我国深远海养殖现状及发展对策

吴侃侃[1,2,3]，李青生[1,2,3]，黄海萍[1]，陈克亮[1,2]

（1.自然资源部第三海洋研究所　厦门　361005；2.自然资源部海洋生态保护与修复重点实验室　厦门　361005；
3.福建省海洋生态保护与修复重点实验室　厦门　361005）

摘要：为改善近海海洋生态环境、保障国家食品安全以及推进“蓝碳计划”的实施和海洋渔业经济的可持续发展，文章概述国内外深远海养殖业现状，分析当前我国深远海养殖存在的问题，明确未来我国深远海养殖发展的重点任务，并结合地方先期实践提出相关政策建议。研究结果表明：当前我国深远海养殖面临装备技术与标准体系不完善、养殖技术水平不高以及顶层设计与政策支持不到位3个主要问题，针对上述问题，须以全面开展养殖区域规划及环评、构建优质高效的养殖技术体系、建设多元化与完善的养殖装备系统以及打造完整的养殖产业链为重点任务，进一步推动我国深远海养殖的发展；同时，应加强顶层设计与产业布局规划、建立健全多元化的投资体系、强化科技支撑作用、协调养殖发展与生态环境保护的关系以及完善安全生产保障体系，保障我国深远海养殖的可持续发展。

关键词：深远海养殖；养殖装备技术；海水养殖；渔业经济；全产业链

中图分类号：S96；F326.4；P745　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2022)10－0011－08

Deep-sea Aquaculture Progress and Development Measures in China

WU Kankan[1,2,3]，LI Qingsheng[1,2,3]，HUANG Haiping[1]，CHEN Keliang[1,2]

（1.Third Oceanography Institute，MNR，Xiamen 361005，China；
2.Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration，MNR，Xiamen 361005，China；
3.Fujian Province Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration，Xiamen 361005，China）

Abstract：In order to improve offshore eco-environment，guarantee national food security，as well as promote the implementation of “blue carbon plan” and the sustainable development of marine fishery economy，this paper overviewed the domestic and international status quo of the development of deep-sea aquaculture，analyzed its current problems in China，identified the potential crucial missions，and proposed the future policy suggestions by integrating some local previous practices. The results showed that there were three predominant problems of China′s deep-sea aquaculture，including the incomplete technique system of equipment and standard，the low level of aquaculture scientific technology，and the weakness in top-level design and policy support. In light of these issues，there were in need of further pushing forward the Chinese deep-sea aquacul-

收稿日期：2022-03-01；**修订日期**：2022-10-10

基金项目：自然资源部第三海洋研究所基本科研业务费专项资金资助项目(海三科202008)；国家自然科学基金项目(41961144022)；连江县深远海养殖发展规划(2021－2035年)编制项目(S210908).

作者简介：吴侃侃，工程师，博士，研究方向为海洋环境规划与管理

通信作者：陈克亮，正高级工程师，博士，研究方向为海洋环境规划与管理

ture from four priority aspects, including the comprehensive development of planning and environmental assessment in aquaculture areas, the establishment of aquaculture technical system with high-quality and efficient, the construction of diversified and perfect equipment system, and the creation of completed industrial chain; meanwhile, it was recommended to enhance top-level design and industrial layout, establish the sound and diversified investment system, strengthen the role of scientific and technical support, coordinate the relationship between development and eco-environmental protection, and improve the guarantee system for safety production, thereby ensuring the future sustainable development of deep-sea aquaculture in China.

Keywords: Deep-sea aquaculture, Aquaculture equipment technology, Mariculture, Fishery economy, Whole industrial chain

0 引言

我国是世界第一渔业生产大国，截至 2020 年水产品养殖总产量为 5 224.20 万 t，约占世界水产品养殖总产量的 66%，其中海水养殖产量约占我国水产品养殖总产量的 42%[1]。自改革开放以来，我国海水养殖业取得长足进步，部分技术已达到世界先进水平，对国民经济发展做出重要贡献[2-3]。然而随着我国社会经济的发展，海水养殖空间受到严重挤压，目前主要集中在水深不超过 20 m 的潮间带和近浅海区域[3-4]，导致出现养殖密度过大、养殖容量趋于饱和、养殖海域富营养化、养殖挤占港湾航道和影响海岸带景观、养殖病害频发以及养殖水产品质量堪忧等一系列问题[1-5]。

