DOI 10.15302/J-SSCAE-2026.09.018

能源强国目标下我国海洋能源发展战略研究

程兵[1,2*]，徐静[1,2]，王君傲[1,2]，郑宏林[1,2]

（1. 海洋天然气水合物全国重点实验室，北京 100028；2. 中海油研究总院有限责任公司，北京 100028）

摘要：党的二十届四中全会首次将“建设能源强国”写入五年规划建议，并同步部署“加快建设海洋强国”，作为能源强国与海洋强国两大战略的交汇点，海洋能源战略地位日益凸显。本文立足能源强国目标下海洋能源领域发展需求，系统梳理了我国海洋油气勘探开发、海洋油气装备、海洋新能源及海底碳封存等领域的发展现状，剖析了当前我国海洋能源发展面临的新挑战，分析了能源强国目标下我国海洋能源领域发展的功能定位，提出了进军“深、远、冷”复杂环境、推动智能化无人化转型、探索多能融合立体开发、加大国际合作力度的发展路径，并明确了重大装备体系建设和关键技术攻关方向。在此基础上，提出了加强用海协调及立体规划、健全海洋能源科技创新体系、提升沿海省份海洋能源保障基地能力、完善海洋能源国际合作体系等发展建议，助力实现能源强国目标下海洋能源领域的全面提升和发展。

关键词：能源强国；海洋油气勘探开发；海洋能源装备；多能融合开发；国际合作

中图分类号：TK01　　**文献标识码：**A

China’s Marine Energy Development Strategy under the Goal of Building an Energy Powerhouse

Cheng Bing[1,2*], Xu Jing[1,2], Wang Jun’ao[1,2], Zheng Honglin[1,2]

(1. State Key Laboratory of Offshore Natural Gas Hydrate, Beijing 100028, China; 2. CNOOC Research Institute Co., Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: The Fourth Plenary Session of the 20th Central Committee of the Communist Party of China incorporated building an energy powerhouse into the proposal for the Five-Year Plan for the first time, while simultaneously deploying the strategy of accelerating the construction of a strong maritime country. As the intersection of these two major national strategies, marine energy has shown increasingly prominent strategic significance. Based on the development needs of the marine energy sector under the goal of building an energy powerhouse, this study reviews the current development status of China’s offshore oil and gas exploration and development, offshore oil and gas equipment, marine renewable energy, and subsea carbon storage. It analyzes the new challenges faced in China’s marine energy development, as well as the functional positioning of marine energy development under the goal of building an energy powerhouse, and proposes development pathways including venturing into complex environments such as deep, distant, and cold areas, promoting intelligent and unmanned transformation, exploring multi-energy integration and three-dimensional development, and intensifying international cooperation. It also clarifies breakthrough directions for major equipment systems and key technologies. Based on this, the study offers specific suggestions, including enhancing marine usage coordination and three-dimensional planning, improving the marine energy technology innovation system, boosting supporting capabilities of marine energy

收稿日期：2026-09-20；**修回日期：**2026-10-23

通讯作者：*程兵，中海油研究总院有限责任公司高级工程师，研究方向为海洋资源战略；E-mail: chengbing@cnooc.com.cn

资助项目：中国工程院咨询项目“推动能源强国建设战略研究（二期）”(2025-PP-07)，“引导产业链供应链合理有序跨境布局的战略路径研究”(2026-XBZD-001)

本刊网址：sscae.engineering.org.cn

bases in coastal provinces, and reinforcing the international cooperation system.
Keywords: energy powerhouse; offshore oil and gas exploration and development; marine energy equipment; multi-energy integrated development; international cooperation

一、前言

2025年，党的二十届四中全会审议通过《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》，首次将“建设能源强国”写入五年规划建议，并同步部署“加快建设海洋强国”[1]，能源强国与海洋强国两大战略在“十五五”时期形成战略交汇。海洋既是保障国家能源安全的重要战略空间，也是构建新型能源体系、拓展海洋发展空间的重要载体。在此背景下，海洋能源的战略地位更加凸显，不仅承担着拓展能源资源供给空间的重要功能，也肩负着培育新兴产业、塑造海洋经济发展新动能的重要使命[2-3]。面向能源强国建设目标，系统研判海洋能源的发展现状、趋势、挑战与重点方向，对统筹海陆资源、推进能源革命和海洋经济发展具有突出的理论与现实意义。

在能源强国建设过程中，海洋能源展现出资源供给与绿色转型的双重潜力。油气对外依存度居高不下是我国建设能源强国需要克服的关键制约，海洋油气持续增储上产，已成为我国油气增产的重要支撑和保障能源安全的关键力量。在海洋强国建设过程中，海洋能源开发利用为海洋经济的蓬勃发展提供了坚实的产业基础。据自然资源部统计，2025年我国海洋生产总值达1.101 8×10^{13}元，首次突破1.1×10^{13}元，同比增长5.5%，占国内生产总值的比重达7.9%[4]。海上风电、海上光伏、海洋能、海底碳封存等能源新技术、新业态加速培育，不断拓展海洋经济发展的新空间；在能源资源开发过程中研发出的海洋新技术、新装备进一步拓展人类认识和利用海洋的新边界。海洋能源的发展水平在很大程度上决定着能源强国与海洋强国两大战略目标的实现质量。

近年来，学术界围绕能源强国的理论内涵与实现路径展开了广泛探讨：提出“全能源系统”与“三步走”建设路径[5]，从资源禀赋、发展阶段及供给独立可控等维度阐释其目标内涵[6-7]；通过国际比较，提炼出供应稳定多元、消费低碳高效、科技创新引领等能源强国的普遍特征[8]；从演化路径模拟与新型能源体系建设等方面探讨了实施路径[9-10]。在海洋能源及其关联领域，研究人员从产业视角梳理了我国海洋工程装备的发展态势[11]，指出海工装备是建设能源强国、海洋强国的关键支撑力量；围绕海上风电、海洋氢能与海上光伏等方向，提出了海洋能源综合开发的路径思考[12]；综述了波浪能、潮流能、温差能等多能互补综合利用技术的研发现状与发展趋势[13]。

总体而言，学术界围绕能源强国建设与海洋能源开发已形成较为丰富的研究成果，但仍存在以下不足：一是现有研究往往将能源强国建设与海洋能源开发作为两个相对独立的议题分别探讨，未能充分揭示二者之间的内在逻辑与互动机制；二是战略谋划相对不足，缺乏在能源强国目标框架下对海洋能源发展进行前瞻性、系统性、整体性的顶层设计，对海洋能源在能源强国建设中的功能定位、发展路径与支撑作用论证不够；三是研究范围存在局限，对海洋能源的探讨往往将海洋油气与其他海洋能源形式分开阐述，缺乏对海洋能源领域整体发展态势、结构特征及各能种之间协同关系的综合剖析。鉴于此，本文以能源强国建设目标为牵引，立足海洋强国战略部署，首先系统梳理我国海洋油气勘探开发、海洋油气装备、海洋新能源及海底碳封存等关键领域的发展现状；接着从资源接替、装备能力、多能融合、软实力体系等方面剖析面临的主要挑战；随后分析能源强国目标下海洋能源功能定位并提出重点发展路径；最后提出重大装备体系建设、关键技术攻关方向与对策建议，以期为能源强国目标下我国海洋能源高质量发展提供参考。

二、我国海洋能源领域发展现状

海洋能源包括海水中蕴藏的潮汐能、潮流能、波浪能、温差能等各类海洋能，海上风能、海洋表面太阳能、海洋生物质能及海床下地层中赋存的石油、天然气、天然气水合物等各类海底化石能源资源和地热能等。海洋能源领域是围绕各类海洋能源

开展资源勘查、能源开发、工程建设、装备制造、运营运维、技术研发及相关产业配套的综合性能源领域，产业链条长、涉及范围广、技术牵引强。从能种的角度，海洋油气资源的勘探开发是当前我国海洋能源领域最主要的工作内容，也是海洋能源领域对能源强国建设最现实的支撑和贡献。其配套的海洋装备体系是海洋能源的重要产业基础，其自主保障能力成为影响海洋能源开发的重要因素，决定着未来海洋能源开发的能力和边界。同时，碳中和目标下海上风电等新能源开发与海底碳封存技术应用不断推进，未来将在海洋能源领域占据越来越重要的地位。因此，本章重点梳理海洋油气勘探开发、海洋油气装备以及海洋新能源与碳封存的发展现状。

