出了更高要求。围绕深海经济在探索深海空间、开发利用深海资源和保障国家深海安全等方面的重大需求,以“进入深海—认识深海—探查深海—开发深海”为主线加快实施科技创新,可极大提升我国海洋科技创新能力,^①并对生命科学、太空探索等领域科技创新产生积极支撑作用。^②

① 王芳:《新时期海洋强国建设形势与任务研究》,《中国海洋大学学报》(社会科学版)2020 年第 5 期。

② 张浩、巴好亮等:《深海工程技术在深空探测领域应用前瞻》,《中国工程科学》2025 年第 2 期。

三是维护海洋权益与保障国土安全。发展深海经济是维护国家海洋权益的重要途径。勘探开发国际海底区域资源可为我国在《联合国海洋法公约》框架下主张海洋权益提供法理依据。国际海底管理局(ISA)的矿区勘探权不仅是资源获取的凭证,更是国家管辖外海域“存在性权利”的象征。主导深海采矿环保标准、推动“蓝色伙伴关系”等多边机制,有助于将“人类共同继承财产”原则转化为规则话语权优势,这不仅关乎资源分配的公平性,更是遏制域外势力介入南海、东海的战略工具。深海经济衍生的技术体系(如海底观测网、无人潜航器)可转化为非对称作战能力,提升对战略航道与关键海域的监控能力。深海资源开发设施的分布式布局可形成“前沿存在点”,在非战争军事行动中发挥战略支点作用。

二、深海经济体系的建设基础

深海经济的不同子产业处于产业生命周期的不同阶段。就我国来看,深海油气及相关装备产业发展较早,目前处于成长期。深海采矿、深海生物资源开发、深海绿色能源及相关装备业等总体处于初创期阶段。本部分从海域资源、科技积累、产业基础等三个方面,分析我国深海经济体系的建设基础。

(一)丰富的海域资源

我国海域广阔,包括渤海、黄海、东海、南海和台湾以东太平洋海域。其中渤海面积约7.7万平方公里,平均水深约18米,黄海面积约38万平方公里,平均水深44米,最深处为140米,两者均非深海。东海总面积约77万平方公里,平均水深370米,其中2/3的面积为较浅的大陆架,另1/3为较深的海槽、岛弧等,最深处为2719米。南海总面积约350万平方公里,平均水深1000~1100米,最大深度5567米,南海超50%的海域面积为超过200米水深的大陆坡、岛坡和海盆等。^①台湾以东太平洋海域面积约为10.5万平方公里,绝大部分水深大于4000米。^②根据《联合国海洋法公约》有关规定和我国主张,我国实际管辖海域面积约300万平方公里,深海空间资源丰富。^③

我国深海海域资源丰富。以油气为例,近年来中海油大力开展海洋油气勘探,2020年至2022年累计新增探明地质储量石油9.32亿吨、天然气4072亿立方米,且近年新发现的油品性质明显变好,中轻质原油占73%,常规稠油和特稠油占27%,改变了过去我国海域以发现稠油为主的整体面貌。^④这表明我国广大海域具有丰富的油气资源和广阔的开发前景,具备成为国家能源储备基地的潜力。此外,我国国际海底区块资源充足。根据《联合国海洋法公约》,国家管辖范围以外的海床和洋底及其底土称为国际海底区域,国际海底区域及其资源是人类的共同财产。迄今已有22个国家及其实体与国际海底管理局签署了国际海底勘探合同,我国在国际海底拥有5块矿区,合同区总面积约为23.5万平方公里,涵盖多金属结

① 王颖、刘瑞玉、苏纪兰:《中国海洋地理》,科学出版社2013年版,第491-701页。

② 王颖:《中国区域海洋学——海洋地貌学》,海洋出版社2012年版,第647页。

③ 自然资源部:《2024中国自然资源公报》,自然资源部网站,2025年3月15日, https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202503/content_7015063.htm。

④ 徐长贵、赖维成等:《中国海油油气勘探新进展与未来勘探思考》,《中国海上油气》2023年第2期。

核、富钴结壳和多金属硫化物等多种资源。^①

(二) 坚实的科技积累

一是深海进入和探测观测能力大幅提升。近年来,我国先后研制了 7000 米级“蛟龙”号、4500 米“深海勇士”号、10000 米级“奋斗者”号等系列深潜器,达到世界领先水平。“海燕”号、“海翼”号等水下滑翔机成功挑战全球海洋最深处的马里亚纳海沟。“海牛Ⅱ号”海底钻机系统,在南海超 2000 米深水成功下钻 231 米,刷新世界深海海底钻机钻探深度。2024 年我国自主设计建造的首艘大洋钻探船“梦想”号在广州正式入列,最大钻深 11000 米,具备全球海域无限航区作业能力。我国还陆续研制出应用广泛的无人深潜器和深海机器人,包括遥控水下机器人、自主水下机器人、混合式自主遥控水下机器人、水下滑翔机等,初步建立起全海深潜水器谱系,具备了全海深探测与作业能力。截至 2024 年底,我国科学家已完成 8 条全球主要海沟深渊的载人深潜科考,创造多项世界载人深潜作业和科考纪录;攻克了高频地波雷达、合成孔径声呐、系列浮标潜标、投弃式温深仪、波浪滑翔器、大深度剖面测量仪等深海观测监测设备核心技术。关键海域立体监测系统、深远海海洋环境监测预报系统、深海海底观测网试验系统、全球海洋数值预报等投入业务化运行,大幅提升了我国海洋环境监测预报能力。

