



中国环境与发展国际合作委员会

专题政策研究报告

碳中和愿景下可持续 海洋治理



2024



中国环境与发展国际合作委员会
专题政策研究报告

碳中和愿景下可持续海洋治理
(海洋治理专题研究)

中国环境与发展国际合作委员会
2024年8月

项目组成员*

姓名	单位
----	----

项目组长

戴民汉	厦门大学
-----	------

Jan-Gunnar Winther	挪威极地研究所
--------------------	---------

顾问

苏纪兰	自然资源部第二海洋研究所
-----	--------------

Karina Barquet	斯德哥尔摩环境研究所
----------------	------------

项目协调员

刘慧	中国水产科学研究院黄海水产研究所
----	------------------

Birgit Njåstad	挪威极地研究所
----------------	---------

项目组成员和专家

王菊英	生态环境部国家海洋环境监测中心
-----	-----------------

Patrick Yeung	亚洲公益创投网络气候行动平台
---------------	----------------

孙松	中国科学院大学
----	---------

曹玲	厦门大学
----	------

崔琳	国家海洋技术中心
----	----------

李家彪	自然资源部第二海洋研究所
-----	--------------

Kate Bonzon	美国环保协会
-------------	--------

Alfredo Giron	世界经济论坛
---------------	--------

Kristin Kleisner	美国环保协会
------------------	--------

Pradeep Singh	亥姆霍兹波茨坦中心
---------------	-----------

Lars Johanning	普利茅斯大学
----------------	--------

致谢:

* 本项目组长和成员以个人身份参与项目工作。本报告中所表达的观点和意见仅代表参与此项专题政策研究团队专家个人立场，不代表其所在组织和国合会的观点和意见。

一、执行摘要与政策建议	5
(一) 问题的界定	5
(二) 关于加快构建可持续蓝色经济的建议	5
(三) 关于激励海洋产业蓝色（绿色）转型的建议	6
二、引言	7
三、问题的提出	7
(一) 全球背景	7
(二) 国内背景	8
(三) 可持续蓝色经济	8
(四) 平等与公平	9
四、海洋经济与蓝色金融	9
(一) 引言	9
(二) 机遇与挑战	10
(三) 政策建议	14
五、产业设计与转型	15
(一) 引言	15
(二) 海洋可再生能源	15
(三) 深海矿产资源开发	17
(四) 深远海养殖	20
六、参考文献	24
七、缩略词列表	26

一、 执行摘要与政策建议

(一) 问题的界定

与海洋、海域和海岸相关的经济活动，即所谓的海洋经济，涵盖了广泛的相互关联的传统和新兴产业。据估计，全球海洋经济的估值为每年 2.5 万亿美元，相当于全球第七大经济体的规模。未来，海洋经济在创新、扩大就业和经济增长方面将大有可为。然而，需要指出的是，海洋经济高度依赖于海洋空间环境和资源禀赋。从本质上讲，其经济价值由海洋空间及其生态系统所提供的产品和服务的价值决定。

与此同时，在缓解气候变化方面，海洋可以提供一系列潜在方案，助力人类实现碳中和目标。这些方案内涵丰富，至少包括：培育高效的碳汇生态系统（即“蓝色森林”或“蓝碳”），通过生物或地球化学的手段加速海洋碳吸收能力（即海洋减碳，mCDR），开发利用海洋能源，最大限度地减少航运等涉海活动的碳足迹，保持并且增强海底储碳的能力（即碳捕集与封存，CCS），以及优化调整渔业和水产品消费结构，将其作为低碳海洋蛋白质和其他营养素的主要来源。需要指出的是，这些选择应以谨慎考虑海洋生态系统的功能和承载能力为基础。

可见，海洋经济和基于海洋的碳减排紧密相关。然而，在海洋经济的蓝色发展中，尤其是在增进海洋经济在适应和减缓气候变化、以及实现碳中和目标中的潜在作用时，也存在着一定的挑战。

考虑到健康的海洋环境是发挥海洋生态服务功能的先决条件，有必要通过海洋综合管理来实现环境、经济和社会之间的利益平衡，以及短期经济效益和生态系统服务长期繁荣之间的平衡。

从根本上说，有必要改变对海洋作为一个生命系统的认识和理解，将管理的核心置于使海洋能够产生商品和服务的过程，通过保护和恢复这些过程来确保海洋经济的可持续发展。因此，必须以全面的和可持续的方式构建未来的海洋治理框架，使其更具适应性、并能最大限度地发挥可持续蓝色经济（SBE）和碳中和之间的协同作用。为此，还必须通过海洋综合管理积极努力地使社会各阶层，包括妇女和被边缘化的其他群体，都能公平地参与到可持续蓝色经济中来，并平等地获得机会及承担费用。

可持续蓝色经济助力碳中和的路径与政策专题研究（海洋 SPS）旨在研究和推进海洋经济的治理体系、蓝色金融体系和绿色技术转型，以此为契机向可持续蓝色经济转型，以助力实现碳中和目标；同时，在第七届中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）海洋 SPS 总体目标的背景下，研究当前的蓝色经济框架以及碳中和目标的需求和工具；此外，探究如何通过海洋产业之间的共存和协同作用促进蓝色经济发展和实现碳中和。

国合会已经接受了海洋政策专题研究项目组在 2023 年年会上提出的一项政策建议，即建议中国政府“构建和完善以可持续性为导向的海洋经济核算和统计框架，同时测算海洋产业的 CO₂ 排放量，促进海洋经济的可持续蓝色转型”。为了实现这一目标，有必要建立以可持续性为导向的海洋经济核算和蓝色金融框架，研究并明确可持续蓝色经济的定义和原则，将其纳入“十五五”规划并围绕其制定激励性政策。此外，应该坚持以双碳战略和科技创新引领海洋产业蓝色转型。

为了进一步巩固这一政策建议，海洋 SPS 在 2023-2024 年度重点关注 4 个主要议题：（1）海洋经济和蓝色金融，（2）海洋能源产业设计与转型，（3）海底矿产资源开发产业设计与转型，（4）深远海养殖产业设计与转型。在这些主题研究中，我们还特别关注海洋生物多样性，例如遵循生物多样性联合国气候变化框架公约第 15 次缔约方大会达成的到 2030 年保护 30%陆地和海洋的协议（《30×30 协议》），并且保护和可持续利用国家管辖范围以外地区的海洋生物多样性（《BBNJ 条约》）。在这些研究的基础上，今年的海洋治理专题研究提出了五项政策建议，以及推动每项建议实施的相关行动和机制。

(二) 关于加快构建可持续蓝色经济的建议

1. 通过积极实施碳中和战略，加快海洋产业的可持续蓝色转型，推动可持续蓝色经济成为高质量发展战略的支柱

- 坚持以双碳战略和科技创新引领海洋产业蓝色（绿色）转型
- 加强顶层设计，构建蓝色经济的综合治理策略，并制定相应的驱动政策

2. 将可持续蓝色经济纳入顶层政策框架，明确其定义和原则，并纳入下一个五年计划，以切实推动海洋经济蓝色转型

- 研究并明确可持续蓝色经济的定义和原则，纳入“十五五”规划，围绕其制定激励性政策，并依据其构建可持续海洋经济分类
- 为定义蓝色金融分类的可用工具和投资机会提供明确的指导，除了考虑国家目标，也应考虑到国际合作方案
- 针对可持续蓝色经济中一些正在扩张的行业，如沿海基础设施、能源、航运、蓝色食物等，需要将环境可持续性考虑纳入其财务审批程序和监测计划，建立具体指标以制定基线和跟踪机制

(三) 关于激励海洋产业蓝色（绿色）转型的建议

3. 加强海洋可再生能源产业的顶层设计，包括国家战略规划、综合性/复合性资源分布、产业促进行动计划以及财政支持政策等，构建海洋能源产业工业设计与转型的基础

- 加强科技创新及海洋综合管理对海洋能源产业转型升级的引导作用，以创新推动海洋能源成为未来支撑中国乃至全球碳中和的主力军
- 推动海洋能源产业的多场景应用和示范，重点聚焦海上光伏、波浪/潮汐能以及海上绿色制氢等有前景的战略方向，使海洋能源产业对可持续蓝色经济发展的贡献更加清晰可见

4. 构建海底矿产资源开发的综合治理策略，并制定相关预防政策，以支持关于如何安全推进海底矿产资源开发的进一步研究

- 加强对深海的科学认知，科学全面地评估海底矿产资源开发对海洋生态系统的影响，确保深海矿产资源开发建立在完备的科学、技术和管理基础之上
- 对深海采矿的潜在环境影响进行全面的研究和评估，促进深海采矿的环境监测、环境影响评价和环境修复等技术的发展
- 协商制定深海采矿的环境管理制度
- 加强全球国际合作，推动形成具有国际共识的海底矿产资源开发治理框架

5. 制定全面考虑沿海社区、海洋及海岸带生态环境以及产业价值链等各利益相关方，包括妇女和其他边缘化群体，需求的深远海养殖行业综合治理策略，并实施强有力的治理政策

- 准确评估不同类型海水养殖对自然资源的利用效率，识别适宜转向深远海的养殖类型和适宜留在近岸/陆基的养殖类型，贯彻有序分类的治理导向
- 加强深远海养殖的空间规划，特别关注生态热点区域，如海洋保护区边缘、重要生物栖息地和迁徙通道。探索与生态旅游和海洋能源等产业的协同效应和互利关系
- 促进海洋工程装备在深远海养殖中的前沿研究，重点增强对极端天气事件的抵御能力以及可再生清洁能源的利用
- 加强对养殖物种的生物机制研究，优化开发适合的物种和品种，加快开发生态足迹较低的饲料，注重使用目标物种的气候适应性品系及开发能够适应环境条件变化的养殖技术。
- 延长深远海养殖产业链，让小规模经营者和妇女等边缘化群体直接参与其中
- 实施与市场原则相一致的政府干预措施，如建立水产养殖保险、实施生态补贴和产业转型激励措施

二、 引言

碳中和愿景下可持续海洋治理专题政策研究（海洋 SPS）旨在研究并提出有助于加速蓝色经济的治理体系、蓝色金融体系和绿色技术，同时以实现碳中和目标为契机，确保海洋经济全面、公平地向可持续的蓝色经济(Sustainable blue economy, SBE)转型。此外，我们的目标是研究海洋产业之间如何协同以促进可持续蓝色经济的发展，并推动落实面向碳中和的海洋解决方案。

海洋治理专题政策研究将在 5 年研究期内围绕 3 个总体目标，针对 7 个特定主题（前 3 个为综合性研究主题，后 4 个为行业主题）进行研究：

1. 海洋经济与蓝色金融*
2. 海洋碳中和解决方案
3. 基于科学和基于社会公平的生态系统修复
4. 产业设计和转型：海洋能源*
5. 产业设计和转型：海底采矿*
6. 产业设计和转型：深海养殖*
7. 产业设计和转型：海洋旅游

