

我国水产业高质量发展战略研究

张文兵¹, 解绶启², 徐皓³, 单秀娟⁴, 薛长湖⁵, 李道亮⁶, 杨红生⁷, 周慧慧¹, 麦康森^{1*}

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003; 2. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 3. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 4. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071; 5. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266003; 6. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 7. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 我国是世界第一大水产养殖国, 水产业在提供优质和健康食物来源方面发挥了重要作用; 在保障国家食品安全的新形势下, 践行大食物观、建立食物多元化供给体系对水产业高质量发展提出了重大需求。本文以渔业资源与捕捞、水产养殖与海洋牧场、水产品加工与流通等水产业三大方向为研究划分, 通过深入的行业调研、广泛的交流研讨, 把握了水产业的发展现状及趋势、存在的主要问题, 进而提出了行业发展目标与重点举措。调研发现, 近海渔业捕捞压力过大, 对远洋与极地资源认知不强、技术与装备能力薄弱, 养殖机械化、自动化、智能化水平低, 优质饲料原料依赖进口, 智慧渔业的基础软硬件能力存在短板, 水产品加工能力滞后; 建议实施近海渔业资源养护和修复、远洋渔业资源开发与科学利用、水产健康养殖新技术体系构建与应用、深远海养殖平台技术研发与应用、水产养殖新模式构建与推广、水产品绿色加工与高值利用等重点举措。通过水产业高质量发展, 力争 2035 年迈入水产科技强国行列并生产水产品 8.1×10^7 t, 2050 年全面实现智慧渔业并生产水产品 1×10^8 t。

关键词: 水产业; 渔业资源; 水产养殖; 海洋牧场; 水产品加工; 高质量发展

中图分类号: S9 **文献标识码:** A

High-Quality Development Strategy of Fisheries in China

Zhang Wenbing¹, Xie Shouqi², Xu Hao³, Shan Xiujuan⁴, Xue Changhu⁵, Li Daoliang⁶, Yang Hongsheng⁷, Zhou Huihui¹, Mai Kangsen^{1*}

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 3. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China; 4. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 5. College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, Shandong, China; 6. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 7. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: China has the world's largest fisheries industry that has provided a healthy and high-quality food source. Currently, guaranteeing national food security, implementing an all-encompassing approach to food, and establishing a diversified food supply

收稿日期: 2023-07-12; 修回日期: 2023-08-18

通讯作者: *麦康森, 中国海洋大学水产学院教授, 中国工程院院士, 研究方向为水产动物营养与饲料; E-mail: kmai@ouc.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“新形势下国家食品安全战略研究”(2021-XBZD-08)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

system all pose a great demand for the high-quality development of China's fisheries industry. This study explores the development status and trend of fisheries in China from the aspects of fishery resources and capture, aquaculture and marine ranching, and aquatic product processing and circulation, and examines major problems through industry research and extensive discussion. Industry development goals and key measures are further proposed. Results found that the pressure on offshore capture is too high, understanding of deep-sea and polar resources is insufficient, the independent capability of technologies and equipment is inadequate, the mechanized, automatic, and intelligent levels of aquaculture are low, high-quality feed and raw materials rely heavily on imports, the basic software and hardware capabilities of the intelligent fisheries are deficient, and the aquatic product processing capacity is lagging behind. Therefore, the following key measures are proposed: conservation and restoration of offshore fishery resources, development and scientific utilization of deep-sea fishery resources, construction and application of a new technology system for green and healthy aquaculture, research and application of deep-sea aquaculture platform technologies, construction and promotion of new aquaculture models, and green processing and high-value utilization of aquatic products. Through the high-quality development of fisheries, China is expected to become advantageous in fisheries science and technology by 2035, with a total output of 8.1×10^7 t of aquatic products. By 2050, intelligent fisheries is expected to be realized in China, outputting 1×10^8 t of aquatic products.

Keywords: fisheries; fishery resources; aquaculture; marine ranching; aquatic product processing; high-quality development

一、前言

当前,世界面临百年未有之大变局,全球经济与食品安全遭受直接冲击。我国人口众多,保障食物供给安全是国家安全的重要组成部分。树立大食物观,建立多元化的食物供给体系,既向陆地要食物,也向“江河湖海”要食物。水产业就是向“江河湖海”要食物的最重要产业形式,与传统农业中的种养业相比更少争夺土地,同时广袤的海洋也为其提供了充裕的发展空间。

在过去的数十年,水产养殖是世界农业发展最快的领域,也将继续保持增长势头,为世界人口提供更丰富的食物和营养^[1]。水产养殖可以节约饲料粮,饲料效率是陆生动物养殖的2~7倍;排放废物与温室气体少,仅是陆生动物的1/12,整体而言更为环保。水产食品富含优质蛋白质、长链不饱和脂肪酸、多种微量元素,是健康的食品,也是开发功能性食品、生物制品的重要资源。我国已是世界第一大水产养殖国,养殖产量约占全球的60%。水产业不仅在过去为确保我国食品安全供给、提供优质和健康的食物来源做出了重要贡献,而且在新形势下、可预见的未来,仍将在我国食品安全、居民饮食结构调整、环境可持续利用、实现“双碳”战略目标等方面发挥重大作用。