二是深海油气资源勘探开发技术装备取得全面突破。“十四五”以来,我国海上油气勘探开发持续发力,深水高精度地震勘测设备实现产业化,通过创新成盆成凹机制、油气成藏模式认识,在南海深水区域获亿吨级油气新发现,开辟深水、深层、隐蔽油气藏、盆缘凹陷等勘探新领域,深海油气田群成为海上油气产量增长点。^② 深海油气开发装备方面,一批自主化新型重大装备投入使用。我国自主设计建造的 3000 米深水铺管起重船“海洋石油 201”、第六代深水 3000 米半潜式钻井平台“海洋石油 981”在南海投入实际应用。全球首座十万吨级深水半潜式生产储油平台“深海 1 号”投产,实现了向 1500 米超深水的跨越。“蓝鲸 1 号”水合物试采在南海取得历史性突破。2022 年 6 月,首套国产化深水采油树在海南投入使用。2023 年 8 月,由我国自主设计建造的亚洲首艘圆筒型浮式生产储卸油装置“海洋石油 122”在青岛完成船体建造。目前我国已具备 3000 米水深以内海洋油气工程装备的全体系自主研发能力,实现从“水上一水面—水中—水下”的全海域深水工程设计能力。^③

三是深海矿产资源开发关键技术装备取得显著进展。深海矿产资源勘探技术经历了从原始地质取样到声学探测技术快速发展,再到高新技术装备广泛应用的阶段。深海矿产资源勘探、开采、运输技术不断取得突破,实现从勘探到开采的全程自动化和智能化,提高了开采效率和安全性。目前,我国先进的勘探技术已经能够实现对深海资源的精确探测和评估。“开拓二号”深海重载采矿车海试水深首次突破 4000 米,取得大量深海多金属结壳与结核样品,6000 米级智能电驱深海重载采矿车通过验收,深海采矿重载布放回收装备研制和应用取得新突破。招商局集团建成全国首个深海矿产资源开发装备研制与海试保障基地。

四是深海生物资源开发取得突破性进展。我国在深海生物勘探、深海微生物资源库规

① 中国大洋矿产资源研究开发协会网站:http://www.comra.org/node_539534.htm;International Seabed Authority 网站:<https://www.isa.org.jm/exploration-contracts/>。

② 赵悦婧:《由“深”向“超深”》,《中国电力报》2024 年 7 月 11 日。

③ 张伟:《深水油气高效开发技术装备发展与展望》,《石油科技论坛》2024 年第 3 期。

范化建设、深海生物学基础研究以及生物资源应用潜力评估与开发利用等多个方面均取得了重要突破。我国建立了首个深海菌种库,在海洋药物、生物农药、环境保护、生物技术、工业酶应用等方面展现了良好的应用前景。近期最具代表性的是我国科研团队依托自主研发的“奋斗者”号载人潜水器及全国产化科研体系,完成了对马里亚纳海沟等深渊区域的系统性生态研究。该研究构建了迄今最完整的深海原核微生物基因数据集,鉴定出 7564 个物种水平的代表性基因组,其中 89.4% 为尚未被报道的新物种,其多样性与全球已知海洋微生物总量相当。^① 上述科研成就展示出深渊在新基因、新结构和新功能方面的巨大资源潜能,为解决全球生物资源枯竭困境提供了新思路。

(三)良好的产业基础

深海经济是海洋经济向深海的拓展,我国海洋经济的迅速发展,为深海经济发展打下了良好的基础。海洋生产总值从 2001 年的 0.95 万亿增长至 2024 年的 10.54 万亿,多数年份增速高于同期国内生产总值,2001 年以来我国海洋经济对国民经济总体贡献率一直保持在 8% 左右,在整体国民经济发展中起到了重要支撑作用。海洋经济在区域经济发展中的地位突出,海洋产业是多数沿海省份的支柱产业,海洋生产总值在沿海地区经济占比保持在 15% 以上。^②