（一）海洋油气勘探开发现状

我国海洋油气增储上产成效显著。“十四五”时期，我国海洋油气勘探成果丰硕，累计发现了渤中 13-2、垦利 10-2、渤中 26-6、开平南、秦皇岛 27-3 和惠州 19-6 等 6 个亿吨级大油田、1 个千亿立方米级大气田（陵水 36-1）和一大批大中型油气田，集中于潜山、浅层岩性、深水、深层 – 超深层等领域，进一步夯实了开发上产的储量基础[14]。在区域分布上，渤海盆地形成了以深层、潜山和浅层岩性为重点领域的油气勘探格局，成为海上亿吨级大油田发现的主要来源；珠江口盆地大中型油气勘探发现多集中在富烃凹陷周边的深水、深层、潜山等领域；北部湾盆地的深层、潜山等是油气勘探发现的主要领域；莺歌海 – 琼东南盆地是高温高压、深水 – 超深水海上天然气勘探发现的主阵地；东海盆地的天然气勘探则以深层、低渗透为主；海洋深层勘探发现占同期海上新增探明储量的 50% 以上。

我国海洋油气在保障国家能源安全中发挥了举足轻重的作用，相继建成了渤海 4000 万吨级、南海 3500 万吨级两大海洋油气生产基地。自 2020 年以来，海洋原油连续六年贡献全国石油增产量六成以上，渤海油田连续四年稳居我国第一大原油生产基地。2025 年，海洋石油产量约为 6.8×10^7 t，同比增长 3.8%，约占全国石油增产量的 80%；海洋天然气产量约为 3×10^{10} m^3，同比增长 15.4%[15]（见图 1），贡献全国天然气增产量的 25% 以上。深水年产量稳步提升，近 2 年超过 1.2×10^7 t，流花油田群、“深海一号”及二期标志着我国深水油气田自主开发能力迈上新台阶。截至 2025 年年底，已超过 18 个海上油气田采用水下生产系统开发。深层开发能力近年来显著提升，2023 年 11 月，我国渤海首个千亿立方米级大气田渤中 19-6（埋深超过 5000 m 的潜山凝析气藏）一期开发项目投产，日产油气当量超过 5200 t；2025 年 2 月，全球最大变质岩潜山油田渤中 26-6 一期投产，目前二期开发项目也已启动。在海上稠油热采方面，我国从 2008 年开始启动，2024 年产量已突破 1×10^6 t，截至 2025 年 8 月底，累计产量已超过 5×10^6 t，主要集中在渤海海域，已建成南堡 35-2、旅大 21-2、锦州 23-2 等多个主力热采油田，成为全球首个实现海上稠油规模化热采开发的国家。

（二）海洋油气装备发展现状

我国海洋油气装备已形成覆盖勘探、钻井、施工、开发的全链条体系。“深海一号”“海基二号”“海葵一号”等一批重大装备相继建成投用，开发能力实现从 300 m 到 1500 m 超深水的历史性跨越，我国跃居全球海洋工程装备第二梯队领先地位[16]。

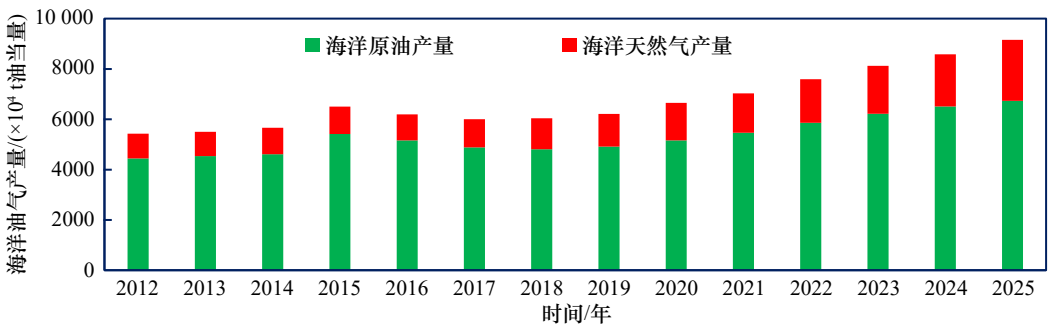


图 1　我国 2012—2025 年海洋油气年产产量（×10^4 t 油当量）

①勘探装备自主化水平显著提升。12缆深水物探船“海洋石油721”具备3000 m作业水深能力；自主拖缆成套装备“海经”完成3000 m超深水三维地震勘探，绘制了我国首张超深水三维地质勘探图，使我国成为全球第三个掌握海洋拖缆地震采集技术的国家[17]；海底节点装备“海脉”建成投用，深水电磁勘探、原位测试取样等装备达到国际先进水平。②钻井装备实现系列化自主发展。“奋进号”“蓝鲸”系列等半潜式钻井平台设计建造水平跻身世界前列[18]，18座半潜平台形成系列化作业能力；超深水大洋钻探船“梦想号”钻深达11 000 m，“深蓝探索”成为全球首个获得挪威船级社智能认证的钻井平台。③施工装备能力持续增强。建成国际先进水平的深水作业船队，形成1500 m深水作业能力，半潜式起重船设计建造居世界领先水平；“海洋石油201”具备3000 m水深海底管道安装能力，完成荔湾、流花、陵水等重大工程；“JSD6000”具备3000 m超深水J型／S型铺管作业能力。④开发装备实现重大突破。在导管架方面，“海基二号”以总高338.5 m、总重近3.7×10^4 t刷新亚洲纪录，标志着我国深水超大型导管架自主设计建造能力达到世界一流水平[19]。在浮式方面，全球首座十万吨级半潜式生产储油平台“深海一号”投产，实现半潜平台立柱储油等3项世界首创[20]；亚洲首艘圆筒型浮式生产储卸油装置“海葵一号”与“海基二号”协同实现我国首个超亿吨深水大油田流花11-1/4-1规模化开发；我国在役浮式生产储卸油装置（FPSO）达14艘、总吨位居世界前列[21]。在水下生产系统方面，首套国产化深水水下采油树投产，500米级深海水下控制系统、全球首套千米级深水发球管汇相继建成投用，水下装备实现从浅水到深水、从依赖进口到大范围国产化的跨越[22]。总体而言，海洋油气装备自主化水平的整体跃升，为我国油气增储上产和海洋强国建设提供了坚实支撑。

表1　我国典型海洋油气装备统计表

序号	装备类别	装备名称	装备类型	关键参数与创新亮点	投产／建成时间
1	勘探及勘察	海洋石油708	深水工程勘察船	最大作业水深为3000 m，全球首艘集钻井、水上工程、勘探功能于一体的深水勘察船	2011年
2		海洋石油721	深水物探船	可拖带12根8000 m地震采集电缆；最大作业水深为3000 m；多次刷新国内三维地震采集记录	2014年
3	钻井	奋进号	半潜式钻井平台	作业水深为3000 m、钻深超10 000 m；2025年刷新我国超深水钻井周期纪录	2012年
4		蓝鲸1号	半潜式钻井平台	作业水深为3658 m、钻深为15 250 m，全球最大半潜式钻井平台（双钻塔设计）	2017年
5		梦想号	超深水大洋钻探船	最大钻深为11 000 m；我国自主设计建造的首艘大洋钻探船	2024年
6	施工	海洋石油229	大型下水驳船	亚洲第一、世界第三大海工驳船，导管架运输下水能力为3.85×10^4 t	2008年（2022年改造）
7		海洋石油201	深水铺管起重船	世界首艘3000米级深水铺管起重船	2011年
8		海洋石油286	多功能水下工程船	我国首艘3000米级多功能海洋工程船，DP3动力定位、400 t深水吊机	2014年
9		JSD6000	深水起重铺管船	国内首制J型／S型双模式铺管船，作业能力达3000 m水深	2024年
10	开发	深海一号	半潜式生产储油平台	作业水深为1500 m，全球首座十万吨级半潜式生产储油平台，实现立柱储油等3项世界首创	2021年
11		海基二号	深水导管架平台	亚洲最高最重深水导管架，总高为338.5 m、总质量为3.7×10^4 t	2024年
12		海葵一号	圆筒型FPSO	亚洲首艘圆筒型FPSO，最大储油量为6×10^4 t，可连续运行15年不回坞维修	2024年