我国虽是水产大国,但不是水产强国,水产业面临着一些发展瓶颈问题,高质量发展成为亟需。在深入科研生产一线开展行业调研,与行业主管部门、专家学者、从业人员进行广泛交流的基础上,本文分析水产业发展现状及趋势、辨识面临的主要问题、论证中长期发展目标、提出重点举措与发展

建议,以期水产业高质量发展研究和实践提供参考。值得指出的是,水产业覆盖面较宽,本文主要从渔业资源与捕捞、水产养殖与海洋牧场、水产品加工与流通三大方向开展内容论述,便于产业剖分和精准表意。

二、我国水产业发展现状及趋势

(一) 渔业资源与捕捞

1. 渔业资源与捕捞的发展现状

近年来,我国更加重视渔业资源养护与管理,陆续实施了海洋伏季休渔制度、渔船“双控”制度、海洋捕捞“零增长”、“长江十年禁渔计划”等渔业管理措施。目前,我国海洋渔业捕捞产量从2015年的 1.53×10^7 t压缩至2022年的 9.51×10^6 t^[2],对减缓近海渔业资源衰退起到了积极作用,但相应衰退趋势仍然没有得到根本性扭转。

在远洋渔业和极地渔业方面,我国实行负责任捕捞的管理措施,初步掌握了目标海域和目标鱼种的渔业资源状况、开发潜力、中心渔场形成机制以及适合的渔具和渔法,形成了一批可规模化开发的新渔场和后备渔场。“十三五”时期,我国远洋渔业的年产量维持在 2.2×10^6 t,约占我国海洋捕捞年总产量的15%。在农业农村部“南极海洋生物资源开发利用”专项支持下,开展了南极磷虾的连续探捕调查,支撑了我国深度参与南极海洋生物资源养护委员会(CCAMLR)磷虾渔业管理进程,为我国南极磷虾渔业规模跃上10万吨级台阶发挥了重要作用。

在内陆和近海渔业方面,我国对内陆和近海渔业资源实行在恢复和养护基础上的合理利用。以需求为导向,围绕渔业资源产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的发展要求,聚焦方式转变、结构调整,瞄准渔业科技前沿、产业核心关键技术和区域性综合性技术难题,系统谋划,推动近海渔业资源养护与捕捞、远洋与极地渔业等产业紧密衔接,大幅提高渔业科技创新服务产业发展能力。

2. 渔业资源与捕捞的发展趋势

坚持绿色发展,贯彻生态优先和可持续发展理念,围绕渔业资源环境重大科技问题,充分发挥科技创造绿色、科技引领绿色的驱动力效应,建立基于生态系统的渔业管理措施,坚持养护渔业生物资源,改善水域生态环境,依靠科技创新提升生态系统价值。到2025年,休禁渔制度将进一步完善,国内海洋捕捞总量保持在 1×10^7 t以内。目前,我国渔业已进入“渔达峰”阶段,即渔业捕捞量控制在峰值以内,未来我国海洋渔业资源将会进入“渔中和”阶段,即渔业捕捞量等于渔业资源的增长量,渔业捕捞量保持在最大可持续产量水平。

做好统筹兼顾、协调创新。按照渔业科技发展的内在规律和要求,统筹基础研究、应用基础研究和成果转化应用的资源要素配置比例,集聚全国渔业科研优势资源,科学布局渔业资源科技创新方向,改善技术推广体系条件,实现创新驱动现代渔业资源产业发展的战略目标,适时推进和实施渔业配额制度。

(二) 水产养殖与海洋牧场

1. 水产养殖与海洋牧场的发展现状

我国是世界第一水产养殖大国,2022年水产养殖产量为 5.57×10^7 t,占我国水产总量81.1%,约占世界水产养殖总产量的60%^[2]。

在养殖技术与模式方面,淡水养殖及其整体空间不断拓展,养殖模式创新与实用技术发展成效显著,养殖设施装备与智能管理技术快速进步。海水养殖主产区产量呈“北高南低”态势,贝藻类养殖是生产主体,鱼类养殖量占比小,南方地区的发展速度快于北方地区。养殖品种与方式具有区域性特点,黄渤海区以贝藻类的底播、吊笼和筏式养殖为主,南海区以鱼类网箱养殖为特色,东海区则介于二者之间^[3]。深远海养殖得到快速发展,深水网箱

仍是开展海水鱼类养殖的主要生产方式;通过大型养殖平台引领深远海养殖向产业化发展,大型养殖工船成为深远海养殖产业发展的新动力^[4,5]。

在遗传育种方面,自2010年以来,全基因组育种技术和基因组编辑育种技术不断完善,突破了水生生物全基因选择育种实际应用的技术瓶颈,建成国际上首个水生生物全基因组选择育种平台。全国水产原种和良种审定委员会审定了229个水产新品种,建成86家国家级水产原良种场,初步构建了全国水产良种体系。