标有星号的主题表示已启动的研究，是构成本报告的基础。4 个主题已各自形成一份研究报告，本报告概述了与这 4 个主题有关的挑战、机遇和潜在的政策建议方向，支持性细节和背景资料分别在主题报告中呈现。

在这些主题研究中，我们将特别关注海洋生物多样性，例如遵循生物多样性联合国气候变化框架公约第 15 次缔约方大会达成的到 2030 年保护 30%陆地和海洋的协议（《3030 协议》），并且保护和可持续利用国家管辖范围以外地区的海洋生物多样性（《BBNJ 条约》），以促进对海洋及其生物多样性的保护，以及对海洋资源和生态系统服务的公平共享。

三、 问题的提出

（一） 全球背景

海洋的空间和资源正不断被人类探索和发掘，其所产生的经济价值也在不断扩大与增长。与海洋和海岸带有关的既有和新兴经济活动，即所谓的海洋经济或蓝色经济，涵盖了广泛的相互关联的传统与新兴产业。全球海洋经济在 2018 年的估值为每年 2.5 万亿美元 [1]，占全球 GDP 的 2.9%（86.69 万亿美元） [2]，相当于世界第七大经济体的规模。根据经济合作与发展组织（OECD）的预测，2010 年至 2030 年间，海洋产业的经济价值将翻一番；到 2030 年，蓝色经济在增加值和就业方面的增长将很可能超越全球经济的整体增长[3]。未来的海洋经济将在创新、就业和经济增长方面大有可为。近年来，蓝色经济在政治话语中的传播越来越受到关注，但对于蓝色经济仍然没有标准化的定义 [4]。

此外，除了提供经济价值，在缓解气候变化方面，海洋还提供了一系列潜在的解决方案，助力人类实现碳中和目标。这些方案内涵丰富，至少包括：培育高效的碳汇生态系统（即“蓝色森林”或“蓝碳”），通过生物或地球化学的手段加速海洋碳吸收能力（即海洋减碳，mCDR），开发利用海洋能源，最大限度地减少航运等涉海活动的碳足迹，保持并且增强海底储碳的能力（即碳捕集与封存，CCS），以及调整粮食政策和渔业管理以体现渔业和水产养殖产品的应有价值，将其作为低碳海洋蛋白质和微量营养素的主要来源。

社会是构成一个地区或国家个人、社区和群体的集合。它包含了不同的利益攸关方，包括工人、雇主、政策制定者、民间社会组织、边缘化人群和其他弱势群体以及子孙后代等。他们在海洋的福祉

和与海洋相关的机会方面都有不同的利益。所有这些群体的不同需求、权利和贡献都是海洋综合管理的重要方面，必须加以考虑。

考虑到健康的海洋环境是发挥海洋生态服务功能的先决条件，有必要通过海洋综合管理来实现环境和社会之间的平衡，以及短期经济收益和生态系统服务长期繁荣之间的平衡。因此，必须以全面的和可持续的方式构建未来的海洋治理框架。实施谨慎、全面和战略性的海洋综合管理，可以使得海洋在减缓当前全球气候变化、生物多样性丧失和污染等三重危机的方面发挥更加重要的作用。

(二) 国内背景

海洋提供了不可替代的自然资产、商品和服务，海洋经济为中国的长期繁荣做出了重要的贡献。从海洋空间资源看，中国领海辽阔，大陆海岸线长约 1.8 万公里，天然深水岸线长 400 多公里。有 60 多个深水港，3.8 万平方公里的潮间带和 7300 多个 500 平方米以上的岛屿。中国有记录的海洋物种为 2 万多种，其中包括 3000 多种鱼类。中国拥有红树林、盐沼、海草床、珊瑚礁、巨藻林和牡蛎床等多种海洋生态系统，它们在支持粮食安全、提升气候适应能力和支撑旅游业等方面发挥着重要作用。同时，这种多样的海洋生态系统支持着中国在总体规模上领先世界的海产品产业，包括野生捕捞渔业和水产养殖业。海岸线的魅力也支撑了不断发展的滨海旅游业。中国绵长的海岸线及其优良条件有利于发展海洋可再生能源产业。海洋可再生能源是中国增长最快的海洋产业，目前拥有全球近 40% 的海上风电装机容量，因此中国的海洋可再生能源也是世界上最大的海洋产业。此外，基于可持续的管理和运行，蓝色经济或成为最具有开发价值和潜力的产业，包括替代能源和生物活性物质开发等。

中国的滨海旅游、海洋运输、海洋渔业、海洋生物医药等产业的规模不断扩大，已成为国民经济的重要组成部分。此外，根据《振兴中国海洋经济：赋能可持续发展》报告，中国的海洋资产价值估计约为 54 万亿元人民币(7.7 万亿美元)。

中国 50% 以上的大城市、40% 以上的人口和 60% 以上的 GDP 集中在沿海省市。沿海（特大）城市能够并且应该成为发展蓝色经济和实现碳中和目标之间协同增效的引擎。随着世界范围内海洋产业的蓬勃发展，中国的沿海地区正在建立越来越多的海洋产业园区。海洋产业园区可以通过整合和协同海洋相关产业，成为中国海洋经济（海洋强省、海洋强市、海洋之都）发展规划的重要组成部分。

经过几十年的发展和产业的不断调整，目前中国海洋经济总体趋稳。然而，人们还没有充分认识到开发和利用海洋给海洋生态系统造成的巨大压力。气候变化、生物多样性丧失、污染等都直接或间接地威胁着海洋经济发展。

作为海洋大国和世界第二大经济体，中国正在积极建设“海洋强国”。在中国发展的新时代，海洋健康和海洋经济可持续发展被提升到新的战略高度。不断探索建设“海洋生态文明”，努力构建“海洋命运共同体”，体现了中国的大国意识和大国担当。这不仅需要政府的领导，也需要学术研究的支持，需要公众的理解与配合，也需要环保非政府组织的协助。

(三) 可持续蓝色经济

可持续发展是关系到社会发展和人民福祉的全球性议题。蓝色经济和绿色经济都是不同时期为促进可持续发展而提出的发展理念。在全球气候变化的背景下，污染和其他人类活动也加剧了气候变化，生物多样性和人们的生计都面临着越来越大的风险和挑战。如若缺乏有效监管，当前的海洋经济可能会对海洋的生态环境健康造成威胁，因此海洋经济部门亟需向可持续的蓝色经济(SBE) 转型，并成为应对气候变化的一种解决方案。**为了更加积极并切实推动海洋经济的蓝色转型，应该明确可持续蓝色经济的定义和原则，将其纳入国家最高级别政策框架中，并纳入下一个 5 年计划。**

世界银行对蓝色经济的定义是“可持续利用海洋资源以促进经济增长、改善生计和就业以及海洋生态系统健康。”但是，该定义并没有为确保和实施经济发展的可持续性、性别和社会公平性以及环境保护等在内的多重目标提供原则或指导。蓝色经济的核心是通过海洋相关的产业和活动实现社会经济发展，并将此过程中的环境和生态系统退化和威胁降到最低[6]，因此“蓝色经济”的概念对海洋经济的可持续发展提出了新的要求。

随着可持续蓝色经济概念在全球范围内的广泛传播，发展可持续蓝色经济的国际共识正日益增强。随着蓝色经济逐渐被纳入区域发展战略框架，一些组织已经提出了蓝色经济发展的指导原则、重点优先领域以及倡议和建议。例如，世界自然基金会于 2015 年发布了《可持续蓝色经济原则》；并于 2018 年与欧盟委员会、欧洲投资银行和威尔士亲王的国际可持续发展联盟共同制定了《可持续蓝色经济金融原则》；自 2019 年以来，联合国环境规划署财政倡议（UNEP FI）一直在推广可持续蓝色经济的财务原则；二十国集团也于 2023 年发布《二十国集团可持续和气候适应型蓝色经济高级别原则》。

（四） 平等与公平

不论性别、能力、性取向、年龄、种族和宗教，所有人都有平等的权利和机会参与社会活动。性别平等被认为是有效保护海洋、可持续管理海洋与海洋资源以及实现联合国可持续发展目标（SDGs）的关键。其中，SDG5 指出，性别平等包括男女之间权力、影响力和资源的公平分配。通过制定促进性别平等的办法和执行框架，使所有妇女和女孩有平等的机会和能力参与到各级行动的决策过程中，这将更有可能促进整体的社会福利。因此，海洋治理，包括可持续蓝色经济的转型，需要在项目、政策和基层群众等层面充分考虑性别敏感性、性别差异和需求，并依此制定规划和实施方案，并开展监测和评价。

包括中国在内的大多数国家都签署了国际承诺，有义务促进性别平等，消除歧视，并将性别问题纳入立法、政策和项目（包括环境和气候变化项目）。这些承诺包括《联合国气候变化框架公约》、《联合国生物多样性公约》、《联合国消除对妇女歧视公约》、《北京行动纲要》和可持续发展目标（SDGs）。

然而，尽管有上述这些承诺和以为，尽管男女在海洋治理中享有平等的利益。但在参与蓝色经济的人数和工作类型方面，男女之间仍然存在明显差距。传统上，文化规范和惯例更倾向于男性参与与有领域的活动，而女性往往比男性更更难获得资源与权利，也更少参与决策。

在海洋领域，妇女更多地从事工资较低、非正式和仅能维持生计的活动，如小规模渔业、海产品加工和沿海旅游。而男性则主导较正式、工资较高的部门，如工业捕鱼、海上运输、近海石油和天然气以及海洋工程。这些部门通常有更大的工作保障和更高的收入潜力。同时，男性更有可能担任领导角色，影响并塑造蓝色经济的政策和决策过程。这种差异降低了与女性及其社区相关的问题处理的优先度。

因此，海洋产业中妇女的经济利益往往较低，因为她们主要从事工资较低的工作。这导致了更广泛的经济不平等，并限制了她们的经济赋权。因此，未来的海洋治理框架必须考虑到这些不平等现象，并积极努力为社会各阶层，包括妇女和其他的边缘化群体，争取公平参与蓝色经济的机会和成本。

任何实现男女平等的有效行动，首先需要确保获得清晰可靠的数据，以便在决策过程中更清晰有效地面对性别挑战。此外，我们所倡导的平等还涉及确保女性在与小企业有关的活动中获得平等的教育、培训的机会以及参与决策过程和享有财政资源。据此，2024 年联合国海洋十年会议特别关注了可持续海洋的性别平等问题，该会议提出了建议并呼吁采取行动，以缩小性别差距，为年轻女科学家提供教育机会，并承认妇女在海洋保护工作中的贡献¹。