相关研究表明，深远海养殖可利用更先进的养殖技术和设备，将养殖作业拓展到水深更深（通常超过 20 m）和水流交换条件更好的深远海，并增强养殖海域生态系统对养殖排放物的扩散和同化能力，从而提升养殖水产品质量[6-7]。因此，与传统近海养殖相比，深远海养殖具有技术先进、环境友好和成鱼品质高等优点[8]。2013 年国务院《关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见》提出控制近海养殖密度以及积极拓展海洋离岸养殖和集约化养殖的建议。相关专家表示，我国亟须进一步拓展海水养殖空间，减轻传统近海养殖对海洋生态环境造成的影响[9]。2019 年《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》明确未来我国将积极支持发展深远海绿色养殖，鼓励深远海大型智能化养殖渔场建设，以满足人民群众对优质水产品和海洋生态环境保护的需求。2022 年《关于加强海水养殖生态环境监管的意见》提出规范部分近岸海域的海水养殖活动，进一步优化海水养殖空间布局，推进海水养殖业绿色发展。因此，推动海水养殖从近海向深远海拓展是当前缓解近海养殖压力、改善近海生态环境、优化海水养殖空间布局和促进海水养殖业转型升级的必然选择。作为“深蓝渔业”的重要组成部分，发展深远海养殖对于保障国家食品安全、实现海洋渔业经济可持续发展、推进“蓝碳计划”和建设海洋生态文明具有重要的战略意义[10-11]。本研究通过总结国内外深远海养殖发展现状，分析我国深远海养殖存在的问题，并结合实际情况提出发展深远海养殖的对策建议，以期为推动我国深远海养殖的可持续发展提供决策依据。

1 国内外深远海养殖发展现状

1.1 国外

随着深远海养殖日益成为国际社会关注的焦点，已有 20 余个国家或地区通过试验、研究和风险投资等方式积极参与深远海养殖[12]。挪威、日本、美国和加拿大等发达国家高度重视深远海养殖的技术探索和应用，早在 20 世纪 70 年代就开展深远海养殖网箱的设计和建造工作，并将深远海养殖纳入国家战略规划[13]；尤其在深远海养殖网箱材料、网衣清洗与防污损、鱼类自动投饵与起捕以及养殖技术标准体系等方面开展大量研究与应用，并取得一定成果[14-18]，先后实现深远海养殖过程中鱼苗输送、投饵、捕捞、增氧以及水质监测和净化等的自动化，并相继推出智能化洗网系统和渔获规格分级系

统[7]。作为海水养殖技术先进的国家之一，挪威先后发布《海洋渔场——场址勘察、风险分析、设计、选型、生产、安装和运营》《海洋渔场装置安装规范》和《锚泊定位》等深远海养殖技术标准[19]。此外，上述发达国家在深远海养殖海域规划、养殖品种选择和养殖系统构建等方面也开展大量技术研究与应用[7,19-21]，为提高深远海养殖技术水平提供重要支撑，进一步推动全球深远海养殖的发展。

1.2　国内

随着近海养殖发展与生态环境保护之间的矛盾日益加剧，以及可持续发展和生态文明建设要求的进一步明确，我国深远海养殖逐渐引起政府和相关专家的重视[13]。我国深远海养殖起步较晚，1998 年海南率先从挪威引进第一套高密度聚乙烯（HDPE）圆形双浮管深水网箱，标志着我国海水养殖由近海向深远海拓展[19]。根据《中国渔业统计年鉴》，2010—2020 年我国深远海养殖进入快速发展期，养殖装备以深水网箱为主[13]，装备容积和养殖产量整体呈上升趋势（图 1）。