（三）海洋新能源及碳封存发展现状

我国海洋新能源与碳封存技术正处于规模化示范和产业化起步并行的发展阶段，海上风电产业规模“领跑”全球，海上光伏有序开展试点，海上碳捕集、利用与封存（CCUS）实现工程化突破，天然气水合物试采取得阶段性进展，海洋能开展多点探索，共同构成了海洋能源低碳转型的发展基础。海上风电实现规模化跃升，浮式风电加速突破（见表2）。截至2025年年底，全国海上风电累计并网容量达4.7×10^7 kW，新增装机约为6.59×10^6 kW/a，累计与新增装机规模均稳居全球第一[23]。“十四五”时期，海上风电开发持续从近海浅水向深远海拓展，工程融合场景不断丰富。截至2026年5月，国内首座深远海浮式风电与油气融合平台7.25 MW“海油观澜号”已稳定运行超35个月，累计发电突破6×10^7 kW·h；2026年8月全球首座16 MW张力腿浮式风电平台“海油安澜号”成功接入陆丰油田电网，标志着我国浮式风电实现了油气生产的场景融合，并已开展多种类型浮式基础的探索[24]。近年来，海上光伏首批工程化项目陆续落地，能力快速提升。山东、江苏、广东等沿海省份先后开展近岸光伏建设，探索抗腐蚀、抗风浪的海上光伏结构型式与系统集成技术，为后续规模化推广奠定基础。海上碳封存技术已开展多项工程示范。恩平15-1油田建成国内首个海上CCUS项目，创新“以碳驱油、以油固碳”开发模式，针对高含二氧化碳油田实现伴生碳的就地回注与封存，高峰年封存能力达3×10^5 t[25]。我国首个海上注碳增气技术示范应用东方1-1气田CCUS项目加快推进，全面投产后预计每年可在地层封存二氧化碳超1×10^6 t[26]。2025年我国在南海琼东南海域1700 m的超深水环境下成功实施了全球首次深海二氧化碳水合物固化封存探索性海试[27]。我国是第4个具有水合物试采能力的国家，2017年首次在南海成功实施天然气水合物试采并完成国产自主水合物钻探和测井技术装备海试；2023年成功实施水合物与深海浅层气联合试采，单井日均产气量突破1×10^5 m³，为全球最高。我国海洋能应用示范稳步推进，正处在由技术验证向规模化开发转变的关键阶段。潮流能、波浪能与温差能取得显著进展，LHD潮流能发电站累计发电量超过1×10^7 kW·h，并入选国际能源署“全球海洋能20大亮点工程”，世界首台兆瓦级漂浮式波浪能发电装置“南鲲号”成功并网运行，20 kW漂浮式温差能发电装置在南海完成海试。

表2　我国已投产的海上浮式风电项目

项目名称	投产时间 / 年	海域	风机功率/MW	水深/m	离岸距离/km	基础排水量/t	风轮直径/m	项目特点
三峡引领号	2021	粤西沿海（阳江沙扒）	1×5.5	28~32	30	13 000	155	全球首台抗台风型漂浮式风电机组；国内首个漂浮式海上风电平台，完全自主知识产权
中船扶摇号	2022	琼州海峡（湛江徐闻罗斗沙）	1×6.2	65	12.8~14.5	15 600	152	国内首台深远海域抗台风型浮式风电机组；一级部件100%国产化
海油观澜号	2023	海南文昌（文昌油田）	1×7.25	120	136	11 214	158	国内首座“双百”深远海浮式风电平台；首创“风电+气电+智慧电网”微电网模式
国能共享号	2024	莆田南日岛	1×4	35	2.3	8700	130	全球首座风渔融合浮式平台，水上发电、水下养鱼
明阳天成号	2024	阳江青洲四风电场	2×8.3	40	67	15 155	182	全球单体容量最大漂浮式风电平台（16.6 MW）；全球首台双风机漂浮式平台
海油安澜号	2026	珠江口盆地（陆丰油田群）	1×16	136	136	15 000	260	全球首座16 MW张力腿浮式风电平台；水深最深、离岸最远的张力腿平台（TLP）；首创全钢缆式张力腿系泊系统

三、能源强国目标下我国海洋能源领域发展面临的主要挑战

（一）近海油气稳产面临优质储量接替不足与用海受限挑战

近海油气是我国海洋油气产量的主力军，但其稳产局面正面临严峻挑战。一方面，优质储量接替不足已成为制约持续稳产的首要难题。当前，我国近海老油田普遍步入高含水、高采出程度的“双高”阶段，而新发现储量则不断向“小、低、边、稠、浅”等劣质类型倾斜。海上新增储量中，复杂油气藏占比持续走高[28]，由此带来的开发难度与桶油成本显著上升。另一方面，用海空间受限进一步加剧了稳产难度。渤海作为全国第一大原油生产基地[29]，是我国最重要的海洋油气资源分布区和勘探区，但渤海属半封闭内海，油气资源实际动用涉及军事、航道、生态、用海等多主体审批，加之海上风电等新兴用海产业快速发展，与海洋油气开发工程用海空间重叠冲突日益突出[30]；2023年新版《海域使用论证技术导则》（GB/T 42361—2023）对海洋油气工程用海提出更高要求。在优质储量接替不足与用海受限的双重挤压下，近海油气稳产面临严峻挑战。

（二）深远海作业范围及保障体系仍待拓展

一是开发水深与回接距离拓展不足：我国海洋油气开发能力已达1500 m水深级[31-32]，但较国际先进3000 m水平仍有代差[33-34]；水下生产系统最远回接距离为115.5 km，较国际先进的195 km（挪威Askeladd West气田）差距明显。TLP、浮式液化天然气生产储卸装置（FLNG）、用于拓展水下气田开发范围的水下湿气压缩机等尚未国产化[35]，深水系泊与立管等配套系统在恶劣海况下的作业可靠性不足，制约我国深远海油气资源开发范围的拓展。二是深远海施工作业装备能力不足：装备规模与结构差距明显，在役深水铺管船、水下工程船规模不足，无半潜式起重船，高端船型结构失衡；装备性能与技术短板突出，全系列作业能力集中于1500米级，钻井平台超深水作业经验不足；铺管船在J型/卷筒式、半潜式铺管船等高附加值领域仍需追赶；起重船能力集中于4000~5000吨级、较国外20 000吨级差距明显；万吨级平台弃置、大型浮托安装装备缺失；水下工程船超深水大型管汇安装受限，制约深远海油气常态化作业。三是深远海保障基地建设亦显不足：现有后勤保障体系呈“散、弱、缺”短板，基地多依托近岸港口，布局分散、协同不足，8~12 h应急响应范围仅覆盖潜在开发海域约20%；远海通信覆盖不足、物资补给依赖长途转运，缺乏统一调度与应急指挥平台[36]，难以支撑深远海能源规模化开发。

（三）海洋能源装备部分核心材料、元件和设备仍存在对外依赖的情况

海洋能源装备不同于汽车等通用装备，其需求量小、定制性强、服役场景特殊，研发技术难度高、周期长、资金消耗大，然而回报率不稳定，客观上限制了装备的研发创新。海洋能源开发涉及海域环境复杂、要求严苛，所需的部分高性能材料研发滞后，核心元件、关键设备依赖进口，尤其是高端和深海装备对外依存度仍然不容乐观。以海洋钻井装备为例，当前产品以中低端市场为主，产业整体技术水平仍待提升；高端海洋钻井设备，特别是深水钻井设备对外依存度高，如大功率顶驱、钻井绞车、升沉补偿装置、隔水管张紧装置、控制系统、防喷器等尚未实现突破。对于浮式生产设施，柔性立管、单点、动力定位系统、外输漂浮软管、系泊张紧器、钢缆、柔性接头等仍然存在一定的依赖性。对于水下生产系统，水下采油树的部分关键部件——传感器、流量计等，水下管汇的水下控制模块等需要进口，水下变压器外壳密封和防腐技术、压力补偿技术和散热技术仍需依赖国外，水下分离器、水下压缩机等前沿装备国内仍处于探索起步阶段。

（四）海洋油气与其他能源资源融合开发仍处于起步阶段

我国近海风能、油气、光伏等资源叠合分布，但融合立体开发仍处于单体示范阶段。挪威Hywind Tampen浮式风电场（总装机为88 MW）已为油田群开展规模化供电，我国仅有“海油观澜号”“海油安澜号”等单体项目示范。现行制度多以单一能源开发为导向，未能充分考虑融合场景下的权责划分与资源协调，多种能源开发之间存在区块重叠问题，资源配置效率有待提升，如油气矿产与海上风电在开发使用权年限上的制度不衔接，立体用海制度仍待优化。同时，融合发展涉及地方政府、电力

公司、电网企业等多元主体，职责和利益协调难度大，进一步加剧了项目的不确定性。当前，海上多能融合开发仍处于起步阶段，在设备接口、安全生产、并网消纳等方面的法律法规、技术规范和系统化标准仍需进一步完善。海上电力消纳能力有限，电网接入与调度能力尚未形成有效配套，制约了风电输出的稳定传输与系统运行的安全性，风电与油气田融合的微电网调节难度大，远海消纳能力尤其不足。多能融合开发在商业化过程中仍面临技术成熟度不足、系统集成难度大等多方面挑战，如浮式风电的最优浮式基础类型仍需探索，海上制氢等配套关键技术尚未成熟，潮流能、波浪能等单一能种技术仍待收敛。

（五）标准规范、测试认证、软件等软实力体系建设仍亟待提升

在标准规范方面，以海洋油气装备中浮式生产设施为例，现行的标准规范大部分由西方国家制定，我国基本上采用等同或等效翻译的手段借鉴国外标准，对我国海域、油气田实际情况的适配性、产品的通用性等匹配度不够，亟需建立自主的标准规范体系；对于海洋浮式风电、海洋能等新兴领域，国际标准规范体系尚未完善，北欧、西欧等均在开展前沿探索且意图通过规则建立壁垒，围绕此领域的国际博弈日趋激烈。在测试认证体系方面，我国已经完成部分海洋能源关键装备的自主化研制，亟需在投用前对其开展应用测试以验证其性能并进行权威第三方机构认证，但我国的相关测试和认证体系还不够完善，主要体现在部分装备的测试水池功能和装置条件等不够健全、测试流程和方法尚不够规范、国内的认证机构资质和能力距离国际先进水平仍有差距，影响了海洋能源新技术应用的推进速度。在软件系统方面，尽管已有一些自主研发的设计、分析、校核软件，但在功能和性能上与国际先进水平相比仍有差距，如现行的多数海工装备有限元模拟分析、油藏分析、地质资料解释处理等多依赖于国外软件，亟需建立自主的软件体系。