在营养饲料方面,我国已成为世界水产饲料生产大国,2021年的水产饲料生产量达 2.29×10^7 t。在饲料原料方面,鱼粉作为水产饲料的重要蛋白源,对外进口依赖度较大,我国年产量仅为 4×10^5 t,每年需进口约 1.2×10^6 t;鱼粉市场价格一直居高不下^[6,7],2023年达到17 500元/t的历史新高;受海洋渔业资源的限制,全球鱼粉供应量增长空间有限。虽然我国水产饲料产量增速较快,但在饲料原料加工特性、微颗粒开口饲料生产工艺、饲料精准生产管理以及数字化工厂等方向的技术设备水平仍然较低。

在病害防治方面,主要特点是病害种类多、病害频发常态化、发病诱因复杂以及新发疫病不断出现。在我国水产养殖业数十年的稳步发展过程中,病害防控主要采用以抗菌药物为代表的化学防治策略,但随着细菌耐药性的增强、药物残留污染水生环境并威胁水产品安全等负面影响日趋严重,对各种渔药的使用愈发谨慎。国家鼓励并倡导采取更为绿色、安全、环保的病害防控措施。

在海洋牧场方面,建设进展迅速,在短时间内走过了其他国家几十年的发展历程,主要包括建设实验期(1979—2006年)、建设推进期(2007—2015年)和建设加速期(2016年至今)3个阶段。在建设实验期,共投放了28 000多个人工鱼礁,建立了23个人工鱼礁实验点;在建设推进期,投入资金约49.8亿元,建设鱼礁约 6.09×10^7 m²,形成了海洋牧场约852.6 km²;在建设加速期,已有覆盖渤海、黄海、东海与南海四大海域的136个国家级海洋牧场示范区获批建设,计划到2025年建成178个国家级海洋牧场示范区^[8,9]。

在智慧养殖方面,研究起步于20世纪90年代,2011年在江苏省建设了我国首个物联网水产养殖示

范基地。在养殖技术优化创新、集中集约用海水平显著提升和养殖模式丰富多样的基础上，特别是深远海大型网箱养殖、工厂化循环水养殖等产业形式和模式的广泛推广及应用，使水产养殖智慧化技术和产品成为研究重点与销售热点。环境监测、自动投饵、远程监控和病害监测等经济实用、操作简便的管理软件与设施设备应运而生。结合精准识别、智能分析和自动控制等技术，建立了精准投喂、繁育数字化管理、疫病监测预警和粪便自动清理等技术系统，提高了渔业养殖的机械化、自动化和智能化水平^[10,11]。

2. 水产养殖与海洋牧场的发展趋势

未来，我国水产养殖将进一步拓宽发展空间，向可持续发展、环境友好和质量效益型转变，提升精准化、装备化、智能化水平。通过生物技术创新，推进水产育种精准化，研制满足不同功能需求的新品种；开发新型饲料原料和添加剂，提升基于动物健康、环境安全与品质提升的饲料精准调控技术；加强致病机理研究，提升免疫水平，加强疫苗技术和装备研发，实施精准化病害防控；推进大水面渔业以养鱼为中心向以养水为中心转变，实施定量的精细化管理；加强跨学科合作、标准化生产技术、循环农业技术等研究。

在智慧渔业方面，未来将继续扩大物联网等基础设施的完善和推广，进一步推进数字化、网络化进程；运用深度学习等新型技术，充分利用现代信息技术补齐我国渔业发展短板，提升渔业生产和管理水平，进行精细化、智能化、网络化控制，实现高效发展；突破资源和生态环境对渔业的约束，实现绿色发展；全力推动渔业全产业数据开放、融合、共享、应用，加快推进渔业供给侧结构性改革，以信息化全面支撑现代渔业转型升级^[11]。

（三）水产品加工和流通

1. 水产品加工和流通的发展现状

水产品加工和流通是连接渔业产业链中水产品生产与消费的桥梁和纽带，是推动渔业“三产”协调融合发展、保障水产品常年优质安全供应、实现渔业产业可持续发展的重要环节。我国通过关键技术装备自主创新和引进，支持了水产品加工流通产业的快速发展，形成了覆盖冷冻/冷藏水产品、鱼糜制品、休闲食品、干制品、罐藏食品、海藻食

品、水产饲料、生物制品加工的水产加工体系以及以批发市场为主体、电商等新型物流模式为补充的水产品流通体系。

我国自主生产的可用于规模化加工的水产品原料种类众多，其中单一品种产量超过 1×10^5 t的有70种。按品种结构来看，我国自产的水产品主要以鱼类为主。鱼、虾、贝、藻可用于生产和加工丰富多样的蓝色食品（如健康食品、保健食品）、水产饲料（鱼粉）、农业用品、生物制品等，已形成完善的上下游产业链条。整体来看，自主生产的水产品产量持续稳定增加的同时，水产品进口量也持续增加，为拓展我国水产业发展空间、保障优质水产品安全供应发挥了重要作用。