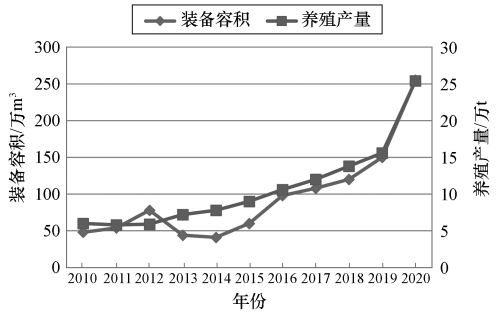


图 1　2010—2020 年我国深水网箱的装备容积和养殖产量

自 2017 年以来，我国深远海抗风浪养殖装备技术创新取得重大突破，深远海养殖模式逐步实现多元化，开发并建造 10 余种结构复杂的深远海养殖装备，主要分布在山东、福建和广东[6,22-25]。在山东青岛海域投放的“深蓝 1 号”是我国首座自主研制的具有自主知识产权的全潜式深远海养殖装备，并于 2021 年 6 月成功实现首批国产深海三文鱼收鱼[12]；在山东烟台海域投放的坐底式深远海养殖装备“长鲸 1 号”拥有网箱自动投饵和环境监测系统，实现我国深远海养殖的生态化和智能化，是目前我国智能化程度最高的深远海养殖装备[6]；在广东珠海万山海域投放的“德海 1 号”是全球第一艘浮体与桁架混合结构的万吨级半潜式智能化养殖装备，成功抵御 2018 年台风“山竹”的侵袭，结构安全得到检验[25]；在福建福鼎海域投放的“海峡 1 号”是国内首座单柱式半潜式深远海养殖装备，以大黄鱼为养殖对象，通过仿野生养殖的方式，缩短仿野生大黄鱼的养殖周期，并提升养殖风险抵御能力[8]。除上述代表性深远海养殖装备外，2017 年后我国创新设计“澎湖号”半潜式波浪能养殖平台（位于珠海万山海域）、“振渔 1 号”深远海机械化养殖平台（全国首创带转网装置的机械化海鱼养殖平台，位于福建连江海域）、“崾海 1 号”全潜式深远海大黄鱼养殖平台（位于浙江舟山海域）、“耕海 1 号”现代化海洋牧场综合体（位于山东烟台海域）以及试运行的“5G＋海洋牧场”（位于海南陵水海域）等深远海养殖装备[12-13,22-23]，引领我国深远海养殖现代化建设，为我国深远海养殖的发展注入新活力[6,23,25]。

山东作为我国率先发展深远海养殖的地区之一，积极开展深远海综合养殖示范平台建设，2020 年青岛设立全国首个深远海绿色养殖试验区并编制建设方案[7]，在全国率先开启深远海资源开发利用新模式，集国家水产养殖绿色发展示范区、深远海高技术产业集聚区和陆海统筹体制创新先行区于一体，在积极稳步扩大深远海养殖规模的同时，努力发展关联产业，推动高技术产业集聚[26]。福建和广东等地也十分重视深远海养殖的发展，在结合当地实际情况和先期发展经验的基础上，从生产操作、网衣维护和灾害天气防御等方面不断提高深远海养殖装备技术水平，并积极编制深远海养殖产业发展规划，科学拓展“蓝色粮仓”生产空间[5]。

目前我国正大力开展深远海养殖定义、网箱材料、网箱系统、养殖技术及其配套装备等方面的研究，部分成果已实现应用，深远海养殖已逐步向大型化、智能化、规模化和集约化方向发展[8,22-25]。

2　我国深远海养殖存在的问题

深远海养殖是集养殖装备及其配套设施、工业化绿色养殖技术、渔获物起捕与搭载、物资与能源补给、水产品海上加工与物流、基地化保障、休闲旅游以及数字化管理于一体的渔业综合生产体系，是“养-捕-

加”相结合和“海-岛-陆”相连接的全产业链渔业生产新模式[3,8]。同时,深远海养殖还须考虑台风风暴潮等海洋灾害的影响以及防灾减灾策略的制定等方面因素。结合国内外深远海养殖发展现状,目前我国发展深远海养殖面临的主要问题包括 3 个方面。

2.1 装备技术与标准体系不完善

与国际先进水平相比,目前我国深远海养殖装备技术在网箱材料和结构、抗风浪能力、配套设施以及灾害天气应对等方面仍存在较大差距,难以进行大规模的推广应用[21]。尤其在饵料精准投喂、网衣清洗、渔获起捕和鱼类生长情况的远程自动化和智能化监控方面的技术及应用水平不高。尽管我国已研发一批养殖装备及其配套设施,但实用性、安全性、耐用性和经济性仍有待提升,装备体积大、耗能高、生产效率低、可靠性差和维护成本高等问题仍较为突出。同时,虽然我国已发布 10 余项海水养殖技术标准[19],但主要适用于近海养殖领域,覆盖范围较窄且类别不全,在深远海养殖选址、水文与地质勘察、监测监控、配套装备以及网箱设计等领域尚无相关标准,深远海养殖装备技术标准体系仍不完善。