四、能源强国目标下我国海洋能源功能定位与发展路径

能源强国战略目标的首要任务是保障能源安全，海洋能源领域需持续贡献稳定的油气产量，除了对近海资源进行进一步挖潜，向新的领域拓展将是重要的发展路径，新的领域既包括油气资源探明程度和开发程度都偏低的区域、获取海外潜在海洋油气资源，也包括当前开发规模还不大的各类海洋新能源[37]。此外，能源强国的建设也包括实现能源低碳转型，因此对于各类低碳型的海洋能源的开发乃至融合开发也将成为未来发展重点。在海洋强国目标下，海洋能源领域将通过资源绿色开发持续贡献海洋经济的重要组成，通过征服各类复杂新环境、新领域实现海洋能源装备和技术的革新，推动海洋产业和科技的跨越式发展；同时，通过国际合作，构建海洋命运共同体[38]，持续提升国际资源获取能力、装备、标准的话语权。因此，在能源强国和海洋强国两大战略目标交汇的海洋能源领域，功能定位主要在于：国家能源安全的“战略接续区”——通过拓展资源开发边界和类型增强资源保障与接替；绿色低碳转型的“核心引擎”——通过海洋新能源的开发和碳封存技术发展支撑碳中和目标实现；海洋科技自立自强的“创新高地”——通过征服复杂环境、突破新型装备、研发新型材料等实现对海洋科技的牵引；海洋命运共同体的“示范区”——通过持续增强全球资源配置和技术装备辐射能力打造全球海洋治理的典范。围绕上述功能定位，海洋能源发展应重点从四条发展路径予以推进：以深远海及复杂环境开发拓展资源利用范围，以智能化运营和适用场景下的无人化作业提高安全与效率，以多能融合、立体开发和碳封存促进资源集约利用与低碳转型，并以国际合作提升资源开发、技术装备及全生命周期服务的竞争力。

（一）进军“深、远、冷”等更加复杂的海洋环境

当前，全球近海、中浅水能源开发技术已经非常成熟，深水及超深水领域油气年产量逐年上升（见图2），未来深远海及极地冷海的能源开发将成为重点拓展方向。目前人类开发油气已从深水区（300 m≤水深<1500 m）拓展到超深水区（水深≥1500 m），开发水深最深的项目为位于墨西哥湾近3000 m水深的壳牌Stones油田[39]，单一勘探井钻井最深水深为Ondjaba-1井（水深为3627 m）[40]。我国海洋能源开发正不断迈向新的深水领域，油气开发

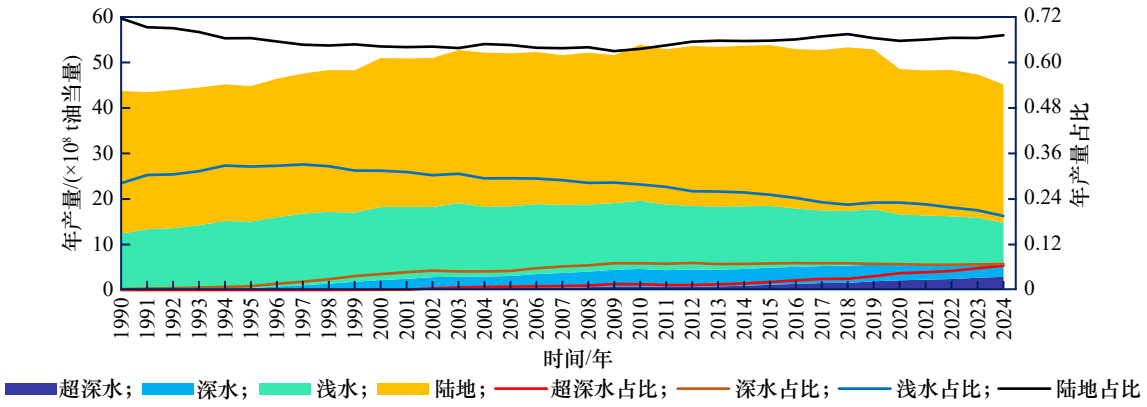


图 2　1990—2024年全球油气年产量分布

已达1500 m（“深海一号”）[41]，海上风电开发水深已达136 m（“海油安澜号”）[42]。与西非、巴西等深水海域相对温和的环境条件不同，我国南海深远海的环境条件十分恶劣，具有台风频发且伴随强波浪、高速海流、海底大陡坡等显著特点，给开发活动带来巨大挑战[43]。特别是应对3000 m及更深水域时，装备需在承压能力、稳定性、耐用性等方面实现突破，以确保在极端深海环境下的安全高效作业，深远海开发活动的运维保障和应急救援难度也应显著提升。开发装备的功能需求更加复杂多样，趋向深水化、水下化发展，更加大型化、多功能化，能够适应深远海需求的装备将成为下一步发展重点。此外，极地冷海的油气开发也在快速发展，我国已经通过参与极地油气开发项目获取了大量的装备订单和油气资源[44]，适应极冷海域环境的装备和开发技术（抗冰技术、低温材料等）将成为未来的重要发展方向。

（二）全面推动智能化、无人化转型

通过第五代移动通信、人工智能和大数据技术的发展，数字孪生、虚拟现实和增强现实技术与海洋能源技术深度融合，智能化、无人化将为未来的海洋能源开发转型全面赋能。海洋能源大数据的挖掘和利用可以为海洋油气的勘探开发提供更好的决策支撑，海上油气田、风电场将实现从勘探、施工、开发、生产、管理到决策环节的全流程数字化和智能化，专业间壁垒会进一步打破，实现协同作业[45]。在海上数字油气田的建设方面，应实现海上井口平台无人化、海上中心平台少人化、海上油气田台风模式操作能力常态化配置，更多的操作与维护准备工作将在陆地远程完成，远程控制中心将会发挥更加重要的作用。在智能制造方面，应提升海洋装备建造和运维的智能化水平，通过智能制造推动海洋油气工程建设和装备少人化，以实现海洋装备的现代化升级，提高开发效率；并将通过对现有海洋装备的改造，使其能够搭载无人平台和具备出动回收保障能力，以进一步提升海洋装备的作业范围和能力。海洋能源公司应与互联网公司加强合作，加快推进数字化转型，以网络化、数字化、智能化支撑海洋能源开发、生产与运营模式的变革。

（三）加快探索海洋低碳能源多能融合、立体开发

目前已有130多个国家和地区设定碳中和目标，在全球绿色能源低碳转型和“双碳”目标引领下，海洋能源行业正在加快低碳发展转型，从单一油气产品向多元化、清洁的能源转变。海洋能源的低碳化发展将成为主流，更加注重生产流程中的碳捕集；咸水层、枯竭油气藏、CO_2水合物法封存等多种类型的海洋碳封存及注CO_2提高采收率等CCUS技术成为探索的热点；海洋碳汇、海洋能源生产中的碳资产和碳评价的价值将获得进一步发掘和重视；海上风电、海上光伏技术将逐步降本，海上氢能和储能技术的利用有望进一步获得突破，潮流能、波浪能技术将朝着商业化开发进一步迭代，对海洋温差能、地热能等的探索也将进一步深化。我国的海洋能源不仅具有极佳的资源禀赋，更呈现明显的叠合分布特征，海洋多能融合、立体开发应成为未来的重点探索方向。海上油气融合其他能源开发可摊薄高成本海洋能源的开发成本；海上风电为油气田供电可显著降低生产碳排放；风电制氢融

合可解决海上电力消纳难题；风电、光伏、牧场、制氢、海洋能融合的“综合能源岛”新模式，可实现海域空间资源的高效利用；融合 CCUS 可进一步挖掘碳资产价值。未来还可结合海水提矿、深海采矿、滨浅海采矿等海洋资源开发，实现海洋立体开发。