在水产食品加工方面，依据加工程度不同可以分为初级加工和精深加工等不同梯次等级。初级加工主要是对水产原料进行简单分级、清洗、去鳞、去头、去内脏、保鲜、腌渍、调理等初步加工，制品仍保留原始水产品的色、香、味、形等感官特征的产品，如冻全鱼、冻鱼块、咸鱼、鱼干等。精深加工指按一定要求改变原材料固有的形体特征或规格分布，或同时借助某些技术手段修饰改变其本体品质特征的产品，如鱼片、脱脂黄鱼、烤鳗、调理食品、水产罐头、鱼糜制品、鱼酱油等^[12]。

近年来，在低值水产品或水产加工副产物的开发利用中，通过应用现代食品加工高新技术，如超临界萃取技术、挤压技术、生物定向酶解技术、微胶囊技术、超高压技术等，已经研制出一大批可以综合利用的产品，包括水解鱼蛋白、蛋白胨、甲壳素、鱼油制品、紫菜琼胶、河豚毒素、海藻化工品、海洋生物保健品和海洋药物等。但部分技术存在一定程度的二次环境污染、产品生产成本偏高、产品市场竞争力不足等问题，制约着产业的发展。

2. 水产品加工流通的发展趋势

未来我国水产品的加工转化率将大幅提升。一是更好满足消费者对快捷方便水产食品的需求。不同年龄消费群体对水产品的消费形式有很大不同，如年轻消费群体无论收入高低，对水产品消费的第一选择是方便快捷、烹饪方便简单。二是更好满足水产品加工产业本身发展的需求。发达国家主要农产品的加工率超过80%，加工业产值与农业产值之比处于2:1~4:1。2020年，我国农产品加工转化率

为67.5%，农产品加工业营业收入与农业产值之比接近2.4:1；但水产品加工转化率仅为37.8%，水产品加工业产值与渔业产值之比仅为0.3:1。三是更好满足渔业可持续健康发展的需求。大力发展水产品初加工、精深加工和综合利用的梯次加工体系，统筹推动农产品精深加工与初加工、综合利用加工协调发展，显著延长渔业产业链、提升渔业价值链，增强渔业可持续健康发展能力。

水产健康食品产业将迎来大发展。新阶段，我国不仅迫切需要开发更加安全、卫生、味美、方便的水产食品，为居民提供更多的优质蛋白质，而且还有必要利用水产原料中的生物活性物质，开发出可增进健康、预防疾病的营养食品和保健食品；同时，充分发挥水产品与陆生食品资源“阴阳互补”的健康功效，系统解决国民健康需求等重大社会关切，提升国民健康水平。此外，水产品加工模式也将发生重大改变，今后将利用现代食品加工技术提升传统加工水产品的品质，大力发展水产品冷藏保鲜技术，机械化、智能化水产品前处理及精深加工关键装备，生物加工等绿色加工模式，建立和健全水产品加工的技术规范、操作规程和产品标准。

三、我国水产业高质量发展面临的主要问题

(一) 渔业资源与捕捞

在渔业资源与捕捞方面，我国渔业资源养护的基础科学研究不足、生态系统管理缺乏，近海渔业资源衰退的趋势仍未得到根本遏制。远洋与极地渔业面临对渔业资源认知能力不强、新资源与新渔场储备不足、产业发展方式粗放、双边或多边渔业话语权较弱等问题。大部分公海资源处于国际渔业资源的管理之下，拓展空间有限，很多渔业经济资源的可捕量已经达到或接近最大可持续产量。涉及过洋性渔业的沿海多国加紧了相应资源的管理，我国在此方向的发展空间有限。此外，我国海洋捕捞技术与装备存在声呐探测仪器设备受制于人、大洋性渔船装备依赖进口等问题，制约着远洋渔业竞争力的提升。

(二) 水产养殖与海洋牧场

养殖标准化、机械化、自动化、智能化水平不

高成为制约我国水产养殖与海洋牧场发展的主要瓶颈环节。一是内陆与近海养殖空间受限，养殖新模式缺乏特定适养品种，养殖对象重要育种基因性状不明；饲料生产、加工和精准化装备水平不高，智能化刚刚起步，新型非粮饲料原料种类虽多但分散不成规模^[1]，鱼粉、大豆等优质饲料原料严重依赖进口；病害精准防控与免疫技术水平有待提高，部分原材料受制于人；大水面渔业环保压力较大，生态系统定量管理的理论和技术薄弱。二是我国深远海养殖处于起步阶段，面临适养品种少、养殖规模小、养殖系统作业装备水平不高等主要问题。其中，深远海养殖设施系统的构建主要以恶劣海况下的安全性为基本考虑，与养殖生产工艺融合度不够，产能与效益未能真正体现，陆海统筹的全产业链保障体系亟待构建和优化。三是海洋牧场的空间利用和开发模式落后，增殖放流种类缺乏统一的甄选标准和管理规范，食物网营养结构不合理，生产效率不高。渔业增殖容量评估缺乏科学精准方法，生态风险难以考量，人工鱼礁对资源恢复的效果评估有待完善。四是在智慧养殖传感器芯片、材料、人工智能工具框架（模型）、大数据管控平台基础软件及水下机器人等方面均存在着一些短板或受制于人，亟需突破关键技术。