在海洋强国战略指引下,近年来与深海经济密切相关的海洋油气、海工装备、海洋电力、海洋生物医药等战略性新兴产业发展态势良好。海洋油气勘探开发业向数智化、低碳化加速推进,油气生产规模持续提升,2024 年实现增加值 2542 亿元,同比增长 5.8%,产量增长约 330 万吨,占国内原油增产量的 80% 以上。海洋工程装备制造业产业实现转型升级,自主研发能力稳步增强,不断突破装备核心技术。2024 年海工装备新承接订单金额、交付订单金额、手持订单金额分别占世界总量的 69.4%、67.3% 和 57.6%,国际市场份额连续 7 年保持全球首位,全年实现增加值 1032 亿元,同比增长 9.1%。海洋药物和生物制品业发展平稳,海洋药物和生物制品创新研发持续推进,2024 年实现增加值 781 亿元,同比增长 1.9%,在长期较快增长后增速有所放缓。海洋电力业发展迅速,2024 年实现增加值 510 亿元,同比增长 14.7%。其中海上风电发电量突破千亿千瓦时,比上年增长 28.2%,大容量机组技术国际领先,逐步向深远海拓展。潮流能、波浪能等海洋能研发稳步推进,海洋能源融合发展模式逐步构建。^③

此外,从整体经济层面来看,我国在机械、船舶、电子、电气、通信、人工智能、材料、冶金、生物技术等各产业领域发展态势良好,为深海经济发展所需的高技术产业链建设提供了良好支撑。总体来看,我国拥有丰富的深海海域空间和自然资源,有扎实的深海领域科学技术积累,有成功的产业实践和宏观经济基础。在时代需求引领下,我国深海经济具备了实现跨越式发展的良好基础。

① 陈怡、王晓樱:《我科学家描绘出首个海洋最深生态系统图》,《光明日报》2025 年 3 月 10 日。

② 该比值由笔者计算得到,原始数据来自历年《国民经济和社会发展统计公报》<https://www.stats.gov.cn/xxgk/>,《中国海洋经济统计公报》<https://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbagg/zghyjjtjgb/>。

③ 自然资源部海洋战略规划与经济司:《2024 年中国海洋经济统计公报》,自然资源部网站,2025 年 2 月 20 日,https://gi.mnr.gov.cn/202502/t20250224_2881344.html。

三、我国深海经济发展面临的问题

深海经济的技术要求高,投资和环境风险大。作为初创期的经济形态,我国深海经济发展面临着技术创新水平有待提升、产业链不完整、缺乏要素保障、环境危害大、国际海底权益博弈激烈等问题。这些问题相互交织,构成了我国深海经济高质量发展的现实瓶颈。

(一)产业技术创新水平有待提升

深海经济对资源勘探开发技术提出了极高的要求。我国深海资源勘探开发技术虽已取得很大进展,但技术创新水平与独立自主性仍有待提升。作为产业基础的海工装备制造制造业,我国的高端海工装备制造技术、设计分析工具、关键设备和零部件自主研发等缺乏自主性,仍有相当部分依赖进口。深海矿产资源开发技术装备体系成熟度不高,与国际先进水平相比还存在一定差距。近年来美欧等发达国家对我国的技术封锁逐步趋紧,极端情况下有可能导致技术完全脱钩断供。中海油、哈尔滨工程大学等海工研发重点单位先后被美国列入制裁名单,我国海工装备产业链关键技术装备“卡脖子”风险显著上升。从深海科技创新体系来看,创新领军企业数量不足,缺乏产业链、创新链龙头企业,难以形成“链主+专精特新”的生态体系。相关科研院所存在条块分割、各自为政现象,横向关联度弱,深海战略科技力量的协同创新机制尚未建立。

(二)产业链培育与规划布局不足

深海经济属新兴产业,处于产业生命周期的导入期或初创期,是产业生命周期中风险最高的阶段。产业链培育不足主要表现在:深海装备制造与陆域产业协同度低,产业链不完整,产业链上下游间缺乏有效协同;海洋工程企业总承包技术和管理能力不足,整合资源能力不强,国内装备制造业的产业集中度和专业化水平有待提升,难以满足规模化发展需求;产业融合化程度不够,深海产业项目业态单一,未实现多业态有机融合。规划布局不合理主要表现在:深海装备制造基地存在重复建设,缺乏差异化定位,资源配置效率偏低;政府规划管理长期沿用平面化资源开发管理模式,缺乏海洋空间资源立体化规划,陆海统筹水平较低,海域空间规划与区域经济协同不足,缺乏陆上支撑保障基地;深海产业项目需经资源、环境、应急管理等多部门审批,流程耗时过长。

(三)要素保障与保险体系不完善

深海产业项目主要依赖国家财政投入和国企投资,民间资本参与渠道有限,市场化融资工具(如蓝色债券)尚未规模化。深海技术研发资金分散于多个部门和项目,重复立项现象突出,未能形成合力攻克“卡脖子”技术。深海经济的发展需要海洋科技、海洋工程、海洋生物、海洋法律等多领域人才,然而我国在这些领域的人才储备相对薄弱,如既懂海洋工程又掌握人工智能的技术团队不足,难以有效支撑海上平台等智能化建设。此外,深海经济发展的风险分担机制缺失,深海开发保险产品较为缺乏,巨灾风险(如平台倾覆、自然灾害等)市场化对冲手段较弱,企业风险敞口过大。