（四）在资源、装备和标准层面加大国际合作力度

在全球能源格局深度调整与海洋产业分工重构的背景下，国际化发展是我国海洋能源行业保障资源供给、提升产业竞争力、增强国际话语权的必然路径。我国海洋能源行业自起步阶段便以国际合作为基础，1987 年与日本合作的埕北油田成为我国首个海上商业性合作开发油田，1996 年与阿莫科石油公司合作开发的流花 11-1 油田成为我国首个深水油田，2014 年与哈斯基能源公司合作开发的荔湾 3-1 气田成为我国首个深水气田[46]。我国海洋能源国际合作领域将从上游勘探开发进一步拓展至全产业链，合作模式从技术引进转向互利共赢。海洋油气资源国际合作布局持续完善，南美洲巴西、圭亚那等深水区块成为产量增长的重要来源[47]；尼日利亚 OML130 深水区块已稳定运营多年，莫桑比克 5 个海上区块稳步推进；欧洲区域通过持有英国北海油气田权益与俄罗斯液化天然气（LNG）项目股权，实现了成熟产区与前沿技术的布局平衡，海外资产将成为保障国家能源安全的重要补充。近年来，我国海洋能源装备合作标杆项目不断涌现，壳牌企鹅圆筒型 FPSO 建造项目标志着我国全面掌握所有船型 FPSO 建造及集成总装技术；俄罗斯亚马尔 LNG 项目作为中俄北极能源合作标杆，中国企业承担了近 85% 的模块建造任务；巴西盐下油田 Mero、Buzios 等项目的多艘深水 FPSO 由中国企业完成船体建造与上部模块集成；我国海工企业还为中东、东南亚地区提供海洋平台设计、建造、安装全链条服务。随着多点布局、多元拓展的国际化市场网络基本成型，未来海洋装备合作全球布局将迈上新台阶。海洋新能源领域国际合作也应加快拓展，通过技术引进、联合研发、项目共建等方式，与欧洲、东南亚国家在海上风电、光伏和制氢等领域开展合作，同时逐步参与国际标准制定，提升在海上风电、光伏等领域的影响力，为海洋能源领域的发展提供新动能。

五、能源强国目标下我国海洋能源领域重点发展方向

（一）重大装备体系建设

重大装备是将海洋能源资源转化为稳定产能的物质基础，也是深远海能源开发的重要工程支撑。随着水深、离岸距离和海况复杂度增加，我国海洋能源开发将迈向新的领域，重大装备体系也应达到新的标准。围绕能源强国目标下的海洋能源发展需求，建议补强海上施工作业装备、水下生产系统、浮式生产设施尤其是 FLNG 等重大装备，打造自主设计、配套可靠、指标先进和规模应用的装备体系。

1. 补足局部短板，全面提升深水作业装备能力

深水施工作业装备能力直接决定海洋能源开发的作业范围与效率，亟需形成覆盖全场景、自主可控的深远海作业装备集群。当前，我国已基本形成 1500 米级深水工程作业装备能力，但深水钻井平台规模仍然不足，半潜式起重船、J 型铺管船等高附加值领域仍被国际工程巨头主导，大功率深水无人遥控潜水器（ROV）等关键配套设备依赖进口，尚未形成 3000 米级超深水整体作业能力。面向能源强国目标下海洋能源领域发展需求，应推动建造新一代深水钻井平台，扩充深水钻井作业船队规模，攻关深水海底大深度钻井、深水 / 超深水控制压力钻井、超深水双梯度钻井泥浆举升、深水轻型修井系统等深水钻井核心装备，提升大功率顶驱、钻井绞车、防喷器等关键设备国产化水平；研制 3000 米级超深水重型起重铺管船，发展配备大吨位垂直铺设系统、千吨级大吊机、万吨级甲板可变载荷与 DP3 级动力定位系统的深水多功能重型工程船；建造万吨级整体平台弃置作业船、大型浮托安装船，补齐极限吊装与复杂海况作业短板；研发适配甲醇等清洁动力、满足大兆瓦机组施工需求的深远海绿色智能风电安装船，推动油气作业与新能源安装装备能力协同跃升，为深水油气增储上产和海洋新能源规模化开发提供坚实的装备保障。

2. 突破水下增压等前沿技术，打造水下梦工厂

水下梦工厂即全水下油气生产系统，将油气生产、处理、增压与分离功能移至海底，由井口、采油树、管汇、控制系统等常规装备及水下增压等前沿技术构成，是深水油气开发的关键。我国水下采

油树、管汇等常规装备已实现国产化的突破，但系列化水平不高；水下压缩机等前沿装备仍处于科研或样机阶段，与国际先进水平存在代差。为推进水下梦工厂建设，一是推进常规水下装备国产化系列化，依托现有产业基础与产业集群，补齐水下采油树、管汇、阀门、连接器、控制系统、动态脐带缆等设备的水深与压力等级系列，提升传感器、控制模块、变压器等关键部件自给率，推进示范应用，分阶段形成500米级、2000米级、3000米级成套装备供给与规模化应用能力；二是突破水下增压、水下多相泵、水下分离、全电式控制、水下供配电等前沿技术，开展工程样机研发与海上试验，推动关键技术向工程化应用跨越，打造覆盖全生产流程的水下梦工厂，支撑深远海油气资源高效开发。

3. 打造完整的产业链，完善深水油气开发浮式生产设施能力

浮式生产设施是拓展海洋油气开发边界的关键支撑。我国浮式生产设施总装建造能力较强，但自主设计、核心配套和测试认证仍有短板[48]；面向南海的半潜式生产平台、船型FPSO、圆筒型FPSO谱系尚不完备，缺乏TLP及适合南海深远海工况的新型浮式装置，单点系泊、柔性立管等关键系统能力仍需提升。应逐步完善半潜式生产平台、船型FPSO、圆筒型FPSO、TLP多尺寸谱系，推进标准化设计与模块化建造；研发适应我国南海深远海工况的新型浮式装置；突破“浮体–系泊–立管–海床”基础耦合分析，攻关抗台风在位生产、安全解脱复位和深水单点系泊外输；突破高强耐蚀立管材料、柔性接头和张紧器研制及抗疲劳设计，加强锚固与状态监测体系；打造南海深水海试基地，完善中试海试、检验认证、智能控制和运维保障体系，形成深水浮式装置全链条总包和国际服务能力。

4. 从加工建造到掌握核心工艺，实现FLNG装置国产化应用

FLNG集天然气生产、液化、储存、卸载于一体，是深远海气田独立开发的核心装备。我国南海天然气相当一部分位于深远海区域，缺乏海底管网与陆上终端依托，FLNG可灵活部署实现海上就地液化，再由LNG运输船直接外运，可大幅降低深远海气田开发门槛。我国FLNG产业已实现整船建造与总包交付的突破，已完成年产量60万吨级Tango FLNG和240万吨级NGUYA FLNG交付，交付速度和整体建造集成能力跻身国际第一梯队，且仍持有Genting、Esperanza等多艘建造订单，但核心技术与高端部件仍存在明显短板，整体上仍处于“建造集成领先、核心工艺跟随”的发展阶段。为推进FLNG重大装备的国产化应用，应开发适用于海上浮式条件的紧凑式天然气预处理工艺与成套设备，解决海上空间受限与晃荡工况下的气液分离效率问题；在液化工艺方面，开发具有自主知识产权的大型混合制冷剂液化工艺包，推进低温透平膨胀机、大型绕管式换热器、深海低温泵等核心设备的国产化攻关；在LNG储存方面，需攻关大型低温储罐设计建造技术，提升储罐在海上晃荡环境下的结构安全性与绝热性能；研究并制定改造旧LNG运输船用于建设改造型FLNG的方案；落实目标气田，推动自主设计建造的FLNG在海外区块或者南海深远海气田的示范应用。

（二）关键技术发展方向

1. 深水深层油气勘探技术

为应对我国海上深水深层（水深≥300 m、埋深≥3500 m）油气勘探面临的构造演化复杂、地震资料品质差、储层致密难识别、工程成本高昂等严峻挑战，亟需构建“精确成像–精准识别–安全钻探”三位一体技术体系：研发适用于海底崎岖环境的拖缆–节点地震联合勘探、地震–大电流海底电磁联合勘探技术，发展宽频地震采集，攻关全波形反演、粘弹性叠前深度偏移等处理技术，大幅提升深部地层信噪比与分辨率，实现有利储层精准预测；建立耐极端高温（≥200 ℃）、高压（≥138 MPa）海上超深井安全提速钻井技术装备体系，实现深层高效钻井；开展海上深层地质工程一体化技术创新，提升海上深层油气田开发技术。

2. 近海／复杂油气藏提高采收率技术

针对近海／复杂在产油气田面临的储层非均质性强、剩余油分布零散、含水率高、资源调配难等开发难题，应加快攻关提高采收率技术：针对高含水复杂油藏，攻关智能分舱、筛盲组合等控水手段，以及基于地震定量评价的“甜点”精准预测技术，精细刻画剩余油分布；研发适应狭小平台空间的大排量压裂与压驱一体化大规模精准储层改造工艺，以及天然气／CO_2近混相驱、循环注气等气驱提高采收率方法，破解海上低渗及凝析气藏开发瓶

颈；攻关多分支井轮采、非连续化学驱规模化与海上大井距多层合采丛式井网加密协同增效等低成本技术，盘活近海 / 复杂高含水老油田、边际储量和用海受限储量，最大化海上油气采收率。