(三) 水产品加工与流通

一是水产品尤其是淡水鱼的加工率明显偏低。2022年，我国淡水水产品的加工率仅为17%，远低于海水水产品的57.1%^[2]。由于缺乏规模化与精准化的前处理装备技术，水产品加工较多依赖人工处理，效率低、成本高、用工难问题日益突出。二是鲜活水产品流通技术的提升亟需突破瓶颈问题，如水产品的质构及鲜度保持技术、危害因子高效脱除技术、非热减菌及调理技术、智能化包装与智能化冷链物流技术以及新型保鲜剂在水产品保鲜应用中的风险评估等。三是水产品产后加工流通环节仍存在诸多技术问题亟需解决，包括适合未来消费需求的主食替代水产食品加工技术，预制菜肴类水产食品加工技术，连锁餐饮、中央厨房、食材配送中心等所需的去内脏、去鳞或分割化产品的质构调理与保鲜技术，加工副产物的绿色、低碳高效利用技术，水产品冷链流通过程中的品质适时监控技术，加工水产品活性包装和智能化包装材料与技术。

四、我国水产业高质量发展的目标与重点举措

(一) 发展目标

到2035年,我国将基本实现渔业现代化,迈入水产科技强国行列^[4];水产品总量达到 8.1×10^7 t,其中85%以上来自水产养殖。充分利用新一代信息技术,大力推进和发展智能化、精准化水产养殖;突破深远海养殖主要品种生殖生理、育种育苗、营养饲喂、病害防控等关键技术,研发关键养殖装备,建立深远海规模化养殖生产体系与示范平台;构建集卫星遥感、水声探测和渔业现场数据为一体的全球海洋生境与渔业资源大数据库及其分析技术,研发全球各重要渔场的渔情预报技术体系,掌握全球40%公海重要渔业种类重要生境和资源状况,深度参与全球海洋渔业治理和谈判协商;“因海制宜”发展海洋牧场,在我国黄渤海、东海和南海建立代表性强、生态功能突出、具有典型示范和辐射带动作用的海洋牧场基础研究与技术研发平台,构建完善的海洋牧场管理体系,初步实现海洋牧场的标准化、机械化、自动化和智能化;初步建立养殖水产品产地初级加工、精深加工和综合利用的梯次加工技术体系;基本形成适应国情、渔情的水产业顶层设计,水产安全支持稳定有效,渔业政策法规与市场有机协调,水产安全政策与法规明显改善,保障水产业如期甚至率先基本实现现代化。

到2050年,我国将引领世界水产科技发展,全面实现智慧渔业;水产品总量达 1×10^8 t,其中95%以上来自水产养殖。实现水产业“绿色、安全、营养、环保、高效”的可持续发展,确保水产品优质安全供给,支持国家食物多元化供给战略实施;积极应对全球气候变化,为美丽中国、健康中国和农业强国建设提供重要支撑;主导养殖品种更普及、养殖技术更精准、国产装备更智能、渔业管理更智慧,实现产业优化、产地优美、产品优质;建成陆海联动、智能化协同的深蓝渔业产业模式,布局远海海疆与海上丝绸之路沿海地区,发展优质海水鱼工业化养殖,使之成为我国水产品及优质蛋白质保障供给的新兴产业,实现海洋渔业由“捕”向“养”的根本性转变,建立世界领先的工业化蓝色农业生产体系;对全球公海重要渔业资源的科学调查实现全覆盖,打造海洋生物产物资源新兴产业;

建立“陆海空天”一体化监测网,建立完善的集技术研发、实施监测和监管评估为一体的海洋牧场管理体系,进一步实现海洋牧场的标准化、机械化、自动化和智能化;构建完善的养殖水产品梯次加工技术体系;全面构建渔业现代化水产安全政策与法规保障体系,助力实现中国式现代化。

(二) 重点举措

1. 近海渔业资源的养护和修复

一是开展近海渔业资源与环境承载力监测、调查与评价技术研究。针对我国重点渔场渔业资源种群结构、资源分布和渔场形成机制,建立涵盖捕捞、资源与环境、社会经济等方面的沿岸渔业基础数据库;开展我国近海典型渔场包括初级生产力、次级生产力、终级生产力在内的海洋生物生产力调查与评价研究,摸清沿岸典型渔场的生物生产力本底,科学评估渔业资源的最大可持续产量、渔业资源量与可捕量,建立我国近海渔业资源与环境承载力评价技术体系。

二是开展海洋牧场建设与高效利用关键技术研究。完善人工鱼礁建设技术,系统研发各类型人工鱼礁的材料、结构及建设技术;重点关注亲生物性、高固碳性礁体材料的开发,建设具有自我生长和自我修复能力的礁体;重点突破大型人工鱼礁的设计、制作、拼装、运输和投放等关键技术,开展海上各类人工设施的生境资源化利用技术研究;开发抗风浪能力卓越、适合我国各类深水海域特点的多功能浮鱼礁平台,为我国离岸海域海洋牧场建设提供技术保障。