(四)深海开发环境危害影响复杂

深海资源开发会对海洋自然生态环境造成严重破坏,包括扰动海底沉积物、破坏海底地形、影响底栖生物栖息环境、增加海水浊度、释放海底重金属、产生噪声污染、释放强效温室

气体等。如何处理海底环境保护和矿产资源开采的关系,是发展海底矿产资源开采的关键。因受生态环境认知、自身利益分化以及地缘政治意识等因素的影响,“环保至上派”对深海开发持消极态度,呼吁预防性暂停、暂停或禁止深海采矿,并在国际海底管理局内阻扰深海开发议题推进,深海矿产资源开发也因此面临复杂的生态保护和环境监管博弈。当前深海绿色采矿技术(如羽流抑制装置等)远未成熟,企业难以应对日益严格的深海环保法规要求。国内环保标准与国际环保技术规范等存在冲突,企业面临“双重合规”压力。此外,高昂的环境修复成本和环境代价会抵消深海矿产资源开发的经济收益。

(五)国际海底资源权益博弈激烈

国际海底资源属全人类共同财产,其开发利用需遵循国际规则,但国际上关于深海资源开发的治理规制和实践还存在许多不足。《联合国海洋法公约》规定,沿海国对200海里专属经济区(EEZ)内的资源享有主权权利。然而,南海、东太平洋等区域多国EEZ存在重叠,我国在东海、南海与日本、东南亚等国家存在主权争议,争议的重点就在于海底资源开发权的争夺。国际海底管理局作为《联合国海洋法公约》的授权机构,负责制定《深海采矿法典》,在这其中,各国意见不一,如发达国家主张严格环保标准,其目的是通过技术壁垒限制发展中国家参与,而中国等发展中国家则要求增加“技术可及性条款”,推动技术转让与收益共享。2025年4月美国总统特朗普签署行政令,要求联邦政府加快对国际海域深海矿产商业开采许可证的审查颁发,无视联合国支持的国际海底管理局管理机制,违反了《联合国海洋法公约》确立的“人类共同继承财产”原则。

四、我国深海经济发展路径

当前在国际范围内,深海经济竞争日趋激烈,各海洋大国积极行动,进行深海资源开发技术创新,抢占价值链制高点,积极参与深海资源配置与开发活动的规则制定,加速布局,抢占深海资源商业开发先机。面对这种情况,我国应积极行动,以满足国家长期发展的战略资源需求为目标,在兼顾生态环境保护与地区伙伴关系的基础上,积极参与深海开发的国际竞争。本文基于我国深海经济的发展基础及现状,针对我国深海经济发展面临的问题及长远目标,提出如下发展路径。

(一)持续提升技术创新能力

持续提升深海产业技术创新能力是深海经济发展的核心驱动力,也是塑造国际竞争优势的关键。需以系统性思维统筹规划:强化顶层设计引领作用,优化需求牵引机制与平台生态,组建深海科技创新联合体,聚焦重点领域攻关突破,过多维联动,推动深海开发实现从技术跟随向产业引领的转型。

一是完善国家及省级层面深海科技中长期创新发展规划体系,明确分阶段的深海资源开发、装备研制、生态保护等领域目标,重点加强国际海底区域勘探开发和科学研究,发展自主可控、国际领先的深海资源开发及环境保护技术装备体系。应加强基础科研的财政投入,支持有关高校、科研院所、大型企业等设立深海相关的科研机构;设立重大国家专项,推动深海领域全国重点实验室、国家级综合试验场、超算中心等建设;提高企业研发费用加计扣除比例,鼓励企业承担国家重大专项;设立“深海产业技术发展基金”,定向支持深海装备研发、

绿色技术转化及国际标准制定等;建立“技术路线图+基金引导”的发展模式,以国家战略需求为导向,通过专项基金引领撬动社会资本,形成“政府引导—企业主体—市场运作”的科研投入机制。

二是创新需求引领机制,构建需求驱动的技术创新体系。应建立国家级深海产业技术需求监测平台,整合企业战略需求、国际技术标准修订等多元信息,实时捕捉全球深海技术需求热点;搭建深海创新需求共享平台,实现跨部门、跨领域需求数据互通;将国家战略需求与市场需求转化为技术攻关清单,形成“需求—任务—攻关”传导链,确保研发方向与产业痛点精准对接;建立灵活的需求驱动机制,如“企业出题—科研解题”机制及科研平台发布技术榜单,企业竞标研发资金与订单的“赛马机制+订单驱动”机制等。