2.2 科学技术水平不高

目前海水养殖发达国家对深远海养殖已形成较为成熟的技术体系,而我国由于深远海养殖发展较晚,大多数研究仍集中在深远海养殖定义、国外经验、海水养殖空间拓展、深远海养殖模式和发展趋势等理论探讨,而对深远海养殖规划、产业特性、养殖技术(如品种选择和生产工艺)等方面的研究较少。同时,虽然我国深远海养殖装备的设计建造能力已有较大提高,但在养殖系统构建(如抗风浪能力、网箱材料和配套设施)等方面的研究仍然缺乏,养殖网箱自动化配套装备的自主研发能力仍较薄弱。总体而言,与挪威、日本、美国和加拿大等海水养殖发达国家相比,我国深远海养殖的科学技术水平仍较低;其中,借用技术和集成创新多,而核心技术和原始创新少,科技成果转化能力和产业化程度较低,对深远海养殖发展的支撑作用不足。

与近海养殖相比,深远海养殖远离大陆,既要面临更为复杂的气象和水文水质条件,也要考虑养殖品种的经济价值和市场竞争力,从而保证养殖收益以及足够的成本分摊空间,这就对深远海养殖科学技术提出更高的要求。目前我国深远海养殖科学技术的发展相对落后,相关基础研究仍较薄弱,对深远海水质水文、气象和底质等情况了解不够深入,在养殖品种、生产工艺、苗种繁育、饲料生产、病害防治、渔获保鲜和加工、养殖管理以及运输等方面的技术缺乏系统性研究,国际化养殖品种不足,难以推动深远海养殖的快速发展。

此外,由于我国对深远海养殖的基础研究仍较缺乏,养殖技术和装备技术体系仍不完善,加之深远海养殖自身具有风险大和成本高等因素,导致我国深远海养殖方式较单一、生产规模小和生产效益低,总体生态能力呈较低水平。与传统海水养殖相比,深远海养殖是全产业链渔业生产新模式,这就对产业链的技术性和完整性提出更高的要求。由于我国深远海养殖尚处于起步和发展阶段,配套产业(如物资与能源供给、渔获加工与冷链物流、数字化管理和生活保障系统)以及相关技术与深远海养殖发达国家相比仍有不足,产业链条仍不完善,产业链后端的市场营销也十分缺乏,与远洋捕捞和国际水产品贸易的互补和衔接等也有待进一步探索和完善。

2.3 顶层设计与政策支持不到位

迄今为止,除少数地区外,国家和省级层面缺乏对深远海养殖的顶层设计[13],缺少对深远海养殖开展全面和科学的战略规划和总体布局研究,深远海养殖试验区建设和相关法律法规等配套服务较为缺乏。同时,由于配套产业发展相对不足,海域使用金征收和渔业补贴等政策尚未对深远海养殖的发展提供有力支撑,导致深远海养殖企业融资和生产运营较困难,无法有效应对风险,严重阻碍深远海养殖的规模化发展。

3 重点任务与政策建议

针对当前我国深远海养殖发展存在的问题,结合我国渔业养殖相关法律法规、政策规划和技术规范,基于统筹规划和重点突出的原则,本研究提出未来我国深远海养殖发展的重点任务与政策建议。

3.1 重点任务

3.1.1 全面开展深远海养殖区域规划和环评

深远海养殖远离大陆,与传统近海养殖相比面临

的气象与水文条件更复杂，生产成本更高，风险更大。因此，在结合沿海地区实际情况的基础上开展深远海养殖区域规划，对于提高深远海养殖的适宜性、安全性、经济性和风险防范能力具有重要意义。亟须从地理位置、气象、水文、水质、水深、污损生物和自然灾害等方面充分考虑，结合地理信息系统、养殖潜力空间分析、多准则决策分析和多维决策分析等理论方法[4,27]，科学开展深远海养殖区域的适宜性评价和选划，从养殖容量、养殖品种、政策法规和相关配套等方面进行合理的产业布局。在养殖区域规划的基础上，还应结合实际情况开展基于环境承载力的规划环评工作，进一步明确各养殖品种的养殖规模、养殖密度和主要表征指标的阈值，并做好跟踪监测、评价与预警，从规划的源头避免或减少深远海养殖对养殖区域生态环境造成的负面影响。

相关研究[28-29]表明：贝藻类在控制氮磷营养盐浓度、保护生物多样性和海洋固碳等方面发挥重要作用；人工鱼礁的建设与投放不仅可以改善水质和提高生物多样性，而且可以防止因人为活动影响（如底拖网）而出现海底“荒漠化”的现象。因此，在加强对深远海养殖区域空间合理规划的同时，应在养殖容量范围内综合开展贝藻类混养以及适当投放人工鱼礁，这对于保护和充分利用渔业资源、实现深远海养殖模式的多样化和立体化以及推动碳汇渔业的发展都具有重要作用。