三是开展基于大数据平台的海洋牧场实时监测与预报预警技术研究。构建基于物联网技术的水体环境在线监测系统,实现对水温、盐度、溶氧、叶绿素等水环境关键因子的立体实时在线监测;研发基于物联网技术的对象生物远程可视化监控与驯化技术,建立基于标志回捕、无线信号追踪等监测方式的鱼贝类行为追迹及分析技术,革新牧场对象鱼种的行为控制方法;研发基于环境、生物参数的海洋牧场预报预警技术和专家决策系统,实现海洋牧场智能化、精细化和综合化管理。

四是开展海洋牧场效益评估与可持续利用管理技术研究。开展典型渔业水域人工海洋牧场适宜性评价技术研究、人工海洋牧场开发利用效果评估技

术和可持续利用管理技术研究,建立从定性到定量、从静态到动态、从基础到应用的海洋牧场承载力与建设效果定量评价技术,提出基于生态系统平衡的海洋牧场经营与管理策略。

2. 远洋渔业资源的开发与科学利用

一是建立全球远洋渔业资源生产性调查与监测体系。重点布局大西洋、印度洋、中西太平洋、南美洲、北太平洋和南海周边的资源调查监测网络;开发一批大洋性中上层鱼类等新资源和新渔场,开展重要性全球远洋渔业资源种群结构、资源分布和渔场形成机制研究;建立涵盖捕捞、资源与环境、社会经济的国家级远洋渔业基础数据库。

二是研究远洋渔业物联网智慧服务平台关键技术并进行示范应用。建立远洋船队的实时监控与集散管理、渔船重点设备的监控与管理、捕捞作业的协同与服务、远洋渔业仓储加工溯源服务、远洋渔业配送销售服务等子系统以及远洋渔业生产链信息中心与监控中心,为远洋渔业生产链决策支持服务。

三是研究全球气候变化背景下的大洋性重要渔业资源数量变动机理及可持续开发策略。着重开展全球气候变化压力下的大洋渔业生态系统、生物资源变动特征及其主控因子识别,构建重大全球性海洋变化对大洋性渔场生态环境及基础生产力变动的驱动机制,研究关键海洋过程对大洋性渔业种群生物生产过程的调控机理及其生态效应,推动大洋渔业生态系统变化预警和生物资源动态预测管理信息系统的完善及其应用示范。

四是开展远洋渔业重要关键装备的研制与应用。着重进行金枪鱼等的高效捕捞(如围网和延绳钓)与助渔系统装备,环境友好型渔具渔法(如鲸类识别与驱赶技术、集鱼装置设计、保护动物的释放技术等),多功能综合性电浮标,基于无人机的金枪鱼集群信息现场获取和实时传递技术,船用超低温制冷系统及金枪鱼盐水冻结技术以及大洋性鲑鱼趋光行为及渔船灯光配置等关键技术与装备的研制和应用。

五是开展南极磷虾资源产业能力提升及信息保障关键技术的研发。主要涉及专业化高效捕捞及其装备研发,新渔场开发与拓展,船载加工设备优化,南极海域海洋环境要素实时信息提取、分析及预报,南极磷虾中心渔场与资源预测技术,全球海洋环境变化对南极磷虾资源种群变动规律研究,南

极渔业信息应用服务与保障系统开发等。

3. 水产健康养殖新技术体系的构建和应用

突破育种科技难题,培育优良品系。聚焦精准营养,关注环境、健康和品质,建立优质饲料原料持续供应体系,普及使用环境友好型高效配合饲料。同时,强化流行病学基础研究,构建病害综合防治系统,加强环境保护与修复,发挥生态效应,建立水产健康养殖新模式。

一是建立以分子设计为目标的水产生物育种理论和技术体系。通过技术集成,对生物体从基因(分子)到整体(系统)不同层次进行设计和操作,对育种程序中的各种因素进行模拟、筛选和优化,提出最佳的亲本选配和后代选择策略,实现从传统的“经验育种”到定向且高效的“精确育种”转化,显著提高育种效率。

二是构建不同生长阶段的营养需求和生物利用率数据库,研究营养代谢及其对养殖动物生长、健康和品质的调控机理,研发新型可持续的饲料原料和绿色高效饲料添加剂,开发环境友好型高效配合饲料,建立科学投饲技术,实现精准营养,全面普及人工配合饲料。

三是阐明养殖动物病原感染、致病的分子机制。研制并完善重要病原快速诊断产品,突破和发展重大疾病预警体系的关键技术;构建鱼类高效疫苗,从主要水产养殖动物中筛选和鉴定出免疫和抗病功能基因,获得抗病功能蛋白,研究有效导入途径,突破渔用抗病生物制品的实用化关键技术。