三是聚焦产业瓶颈,突破关键基础理论与共性技术。可开展极端环境材料与装备研发,重点突破万米级耐压材料、深海腐蚀防护技术、深海智能传感器等“卡脖子”技术;创新深海原位探测技术、电池技术、光纤水听器阵列、边缘计算芯片,发展 AI 驱动的海底观测网;按照“安全可靠、绿色低碳、智能高效”的原则,突破深海矿产资源勘探、开采、选冶、环保关键技术;创新深海生态修复技术,开发深海碳封存技术与装备,攻克羽流抑制与低扰动采集技术;依托前沿技术主导相关国际标准修订,推动中国深海环保标准全球化;建设深海生物基因库,解析极端环境生物的代谢机制与药用价值,建立深海微生物高通量筛选平台。

(二)分类施策推进产业发展

当前我国深海经济发展的重点包括油气开采、海底采矿、深海装备、深海生物及相关的海洋新能源等子产业,每个产业的发展阶段和面对的市场不同,需要做好顶层规划,分类施策,有针对性地推进不同子产业发展。

一是按需发展深海信息产业。深海信息产业,是指围绕深海环境与资源信息的获取、传输、处理与应用,从事深海探测观测技术装备的研发与生产、观测监测网络的构建与运维以及相关数据服务的产业集合。深海信息产业的购买方主要是财政支出单位,包括政府、科研院所、军工单位等,以项目化运营和特定场景应用为主,产业规模相对较小。深海信息产业发展重点包括:突破数据传输与智能分析技术,实现海洋物理、化学、生物数据的实时采集与融合应用;整合卫星遥感、浮标阵列、海底固定观测站和移动潜航器,实现“空-天-海-底”协同监测;面向“透明海洋”“智慧海洋”工程,开展芯片型多参数水质传感器、水下声学探测装备以及水下立体视觉装备产品研发,建立适用各类平台使用的声、光、电传感器产品体系;打造高端深海观测系统、平台及信息化设备研发生产体系,以政府购买助力有自主知识产权的水下立体感知系统提供商的培育,孵化有技术特长的行业“小巨人”企业;建设国家深海大数据中心,推动军民融合数据互通,发展资源勘探、生态保护、防灾减灾、环境保险等数据衍生服务。

二是大力提升深海装备产业。深海装备产业是深海资源开发的关键,是支撑其他深海产业发展的基础,应聚焦核心技术自主化与产业链协同,以深水作业装备和智能化制造体系为核心,大力发展新型海工装备;突破全电推进动力系统及智能控制系统等关键基础技术,提升深海运载平台设计与制造能力,开发通用化、模块化、智能化、网络化的水下机器人;锚定海工产业链的关键技术环节和价值链制高点,突破深水半潜式平台、海底电缆、超高温高压随钻测井装备、深水采油树、深海钻井机器人、深海立管、深水全电控防喷器及自主可控工

业软件等技术;面向大洋矿产资源开发,积极发展深海采矿系统、无人遥控潜水式开采系统、水下履带自行式采矿机器人、天然气水合物商业性开采装备等关键技术装备,建设自主可控的深海采矿装备生产体系,助力形成具有国际竞争力的深海矿产资源商业开发能力;适应深海需求,发展“智能运维+服务延伸”模式,建设装备全生命周期管理平台,提供远程诊断、预测性维护等服务,降低运维成本;强化“总装+配套”产业链协同,依托中国船舶、中集集团等龙头企业推动关键设备国产化及开发新型装备,在高端海工装备产业链上形成国际竞争优势。

三是积极推进油气勘探开发产业。深海油气资源已成为我国新增油气资源的主力。应积极加大油气资源勘探开发力度,在琼东南盆地、珠江口盆地等新探明的油气资源丰富海域规划部署一批深海油气开发项目,同时通过“一带一路”倡议,参与东南亚、西非等深水油气资源开发,提升国际资源获取能力,为国民经济提供自主可靠的能源保障。应坚持“国家队主导、多元主体参与”的模式,以中国海洋石油集团有限公司等为开发主体,依托其技术积累与深水作业经验,统筹南海等深海区域的资源开发;鼓励民营企业参与产业链配套,形成“央企引领、地方协同、民企补充”的立体化开发格局;不断开展技术创新,探索新型绿色化、智能化技术应用,实现资源高效开发与生态保护的平衡;创新超深水气田、深水高温高压气藏开采、水下生产系统远程操控技术,完善“半潜平台+水下系统”开发模式。应用物联网技术优化海底管线监测,提升深海作业安全性与效率;建设深水钻井平台智慧系统,集成数字孪生、远程操控和 AI 预测系统,实现深海开发全生命周期智能化管理;推广“零排放”生产模式,实施二氧化碳回注、等离子火炬减排等技术,降低开发碳排放;建立深海环境基线数据库,动态监测采矿活动对生物多样性的影响;探索可燃冰原位分解与集输技术,稳步推进可燃冰开采商业化。