3.1.2　构建优质高效的养殖技术体系

适宜和优良的养殖品种是提升深远海养殖产品的市场潜力与竞争力，以及实现深远海养殖高效运营的关键因素，能够保障深远海养殖具有更大的市场前景和发展空间[3,12]。深远海养殖品种的选择须考虑养殖品种是否适应所在海域的水温，是否具有符合工业化养殖标准的种质性状，是否具备成熟的苗种生产技术和繁育体系，以及是否具备工业化养殖的生产工艺、饲料配方技术和完善的病害防控技术等[12]。目前我国深远海养殖技术仍处在探索与发展阶段，亟须积极借鉴国内外的研究成果和成功案例[7,30-34]，结合水产养殖的理论方法与养殖区域的实际情况，从军曹鱼、石斑鱼、大黄鱼、黄鳍金枪鱼、大菱鲆和大西洋鲑等养殖技术成熟的海水养殖鱼类中筛选出更加适合深远海养殖的品种，并在养殖品种的生产工艺、苗种繁育、饲料生产和病害防治等方面开展更加深入的系统性研究，从而形成具有我国特色的深远海养殖产品，构建优质高效的养殖技术体系。

3.1.3　建设多元化与完善的养殖装备系统

优良的深远海养殖装备系统建设是实现养殖规模化、集约化和高效益生产的基础，这就需要从养殖装备系统的适宜性、安全性和经济性 3 个主要方面进行充分衡量[3,12]。建设多元化与完善的深远海养殖装备系统须从 3 个方面加以考虑。①对于深远海养殖装备系统的类型而言，当前大型养殖平台是我国深远海养殖的主要方式，与养殖工船相比，具有低能耗和低造价的优点。但由于养殖工船属于可移动的养殖装备，与大型养殖平台相比，在安全性，养殖海域和品种选择，转化效率和系统效能，品种生长速度和养殖密度以及病害、污染和风险防控等方面都更具优势[12]。因此，亟须大力建设以大型养殖平台（如浮式和半潜式）或游弋式养殖工船为核心的多元化养殖装备系统，实现优势互补，使其适用于不同特点的养殖区域。②对于养殖配套设施而言，应借鉴发达国家的成功经验，进一步深入开展网箱结构设计、网衣材质、网衣清洗、渔获起捕、饲料投喂以及养殖监测与管理等方面的自动化与智能化研究，并在此基础上积极拓展和研究构建深远海养殖装备的能源和生活保障系统、渔获加工与智能化物流网络平台、平台运维技术装备以及数字化远程管理系统等，从而支撑深远海养殖装备系统的稳定运行。③针对当前我国养殖装备标准体系存在的不足，应结合国内深远海养殖发展的实际需求，以国内外现有标准为参考，从基础综合标准、装备总体结构标准、配套设备标准以及安装与调试标准等方面系统开展我国深远海养殖装备技术标准体系的研究与构建，使其尽量涵盖养殖装备设计、选址、生产、安装和运营维护等整个生产周期。

3.1.4　打造完整的养殖产业链

打造完整的养殖产业链是深远海养殖可持续发展的基础和支撑[35]。当前由于配套产业及相关技术的发展不足，我国深远海养殖产业链仍不完

善。因此,应在上述重点任务的基础上科学规划我国深远海养殖产业链,推动综合服务基地、海岛中转站和配套码头的建设,重点发展苗种繁育、饲料和渔获加工、冷链物流、能源供给、海洋生物医药、海水淡化以及海洋生态旅游等相关产业,通过产业链的延伸与融合,打造深远海养殖产业集群;积极引导企业之间建立产业联盟,并与远洋捕捞相结合,做强国内外运输与销售,加快品牌建设,从而打造更为完整的深远海养殖产业链(图 2),逐步建立综合的深远海养殖产业体系。其内容主要包括:建立完善的优良苗种繁育推广服务体系;建立完善的水产品供求信息、养殖技术、质量检测和加工销售服务体系;建立完善的合理开发利用管理体系;建立以政府部门服务为主导、龙头企业服务为骨干、养殖户合作组织服务为主体以及物流服务为补充的新型社会化服务体系。