四、 海洋经济与蓝色金融

（一） 引言

海洋是支撑未来发展的资源宝库和战略空间，蓝色经济是沿海地区经济增长的重要引擎。

¹ <https://www.unesco.org/en/articles/gender-equality-ocean-sustainability>

2018年3月，习总书记强调，“发达的海洋经济是建设海洋强国的重要支撑，要加快建设世界一流的海洋港口、完善的现代海洋产业体系、绿色可持续的海洋生态环境，为海洋强国建设作出贡献。”² 2019年4月习总书记再次强调“要想爱护我们的生命一样爱护海洋。”³ 2023年7月，全国生态环境保护工作会议也强调，要构建从山顶到海洋的综合保护治理格局，加强海洋和沿海地区的空间治理。经过多年努力，中国海洋经济向提质增效转型取得显著成效，海洋生态文明建设加快推进，海洋科技创新取得突破性成果。

同时，蓝色经济的发展也面临着诸多挑战：高强度的海洋开发利用导致海岸带生态系统的资源环境承载力下降，近岸环境质量差，海洋和海岸带生态系统退化；陆源污染问题依然突出，海洋垃圾污染问题逐渐显现；赤潮、绿潮等海洋生态灾害频发以及生物多样性的丧失。海洋产业自主创新能力不足，在绿色发展、数智化发展等方面与国际先进竞争对手差距较大。此外，“双碳”目标的实施也对海洋运输、海洋船舶等行业的发展提出了新的阶段性挑战。如何发展可持续蓝色经济是实现联合国可持续发展目标（SGD 14）、实现《全球生物多样性框架》和《巴黎协定》以及实现中国海洋强国建设所面临的重要挑战，需要政府、私营部门、科研机构和民间、社会组织等利益相关方的共同努力。

（二） 机遇与挑战

1. 识别中国在蓝色经济框架和政策方向制定中的潜在差距和不足

近年来，“蓝色经济”的概念在国内外得到了广泛讨论，并获得了越来越多的共识。在全球范围内，蓝色经济的价值和战略意义逐渐受到各国的高度重视，并被提上了国际政策议程。中国高度重视蓝色经济发展，并为推动蓝色经济发展提出了“21世纪海上丝绸之路”倡议，加强建设“蓝色伙伴关系”。然而，事实上蓝色经济在中国的发展还不成熟。

“可持续蓝色经济”一词仍有各种不同的表述。在所有官方文件或报告中都使用“海洋经济”的概念，而蓝色经济一词大多出现在省级活动或部委下属研究所举办的研讨场合。这些术语通常是指可持续的、现代的和/或高科技的海洋经济。然而，中国对“蓝色经济”的定义尚未达成共识，许多关于蓝色经济的认知和观点主要来自国际层面。许多国际组织提供了可持续蓝色经济（SBE）或蓝色经济的定义，包括联合国环境规划署（UNEP）、世界自然基金会（WWF）、世界资源研究所（WRI）等。虽然这些定义有不同的含义，但它们都旨在将与海洋有关的经济活动缩小到可持续的范式中。与此同时，对于蓝色经济的边界也缺乏足够的讨论，这直接导致了“蓝色经济”、“绿色经济”和“海洋经济”这三个术语经常被混淆，主要表现在两个方面：一是将“蓝色经济”等同于“海洋经济”，忽视了蓝色经济所强调的环境可持续性、公平和包容性以及气候适应能力；其次，大多数人认为“蓝色经济”就是“绿色经济”，没有认识到蓝色经济可以在实现低碳、环保和资源可持续利用的同时，通过经济增长实现可持续发展。

虽然山东、广东和浙江等省份已经试点了蓝色经济区或海洋经济区的发展规划，**中国尚未制定全国性或省域范围内系统的可持续蓝色经济发展战略规划。**在国际层面，可持续蓝色经济（SBE）旨在促进低碳、环保和可持续利用资源，同时努力保护和改善居民的生计。然而，中国与蓝色经济相关的主要政策更多地强调现代化海洋经济发展，包括海洋生态保护的要素，但缺乏可持续蓝色经济发展的总体框架来统筹和协调经济与环境的需求。现有的政策也忽视了对居民（包括妇女和其他边缘化群体）生计的保护和改善，在这一层面上缺乏与全球蓝色经济语境的一致性。

目前仍然缺乏足够的政策工具或实用的方法让相关实体实践可持续蓝色经济（SBE）。应该开发至少三个方面的方法。首先，应该有一个相对清晰的可持续蓝色经济（SBE）的定义及其原则，并明确其筛选工具(例如分类法)，以确定哪些行业或实践被视为可持续蓝色经济（SBE）。这些工具可以指导发展部门制定促进政策，中央银行设计激励措施，金融监督管理部门规范金融机构，统计管理部门计算可持续蓝色经济的数量和规模。此外，对可持续蓝色经济感兴趣的投资者应该有合适的方法来识

² 2018年3月8日，十三届全国人民代表大会第一次会议，习近平总书记在同山东代表团讨论时的讲话

³ “推动构建海洋命运共同体（2019年4月23日）”，载习近平著：《习近平谈治国理政》（第三卷），外文出版社，2020年版，第463-464页

别它们。包括准备资助的可持续项目，详细筛选特定子行业的工具以及可以建立其能力的培训工具。海洋是最不为人所知的生态系统，所以可持续蓝色经济比任何其他与生态系统相关的投资都更具活力。因此，开发评估海洋经济活动的工具包是至关重要的。国内外的保护组织和研究机构将是其主要用户。

没有一个共同的目标是可持续蓝色经济的另一个缺陷。中国在气候议程中以碳达峰和碳中和目标而闻名于世。这一共同目标促使所有相关管理部门制定相应的政策，并使企业能够“做正确的事情”。其指标——“碳”很容易分解，因此在减缓气候变化领域充当了一种“货币”。显然，今天的海洋经济与共同目标之间存在差距。不仅是中国，世界上其他国家也面临着同样的挑战。在一定程度上，可以以海洋经济核算的一些尝试为基准，如海洋 GEP 或重振海洋经济。不过，未来还需要相对简单明了的指标及其测量方法，以便所有利益相关者都能了解自己的规模和进展。

地方政府或实体发展可持续蓝色经济的积极性仍然较低。目前，几个省市正在建设海洋经济发展示范区，每个地区都有一个特定的部门来孵化其优势产业。2024 年 1 月，在深入研究国内外绿色金融创新实践和蓝色金融发展路径的基础上，结合威海市的产业特点和实际情况，威海市制定并发布了中国首个蓝色产业可持续投融资支持目录。目录第一级分为海洋生态保护与恢复利用、海洋环境保护、海洋碳减排与高效产业、海洋清洁能源产业、海洋基础设施绿色升级、蓝色资源高效利用、海洋绿色服务七大类。这一举措是威海发展蓝色经济的创新样本，将促进产业要素与金融资本的有效融合，引导金融资源向蓝色经济集中。这样的规划是明智的，因为中央政府试图最大限度地利用有限的海洋资源，避免重复投资。但是，应该调动更多的资源来配合这些政策。

促进与海洋相关的可持续经济将为应对气候变化做出重要贡献。在碳减排政策和激励机制的共同推动下，中国可再生能源的价格大幅降低，中小企业甚至个人都能从中受益。同样，允许这些群体实践 SBE 的政策，为创新活动提供激励性补贴，建设工业园区等产业集群，以及适当的能力建设都将有助于发展 SBE。资源节约对于缓解气候变化和发展可持续蓝色经济同等重要。因此，还应进一步寻求调动资源的创新解决方案。制定这些激励措施正是为了推动上述各方面的进步。

2. 海洋经济部门和海洋保护的治理体系

目前，在国家层面，中国缺乏具体可操作的“蓝色经济”政策和国家“蓝色经济”战略或发展规划，在海洋经济统计中也没有对可持续和不可持续的产业或产品进行区分。这种现状可能不利于整合资源分配以支持可持续蓝色经济（SBE）的发展。此外，中国在强调发展海洋经济和建设海洋生态文明的同时，应该明确内部管理部门的职责。因此，结合这两层含义的“蓝色经济”一词将更适合对外合作，也更容易为国际社会所接受。然而，目前在国家政策层面缺乏对“蓝色经济”或“可持续蓝色经济”的明确定义，不利于有关部门系统把握海洋经济发展与生态保护之间的平衡关系，不利于促进可持续发展。

此外，可持续蓝色经济（SBE）是跨领域的，目前没有主导的部委或行政部门对其负责，导致缺乏一个主导的政府部门。然而，在各级政府中缺乏跨领域、跨部门、跨层级的海洋综合治理将很容易导致政策冲突，这可能会影响 SBE 的发展进程。

中国的《海洋基本法》立法尚未完成。现有的海洋立法在一定程度上呈现出碎片化和区域化的趋势，调整范围相对单一，不同海洋立法之间缺乏有效协调和衔接，在海洋保护与开发、海洋综合管理等方面缺乏有效的整合，这些都在一定程度上阻碍了海洋经济的发展。此外，许多对蓝色经济可持续发展有重大影响的海洋新兴领域的立法仍存在空白，缺乏对特定海洋产业可持续发展的整体规划和战略。

党的二十届三中全会决议宣布，中国正在制定一部环境法典⁴，这将是继 2020 年完成的民法典之后，中国的第二部法律法典。据报道，环境法包括总则、污染防治、生态保护、绿色低碳发展和法律责任。该草案预计将于 2024 年提交全国人大常委会进行初步审查，预计环境法典最终将于 2026 年完成。这是一个将可持续蓝色经济（SBE）的原则及其相关法规引入准则，以支持和达到各层级政策一致性的重要机遇。

3. 可持续蓝色经济转型过程中的包容性和社区民生

(1) 从行业的角度看包容性

⁴ 《中共中央关于进一步全面深化改革推进现代化建设的决议》。中国共产党第二十届中央委员会第三次全体会议于 2024 年 7 月 18 日通过。

即使在 21 世纪，海洋经济中的工业活动高速增长（被称为“蓝色加速”），小规模（在某些情况下是手工）渔业仍然是海洋经济中最大产业。最近的估算表明，渔业从业者包括了世界各地大量仅为维持生计而从事渔业的人们，这表明海洋渔业和小规模渔业可以提供重要的安全网，帮助防止贫困和促进粮食安全。因此，任何改变海洋利用的政策或行动都需要充分考虑这些海洋使用者及其更广泛的沿海社区的生计和利益，以确保他们的权利和传统用途作为公平的蓝色经济的一部分而得到充分的保护。事实上，国际政策目标(可持续发展目标 SDG14.b)和相应的文件已经达成一致，以便在日益拥挤的海洋中为小规模渔业提供安全空间，一些学者建议政府可以将海岸带地区划为小规模渔业区域，这是一些国家已经在使用的一种政策工具。无论具体的政策工具是什么，将沿海社区置于未来海洋利用决策的中心将需要多管齐下的工具和方法，这也可能决定了蓝色经济是否具有可持续的未来。

在整个海洋渔业供应链中，妇女在渔网修理和准备鱼饵等捕捞前期工作以及沿海浅水捕捞方面都作出了重大的贡献。它们的渔获对家庭的营养和收入都至关重要。在全球范围内，妇女占劳动力的 85% 以上，并且在小规模企业和工业加工部门尤为重要。尽管妇女在渔业等海洋经济部门发挥着重要作用，但她们往往担任低级别、低薪资或非正式的职位。在海洋经济部门妇女很难获得管理职位、资本、信贷或培训等资源。而当前的社会规范和家庭责任则进一步限制了她们们的机会⁵。因此，与可持续蓝色经济相关的政策应具有包容性，以重视妇女的贡献，并承认她们的独特作用为基础，确保她们有公平的谋生机会。