四是构建健康养殖模式与清洁养殖技术体系。研究养殖生态系统结构与功能,评估不同养殖品种的种间关系,建立合理的放养结构;研究不同类型养殖模式物质收支以及养殖生物对输入营养物质的利用效率和废物排放量,形成养殖废水管理方案和技术;研究系统优化养殖模式的理论与方法,改进养殖设施和养殖技术;研发基于新能源、新材料的工厂化养殖设施与技术。

4. 深远海养殖平台技术研发与应用

针对深远海养殖发展要求,立足我国渔业工业化技术水平及船舶装备科技基础,确立深远海养殖生产模式及产业发展目标。围绕规模化养殖、繁育、营养饲料、养殖产品加工以及渔船补给、物流等功能,进行全产业链设计;针对生产平台构建关键技术,开展关键问题基础性研究、关键装备创新

性研发、关键技术适用性集成以及系统技术产业化应用；先期突破专业化工船平台构建技术瓶颈，集成构建生产模式和示范平台，后期开展专业化工船研发，推进深远海渔业产业带建设，以此形成专业化研发团队与生产、制造企业群，为深远海养殖的长远发展奠定产业基础。

一是突破专业化养殖工船、深水网箱等平台建设的技術瓶颈，集成构建生产模式和示范平台，制定深远海渔业产业带建设的发展目标，对于平台构建关键技术，按照应用基础研究、技术创新、重大装备研发、关键技术研究、集成示范等环节，拟定重点研发任务。

二是在应用基础研究领域，开展养殖平台水动力学特性研究，创建专业化工船设计模型，建立潜式、半潜式、拖曳式深水网箱设计模型；研究构建深远海重要养殖鱼类种质资源库和船载保育库。

三是在重大装备研发领域，开展生产平台结构研发，构建总体技术方案，优化平台结构，形成总体设计能力。开展新能源利用及全船动力系统研发，构建基于多能互补的最优船载动力系统；开展舱养系统构建与机械化装备研发，研发变水层测温取水技术装备、进水推流和鱼舱排污结构、生产系统机械化装备、管理机器人平台、舱壁清洁装备以及整船集中管控系统；开展网箱养殖设施研发与礁基平台构建，包括浮式、拖曳式、悬挂式、锚泊式网箱结构安全技术以及配套装备与自动化技术；开展船载加工关键装备研发，构建鱼类船上机械化加工系统装备；开展高海况“船-船”物流装备研发，船载活鱼输送装备，优化集成平台扒载系统。

四是在关键技术研究领域，开展鱼类工船/深水网箱养殖等技术研究，建立船载舱养技术规范、深水巨型网箱鱼类养殖技术规范。开展船载、深水网箱平台养殖动物种苗规模化繁育技术研究，建立平台苗种规模化繁育体系和技术规范；开展船载、网箱平台生物饵料培养技术与专用高效配合饲料开发，构建规模化培养和投饲技术体系；开展渔获物船载加工与冷链技术研究，建立高效低耗的船载保鲜加工工艺规范；构建基于物品识别、品质调控和远程信息监控海上物联网系统；开展平台排水处理与附着物防控技术研究，建立舱壁涂层及维护规程，研发生态化废水处理和资源化利用技术。

五是在集成示范领域，开展养殖工船平台集成

与示范，建立产业化平台，构建深远海规模化养殖技术模式。开展工船平台-网箱养殖系统构建与示范，构建以养殖工船为依托、以高效健康养殖技术核心、以大型网箱设施为载体、以专业化配套装备为支撑的先进深远海养殖系统及产业技术模式；开展工船平台-网箱养殖应用与示范，建立区域性养殖生产技术规程；开展陆海对接暂养、加工、物流平台研发与示范，集成冷链物流供应链信息系统，构建活鱼、渔获物冷链物流物联网系统，形成一体化冷链物流体系；开展平台综合运行信息系统研发与产业经济研究，集成构建“捕捞渔船-养殖工船-物流渔船-陆上基地”一体化的管理综合平台。

5. 水产养殖新模式构建和推广

一是基于养殖容量评估的多营养层次综合养殖模式，构建重要经济种类的新型高效、环境友好型多营养层次综合生态养殖技术体系，开发出浅海、岛礁及滩涂养殖的多营养层次养殖系统共性关键技术，提高综合养殖效益。

二是构建全循环工厂化智能水产养殖模式。突破智慧水产养殖关键技术，形成智能水产养殖技术应用体系并进行示范。

三是构建“渔光”互补池塘内循环流水生态养殖模式。研究池塘内循环水动力特性，开发池塘集排污技术以及池塘零排放技术，优化大棚设施养殖装备与技术，发展新型“渔光”互补或其他新能源与养殖互补技术，提倡不同营养层次多种类混养，增强生态互补互益效应。

四是构建基于新能源的边远海岛超密集智能工厂化养殖模式。集成新能源开发利用技术，突破超密集循环水养殖系统开发技术，解决智能养殖装备和管理系统集成开发技术，研发超密集优质健康养殖技术，建立养殖品质安全保障技术体系，形成基于新能源的边远海岛超密集智能工厂化养殖系统。