3. 海洋能源开发智能化技术

智能化已成为海洋能源开发降本增效、保障安全生产的必然选择，应构建覆盖勘探、开发、生产、管理全链条的海洋能源数据湖与数据治理体系，夯实数据底座；突破海洋地震解释大模型、海上智能钻完井、生产动态智能优化、装备故障诊断与预测性维护等人工智能核心算法与工业软件；发展数字孪生、云边协同技术，推进井口平台无人化、中心平台少人化和台风模式常态化运行；推动智能巡检机器人、无人机、水下机器人与海上第五代移动通信 / 卫星通信融合应用，构建海陆一体化智能运营体系，支撑海洋能源安全智能开发。

4. 深远海浮式风电技术

由于近浅海风电开发日趋饱和、用海矛盾突出、固定式基础受水深限制，应通过浮式风电技术实现我国深远海风电资源的规模化开发：突破低成本轻量化浮式基础设计建造技术，推进TLP等新构型研发，降低基础成本；实现系泊缆、锚固装置等关键部件国产化；提升高压动态海缆抗疲劳性能，突破超高压绝缘材料，保障远距离输电；研制抗台风大容量机组，攻克主轴承等核心部件，提升装备自主可控水平；发展柔性直流、低频交流输电技术；完善深远海风电消纳渠道，降低度电成本，推动浮式风电规模化发展。

5. 天然气水合物、浅层气与深部气三气联采技术

鉴于水合物单纯开发产量低、持续时间短，结合我国南海天然气水合物、浅层气与深部气藏共存的资源禀赋现状，应推动水合物–浅层气–深部气“三气联采”。从南海目标盆地整体、主要水道、试采区三个尺度开展沉积体系、层序地层、钻井和三维地震资料的解释研究，揭示水合物、浅层气和深部气复合成藏机理；开展超浅层气田储盖层变形及动态封盖能力评价并提出井网部署策略；突破水合物储层精准着陆、安全钻进与井筒长效防砂关键技术，建立水合物钻完井可靠性评价与开采技术标准；攻克多分支井井眼防砂及重合段储层裸露垮塌、多井筒协同稳定、多层多压力体系间协同开发的难题，提出多分支井高效防砂方案；完善水合物试采平台功能，提升海洋钻井平台用于水合物开发的功能适配度，构建“三气联采”工程技术方案和装备体系；择机开展目标气田示范应用。

6. 海底碳封存及利用技术

我国沿海工业源密集、碳减排需求迫切，海域碳封存潜力达2.58×10^{12} t[49]，亟需发展海底碳封存及利用技术，实现CO_2大规模封存与资源化利用：建立海上封存容量评价方法，健全海洋碳足迹跟踪识别和碳交易机制；攻关低能耗CO_2捕集技术，研制国产化高效碳捕集装备；研制液态CO_2运输船等装备，探索最优输送路径；突破海上CO_2注入与封存钻完井长期监测与泄漏风险管控技术；形成海上低成本枯竭气藏、咸水层CO_2封存技术，突破海洋CO_2水合物固化封存技术，发展CO_2驱油提高采收率与矿化利用技术，探索CO_2资源化利用新方法；建设千万吨级海上碳捕集利用与封存集群，开展规模化示范，引领海洋负碳产业发展。

7. 海上多能融合开发技术

结合我国海上油气、风能、太阳能、波浪能、地热能等资源叠合分布的禀赋特征，探索海上多能融合开发技术。面向油气生产平台新能源供电集成场景，攻克风电、光伏与油气生产系统的功率匹配与稳定控制技术，构建“油气+新能源”一体化微电网；突破浮式光伏、潮流能、波浪能、温差能等单项技术并确定最优技术路线，实现单一能种效率最大化；发展一体化耦合、动态调节及组网技术，通过时空互补与系统调度平抑波动，提升能源供应稳定性与消纳效率；突破深远海多能平台集成技术，破解浮式基础共用、设备紧凑布置、多系统耦合控制等技术难题，开发兼具油气生产、风电发电、光伏利用等功能的多功能浮式平台；推进多能融合设计、施工、运维的统一技术标准体系建设，破解跨领域技术规范不衔接的问题，支撑产业规模化发展。

8. 海上制氢、储氢、运氢技术

拓展氢能供给的海洋场景，发展海上制氢、储氢、运氢一体化技术对推动海洋能源低碳转型、构建绿色氢能供给体系具有重要意义。在制氢方面，攻关适配海洋高湿高盐环境的高可靠、长寿命电解槽技术，突破直接电解海水制氢技术及装备，探索浮式平台六自由度运动对制氢系统的影响机制与减振适配技术，并实现海上制氢大幅降本和提效。在

储氢方面，针对海上平台空间受限特点，重点发展高压气态储氢、低温液态储氢与固态储氢技术，提升储氢密度与安全性。在运氢方面，探索海底管道输氢、液氢运输船等多种运输方式，突破海洋环境下输氢管道材料腐蚀、氢脆防控等技术难题，构建适配海洋场景的氢能“产储输”一体化技术体系。

六、推动我国海洋能源发展的对策建议

近海稳产、深远海拓展、重大装备研发和多能融合探索等任务，涉及海域资源配置、技术研发应用及陆海设施配套，需要在不同能源开发主体、科研机构和沿海地区之间加强统筹。建议加强用海协调规划、科技创新组织、保障基地协同和国际合作体系建设，助力实现能源强国目标下海洋能源领域的全面提升和发展。

（一）加强用海协调及立体规划，盘活海洋能源融合开发潜力

健全油气矿业权与生态保护、航运通道、军事活动区等规划衔接机制，统筹国管海域能源资源叠合调查、空间布局和场址开发规划。持续加大海上油气勘查力度，重点查明风能、太阳能、地热能等与油气资源的叠合关系，摸清资源禀赋、品质、分布和开发条件，形成叠合分布图谱及分区开发指引。完善海域立体分层设权和用海管理制度，明确水面、水体、海床及底土等空间层级的用海边界与准入规则，推动油气、海上风电、光伏、渔业等兼容用海，平台、管线和输电通道等设施共建共享。开展海洋页岩油气、压溶气及氦气、锂等非常规和伴生资源潜力评价，加强成藏成矿与富集机理研究，推进勘探开发和综合利用技术攻关，拓展海洋油气、新能源与新型伴生资源协同开发空间。

（二）健全海洋能源科技创新体系，培育海洋能源新质生产力

以科技创新推动海洋能源技术跃迁、要素重组和产业升级，加快形成高技术、高效能、高质量的新质生产力。围绕深水油气、天然气水合物、深远海风电、海洋能和海上 CCUS 等前沿领域，加强“产学研用”体系建设，组建行业创新联盟，依托海洋能源领域全国重点实验室强化基础研究和共性技术供给。部委、央企、高校、设备厂家联动，创新任务牵引、协同攻关的科研组织模式，贯通基础研究、关键部件研制和系统集成，推动试验设施开放共享，健全可靠性、成熟度评价和标准体系。推动一批“卡脖子”装备研发制造和应用示范，合理整合优势突出、特点鲜明的工程装备创新中心和试验场区布局，助推装备研发孵化。通过测试认证、首台（套）试点和综合开发示范，打通科研成果工程化、产业化“最后一公里”。加强复合型人才培养和持续研发投入，促进创新链、产业链、人才链深度融合。

（三）加强沿海省份产业布局，提升海洋能源保障基地能力

加强沿海省份陆海统筹与海洋能源产业布局，将海洋能源发展纳入沿海省份发展规划，结合各地资源禀赋、能源需求与装备制造优势，推动行业发展与地方经济有机融合。因地制宜统筹考虑国家海洋安全与维权、海洋油气生产保供基地、海洋电力消纳路径、海洋装备制造基地建设、海洋应急救援保障基地建设、海洋能源科技创新中心等发展需求，兼顾全国发展需求和地方特色做好海洋产业的规划。提升海洋新能源产业保障能力，围绕海上风电、海洋油气等清洁能源开发，完善并网消纳、运维检修与产业链配套保障。提升深远海保障基地能力，针对现有保障体系“散、弱、缺”短板，构建“核心母港 – 区域枢纽 – 前沿支点”三级体系，完善深水港口、物资补给、通信数据与应急响应网络，健全跨区域协同调度与资源共享机制，织密向深远海延伸的保障网络。

（四）完善海洋能源国际合作体系，打造海洋能源领域的国际优势

坚持互利共赢的合作理念，构建全方位、多层次的海洋能源国际合作体系，提升我国在全球海洋能源治理中的影响力。深化油气资源国际合作，拓展与资源国尤其是深海油气领域的联合勘探开发，巩固多元化资源供给渠道，并形成资源与技术双向流动的合作格局。推动我国海洋能源装备、技术、标准、服务一体化输出，加快海外区域运维与本地化基地布局，搭建全球服务网络，打造中国海工装备国际品牌。构建国家级海洋能源装备出海协同联

盟，统筹海外市场布局，分区域设立海外产业代表处，避免国内企业同质化低价竞争。强化国际标准与认证双向互认，系统性破除海外制度壁垒，积极参与国际海洋能源标准制定，推动我国优势技术标准国际化，在海洋新能源、海上CCUS等领域争取更多规则制定权。

利益冲突声明

本文作者在此声明不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: September 20, 2026; **Revised date:** October 23, 2026

Corresponding author: Cheng Bing is a senior engineer from CNOOC Research Institute Co., Ltd. His major research field is marine resource strategy. E-mail: chengbing@cnooc.com.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering projects “Strategic Research on Promoting the Construction of Energy Powerhouse (Phase II)” (2025-PP-07), “Research on Strategic Pathways for Guiding the Rational and Orderly Cross-Border Configuration of Industrial and Supply Chains” (2026-XBZD-001)

参考文献

[1] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议[EB/OL]. (2025-10-28)[2026-08-27]. https://www.gov.cn/zhengce/202510/content_7046052.htm.
Recommendations of the Central Committee of the Communist Party of China for formulating the 15th Five-Year Plan for national economic and social development[EB/OL]. (2025-10-28)[2026-08-27]. https://www.gov.cn/zhengce/202510/content_7046052.htm.