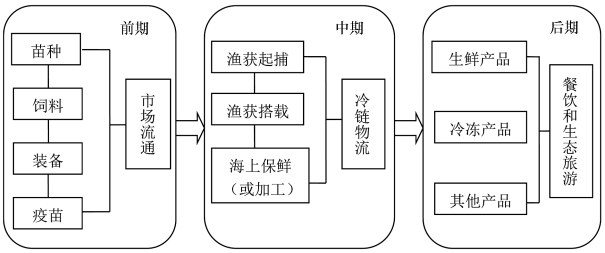


图 2 深远海养殖产业链的主要构成

3.2 政策建议

3.2.1 加强顶层设计与产业布局规划

深远海养殖已逐渐成为我国海水养殖发展的新趋势,国家和地方应从战略高度重视深远海养殖发展。①尽快将深远海养殖发展纳入国民经济发展的战略规划体系。②加强体制机制建设,尽快在沿海地区成立专门的深远海养殖发展的领导机构和工作机构,并明确职责范围,建立健全组织协调机制。③围绕产业发展需求,从战略高度完善岛礁使用权审批、综合基地与配套码头审批以及养殖许可审批等相关管理制度,出台一系列相关的产业规划、扶持政策、管理办法和技术规范(如拟定《深远海养殖发展规划编制技术指南》),进一步引领和指导深远海养殖的健康有序发展。④沿海地区渔业主管部门应结合当地实际情况,在基于科学选址和环境承载力的基础上,合理划定深远海养殖功能区,明确养殖规模、养殖品种、养殖装备和配套产业等,全面优化产业布局。⑤本着因地制宜、先行先试的原则,参照山东省青岛市深远海绿色养殖试验区的发展模式,结合沿海地区的海洋环境特点及其深远海养殖发展的实际情况,在我国东海区和南海区选择合适的海域继续建设深远海养殖试验区;可优先选择具有发展经验的区域,如福建省连江县是全国水产第二大县,目前已发布福建省首个深远海养殖规划并正式启动“百台万吨”深远海养殖平台建设项目[5,36],部分养殖装备已投放使用;通过在试验区开展相关技术研究与实践,积累经验,改进不足,以点带面,不断推广新技术和新装备等;选择发展较好的试验区,逐步形成国家级深远海养殖示范区,引领产业发展。

3.2.2 建立健全多元化投资体系

深远海养殖是高科技、高投入、高风险和高效益的产业,国家与地方应建立健全多元化投资体系,进一步保障深远海养殖发展的资金来源和可持续性。以福建省连江县为例,目前深远海养殖的发展模式是以国家或地方企业(如振华重工、宏东渔业和泰源渔业)投资为主(主要用于装备制造),结合当地养殖户自筹资金和政府补贴资金支持(主要用于具体生产)。因此,亟须在参考地方实践经验的基础上,进一步建立健全深远海养殖的多元化投资体系。①坚持“谁投资、谁经营、谁得益”的原则,通过政府引导支持和设立国家与地方相结合的产业转向补贴资金,以国家财政资金为主,通过企业介入和风险投资等途径整合优势资源,多渠道筹集资金,鼓励跨行业和跨区域参与深远海养殖;②对于积极投入深远海养殖和大胆开发新养殖区域的渔民,结合转产转业给予政策优惠,在养殖技术应用基础研究项目上给予重点支持,进一步激发深远海养殖户的主动性和积极性;③善于运用市场化手段,进一步拓展融资渠道,积极引进外资和启动民间资金,在贷款、税收和保险等政策上给予优惠,努力增加投入,促进深远海养殖的稳步和快速发展。

3.2.3 强化科技支撑作用

基于多年的探索,我国的深远海养殖技术正逐步

成熟，也取得一定的成果，但在养殖装备及其配套设施、养殖技术和苗种培育、病害防治和饲料开发以及自然灾害风险防范等关键技术领域的自主性和创新性仍较弱。深远海养殖是集成大量海洋高新技术的产业，要实现深远海养殖的稳步发展，就必须坚持依靠科技创新，集中科技力量联合攻关[13]。例如：山东省积极推动重大科技创新工程项目“深远海鱼类养殖专用设备研制”的有关工作，通过充分发挥高校、科研院所和养殖企业的技术优势，进一步开展深远海养殖主要配套装备关键技术的研发工作。参照上述经验，应结合我国深远海养殖现存的重点科学技术难点开展专项研究，支持新技术的开发应用，促进科技成果转化；充分发挥国内知名高校和科研院所的优势，大力培养深远海养殖的专业人才，通过普及基础知识和加强技术培训，提高养殖人员的技术和管理水平，并通过各类养殖协会开展技术交流合作，做好产前、产中和产后的技术支撑服务。