四是稳步开展深海矿产勘探开发产业。深海采矿将是未来矿产资源供给的主要来源,但现在产业开发技术尚不成熟。我国已基本具备深海多金属结核、富钴结壳和多金属硫化物等资源勘探开发的总体技术储备,并在南海多次单体海试和系统联合海试中取得成功。现阶段应开展小规模探索性开采,不断完善技术装备体系和生产模式,创新生态保护策略,为大规模商业化开采奠定基础;构建以大型国有矿业企业为主导、以有关科研机构技术为支撑的产学研协同的开发体系,进行深海多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物等战略性矿产探索性开发,鼓励民企在装备制造、环保技术等领域提供配套支持;稳步推进在克拉里昂-克利珀顿区(CCZ)开展多金属结核、在西南印度洋开展多金属硫化物、在我国南海深海平原开展富钴结壳与多金属结核的试验性开发;突破低扰动采集技术、羽流抑制与废水循环等绿色开采技术,构建海底环境实时监测网络;构建“边开采、边修复”制度,强制企业同步实施生态修复,采用人工海山重建、耐高压微生物修复等技术,减少深海环境损害;制定深海采矿环境影响评价制度、深海采矿生产标准,涵盖勘探设计、开采工艺、闭坑复垦等流程,探索资源税加生态基金的管理模式;探索数字矿区建设,提出科学的深海资源绿色开发技术方案,建立深海采矿示范工程,开展采矿试验和环境参数的长期观测与监测;逐步建立中央审批探采矿权,设定生态保护红线,地方负责区域环境监测与应急响应的统筹协调体系。

五是适度发展深海绿色能源。在深海发展绿色能源并不具有良好的经济性,但其在深海油气、深海矿产、观测监测、网络建设等方面可起到能源供应的作用,对上述产业有良好的

支撑保障作用,因此应当适度发展,其中应以海上风电为主要开发形式。当前深水漂浮式风机造价尚高,质量可靠性有待提升,因此应加大对其研发制造的支持力度,通过示范性项目建设,推动技术进步,降低开发成本。应支持深海区域太阳能、波浪能、潮汐能等绿色能源的实验开发与利用,探索风、光、潮、波、氢等绿色综合能源开发模式。可以“深海一号”气田等深海油气开发海域为核心,布局漂浮式风电、海上光伏等海洋新能源项目,支撑油气开发用电需求。未来需强化“需求侧驱动”,将绿色能源嵌入深海资源开发全链条,形成“以能促产、以产带能”的良性循环,为深海经济可持续发展提供坚实保障。

六是积极发展深海生物产业。在深海生物资源开发领域中,生物医药资源是值得重点关注的方向,其核心价值在于极端环境生物基因资源在医药及生物制品领域的运用。深海生物产业直面人类的生命健康问题,具有巨大的市场潜力,但当前可供产业化开发的品种少,相关科技创新不足,产业规模小。深海生物产业的发展重点在于加强基础研究和产业技术体系研究,构建“基础研究—技术创新—中试孵化—规模生产”的完整链条,为商业化提供丰富选项和完整手段。可依托中国科学院南海所、中国海洋大学等相关科研机构,逐步完善深海生物样本采集、分离提纯、样品生产改造、生物活性筛选鉴定、合成生物学应用等高水平研发体系,建设深海生物样本库和基因数据库等特色资源库,开展深海生物活性成分筛选与鉴定,突破深海资源生物加工关键技术,深度挖掘海洋生物功效。可重点开发热液口嗜热菌、冷泉区甲烷氧化菌、海鞘、深海海绵、可燃冰区化能合成生物群落、深海鱼类耐压基因等深海生物资源的独特价值,开展产业应用示范项目;建立完善科技转化和成果孵化体系,支撑海洋创新药物、功能性保健品、功能性化妆品、工业酶与新材料等相关产业的发展,推动我国建成海洋药物原创策源地,实现基于创新能力的全球竞争力跃升。

(三)积极探索融合发展模式

根据深海经济特点及我国深海经济发展实际,应将融合发展作为其主要发展路径。建议构建以产业融合为核心,以技术融合、装备融合和平台融合为支撑,以空间融合为保障,以蓝绿融合和数智融合为导向的深海经济发展模式。由此降低投资及运营风险,提升经济与环境可持续性,实现深海经济高质量可持续发展。