[2] 马建国，徐泉，付勇. 能源强国战略下中国石油新型储能规模化布局与发展路径研究[J]. 蓝海经济，2026(1)：211-229.
Ma J G，Xu Q，Fu Y. Research on large-scale layout and development path of new-type energy storage for PetroChina under the strategy of building a strong energy nation[J]. Blue Ocean Economy，2026(1)：211-229.

[3] 史丹. 全球能源格局演变与中国能源强国建设之路[J]. 东南学术，2026(4)：1-11，246.
Shi D. The evolution of global energy landscape and China’s path to building an energy powerhouse[J]. Southeast Academic Research，2026(4)：1-11，246.

[4] 中华人民共和国自然资源部. 2025年中国海洋经济统计公报[EB/OL]. (2026-03-13)[2026-08-27]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202603/t20260313_2916467.html.
Ministry of Natural Resources of the Peaple’s Republic of China. Statistical bulletin of China’s marine economy 2025[EB/OL]. (2026-03-13)[2026-08-27]. https://www. mnr. gov. cn/dt/ywbb/202603/t20260313_2916467.html.

[5] 邹才能，李士祥，熊波，等. 中国建设“能源强国”的内涵、路径与意义[J]. 石油勘探与开发，2025，52(2)：463-477.
Zou C N，Li S X，Xiong B，et al. Connotation，pathways，and significance of building China into an “energy powerhouse”[J]. Petroleum Exploration and Development，2025，52(2)：463-477.

[6] 王伟. 能源强国建设的理论内涵、关键问题与推进策略[J]. 新视野，2026(1)：13-23.
Wang W. Theoretical connotations，key issues，and advancing strategies for building a leading energy nation[J]. Expanding Horizons，2026(1)：13-23.

[7] 肖立业，潘教峰，王孝炯，等. 能源强国建设目标特征及实施路径探讨[J]. 中国科学院院刊，2026，41(5)：1006-1017.
Xiao L Y，Pan J F，Wang X J，et al. Characteristics and implementation paths of goal for building energy powerhouse[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences，2026，41(5)：1006-1017.

[8] 赵文智，梁坤，李志欣，等. 从能源大国到能源强国：国际经验与中国路径[J]. 中国工程科学，2024，26(4)：9-15.
Zhao W Z，Liang K，Li Z X，et al. Improve China’s strength in energy：International experience and Chinese path[J]. Strategic Study of CAE，2024，26(4)：9-15.

[9] 刘泽洪，陈晨，侯方心，等. 全球能源转型背景下的能源强国建设(二)：能源强国发展与建设路径[J]. 全球能源互联网，2026，9(3)：321-333.
Liu Z H，Chen C，Hou F X，et al. Constructing energy powerhouse in the context of global energy transition(II)：Development and construction pathways of the energy powerhouse[J]. Journal of Global Energy Interconnection，2026，9(3)：321-333.

[10] 王宏志. 以新型能源体系支撑能源强国建设[J]. 中国能源观察，2026(4)：1-4.
Wang H Z. Supporting the construction of a strong energy country with a new energy system[J]. China Energy Observation，2026(4)：1-4.

[11] 邓双军，赵博朋，杨昆鹏，等. 能源转型背景下中国海洋工程装备产业发展趋势及建议[J]. 中国海上油气，2026，38(3)：237-247.
Deng S J，Zhao B P，Yang K P，et al. Development trends and suggestions for China’s offshore engineering equipment industry under the background of energy transition[J]. China Offshore Oil and Gas，2026，38(3)：237-247.

[12] 饶伟，曹柏寒，李志川，等. 我国海洋能源综合开发路径思考[J]. 海洋开发与管理，2025，42(1)：15-22.
Rao W，Cao B H，Li Z C，et al. Thoughts on the path of comprehensive development of marine energy in China[J]. Ocean Development and Management，2025，42(1)：15-22.

[13] 李晓，吴姗姗，汲水，等. 海洋能源多能互补综合利用技术现状与发展趋势[J]. 海洋工程，2026，44(2)：64-80.
Li X，Wu S S，Ji S，et al. Current status and development trends of marine energy multi-energy complementary and comprehensive utilization technology[J]. The Ocean Engineering，2026，44(2)：64-80.

[14] 中国海油集团能源经济研究院. 中国海洋能源发展报告2025[M]. 北京：石油工业出版社，2025：133.
CNOOC Energy Economics Institute. China offshore energy report 2025[M]. Beijing：Petroleum Industry Press，2025：133.

[15] 中华人民共和国自然资源部. 中国海洋经济统计公报（2012—2025)[EB/OL]. (2026-06-01)[2026-09-02]. https://www. mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbgg/zghyjjtjgb/.
Ministry of Natural Resources of the Peaple’s Republic of China. China marine economic statistics bulletin (2012—2025)[EB/OL].

（2026-06-01）[2026-09-02]. https://www.mnr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbgg/zghyjjtjgb/.

[16] 程兵，付强，李清平，等. 我国海洋油气装备发展战略研究[J]. 中国工程科学，2023，25（3）：13-21.
Cheng B，Fu Q，Li Q P，et al. Development strategy of China's offshore oil and gas equipment[J]. Strategic Study of CAE，2023，25（3）：13-21.

[17] 阮福明，韩艺，邱永成，等. 中国海油拖缆地震勘探成套装备技术研制与应用[J]. 海洋地质前沿，2025，41（11）：1-9.
Ruan F M，Han Y，Qiu Y C，et al. Research progress and application of towed streamer seismic exploration equipment in CNOOC[J]. Marine Geology Frontiers，2025，41（11）：1-9.

[18] 谢玉洪，刘书杰，杨进，等. 深水油气钻探技术装备发展现状与趋势[J]. 前瞻科技，2023，2（2）：22-31.
Xie Y H，Liu S J，Yang J，et al. Development status and trend of deepwater oil and gas drilling technologies and equipment[J]. Science and Technology Foresinght，2023，2（2）：22-31.

[19] 王春升，陈国龙，孙友义，等. 南海流花11-1油田二次开发工程方案及关键技术[J]. 中国海上油气，2024，36（3）：181-189.
Wang C S，Chen G L，Sun Y Y，et al. Secondary development engineering scheme and key technologies of LH11-1 oilfield in South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas，2024，36（3）：181-189.

[20] Li D，Yi C，Jia L S. The Deep Sea No. 1 semi-submersible energy station[J]. Engineering，2025，50：18-23.

[21] S&P Global. Offshore vessel fleet database[DS/OL]. [2026-09-03]. https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/petrodata-solutions.html.

[22] 米立军，安维峥，陈宏举，等. 渤海浅水水下生产系统开发模式及国产化装备研制现状[J]. 中国海上油气，2023，35（3）：137-146.
Mi L J，An W Z，Chen H J，et al. Development mode of the shallow water subsea production system in Bohai Sea area and the development status of localized equipments[J]. China Offshore Oil and Gas，2023，35（3）：137-146.

[23] 国家能源局. 2025年可再生能源并网运行情况[EB/OL].（2026-02-12）[2026-08-31]. https://www.nea.gov.cn/20260212/742b8c6a078347b0b39de676c05c5d58/c.html.
National Energy Administration. Operation of renewable energy grid integration in 2025[EB/OL].（2026-02-12）[2026-08-31]. https://www.nea.gov.cn/20260212/742b8c6a078347b0b39de676c05c5d58/c.html.

[24] 国家能源局. 海上风电转向“深蓝”[EB/OL].（2026-07-10）[2026-08-31]. http://www.nea.gov.cn/20260710/2706be51a7f1446a90658328d1c245d4/c.html.
National Energy Administration. Offshore wind power shifting to the “deep blue”[EB/OL].（2026-07-10）[2026-08-31]. http://www.nea.gov.cn/20260710/2706be51a7f1446a90658328d1c245d4/c.html.