(2) 更加广泛的公众参与

可持续蓝色经济 (SBE) 的成功实施和可持续性在很大程度上取决于公众的参与和接受程度。如果不能让社区参与到这个过程中来，就会在很大程度上削弱对 SBE 发展的认可和 SBE 的有效性。生态环境部海洋生态与环境司近日推出了一个在线平台和应用程序，鼓励公众参与海洋环境保护，并收集沿海居民对沿海开发和保护的意見。由于沿海居民，尤其是妇女，获得信息和参加公共论坛的机会往往比较有限，因此我们还需要作出更多努力，向社区宣传沿海和海洋保护的重要性。上述这些平台可以作为教育工具，并利用社区集体的智慧，为国家和地方一级发展可持续蓝色经济的政策制定提供信息。

4. 海洋价值的计量与核算

目前，世界范围内的海洋经济价值评估主要集中在海洋产业，而海洋生态系统服务价值评估仍处于相对早期的阶段，仍在确定具体的方法和参数。此外，海洋特定数据往往与陆地数据合并汇总（例如，将海洋和淡水渔业一起核算），因此全面了解海洋健康及其经济规模更加困难。虽然中国已经为其海洋产业建立了相对完善的统计调查和核算体系，但在海洋生态系统核算方面仍存在差距，需要做更多的工作来改进。尤其需要指出的是，特别是对于深海生态系统，目前的知识盲区仍然很大，阻碍了对相关的深海生态系统价值的潜在测量和估算。这进一步突出了持续进行深海测绘和研究工作的重要性。

(1) 推进海洋生态系统服务价值评估

海洋的价值不仅仅为我们提供了必要的资源，它还提供了重要的生态系统服务，如气候调节、水资源保护和文化价值等。我们必须认识到这些价值对于海洋经济和海洋的可持续发展至关重要。虽然评估海洋生态系统服务是复杂的，但世界自然基金会的共享财富基金等努力提供了一个起点。中国应该制定一种评估海洋生态系统服务价值的国家方法，并将这些价值纳入政策和经济发展决策。全面的海洋数据对于制定可持续的蓝色经济发展规划和提高海洋产业效率至关重要。然而，中国缺乏完善的海洋信息共享法律法规。克服这些挑战需要调整政策，以加强数据收集和分析，激励公私伙伴关系，并利用技术创新。

(2) 完善海洋产业的统计核算

从统计数据来看，中国对海洋经济的定义一直与其他国家有所不同。英国、法国、美国等国的海洋经济在其 GDP 中的占比例通常在 1% 到 2% 之间，但由于统计口径不同，中国的占比达到 6%，广东甚至达到 16%。目前可持续海洋经济在中国还没有官方的定义而且其含义与其他国家不匹配，因此现在是一个很好的时机来澄清这个术语。为了与国际接轨，中国需要明确海洋经济的定义并完善海洋产

⁵ International Institute for Environment and Development (IIED), *Steering Gender to the Centre of the Blue Economy*. 2019.

业统计指数。这包括纳入海洋资本、劳动力投入和科技创新等广泛的指标。此外，很重要的是要确保有关人员的数据，例如劳工应该按性别分类，以便更充分地了解妇女和男性对海洋产业的不同影响和贡献。定期修订海洋产业统计核算系统和产业数字化也是必要的。

海洋经济统计核算包括海洋产业核算、海洋生态系统服务价值核算等。这些领域的改进将有助于可持续蓝色经济的相关决策。目前看来，有必要对中国的海洋经济核算体系以及许多海洋经济活动所依赖的海洋环境和健康状况的评价体系进行改进。已经有一项建议，将与海洋健康、生态系统服务提供以及自然资本与经济生产力之间的连通性有关的指标纳入国民核算体系，并将其作为实施可持续蓝色经济的关键工具。对中国来说，将更多与环境和自然资本相关的信息纳入其现有的核算体系，并全面、系统地反映海洋环境的健康状况、蓝色经济的发展状况及其对社会的贡献，将是海洋经济向可持续蓝色经济转型的重要一步。要做到这一点，需要从公共和私营部门收集大量数据。在此背景下，中国可以从参与“全球海洋账户伙伴关系”中受益，该伙伴关系在国际层面开展工作，整合海洋部门和环境的数据并将其纳入国家层面的决策。

5. 海洋空间规划和基于生态系统的管理

历次国家海洋经济发展规划在推动省、市、县级海洋规划的同时，也在不断完善中国的海洋空间规划（MSP）制度。有两项大政方针规范了中国海洋空间的使用，分别是海洋主体功能区划和海域保护、利用和管理条例。它们共同提供了一个基于三种特定功能的政策框架，来确定不同海洋空间的用途分配：① 工业使用和城市化，② 农业和水产养殖，③ 提供生态系统服务。基于这三个功能，沿海和海洋空间被分为四种类型，具有不同的自然资本价值：① 优化开发区，② 重点开发区，③ 限制开发区，④ 禁止开发区；其中后者专门用于自然资本的保护。这一分类将适用于全国范围内的县级行政单位 and 自然边界。为了有效管理中国的海岸带区域，建议这些分类尽快落实实施。

为了更准确地反映自然资本的价值，还需在四种类型的沿海和海洋空间中纳入对生态系统服务真实价值的考虑，并在各种开发类型（包括城市和工业化环境）中最大化自然和生态系统服务的无价作用。在共享空间中整合多个行业或将成为可持续发展的现实途径。此外，通过基于生态系统的海洋综合治理来整合海洋和海岸带管理，是实现可持续蓝色经济（SBE）的关键。中国目前正在进行国土空间规划系统的改革，政府不再独立编制国家层面的海洋主体功能区划和海岸带保护、利用和管理条例，而是试图将这些计划整合到国土空间规划和海岸带区域综合保护与利用计划中。这些综合治理计划重点关注海陆统筹、综合制定陆海空间的保护与利用，以减少和避免各行业之间的冲突，特别是在新兴产业（尤其是海上可再生能源）出现，而其他产业合并或减少的情况下。在此过程中，需要考虑生态系统边界设定限制，以允许可持续生产和利用，同时保护和保存重要的生态系统服务，而这一切都需要以可靠的科学为基础。

6. 关于建立推动海洋可持续发展的蓝色金融机制的指导方针

中国现行产业政策缺乏五年计划和明确的有利于蓝色经济发展的政策信号。

在融资政策层面，首先，国家层面没有技术标准或分类法来定义和识别蓝色产业及其经营活动。这不仅难以全面覆盖所有可持续发展的海洋产业，还给项目投融资活动带来较高的评估偏差风险，限制了蓝色金融在中国的大规模发展。其次，蓝色经济相关信息披露的缺乏，使资本市场缺乏评估企业环境效益或绿色绩效的依据，也无法按其绩效高低排序，从而限制了金融机构投资蓝色企业和蓝色项目的积极性。第三，作为更广泛的环境支撑的一部分，需要设计蓝色投资的去风险机制以吸引私营部门。第四，中国目前缺乏激励政策和机制来支持金融机构参与可持续蓝色经济（SBE）活动。具体来说，金融机构尚未将蓝色经济活动纳入其海洋保护区（MPA）的评估中。此外，地方政府缺乏对支持可持续蓝色经济项目的企业和金融机构的激励机制。

7. 推动促进可持续蓝色经济发展的国际合作

海洋覆盖了地球表面三分之二以上，因此海洋治理需要国际合作来管理日益增长的环境影响并减少冲突。作为可持续蓝色经济（SBE）承诺的一部分，中国应促进全球海洋治理的国际合作，并努力推动向可持续蓝色经济体系转型成为国际主流。一个备受关注的方面是国际合作在帮助资金向更可持续的海洋使用中过渡的作用，特别是为这一过渡提供公共产品（例如，保护规则的制定和实施、清理等）。我们还应与国际社会一道，加入可持续蓝色经济（SBE）、气候行动和生物多样性保护协议，实现《巴黎协定》、《生物多样性公约（CBD）》和《2030年议程》确定的目标。

(1) 促进蓝色金融国际领域的合作与协作

蓝色金融的国际合作是促进国内外可持续蓝色经济（SBE）发展的有力途径。这包括可能在深圳建立一个国际海洋开发银行，目的是促进世界海洋经济的可持续发展。还应进一步探索中国和国际合作伙伴在可持续蓝色经济融资方面的合作方式，这可能包括以保本为目的开发的混合资本类型的机会（在《海洋金融手册》（2020年）中详细讨论了保护混合资本的潜在方法）；合作应对公海融资挑战的途径；或与经合组织发展援助委员会（OECD DAC）国家合作，为全球可持续蓝色经济（SBE）项目提供优惠融资。

(2) 履行全球气候承诺

气候变化对世界各国、尤其是沿海地区构成了重大威胁，损害了可持续蓝色经济（SBE）所依赖的自然资本。《中国气候变化蓝皮书 2020》指出，全球平均海表温度呈明显上升趋势，2019年的平均海平面达到自有卫星观测以来的历史最高水平。可持续蓝色经济（SBE）在中国的气候适应力中发挥着重要作用，因为健康的生态系统能够更好地承受气候影响，并提供有价值的基于自然的解决方案，例如岸线保护和碳封存。中国在保护和恢复因气候变化而严重受损的生态系统方面已经取得了进展，包括对滨海湿地、红树林、珊瑚礁和海草床的保护和修复。然而，中国可以通过扩大现有成就以及在国际上促进类似解决方案，进一步展示实现碳中和和可持续蓝色经济发展的雄心。

(3) 促进海洋治理领域的国际合作

在“一带一路”倡议国际绿色发展联盟的基础上，中国有机会促进各国和地区之间的共识，共同推动国家和区域的可持续发展，实现可持续发展目标（SDGs）。在此背景下，开展基础设施开发中生物多样性的风险识别和评估，减缓和控制建设和运营对海洋生物多样性的负面影响，实现生态、经济和社会效益的协同优化等，具有重要的现实意义。此外，建议利用现有的生态学手段如战略环境影响评价（SEA）和自然资本核算方法，尤其是针对生态敏感区域更要加强其相应的评价与核算，从而推动“一带一路”倡议的落实。

中国广泛参与了与海洋相关的国际组织和公约，并曾联合欧盟、葡萄牙、塞舌尔和莫桑比克提出旨在促进包括科技创新、基于生态系统的综合海洋分区管理以及增强能力建设等多项措施的“蓝色伙伴关系”。在2022年里斯本联合国海洋大会上，中国发布了16项蓝色伙伴关系原则，以支持此类双边倡议，核心重点是海洋生态保护合作、应对气候变化、减少海洋污染和可持续利用海洋资源。可持续蓝色伙伴关系合作网络也已启动，旨在以蓝色伙伴关系原则作为联合行动的指南，增进各利益相关方之间的合作。2022年世界贸易组织《渔业补贴协定》的通过，也充分体现了中国在禁止非法、不报告和不管制捕捞以及缓解全球过度捕捞压力的国际合作中发挥的积极作用。在目前关于深海海底采矿的国际研讨中，为保护脆弱的海洋生态系统，中国考虑采取预防措施来规范海底采矿活动也很重要。