3.2.4　协调养殖发展与生态环境保护的关系

在大力发展深远海养殖和海洋渔业经济的同时，还应处理好资源开发与环境保护的关系，注重经济效益、生态效益和社会效益的统一，从而实现深远海养殖的可持续发展。以福建省连江县为例，在编制深远海养殖规划的过程中，政府明确强调在制定规划总体目标和产业布局的前期应注重与其他相关指导性规划（如福建省海洋功能区划、福建省生态保护红线规划和连江县水域滩涂养殖规划）的符合性分析，深入开展养殖环境容量研究，确保发展深远海养殖不会对周边海域的生态环境造成影响和破坏[5]。结合上述实践，为进一步协调深远海养殖发展与生态环境保护之间的关系，亟须严格遵循“保护优先、集约生产、科学管理、绿色养殖”的原则。①在大力发展深远海养殖的同时，必须遵守《中华人民共和国海洋环境保护法》等法律法规，在国土空间规划以及海岸带综合保护与利用规划等的指导下，有效开发利用海洋资源，通过合理安排海洋和海岸带保护与开发的空间布局，对深远海养殖资源和生态环境实行整体、优化和保护性开发；②在发展深远海养殖时考虑长远利益，对海域养殖容量进行严格核定，对基础设施建设进行充分论证，根据海域的自然条件制定科学的发展规划和合理的区域布局，确保深远海养殖的可持续发展；③加强深远海养殖区域的生态环境监测和动态管理，建立实时监测网络和管理制度，在开展养殖前对拟养殖区域进行科学调查、合理规划和环境评价，在开展养殖后对养殖区域的水质和底质等情况进行定期监测，若超过一定的标准须采取移位或暂停养殖等措施。

3.2.5　完善安全生产保障体系

随着深远海养殖的快速发展，生产安全问题将越来越突出。加强深远海养殖安全生产保障体系建设是保障养殖户生命和财产安全，减少或避免经济损失，强化政府对深远海养殖和海上作业的指导能力、监管能力和救护能力的必要手段。各地应以相关渔业安全生产管理条例为基础（如《山东省海洋渔业安全生产管理规定》《福建省渔业船舶安全生产管理办法》），结合当地深远海养殖海域的实际情况，完善深远海养殖安全生产法制体系，推广渔业安全管理责任制，落实各级渔业主管部门签订《海上养殖安全生产目标管理责任书》，切实加强对海上养殖安全生产的领导；强化安全防范思想和安全生产意识，广泛开展安全宣传教育，加大海上养殖设施的质量检验、安全监督检查以及第三方评价的力度，加强对深远海养殖设施建造投放的审批，确保深远海养殖生产安全。

4　展望

海水养殖走向深远海，养殖产业实现大型化、智能化、规模化和集约化发展，已成为当前国内外海水养殖发展的共同趋势[6,19]。发展深远海养殖对于我国进一步拓展和优化养殖空间、减轻近岸海域养殖压力、保障食品安全、推进水产业绿色发展以及促进渔业转型升级等方面都具有重要意义。

当前我国在技术、装备和市场需求上已基本具备大力发展深远海养殖的条件，但仍面临问题有待进一步解决。因此，应在积极借鉴国内外成功经验的基础上，做好顶层设计，加强专业技术研发和应用，不断建立和完善金融投资体系和养殖产业链，努力协调好生态环境保护与养殖发展的关系，在政策上分步实施和有序推进，以新型的渔业生产方式不断促进渔业产业结构调整和生产方式转变，走具有中国特色的深远海养殖可持续发展之路。

参考文献

[1] 农业部渔业渔政管理局.2011－2021 年中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2012－2022.

[2] 马云瑞,郭佩芳.我国深远水养殖环境适宜条件研究[J].海洋环境科学,2017,36(2):249－254.

[3] 麦康森,徐皓,薛长湖,等.开拓我国深远海养殖新空间的战略研究[J].海洋环境科学,2016,35(3):89－95.

[4] 侯娟,周为峰,王鲁民,等.中国深远海养殖潜力的空间分析[J].资源科学,2020,42(7):1325－1337.

[5] 连江县人民政府,自然资源部第三海洋研究所.连江县深远海养殖发展规划(2021－2035 年)[Z].2021.

[6] 付晓月,黄大志,徐慧丽,等.深远海网箱水产养殖发展综述[J].水产养殖,2021,5(10):23－26.

[7] 徐琰斐,徐皓,刘晃,等.中国深远海养殖发展方式研究[J].渔业现代化,2021,48(1):9－15.

[8] 石建高,余雯雯,卢本才.中国深远海网箱的发展现状与展望[J].水产学报,2021,45(6):2－12.

[9] 王珊.加快推进水产养殖工程化[EB/OL].http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2014/7/299572.shtm,2014－07－24.