[25] 把二氧化碳“锁”回深海——我国首个海上二氧化碳封存示范工程技术突破观察[EB/OL].（2024-09-02）[2026-08-31]. https://app.xinhuanet.com/news/article.html articleId=a093bf16e913cbe9c046516622 01fd3a.
Locking carbon dioxide back into the deep sea—Observations on technological breakthroughs in China's first offshore carbon dioxide storage demonstration project[EB/OL].（2024-09-02）[2026-08-31]. https://app.xinhuanet.com/news/article.html articleId=a093bf16e913cbe9c04651662201fd3a.

[26] 邵长春，吴盛龙，汪洋. 我国首个海上注碳增气技术示范应用项目在琼启动——投产后预计每年最多可在地层封存超100万吨二氧化碳[N]. 海南日报，2026-04-12（A01）.
Shao C C，Wu S L，Wang Y. China's first offshore carbon-injection-for-enhanced-gas-recovery demonstration project launched in Hainan；Expected to sequester up to 1 million tonnes of CO_2 annually in geological formations upon full operation[N]. Hainan Daily，2026-04-12.（A01）.

[27] 周守为，付强，李清平，等. 全球首次深海二氧化碳水合物固化封存探索性海试[J]. 中国海上油气，2026，38（3）：1-12.
Zhou S W，Fu Q，Li Q P，et al. World's first exploratory sea trial on deep-sea carbon dioxide hydrate solidification storage[J]. China Offshore Oil and Gas，2026，38（3）：1-12.

[28] 孙福街. 中国海上油气开发技术进展与展望[J]. 世界石油工业，2026，33（S1）：222-232.
Sun F J. Progress and outlook of offshore oil and gas development technology in China[J]. World Petroleum Industry，2026，33（S1）：222-232.

[29] 吴晓智，柳庄小雪，王建，等. 我国油气资源潜力、分布及重点勘探领域[J]. 地学前缘，2022，29（6）：146-155.
Wu X Z，Liu Z X X，Wang J，et al. Petroleum resource potential，distribution and key exploration fields in China[J]. Earth Science Frontiers，2022，29（6）：146-155.

[30] 林杰，安明明，王勇智，等. 渤海海气开发工程与海上风电用海协调的启示[J]. 海岸工程，2025，44（3）：265-274.
Lin J，An M M，Wang Y Z，et al. Inspirations of the coordination in the use of sea area between offshore oil-gas exploitation projects and offshore wind power in the Bohai Sea[J]. Coastal Engineering，2025，44（3）：265-274.

[31] 常毓文，王小林. 中国深地深水油气勘探开发持续创造新纪录“七年行动计划”成效显著[J]. 国际石油经济，2025，33（1）：43-45.
Chang Y W，Wang X L. China's deepwater oil and gas exploration and development continues to set new records，demonstrating the effectiveness of the “Seven-Year Action Plan”[J]. International Petroleum Economics，2025，33（1）：43-45.

[32] 米立军，周守为，谢玉洪，等. 南海北部深水区油气勘探进展与未来展望[J]. 中国工程科学，2022，24（3）：58-65.
Mi L J，Zhou S W，Xie Y H，et al. Deep-water oil and gas exploration in northern South China Sea：Progress and outlook[J]. Strategic study of CAE，2022，24（3）：58-65.

[33] 周恒，刘新宇，焦慧锋，等. 深海探测与驻留装备发展研究[J]. 中国工程科学，2024，26（2）：15-22.
Zhou H，Liu X Y，Jiao H F，et al. Development strategy of deep-sea exploration and residence equipment[J]. Strategic Study of CAE，2024，26（2）：15-22.

[34] Wen Z X，Wang J J，Wang Z M，et al. Analysis of the world deep-water oil and gas exploration situation[J]. Petroleum Exploration and Development，2023，50（5）：1060-1076.

[35] 孟尧，侯广信，刘维滨，等. 水下压缩机增压技术的发展及适应性研究[J]. 海洋工程装备与技术，2024，11（3）：57-62.

Meng Y，Hou G X，Liu W B，et al. Research on development and adaptability of subsea compressor boosting technology[J]. Ocean Engineering Equipment and Technology，2024，11(3)：57-62.

[36] 谢文会，邓小康，曾恒一，等. 大型深远海油气资源开发保障平台研发[J]. 船舶工程，2023，45(7)：185-191.
Xie W H，Deng X K，Zeng H Y，et al. Research of large deep-water floating support platform for oil and gas development[J]. Ship Engineering，2023，45(7)：185-191.

[37] 郑洁，卢明剑，程兵，等. 我国海洋装备产业链高质量发展战略研究[J]. 中国工程科学，2025，27(2)：95-107.
Zheng J，Lu M J，Cheng B，et al. High-quality development strategy of the industrial chain of marine equipment in China[J]. Strategic Study of CAE，2025，27(2)：95-107.

[38] 姚靖婕，付强，程兵，等. 面向2040年的中国海洋工程科技发展战略[J]. 科技导报，2025，43(14)：60-68.
Yao J J，Fu Q，Cheng B，et al. Strategic research on the development of marine engineering technology in China for 2040[J]. Science & Technology Review，2025，43(14)：60-68.

[39] 杜庆贵，檀国荣，刘聪，等. Stones深水油田开发项目案例研究及启示[J]. 海洋工程装备与技术，2018，5(4)：242-247.
Du Q G，Tan G R，Liu C，et al. Case study and enlightenment of the development of stones deepwater offshore oilfield[J]. Ocean Engineering Equipment and Technology，2018，5(4)：242–247.

[40] American Association of Petroleum Geologists. The deepest and longest wells ever drilled[EB/OL]. (2025-04-01)[2026-08-27]. https://www.aapg.org/news-and-media/explorer/the-deepest-and-longest-wells-ever-drilled/.

[41] 朱海山，李达. 陵水17-2气田“深海一号”能源站总体设计及关键技术研究[J]. 中国海上油气，2021，33(3)：160-169.
Zhu H S，Li D. Research on overall design and key technologies of “Deep Sea No.1” energy station in LS17-2 gas field[J]. China Offshore Oil and Gas，2021，33(3)：160-169.

[42] 全球首座16兆瓦张力腿浮式风电平台“海油安澜号”投运[EB/OL]. (2026-08-10)[2026-08-27]. http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c35747475/content.html.
World’s first 16-MW TLP floating wind power unit put into operation [EB/OL]. (2026-08-10)[2026-08-27]. http://www. sasac.gov.cn/n2588025/n2588124/c35747475/content.html.

[43] 张琪，李佳谦，谢波涛，等. 南海西北部台风过程风、浪统计特征研究[J]. 河海大学学报(自然科学版)，2026，54(4)：1-9.
Zhang Q，Li J Q，Xie B T，et al. Study on statistical characteristics of wind and waves during typhoon processes in the northwestern South China Sea[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences)，2026，54(4)：1-9.

[44] 师桂杰，冯加果，康美泽，等. 极地海洋工程装备的应用现状及关键技术分析[J]. 中国工程科学，2021，23(3)：144-152.
Shi G J，Feng J G，Kang M Z，et al. Polar offshore engineering equipment：Development status and key technologies[J]. Strategic Study of CAE，2021，23(3)：144-152.

[45] 何骁勇，陈绍凯，陈迪，等. 海上油气田智能无人平台关键技术研究进展[J]. 中国海上油气，2025，37(5)：225-234.
He X Y，Chen S K，Chen D，et al. Research progress on key technologies of intelligent unmanned platforms for offshore oil and gas fields[J]. China Offshore Oil and Gas，2025，37(5)：225-234.

[46] 刘太元，霍成索，李清平，等. 水下生产系统在我国南海深水油气田开发的应用与挑战[J]. 中国工程科学，2015，17(1)：51-55.
Liu T Y，Huo C S，Li Q P，et al. Trends in subsea production system and its application in offshore oil and gas field development in South China Sea[J]. Engineering Sciences，2015，17(1)：51-55.

[47] 中国海洋石油有限公司. 2025年年度报告[R]. 香港：中国海洋石油有限公司，2026：18-19.
China National Offshore Oil Corporation. Annual report 2026[R]. Hong Kong：China National Offshore Oil Corporation，2026：18-19.

[48] 吴有生，赵羿羽，刘浩，等. 我国船舶与海洋工程装备发展现状及展望[J]. 中国工程科学，2026，28(1)：170-180.
Wu Y S，Zhao Y Y，Liu H，et al. Ship and ocean engineering equipment in China：Current status and future prospects[J]. Strategic Study of CAE，2026，28(1)：170-180.

[49] 陈建文，王嘹亮，王平康，等. 中国海域沉积盆地咸水层二氧化碳地质封存潜力[J]. 海洋地质与第四纪地质，2024，44(3)：98-114.
Chen J W，Wang L L，Wang P K，et al. Carbon dioxide geological storage potential in saline aquifer of sedimentary basins in China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology，2024，44(3)：98-114.