气候变化对世界各国，特别是沿海国家构成重大威胁。这威胁到了可持续蓝色经济（SBE）所依赖的自然资本。中国在保护和恢复受气候变化严重影响的生态系统方面取得了重大进展。因此，中国可以在现有进展的基础上，通过在国际范围内推广类似的解决方案，提高在发展基于可持续蓝色经济（SBE）的气候问题解决方案上的领导力。为进一步促进全球海洋治理并支持可持续蓝色经济（SBE）的发展，中国应继续积极参与国际谈判进程，倡导和实施生态文明理念，支持可持续的海洋资源管理、环境和生物多样性保护，并致力于在全球范围内减缓气候变化。

(三) 政策建议

- 研究并明确可持续蓝色经济的定义和原则，纳入“十五五”规划并围绕其制定激励性政策。包括海洋综合治理和可持续蓝色经济的转型规划。可持续发展议程应与保护、恢复和可持续管理海洋和沿海生态系统相辅相成。将海洋生态系统的健康作为可持续蓝色经济的基石，从而促进长期的社会、经济和环境的健康和恢复力。
- 必须为定义蓝色金融分类的可用工具和投资机会提供明确的指导，兼顾国家目标和国际合作方案，并创造有利的政策环境，采取激励和抑制措施，为可持续蓝色经济倡议引入新的可持续融资形式。

- 针对可持续蓝色经济中一些正在扩张的行业，如沿海基础设施、能源、航运、蓝色食物等，需要将环境可持续性考虑纳入其财务审批程序和监测计划，建立具体指标以制定基线和跟踪机制

五、 产业设计与转型

(一) 引言

确保中国未来的繁荣、同时保持海洋生态价值不变的关键之一，是推动蓝色经济部门向可持续发展转型，加快海洋产业低碳发展。许多解决方案已与中国海洋经济五年规划高度契合。重要的是理解蓝色经济各部门在环境方面的影响。在这一背景下，推广对生态系统服务的理解，提高工商界对其活动环境影响的认识，并建立基于科学的管理以减轻不良影响及促进不同部门可持续发展目标的实现等都至关重要。

(二) 海洋可再生能源

1. 引言

各种海洋可再生能源技术（风能、波浪能、洋流能、潮汐能、海洋热能）正处于不同的发展阶段，并将面临各自独特的挑战。海洋可再生能源（ORE）装机容量快速增长，尤其是海上风电，需要考虑环境、社会经济和技术挑战。作为全球最大的能源消费国，中国正在加大力度发展海上可再生能源，提出更高的绿色能源消费目标。实现所需的可再生能源转型不仅可以缓解气候变化，还可以刺激经济增长，改善人类福祉，并促进全球就业。海洋可再生能源（ORE）是一个快速增长的海洋经济形态，正在推进低碳和循环经济的目标。尽管海上风电最近才达到政策转折点，而其他海洋可再生能源（ORE）技术仍处于早期发展阶段，但令人鼓舞的是，有迹象表明技术投资成本和发电价格将进一步降低，朝着商业可行的能源发电方向发展。加强对海洋可再生能源（ORE）技术潜在影响的了解对于制定未来增长计划和有效为海洋可再生能源（ORE）活动颁发许可证至关重要。对与不断增长的海洋可再生能源（ORE）部门和新兴海洋可再生能源（ORE）技术相关的环境影响进行持续测评，将确保决策者、开发者和利益相关者获得最佳和最新的信息。此外，将新兴海洋可再生能源（ORE）技术整合到军事应用、为偏远社区发电、淡水生产或水产养殖应用中，可能有着越来越多的机会。海洋可再生能源（ORE）技术为中国提供了发展新产业、创造就业机会并利用其在全球市场上的竞争优势的机会。

2. 机遇与挑战

(1) 问题

识别海洋能源产业设计与转型的问题及其对面向碳中和的蓝色经济的贡献，对未来政策和发展方针的制定将起到非常重要的作用。因此，需要明确和阐明几个关键因素，并扩展到不同的范围和产业部门，而不仅限于碳或海洋产业。应进一步开展以下研究，以帮助了解海洋能源产业设计和转型的未来挑战：

- 在全社会迈向碳中和的过程中，探讨海洋能源逐步演变为未来替代能源、甚至主流能源的可能性。
- 开发新方法来精确估算海洋能源产业对蓝色经济的具体经济贡献，考虑可持续发展和全面的经济-环境-社会效益和影响。
- 识别海洋能源产业可能造成的负面影响，包括其长期和大规模扩张带来的潜在甚至不可预见的威胁。

- 考虑更广泛的社会因素，这些因素可能成为阻碍海洋能源产业快速发展的障碍。

在不考虑可控核聚变等新一代发电技术突然爆发的情况下，海洋能源利用的持续增长是明显和可预期的。因此，清除海洋能源产业在转型和新产业塑造道路上的障碍是非常必要的。这些问题已经被总结并融合成了一个主要方向，需要在接下来的产业促进行动中加以解决。

(2) 挑战

在当今能源产业中，电气化能源系统显然比化石燃料能源系统效率更高。在全球范围内，英国政府已经将其对清洁和可持续能源供应的需求翻了一番。因此，预计向电力的转变将成为未来能源转型的关键目标，它将使能源需求与化石燃料供应脱钩，从而明确地对碳中和做出贡献。海洋能源产业从海上石油和天然气、海上风能、海洋可再生能源到绿色氢能的生产，甚至深海能源的提取，已经显示出新型能源产业的特点，并与能源转型趋势高度一致。然而，更多的挑战也随之而来，因为海洋能源产业完全是高科技和高风险的行业，需要克服不仅由强大而恶劣的海洋环境引起的自然风险和困难，还有由行业转型带来的新挑战。

我们目前已经识别出主要的挑战，能源产业界正在进行新的研究以探索和寻找最佳解决方案。一些研究结果已经显示出实现这一目标的巨大可能性，并为未来克服新挑战设定了更详细的目标。国际能源产业界已经识别并列出了以下挑战：

- 传统海上石油天然气行业的绿色转型：提高海上石油天然气平台的电气化水平，并与海上绿色能源进行大规模连接
- 由于绿色电力转型导致的成本增加
- 海上油气行业技术基础设施的彻底变革
- 缺乏新的工程设施
- 全球海上风电产业进入深远时代：海上浮式风机技术快速发展，浮式风电场快速增长
- 水深的增加导致海上风力涡轮机安装成本的快速增长
- 深远海域的长距离运输使得运维过程非常困难
- 深远海域海上风力涡轮机的生存能力和可靠性
- 产业培育和加速发展有前景的海洋能源产业：显著提高海上太阳能、波浪/潮汐能和天然气水合物开发的技术成熟度（TRL）
- 波浪/潮流能的示范规模有限
- 高成本和相对低的可靠性
- 由于缺乏信心和商业视角，在新行业的技术探索方面存在障碍
- 实施海上绿色氢气的工业化生产：在发电规模和成本上实现海上绿色氢气的工业化生产，显著降低海上可再生能源的电能生产成本，并为海上可再生能源制造绿色氢气的竞争力
- 广泛了解绿色氢能和绿色燃料的使用
- 制氢的安全性和稳定性控制
- 储存和运输技术

3. 政策建议

中国的海洋能源产业刚刚进入快速增长阶段，但仍然处于旧的产业设计之下。因此，非常需要产业转型和新设计，在五到十年内提高当前的产业水平，并增强对蓝色经济的产出和贡献。因此，为了确保产业在正确的路径上实现转型并塑造新产业，产业政策将非常敏感和重要。

基于最新的研究和总结，我们提出了以下政策建议，这些建议可以作为研究成果和指导，支持促进可持续蓝色经济（SBE）实现碳中和：

- 加强海洋能源产业的顶层设计，包括国家战略规划、综合性/复合性资源分布、产业促进行动计划以及财政支持政策等，构建海洋能源产业工业设计与转型的基础。
- 推动海洋能源产业的多场景应用和示范，重点聚焦海上光伏、波浪/潮汐能以及海上绿色制氢等有前景的战略方向，使海洋能源产业对可持续蓝色经济发展的贡献更加清晰可见。
- 在将海洋能源打造为未来中国/全球碳中和主要贡献者的过程中，加强研究、创新和综合海洋管理的引领作用。加强科技创新及海洋综合管理对海洋能源产业转型升级的引导作用，以创新推动海洋能源成为未来支撑中国乃至全球碳中和的主力军。
- 扩大与国际学术或产业伙伴的合作范围，整合全球知识和研究成果。

(三) 深海矿产资源开发

1. 引言

深海采矿涉及从矿床勘探、开采、矿石运输、初步加工到深度炼制的复杂过程。这个过程中不仅会产生直接的经济效益，还会带来一系列环境和社会影响。

环境方面，深海采矿可能会对海底生态系统造成不可逆转的破坏，产生沉积物羽流和金属类化学污染，影响海洋生物多样性和生态系统功能。根据目前的研究，一旦深海生态系统因人类活动而遭到破坏，其恢复将是十分困难且非常昂贵的。有关沉积物羽流对生态系统影响的研究仍然非常有限，其长期后果仍然存在很大的不确定性。经济方面，深海采矿具有高投入高回报的特点，但同时也面临高风险和不确定性。

社会方面，深海采矿活动可能会引发许多社会和伦理问题，例如对沿海社区的影响、资源分配，尤其是对妇女和其他弱势群体的公平性，以及环境正义等。特别是妇女和边缘化群体往往不成比例地承受深海采矿造成的环境退化和社会破坏的影响。例如，由于渔业受到影响，沿海社区的妇女可能面临更大的粮食安全负担，因为她们往往依赖渔业获得粮食和收入。此外，这些群体往往很少有机会获得深海采矿活动所产生的经济利益，从而加剧了现有的社会和经济不平等。未来，根据《联合国海洋法公约》，深海采矿的财政和其他经济利益将由全人类平等分享。此外，深海采矿项目还支持海洋学研究和旨在增加妇女和边缘化群体参与海洋科学工作的倡议。

为了促进性别平等和包容，深海采矿项目必须让妇女和边缘化群体积极参与到决策的各个阶段中。这不仅意味着确保他们能够获得相关信息和资源，还意味着创建一个公平的平台，让他们的声音能够被听到以及他们的关切能够得到解决，例如，举行社区磋商。

此外，尤其需要指出的是，特别是对于深海生态系统，目前的知识盲区仍然很大，阻碍了对相关的深海生态系统价值的潜在测量和估算。这进一步突出了持续进行深海测绘和研究工作的重要性。