[10] 刘晃,徐皓,徐琰斐,等.深蓝渔业内涵与发展理念[J].渔业现代化,2018,45(5):23－26.

[11] 焦念志,骆永明,周云轩,等.蓝碳研究进展与中国蓝碳计划[M].北京:社会科学文献出版社,2015.

[12] 徐皓,刘晃,徐琰斐.我国深远海养殖发展现状与展望[J].中国水产,2021(6):36－40.

[13] 徐杰,韩立民,张莹.我国深远海养殖的产业特征及政策支持[J].中国渔业经济,2021,39(1):98－107.

[14] HODSON S L,LEWIS T E,BURKE C M.Biofouling of fish-cage netting:efficacy and problems of in situ cleaning[J].Aquaculture,1997,152(1-4):77－90.

[15] PAPANDROULAKIS N,DIMITRIS P,PASCAL D.An automated feeding system for intensive hatcheries [J].Aquacultural Engineering,2002,26(1):13－26.

[16] HOLMER M.Environmental issues of fish farming in offshore waters:perspectives,concerns and research needs[J].Aquaculture Environment Interactions,2010,5(1):57－70.

[17] AASA T S,OEHMEA M S,RENSENB M,et al.Analysis of pellet degradation of extruded high energy fish feeds with different physical qualities in a pneumatic feeding system[J].Aquacultural Engineering,2011,44(1):25－34.

[18] BANERJEE I,PANGULE R,KANE P S.Antifouling coatings:recent developments in the design of surfaces that prevent fouling by proteins, bacteria, and marine organisms [J].Advanced Materials,2011,23(6): 690－718.

[19] 胡方珍,盛伟群,王体涛.深远海养殖装备技术现状及标准化工作建议[J].船舶标准化工程师,2021,54(5):6－12.

[20] HOU H M,DONG G H,XU T J.Analysis of probabilistic fatigue damage of mooring system for offshore fish cage considering long-term stochastic wave conditions[J].Ship and Offshore Structures,2020(4):1－12.

[21] DARCH A,TSUKROV I,DeCEW J,et al.Fileds studies of corrosion behavior of copper alloys in natural seawater[J].Corrosion Science,2013,76(1):453－464.

[22] 纪毓昭,王志勇.我国深远海养殖装备发展现状及趋势分析[J].船舶工程,2020,42(2):1－4.

[23] 石建高,周新基,沈明.深远海网箱养殖技术[M].北京:海洋出版社,2019.

[24] 聂政伟,王磊,刘永利,等.铜合金网衣在海水养殖中的应用研究进展[J].海洋与渔业,2016,38(3):329－336.

[25] 黄小华,庞国良,袁太平,等.我国深远海网箱养殖工程与装备技术研究综述[J].渔业科学进展,2021,54(5):6－12.

[26] 中国日报网.山东青岛:双方共建深远海绿色养殖试验区[EB/OL]. https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1692726299020336781&wfr=spider&for=pc,2021－02－26.

[27] WU K K,ZHANG L P.Application of environmental risk assessment for strategic decision making in coastal areas:case studies in China[J].Journal of Environmental Planning and Management,2016,59(5):826－842.

[28] 郑辉,崔力拓,潘娟.海带在贝藻混养生态系统中的生态效应模拟研究[J].渔业现代化,2014,41(3):26－29.

[29] 展卫红,许祝华,姜玲.人工鱼礁建设对海州湾海域水质改善的作用分析[J].海洋开发与管理,2016,33(9):5－10.

[30] 刘晃,徐琰斐,缪苗.基于 SWOT 分析模型的我国深远海养殖业发展[J].海洋开发与管理,2019,36(4):45－49.

[31] LOVATELLI A,AGULAR-MANJARREZ J,JEBBESS J.A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective[M].Rome:FAO,2013.

[32] CHOU R L,SU M S,CHEN H Y.Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*)[J].Fisheries Science and Technology,2003,193(12):81－89.

[33] 刘焕然,黄樟翰.中国水产养殖学[M].北京:科学出版社,2008.

[34] 林浩然.石斑鱼类养殖技术的创建和石斑鱼养殖产业持续发展的思考[J].福建水产,2012,31(1):1－10.

[35] 李涵,韩立民.远洋渔业的产业特征及其政策支持[J].中国渔业经济,2015,33(6):68－73.

[36] 连江在线.连江“百台万吨”深远海养殖平台建设项目正式启动[EB/OL]. https://baijiahao. baidu. com/s? id = 1694186266268654087&wfr=spider&for=pc,2021－03－14.