以产业融合为核心,是指以深海第一产业(油气、矿产资源开采等)、第二产业(海上清洁能源)和第三产业(信息服务、科学研究等)之间的深度融合和协同发展为核心任务,推动不同子产业之间的相互渗透、相互促进和相互支撑,实现深海经济的结构优化与可持续发展。以空间融合为基础,是指将不同功能区域的海洋空间进行有效整合,实现海洋空间的立体集成利用和多用途协调,以保障深海经济的高效协调发展。空间融合的重点在于充分利用海洋的立体空间,发展多层次的海洋产业,如在海面上发展风电、利用中下层海域发展油气开采等。以技术融合、装备融合与平台融合为支撑,是指以不同领域的技术融合渗透、装备集成协同及共性载体平台建设,支撑深海三次产业的有机融合。其中技术融合是指将多种技术通过创新方式结合起来,实现不同领域、不同层次的技术相互渗透、相互促进和相互整合,以适应新的生产场景,创造新产品或生产方式;装备融合是指通过技术进步和创新,实现不同装备之间的相互配合、集成和协同,以提高整体系统的效能和性能,推动产业升级,增强产业竞争力;装备融合往往是技术融合的外在体现,如大型海上漂浮式风机是油气开发平台与风电技术装备的融合。平台融合,是指将服务于深海三次产业的功能模块集成到同一

大型海上平台或潜航器上,形成支撑产业融合的综合性作业平台。通过上述三种融合,可进一步实现资源整合、技术协同、信息共享和生产配套。

蓝绿融合是深海经济长期发展的根本要求。以蓝绿融合为导向,是指在深海经济发展过程中,将绿色低碳理念与深远海产业充分结合,通过利用绿色能源、采用循环经济模式、降低碳排放等,实现经济发展与生态保护的平衡。如在深海矿产开发过程中,可同步构建碳封存技术体系。可利用采矿船舶、管缆传输系统及水下作业装备,将液态二氧化碳输送至海底地质构造层,通过高压低温环境促使其形成稳定的二氧化碳水合物封存形态,既保障矿产开采效率,又使二氧化碳以固态形式长期稳定存储于海底沉积层,实现开发与碳减排的双重推进。

数智融合是深海经济发展的必由之路,是将先进的数字技术如大数据、云计算、人工智能、物联网等与深海经济深度结合,从而提高产业的自动化、数字化和智能化水平,实现数智赋能与数据要素驱动,推动子产业间的协同联动和价值共创,形成耦合共生、多元共建的深海经济生态系统。如可将深海采矿装备体系(如ROV水下机器人、智能采矿车等)改造升级为生态环境监测平台。通过加装多参数传感器、高精度摄像系统及AI数据分析模块,原采矿装备可同步执行海底地形测绘、生物群落观测及污染物扩散监测任务,由此构建“技术共享—数据互通—效益叠加”的正反馈机制,提升综合效能。

(四)不断完善深海开发保障

一是发展深海公共服务。完善深远海气象水文、环境监测、信息与数据、安全救灾等公共服务,是降低风险、保障深远海产业平稳运行的关键。应加强海洋卫星、气象卫星、北斗卫星、海底观测网、物联网、大数据等新型技术手段在深远海域气象水文、环境监测、通信保障等领域的技术创新和实际应用;建立覆盖深海作业海域的精细化海洋水文、气象与环境监控体系,在南海等具有战略意义的海域扩大深远观测网络的覆盖范围,建立水文气象环境综合信息库;大力加强深海安全保障和灾害救助力量,建立安全预警机制,保障各类灾害事故中的人身财产安全;针对当前深海经济企业投保困难及其经营特点探索建立政策性保险体系。

二是创新海洋立体空间规划。海洋空间三维规划是保障深海经济融合发展的基础。海洋空间的立体使用涉及水面、水体和海底三个维度,这种立体化使用模式对现有空间规划工作提出了新的挑战。需要着重开展以下关键工作:收集三维深海空间数据,整合水面、水体和海底的详细数据,包括地形、地貌、水文、底质、生物资源分布等,利用GIS(地理信息系统)和三维建模技术,构建深海空间的三维模型;基于深海空间的资源特性和发展需要,合理规划不同的功能区,如水面的航运区、海底的资源开采区、电缆铺设区等;合理规划水面和水下交通网络,确保不同用途的船只、潜水器等能够安全高效地运行。在规划中应注重平衡资源开发与海洋生态环境保护的关系。

三是建立完善国家深远海开发保障基地。陆上保障基地为深海开发提供全方位后勤支持和技术保障,其功能包括技术保障、设备维护、人员培训及信息交流等。应规划建设专业深远海能源矿产开发保障基地,为海底资源勘探与开采等提供专门支持,包括海底勘探开采等重大装备的运输服务与保障,码头装卸与物资和能源储存,环境监测预警及应急救援服务等。此外,还需完善深海科考船后勤服务基地,为深海科研考察提供全面的后勤支持。