深海采矿作为一种新的资源开发方式，其碳排放和环境影响需要进行全面评估。深海采矿过程中的碳排放主要来源于设备运行、矿石运输和冶炼等环节，同时海底有机碳的降解也会产生潜在的碳排放。尽管如此，深海采矿也有其独特的优势，如高金属浓度和低有害元素含量，可能比传统陆地采矿更具环境友好性。然而，实现这一目标仍面临技术、管理和政策方面的挑战，需要在足够的科学研究的基础上制定有效的政策和措施，确保深海采矿的可持续性。

2. 机遇和挑战

(1) 深海采矿过程中的碳排放计算

深海采矿碳核算面临多种挑战，包括数据获取和精度问题、核算方法复杂性以及技术与政策方面的障碍。在数据采集上，难度大、成本大且数据精度不足，直接影响核算结果的准确性；核算方法复杂，需要不同环节采用不同的计算方法，如LCA和碳足迹计算，同时还需考虑间接碳排放。核算边界不统一，缺乏统一标准和规范，难以比较和综合不同研究结果。

目前，针对深海采矿过程潜在碳排放的讨论十分有限，讨论集中于沉积物羽流，即沉积物再悬浮所造成的有机碳分解过程。然而一些研究表明，海底采矿作业造成的沉积物再悬浮可能仅仅局限于相对较小的时间和空间范围内。例如 Spearman 等（2020）结合现场观测和数值模拟，发现海底采矿期间被搅动的沉积物绝大部分将沉降在扰动中心 1 千米以内[7]。全球海洋矿产资源公司（GSR）在夏威夷和墨西哥之间的 Clarion Clipperton 海域对沉积物羽流的行为进行了跟踪，初步结果表明，沉积物主要散布在矿区附近，再悬浮现象则局限于海床以上 5 米之内，远低于一些自然海洋环境中的沉积物再悬浮高度。与此同时，沉积物羽流的快速沉降也能有效减少因有机碳氧化而造成的碳排放；例如，模型计算表明采矿未知的羽流浓度将在采矿停止一天以内迅速稀释到自然背景的背景浓度水平[8]。此外，Haffert 等（2020）在秘鲁盆地 DISCOL 试验区的研究发现，在海底采矿撞击之后一年，沉积物中的生物地球化学过程已经恢复到撞击前的状态[9]。因此，采矿过程中的潜在碳排放影响范围小，处于可控范围。

然而，这些预测的前提是在短时间内，在一个小尺度的范围内对现场原型采矿设备进行非常小规模的试验。此外，大多数研究只集中于一种资源类型，即深海平原上发现的多金属结核，而没有考虑在海底山和热液喷口发现的另外两种深海矿物资源，即地壳和硫化物。虽然有助于建模，但来自这种

单一实验中得出的预测可能并不准确。事实上，已经有令人信服的研究表明真实的情况可能并非如此。另一方面，海洋有机碳的分解和固定机制是十分复杂的。在一些情况下，沉积物的再悬浮并不一定造成显著的有机碳氧化和 CO₂ 排放。相比于海洋环境中的背景沉积速度，作业扰动之后沉积物沉降速度更快，更有利于保护和埋藏有机碳。对原有沉积环境的扰动也可能触发其他储碳机制，从而造成碳的埋藏。例如，沉积物再悬浮过程中，海水中的溶解碳可能吸附在沉积物颗粒上，随着颗粒快速沉降从而得到保存[10]。再如，虽然矿床开采会对海底生态系统造成不可避免的破坏，但小型生物残体的快速沉降和保存也能储存一部分生物碳。因此，除了明显的燃料动力过程碳排放之外，深海采矿潜在的碳排放是需要进一步的仔细评估与研究的。

(2) 深海采矿的环境影响

尽管深海采矿被视为新经济的前沿，代表着未来“蓝色经济”新的增长点，可以满足对新能源等高科技行业所需原材料日益增长的需求，然而其在科学、技术、管理和地缘政治方面都面临着挑战。例如，当前深海生物科学认知存在巨大空白、深海采矿相关的环境监测和评估等技术手段不足、开发规章等国际制度缺失、缺乏一定的数据透明度和严格的基于科学的标准和指南，以及深海采矿的惠益分享及对陆地金属矿产资源国家的影响所产生的地缘政治问题等。事实上，2024年7月发表的一项新研究表明，一些深海资源（即多金属结核）可能能够产生氧气，如果得到进一步研究的证实，这可能是一个突破性的发现，并可能导致我们理解和欣赏深海生态系统功能的转变 [11]。一些环保主义者甚至认为，如果在不久的将来在没有足够保障措施的情况下进行深海采矿活动，将“代表着一场大规模非受控实验的开始”，因此，深海采矿的合法性正受到严重质疑[12]。

(3) 深海绿色采矿技术

深海绿色采矿技术的开发与应用面临多方面的挑战，包括：

① 资源潜力与需求增长。全球对金属资源的需求不断增长，尤其是新能源电池、电子设备和可再生能源设备等高科技领域，对钴、镍、铜等金属材料的需求日益迫切。与此同时，许多领域发生了大规模的技术变革。例如电动汽车电池技术（包括中国）随着磷酸铁锂电池的发展，电池所需的矿物质发生了重大变化，从而减少甚至可能消除对深海矿产金属（例如钴）的需求，尽管这些资源在各个行业仍然至关重要[13]。以磷酸铁锂电池为例，其市场份额在过去两年中翻了一番，目前占全球电池市场的 42%，未来的研究和创新可能会进一步减少对深海矿物的需求。随着替代方案取得的一系列进展，以及全社会在建设循环经济方面增加的投资，深海采矿的盈利能力将面临进一步的不确定性。

陆地上的矿产资源在经过长期的大规模开采后，储量日益减少，勘探难度加大，开采成本上升。然而，世界各地对矿产需求的增加也导致更多的陆地矿藏被发现。地面采矿技术的发展也使以往由于技术上原因不可开采的矿藏成为可开采。深海矿产资源在储量和质量上都具备开采的潜力，特别是含有多种关键金属的多金属结核和多金属硫化物具有广阔的开发前景。但是，必须指出，对深海矿产的加工能力仍在发展之中，进一步加工和提炼这些矿物资源的效率仍然较低。最后，越来越多的金融机构、全球工业和主要企业承诺不支持深海采矿活动，这也可能影响到对深海矿产的需求及其盈利能力。

② 环境挑战与风险。深海采矿活动对海洋环境的潜在影响是当前技术和科学评估的难点。例如，海底采矿可能扰动大量沉积物，形成悬浮泥沙羽流，对周边生态系统造成不可逆的破坏；海底集矿活动产生的噪音和振动，会对深海生物群落的生存和繁衍带来压力。此外，由于科技手段和监测设备的限制，对这些环境影响的长期、系统性研究相对缺乏，致使环境风险在一定程度上不可控。绿色采矿技术需要通过技术革新和科学评估，最大限度地减少这些环境风险，实现生态保护与资源开发的平衡。

③ 技术瓶颈与研发需求。深海环境极其特殊，具有高压、低温、黑暗等特点，对采矿设备和技术提出了极高要求。例如，海底作业设备需要具备抗高压、抗腐蚀、高效率等特性，这对材料科学、机械工程、控制技术等多个领域提出了新的挑战。同时，由于深海采矿的环境特殊性和复杂性，常常需要结合多种先进技术，如机器人技术、自动化技术、远程操控技术和智能化系统等，以应对采矿过程中的各种复杂情况。

④ 依照法理学和国际规范，深海区域通常被界定为国际公共区，资源开发需要遵循国际海洋法和相关国际条约的规定。国际海底管理局（ISA）是依据《联合国海洋法公约》设立的组织，负责管理和监督国际海底区域的矿产资源开发活动在有效地保护海洋环境的前提下进行。尽管已有一些初步的法规 and 环境保护指南，但具体实施过程中仍存在漏洞和不完善之处。实际上，关于未来的开采活动，国际海底管理局的谈判仍在进行，要求暂停的呼声越来越高。许多成员国指出，有许多关键的突出领域仍未得到解决，因此一方面需要更多的关注，另一方面需要在监管框架中增加更多的保障措施，包

括更多的科学以及其他形式的相关知识。此外，各国在深海矿产开发方面的利益诉求和环境保护责任，需要通过更加详细、科学的法规和国际合作来协调。

(4) 深海采矿与“碳达峰、碳中和”战略

尽管深海采矿可以提供电动汽车电池所需的钴和镍等关键金属，有助于能源转型，但它仍面临多重挑战。深海矿区远离陆地，矿体埋藏在数千米深的海底，矿体环境复杂，开采技术不成熟，并很可能成本高昂，因此迄今为止尚无商业化开采的实例。最近的技术创新也导致了深海采矿缺乏实际的必要性。同时，深海拥有独特而脆弱的生态系统，包括可用于制药的重要生物和遗传资源，因此深海采矿可能造成重大和不可逆转的损害。此外，正如联合国人权事务专员所警告的那样，深海采矿也可能造成严重的侵犯人权行为，包括侵犯享有健康和富有生产力的海洋的权利。此外，深海矿产资源常为多金属共生矿，选冶工艺流程长、能耗大，导致深海矿产选冶成本较高。据多金属结核采矿技术经济评价，选冶成本占总成本的一半以上[14]

生产过程中需要供应能源，必然导致碳排放。深海生态系统对海洋碳循环极为重要，采矿活动可能导致海洋碳循环失衡，影响碳的吸收和储存，从而间接增加碳排放[15]。因此，联合国环境规划署（UNEP）金融倡议指出，目前所理解的深海采矿不应成为可持续蓝色经济（SBE）的一部分。

3. 政策建议

(1) 制定综合性深海采矿碳排放评估框架

- 建立综合的深海采矿碳排放评估方法：在深海采矿选址和作业之前，进行针对潜在碳排放的基础调查和小型现场试验。例如，了解采矿地点的碳储能力和生态系统碳排放健康极限值，从而为制定有效的碳排放评估方法提供依据。
- 建立海洋保护区与深海采矿区潜在碳排放对比清单：根据不同生态系统的环境脆弱程度、生态价值、储碳能力，分级分批制定深海采矿规划，确保科学、全面地评估深海采矿的碳排放影响。

(2) 推动深海采矿绿色技术发展

- 发展负责任的采矿技术：建设对环境影响较低的海底采集和沉积物羽流排放系统；建立原位尾矿处理系统，通过在深海原位处置矿山废料和尾矿，减少碳排放。
- 创新绿色低碳深海选冶技术装备：研发环保、高效、低碳的深海矿产选冶技术，提高有价金属选矿回收率，同时实现碳达峰和碳中和目标。

(3) 强化监测和管理系统

- 建立海底采矿碳排放监测和连续观测系统：深入研究采矿作业对海洋环境碳储能力的影响，开展全面观测，切实跟踪、计算和评估海底采矿的碳足迹。
- 加强科学研究和环境管理制度：搜集可靠的环境基线数据，研究深海采矿的潜在环境影响，突破环境监测、评估及修复的关键技术，协商制定深海采矿的环境管理制度，确保科学技术和手段的完备性，为负责任的且有效的决策提供充分的科学信息。

(4) 加强国际合作和法规体系建设

- 加强全球国际合作：提升深海矿产资源开发的国际地位，制定国际合作科学计划，凝聚国际科研力量，促进科学知识交流；加强与国际标准化组织和国际海底管理局的合作，用标准化推动高质量发展。
- 构建完善的国际法律法规体系：在联合国机制下，推动《国际海底区域矿产资源开发规章》的制定，确保国际海域矿产资源治理更加公正合理，鼓励承包者进行技术创新和清洁能源应用。
- 确保未来的深海采矿活动与最近通过的国际协议保持一致，包括 BBNJ 协定、《昆宁-蒙特利尔全球生物多样性框架》以及其他适用于海洋环境国际协议，并评估深海采矿活动如何影响这些国际协定所设定的义务、愿景、目标和指标的潜在影响。

(5) 推广清洁能源应用

- 发展非化石可再生清洁能源：降低深海采矿碳排放强度，积极采用核能、海洋能、太阳能、风能、海水氢能等可再生清洁能源，建设海上能源综合供给平台，实现规模化的清洁能源供给及其高效利用，确保对海洋环境的有效保护。

(6) 提高公众意识和行业透明度

- 加强公众和行业认知：通过普及科学、鼓励公开辩论、促进具有包容性和尊重公众知情权的决策，提高社会对深海采矿的环境影响的认识。尤其重要的是要确保妇女和边缘化群体能够参与这些讨论，她们经常被排除在公共论坛之外，但却是受影响最大的群体之一。
- 执行性别主流化政策：为妇女和边缘群体的参与和反馈创建专门的平台。这可能包括组织对这些群体开放的社区磋商和公共论坛，用易于理解的当地语言和方式提供信息，并确保在决策过程中纳入他们的独特观点。
- 制定包容性的战略和机制：建立利益分享机制，满足妇女和边缘化群体的需求，确保他们公平地分享深海采矿带来的经济利益。例如，将一部分采矿收入分配给使这些群体直接受益的社区发展项目。
- 促进教育和能力建设的倡议：提供旨在增加妇女和边缘群体参与深海采矿部门的培训和教育方案。这可能包括技术培训、领导能力发展和能力建设倡议，使这些群体能够参与采矿活动并从中受益。

(四) 深远海养殖

1. 引言

随着世界人口的持续快速增长，加之人类生活水平的改善，在可见的未来之内，人们将会对高质量动物蛋白提出越来越高的需求。在水产品生产部门当中，捕捞渔业由于长期以来的过度捕捞，正处于削减产能、优化生产结构的阶段，水产养殖是增长的主要动力。

过高强度的近岸养殖不仅通过水体污染、病害传播等方式危及了水产品自身的产量和安全性，还对海岸带生态系统和社会经济系统产生了深刻的负面干扰[16-18]。养殖活动排放的超量营养盐和药物损害了生态环境质量，养殖设施侵占了红树林、海草床、盐沼等海岸带生物的重要栖息地；并且随着人类对海洋开发利用的形式日趋多样，养殖业还会与航运业、生态旅游、海洋清洁能源业等支柱海洋产业形成空间竞争。

促进海水养殖从近岸向深远海空间拓展已成为了当前阶段迫切的需要。根据最新的统计年鉴数据显示，中国 2022 年的深水网箱 (>20 米水深) 养殖产量近 40 万吨，尽管只占海水养殖总产量的不到 2%，但考虑到深水网箱养殖对象几乎全部为鱼类，其产量已经占到海洋鱼类养殖产量的五分之一[19]。得益于国家政策的促进作用，深水网箱养殖产量在过去 10 年间增长了 4 倍，特别是在 2017 年以来增长尤其迅速，同时也有一批全球首创性的智能化大型养殖设施得以建成 [20]。已有实地监测研究表明了深远海养殖确实对环境方面具备优势[21]。但需要注意的是，深远海养殖产业总体上还是处于起步阶段，全球学术界和产业界对深远海养殖的定义、扩张潜力、技术趋势、主要风险等尚未形成足够坚实的共识。因此还需收集更加充分的科学知识、组织更多利益相关方共同参与的决策过程，从而为深远海养殖的未来发展勾画出更加清晰的战略路径。

2. 机遇与挑战

(1) 生态风险

水产养殖活动对自然生态环境的影响是近数十年以来广受重视的议题。相比于近岸海水养殖而言，深远海养殖的区域受人类活动干扰更小，水交换条件更好，污染消纳能力更强。然而，深远海养殖也有着相当高的生态风险，一部分是由于水产养殖活动的内在特性引起的，一部分是深远海环境的特殊性赋予的。

1) 深远海养殖最典型的一项生态风险是对野生饵料鱼资源的使用。环境的适宜性和经济回报的高要求共同导致了当前深远海养殖的主要目标物种是高价值的肉食性鱼类。这些高营养级的物种的养殖不可避免地对鱼粉和鱼油有很强的依赖性，而鱼粉和鱼油都来自野生捕捞的饵料鱼资源 [22]。这导致的潜在负面影响包括：加剧对饵料鱼种群的过度捕捞；影响了饵料鱼作为海洋食物网关键中层要素的功能，降低海洋生态系统质量；减少了饵料鱼渔获物被人类直接食用的比例，危害特定区域的粮食安全；助长低选择性的、高环境足迹的捕捞方式的应用。随着鱼粉和鱼油价格的上涨，一定程度上推动了水产饲料配方的重大进步，部分研究充分的物种（如三文鱼）的饲料转化效率已经大幅上升，并开发了鱼粉和鱼油的替代品[23, 24]。然而，这些替代品（如大豆粉和昆虫粉）是否有着更低的生态

足迹和碳足迹还待验证。还有一些深远海养殖的目标物种尚未开展充分的饲料营养研究，需要继续优化饲料转化效率、微量营养素输运、蛋白质吸收效率等性能指标。若上述挑战得不到出色的解决，深远海养殖的自然资源利用效率可能会处在低水平，从而造成不利的生态风险。

2) 深远海养殖不仅通过使用外部的生物资源造成生态风险，养殖设施自身对周围环境构成的生态风险也值得关注。由于深远海养殖的主要目标物种是高营养级鱼类，如果残存的饲料和鱼类的代谢产物过于密集，会产生额外的营养盐足迹，从而改变周围的生态系统结构。尽管理论上深远海的水交换动力条件更好，更容易化解额外营养盐输入的影响，但当前针对运行中的深远海养殖设施的相关实证研究还很匮乏，需要进一步的验证。同时，由于风浪损坏、鲨鱼侵袭、设备故障等潜在原因带来的养殖生物逃逸的风险同样需要注意防范。除此以外，必须强化研究深远海养殖与受胁野生动物之间的相互作用关系。相比于近岸养殖，深远海养殖所处的区域受人类活动压力更轻，这也就意味着相应区域内的受胁野生动物活动可能更加频繁。尽管养殖活动与海洋保护区不会重叠运营，但在深远海养殖的选址过程当中，还是要加强事前的现场生物调查，或者采用物种分布模型等模拟手段，尽可能确保潜在的养殖区域不在受胁野生动物的栖息地和洄游通道内。养殖设施的设计当中也应注意防止受胁野生动物发生缠绕，特别是容易受到养殖鱼类吸引的鲸、海豚、海龟等大型旗舰物种。

(2) 经济风险

总体而言，深远海养殖在水产食品生产部门中属于高风险、高回报的类型。从中国的现状来看，深远海养殖的经济效益良好，加之政府实行了一系列激励性的产业政策，但企业投入深远海养殖的积极性仍然有限，经济风险是其中最为主要的原因 [25]。深远海养殖的经济风险主要包括以下方面：

1) 相比于近岸海域，深远海海域的物理和生物环境更为复杂，体现在天气、海流、生物污损、鲨鱼袭击等诸多方面，其中以海上风浪最为突出。特别是在深远海养殖实践相对集中的中国东南沿海，夏季是台风灾害的频发时期，其对养殖设施的影响是毁灭性的。尽管近岸养殖同样会受到台风和其他极端天气事件的影响，但滩涂、海湾等地形可以对风浪起到一定的缓冲作用，而陆基循环水养殖工厂受到的影响更小；除此以外，深远海养殖的设施和养殖对象也更为昂贵，面对外部风险的脆弱性更高。最关键的问题是，当前专门针对深远海养殖的保险制度发展迟缓，即使已经萌生了一些产品，但投保条款异常苛刻，远不足以解决养殖企业的后顾之忧 [25]。

2) 由于深远海养殖的设施需要有抵御风浪的能力，建造和运营成本高，需要确保其生产的产品在市场上具有一定竞争优势，且有足够的消费者愿意为此付出更高的价格。这需要深远海养殖的对象与近岸网箱养殖、池塘养殖、陆基工厂养殖等传统方式的养殖对象有所差异，方能实现错位竞争。一方面，上述要求使得深远海养殖可以选择的养殖物种落在一个狭窄的范围内，而这些物种是否能够在深远海的自然环境与集约化的养殖工况下有着出色的生长表现，还缺乏足够的经验验证和技术保障。另一方面，将深远海养殖的水产品进行高值化利用的配套产业体系建设还不完善，难以保证有足够的市场空间，更不用说当深远海养殖规模扩大后还会涌现出更多的竞品。在当下的发展阶段，这些因素也构成了深远海养殖面临的重要经济风险。

3) 近年来，随着深远海养殖的日渐兴起，海洋工程装备企业不断加大深远海养殖设施的研发投入，当前的养殖设施已经在抗风浪、自动化操作、清洁能源应用等方面取得了显著进步，但这也使得养殖设施的价格越来越高。在回报的不确定性未能有效解决的前提下，高昂的初始投入更加加剧了深远海养殖的经济风险。一项中国的研究发现，当前中国投入运行的深远海养殖设施当中，3000 万元以下的多由民营企业投资，而 1 亿元及以上的大型设施几乎全部由国有企业投资；甚至有一台大型装备的所有权从民营企业转移到了国有企业 [26]。当前深远海养殖在经济方面的准入门槛相当高，也反映了纯粹的市场机制及其配套制度无法充分激发民营资本的投入意愿，只有依靠政府介入才能发展，这无疑亟需改变的。

(3) 社会风险

水产品生产在维护全球庞大人口的粮食安全与营养安全的同时，也为许多人提供了必要的生计。全球共有约 6000 万人直接从事捕捞渔业和水产养殖工作 [27]，其中大部分都是小规模从业者，以个人或家庭为单位来开展基本的生产。日渐兴起的深远海养殖却与整个水产品行业的上述特性并不相似，其资金投入高、技术要求高、产品价格高，必须依托于有一定规模和实力的企业才能开展运行。在此背景下，深远海养殖行业究竟能否将自己产出的利益转化为公平的社会福祉，是一个值得仔细审视的问题。