(五)积极参与深海国际治理

深海国际治理是构建新型海洋秩序的核心战场,从国际海底资源分配规则到环保标准

制定,深海治理体系的构建将决定未来全球海洋经济的权力格局。深海治理直接影响我国深海资源开发权益、技术标准主导权及生态安全话语权,有利的深海国际治理环境是我国深海经济长期发展的根本保障。深海国际治理的本质是“技术—规则—权力”的多方博弈,唯有深度嵌入规则制定核心层,才能突破欧美技术封锁与地缘围堵,实现从“资源获取”到“秩序主导”的历史性跨越。作为世界大国,我国在国际合作中长期秉承多边主义,尊重有关国际组织的权威性,坚持平等互利原则。在深海国际治理中,我国以国际海底管理局为支点,通过联盟构建与技术创新、标准输出等合理有效地表达我国诉求,将深海开发优势转化为治理体系重构动能,确保国家核心利益最大化。

我国参与深海国际治理的关键策略主要包括以下四个方面:一是在国际海底管理局平台框架内,加强与俄罗斯、韩国、日本等国家的战略合作,积极在国际海底管理局、联合国海洋大会等发表联合倡议,坚定推动深海资源开发的立场,提升国际影响力与话语权。同时通过政府间经济合作、海洋开发合作及深海开发及环保技术合作等,与拉丁美洲、非洲国家以及太平洋岛国建立紧密的合作关系,扭转“环保至上派”“开发观望派”等反对深海开发的基本态度。如通过“蓝色一带一路”向非洲、太平洋岛国输出低扰动采矿技术,换取资源开发权益。二是制止美西方集团的霸权行径。坚决抵制将深海问题地缘政治化、阵营化,警惕美西方集团尤其是美国的霸权主义和单边主义行径,共同构建和平稳定、利益共享的国际海底秩序。^① 针对美国单边行动,通过 WTO 争端机制起诉其违反“人类共同继承财产”原则,联合发展中国家发起国际诉讼。三是主导国际深海开发生态保护行动,在切实维护国际深海生态环境安全的基础上,更好地维护我国的利益。包括寻求技术标准主导,推动中国新型深海环保标准被国际海底管理局采纳;主导建立“全球深海生态补偿基金”,要求采矿企业按开采量缴纳生态税,用于环境损害赔偿及受损国家渔业补偿,构建“开发—保护—共享”新型治理模式;建设覆盖太平洋、印度洋的深海资源环境监测网络,实现环境数据实时共享。四是推动广泛的深海科学合作交流,达成绿色开发深海资源的科学共识。如推动成立“深海技术转移中心”,向发展中国家输出标准化的绿色环保的深海开发装备与服务;在联合国海洋科学促进可持续发展国际十年计划等国际大科学计划框架下,建立深海资源与环境研究国际合作研究中心及海外基地,加强与各国深海科学研究团队的交流和合作。

[责任编辑:徐淑云]

^① 李雪威、李佳兴:《国际社会深海采矿反对之声的演变、根源与应对》,《太平洋学报》2024 年第 8 期。

Deep-Sea Economy: Construction Foundation, Problems Confronted and Development Path

HAN Limin/LIANG Shuo

The deep sea is a new space for China's economic development and a new field of international competition. Developing the deep-sea economy is of great significance for ensuring China's resource and energy security, enhancing scientific and technological innovation capabilities and safeguarding maritime rights and interests as well as homeland security. Abundant in resources of deep-sea areas, China has a solid foundation for deep-sea scientific and technological innovation and develops well in its marine economy with favorable conditions for vigorously developing the deep-sea economy. However, the current development of China's deep-sea economy is still confronted with challenges such as insufficient industrial technological innovation capabilities, incomplete cultivation and planning layout of industrial chains, intensified external technological blockades and fierce competition for international seabed resource rights and interests. Hence, the following development paths are suggested: continuously enhancing technological innovation capabilities, adopting classified measures to promote industrial development, actively exploring integrated development models, constantly improving the guarantee system for deep-sea development and actively participating in international governance of the deep sea.

A Practice Approach to Promoting the Organic Integration of New-Type Urbanization and Comprehensive Revitalization of Rural Areas

WEN Feng'an

The new-type urbanization and comprehensive revitalization of rural areas are the "one body with two wings" of integrated urban-rural development in the new era. Advancing new-type urbanization and comprehensive revitalization of rural areas will help give full play to their respective advantages and combined effects and can further solve the problem of urban-rural development gaps in the new era. The coordination of new-type urbanization and comprehensive revitalization of rural areas has significant value implications with internal coupling. The intrinsic connection between the two provides a practice approach to exploring the predicaments and paths of integrated urban-rural development. In response to the predicaments existing in the integrated urban-rural development, such as structure, elements, citizenization and county-level economic development, it is necessary to: first, break down the dual structure of urban and rural areas; second, smooth the elements for the integrated urban-rural development; third, promote the in-depth urbanization of rural migrant population; fourth, optimize the driving force for county-level economic development, so as to better promote the high-quality economic and social development by integrated urban-rural development and write a new chapter of Chinese-type modernization in urban and rural areas featuring common prosperity for everyone.