1) 当前深远海养殖的行业定位是水产品生产相对高端的一种形式。在资本投入方面,其养殖设施单体规模庞大、价格昂贵,自动化程度较高的网箱造价都在千万元数量级,还有小部分的造价在亿元以上。对于小规模从业者而言,即使是数个家庭联合,也与准入门槛相距甚远。在技术投入方面,其养殖装备结构复杂、养殖对象普遍为需要投饲的高营养级鱼类,因此需要从业者具备工程技术或水产养殖方面较为丰富的专业知识,同时又由于作业的自动化程度较近岸养殖更高,对初级劳动力的需求有所降低。这导致了一般沿岸社区内的生计渔民较难直接从事深远海养殖工作。当深远海养殖作为一种探索性试点时,这种社会风险并不突出,然而一旦深远海养殖的规模迅速扩大,对近岸养殖和小规模捕捞渔业发生了显著的取代,却将原本的生计渔民阻挡在自己的准入门槛以外,就会造成严峻的社会问题。与此同时,深远海养殖的社会风险不仅会波及从业者,还可能影响消费者。考虑到盈利能力,深远海养殖的产品均为高价值的海产品,如果这一行业迅速扩张并取代了一部分传统的水产品生产,也会随之改变水产品的市场结构。低收入群体能够负担的廉价水产品(如藻类、贝类、小型中上层鱼类等)的供给将会减少,从而给特定区域的粮食安全和营养安全带来负面影响。

2) 性别平等问题也是在审视一个行业的社会风险时的主要焦点。尽管目前还没有针对性的研究来揭示深远海养殖中的性别平等情况,但从整个水产品生产行业的角度来看,现实并不乐观。在包括收获前和收货后的整个水产品价值链当中,女性从业人员的占比达到一半,尽管女性发挥着大量且重要的作用,但水产品生产仍是传统观念下的男性主导行业,女性常常只能从事非正规、低报酬、不稳定、技术门槛低的工作类别 [27]。近年一项美国的实证研究表明,贝类和藻类养殖等低门槛、低回报的水产品生产形式的扩张更有利于女性在生产中的直接参与;进一步地,在这类生产形式的范围内,收益相对低的产业(藻类养殖)有着更高的女性参与率,收益相对高的产业(牡蛎养殖)对女性从业者的纳入则还是有限 [28]。深远海养殖恰恰是高门槛、高回报的水产品生产形式代表,且其中的就业机会对于整个渔民群体来说都是高度稀缺的资源,女性在其中的就业状况势必是令人担忧的。然而,这并不意味着没有改革的机遇。女性在水产品生产中的弱势地位往往是因为在资产传承的传统制度下,女性难以拥有渔船、鱼塘等生产资料的所属权 [29]。而深远海养殖的兴起并不是传统水产品生产形式,特别是小规模生产形式自然演化的结果,其很大程度上依赖于政策治理的引导作用。在促进产业转型的过程中,无论是捕捞渔业还是近岸养殖向深远海养殖的转型,政府都可以有针对性地向渔业社区中的女性开展能力建设,如养殖工作本身或上下游产业(鱼苗养殖、产品加工等)所需的技术培训。特别是针对在传统生产形式下无法获得足够收获机会的女性,应当为她们创造更多非男性中心的交流与学习空间。考虑到女性往往有能力比男性做出更加生态环境友好、更加符合可持续目标的决策 [30],借助深远海养殖产业转型的机遇来开展性别包容导向的改革,增加女性在水产品生产及管理决策,有非常显要的必要性。

3. 政策建议

深远海养殖的规模化可持续发展不仅回应了人类对高质量水生食物来源的重要需求,也是纾解当前用海活动过于饱和的困境、实现多个蓝色经济部门高效协同发展的有力手段。中国作为深远海养殖的龙头大国,需要与其他主要生产国家一同致力于施行有力的产业治理政策,并在决策过程中包容性地纳入沿海社区及产业价值链上的各个利益相关群体的诉求,同时积极开展国际层面的科学交流与合作。深远海养殖产业治理的主要原则包括:1) 科学评估养殖活动的生态环境效应,确保向深远海养殖的转型能够与海洋生态保护最大程度地协同;2) 减少养殖活动及上下游产业的碳排放,并探索负排放海水养殖在深远海实践的可能性;3) 保障弱势群体能够平等地享受深远海养殖产出的福祉;4) 降低深远海养殖的经营风险及准入门槛,形成更加多元化的市场格局。在此基础上,本章确立了若干优先行动,具体建议如下:

- 准确评估不同类型的海水养殖对自然资源的利用效率,识别适宜转向深远海的养殖类型和适宜留在近岸/陆基的养殖类型,贯彻有序分类的治理导向。
- 强化深远海养殖的空间规划,特别关注与海洋保护区外围、重要生物栖息地和洄游通道等生态重要区域的相互作用,并探索与生态旅游、海洋能源等产业的协同互利。
- 推动面向深远海养殖的海洋工程装备前沿技术研究,尤其是加强对极端天气事件的防护功能,以及对可再生清洁能源的使用。

- 加强深远海养殖目标物种的相关生物学机理研究，优化选育适宜养殖的品种，并加快开发相应的生态足迹更低的水产饲料原料。
- 完善深远海养殖的上下游配套产业链，特别关注如何让小规模从业者和女性这些弱势群体直接参与养殖生产，以及产品的运输、加工、认证和销售。
- 根据市场规律进行必要的政府干预，如设立养殖保险、实施生态补贴、加速激励产业转型等。

六、 参考文献

1. UNCTAD. Towards a Harmonized International Trade Classification for the Development of Sustainable Ocean-Based Economies, 2021. UNCTAD/DITC/TED/2020/4
2. World Bank Group, GDP (current US\$), 2024, Accessed at <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD> .
3. OECD. The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, Paris, 2016. DOI: 10.1787/9789264251724-en
4. Wuwung L, Croft F, Benzaken D, Azmi K, Goodman C, Rambourg C and Voyer M. Global blue economy governance – A methodological approach to investigating blue economy implementation. *Frontiers in Marine Science*, 2022, (9):1043881. doi: 10.3389/fmars.2022.1043881
5. Department of Marine Strategic Planning and Economics, Ministry of Natural Resources China Marine Economic Statistics Bulletin, 2021 and 2022.
6. World Bank and United Nations Department of Economic and Social Affairs. The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States and Coastal Least Developed Countries, 2017. World Bank, Washington DC
7. Spearman, J., Taylor, J., Crossouard, N. et al. Measurement and modelling of deep sea sediment plumes and implications for deep sea mining. *Scientific Reports*, 2020, (10): 5075. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61837-y>.
8. Gillard, B., Purkiani, k., Chatzievangelou, D., Vink, A., Iversen, M. H., Thomsen, L. Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining- generated, abyssal sediment plumes in the Clarion Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific). *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2019, 7 (5). <https://doi.org/10.1525/elementa.343>.
9. Haffert, L., Haeckel, M., de Stigter, H., Janssen, F. Assessing the temporal scale of deep-sea mining impacts on sediment biogeochemistry. *Biogeosciences*, 2020, (17): 2767-2789. <https://doi.org/10.5194/bg-17-2767-2020>.
10. Hansell, D.A. Recalcitrant dissolved organic carbon fractions. *Annual Review of Marine Sciences*, 2013, (5): 421-445. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120710-100757>.
11. Sweetman, A.K., Smith, A.J., de Jonge, D.S.W. et al. Evidence of dark oxygen production at the abyssal seafloor. *Nature Geosciences*, 2024, 17: 737–739. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01480-8>
12. Jaeckel, A., Harden-Davies, H., Amon, D.J. et al. Deep seabed mining lacks social legitimacy. *npj Ocean Sustain*, 2023, 2, 1. <https://doi.org/10.1038/s44183-023-00009-7>
13. International Energy Agency. Global Critical Minerals Outlook 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>.
14. Zhuo, X. J., Wang, W. T., Xu, X. W., Zhang, T. et al. Scientific and Technological Development Report on the Exploitation and Utilization of Deep-sea Mineral Resources 2024, 2024.
15. The United Nations Environment Programme (UNEP) , Deep-Sea Mining, 2024, Accessed at https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45494/deep_sea_mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
16. Cao, L., Halpern, B.S., Troell, M. et al. Vulnerability of blue foods to human-induced environmental change. *Nature Sustainability*, 2023, (6): 1186–1198 <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01156-y>
17. Gephart, J. A., Henriksson, P. J., Parker, R. W., Shepon, A., Gorospe, K. D., Bergman, K., ... & Troell, M. Environmental performance of blue foods. *Nature*, 2021, 597(7876):360-365.
18. Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., & Diana, J. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research-International*, 2007, (14): 452-462.
19. 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会. 2023. 2023 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社.
20. Long, L., Liu, H., Cui, M., Zhang, C., & Liu, C. Offshore aquaculture in China. *Reviews in Aquaculture*, (2024),16(1): 254-270.
21. Welch, A. W., Knapp, A. N., El Tourky, S., Daughtery, Z., Hitchcock, G., & Benetti, D. The nutrient footprint of a submerged-cage offshore aquaculture facility located in the tropical Caribbean. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2019, 50(2): 299-316.

22. Froehlich, H. E., Jacobsen, N. S., Essington, T. E., Clavelle, T., & Halpern, B. S. Avoiding the ecological limits of forage fish for fed aquaculture. *Nature Sustainability*, 2018, 1(6): 298-303.
23. Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., ... & Troell, M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 2021, 591(7851): 551-563.
24. Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E.. Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature Food*, 2020, 1(5): 301-308.
25. 林鸣. 2022 .发展大规模深远海养殖: 问题、模式与实现路径. *管理世界*,38(12):39-60.
26. 李大海, 孙文慧, 于会娟, 张瑛和韩立民. 2023. 我国深远海养殖业的现状特点和发展建议. *中国渔业经济*, 41 (05) : 39-49.
27. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Rome: FAO, 2022.
28. McClenachan, L., & Moulton, A. Transitions from wild-caught fisheries to shellfish and seaweed aquaculture increase gender equity in Maine. *Marine Policy*, 2022, 146, 105312.
29. Elias, M., Zaremba, H., Tavenner, K., Ragasa, C., Valencia, A. M. P., Choudhury, A., & de Haan, N. Towards gender equality in forestry, livestock, fisheries and aquaculture. *Global Food Security*, 2024, 41, 100761.
30. UNFCCC. Dimensions and examples of the gender-differentiated impacts of climate change, the role of women as agents of change and opportunities for women, 2022. FCCC/SBI/2022/7 (01 Jun 2022), available from <https://unfccc.int/documents/494455>.

七、 缩略词列表

UNCTAD: 联合国贸易与发展大会

WWF: 世界自然基金会

GDP: 国内生产总值

OECD: 经济合作与发展组织

CCS: 碳捕获与碳封存

UNEP: 联合国环境规划署

SBE: 可持续蓝色经济

CBD: 生物多样性公约

BBNJ: 国家管辖范围以外的生物多样性