五是构建外侧岛礁海域的围栏整装系统及智能化养殖模式。依托外侧岛礁海域，研制开发大型围栏养殖整装系统，创制新能源利用、无人机投饲、自动化与信息化养殖操作、监视/监测、预警预报等辅助管理关键机电设备技术，形成完整的大型围栏高效养殖技术体系。

6. 水产品绿色加工与高值利用

一是全面建立基于化学结构基础与人类营养健康作用机制的水产品精准开发和利用新体系。突破

以深远海养殖鱼类海上一线保鲜加工与冷链贮藏技术、大宗产品联产综合绿色开发与清洁高效利用关键技术,形成适应产业需求的绿色加工与高值利用新装备、新技术与新产品。加速水产品智能化加工技术与装备研发,有效解决水产加工劳动密集型产业的劳动力成本高与“用工荒”问题,有力提升海洋水产加工的全资源利用水平和可持续发展能力。

二是综合利用现代分析化学、生物化学及分子营养学等理论和技术手段,系统研究鱼、贝、虾、藻类等主导养殖水产品原料的化学组成、结构、性质以及营养成分的膳食价值、功能特点、吸收方式、生物活性,构建完善的养殖水产品化学与营养数据库。系统研究养殖水产品中蛋白质、脂肪、多糖等主要营养成分以及产品鲜度、品质等在养殖、加工、贮藏、流通过程中的变化机理及调控机制;明确水产品危害因子的生物蓄积及代谢机制,为养殖水产品的精制加工与质量安全控制提供理论基础。

三是研究养殖水产品的净化提质、无水保活运输、人工运输环境智能化调控、生鲜水产品快速冷却、鲜活水产品智能化包装等冷链流通关键技术与装备,构建低能耗、低流通损失率的养殖水产品保活物流、生鲜物流技术体系。攻关养殖水产品的宰后脱腥、无残留减菌、质构调控与组织化重组、生物增香、营养保持杀菌、感官品质改良与控制、品质动态监控、智能包装等适度加工关键技术,研制生鲜、调理、食品中间素材、风味即食等新型超市水产加工品;攻关水产品加工副产物的规模化绿色加工、活性成分高效制备、活性修饰与活性稳态化等关键技术,研究功能食品、生物肥、生物材料、生物农药等高附加值加工产品,形成水产品加工副产物高效利用技术体系;研发水产品多类残留精密检测技术与设备、现场快速检测技术与设备、指纹化合物鉴定技术与设备、主要危害因子来源甄别与预警预报技术、水产品中危害物消减与控制技术与装备、可视化追踪溯源与现代物流信息化技术,形成水产品质量安全全程控制关键技术体系。

四是在养殖水产品规模化前处理与精深加工关键装备开发及集成方面,开展鱼类新鲜度识别设备、连续式鱼类前处理技术与装备、贝类新型开壳技术与装备、养殖海藻的机械化收割与干燥设备、水产品连续式浸渍冻结技术与装备、水产品高频电场解冻技术与装备、水产品联合干燥技术与装

备、水产品蒸煮液的机械蒸汽再压缩高效蒸发浓缩技术及装备、冷冻浓缩技术及装备的研制,并进行产业化集成与应用。

五、我国水产业高质量发展对策与建议

(一) 政策性建议

一是加快开展以《中华人民共和国渔业法》修订为主要内容的水产业顶层设计,遏制违规作业,推进依法治渔。合理加大渔业支持力度,树立水产品是重要粮食的大食物观,在重点区域将渔业或水产品纳入“菜篮子”工程,从政策实施源头增强对渔业重要性的认识。借鉴国际渔业补贴的成功经验,探索战略性补贴的具体实施形式,如渔业生态环境保护补贴、绿色补贴、清洁产品研发补贴;构建长期稳定、制度化、规范化的渔业支持政策体系,使之成为基本制度并提高补贴实施效率。

二是完善与渔业资源相关的产权制度,激发渔业主体发展的积极性。改革近海渔业资源的产权制度,健全养殖资源产权制度,如确权颁证、水域空间红线制度、养殖主体监管机制等,提升资源增值保护费的使用效能。

三是提高开放水平,加快构建渔业新发展格局。转变“经济导向”的传统出口观念,倡导渔业生态优先,扭转竞争力优先的水产品传统贸易思维,推动贸易主体正确认识“低贴现率”这一战略选择。理性认识水产品逆差,基于国内外资源禀赋、水产品国际贸易形势,充分利用国内和国际渔业资源以满足国内消费需求。降低水产品的生产成本,提高渔业绿色发展水平,据此提高我国水产品综合竞争力。扩大渔业开放度,采用多元化出口形式,拓展新兴市场并降低单一市场依存度,实施适度开放的贸易政策并减少灰色清关,提升我国渔业的国际谈判能力。

四是明晰渔业领域“双碳”战略目标及实施路线,推进渔业节能减排,促进渔业提质增效。加强渔村社会保障体系建设,健全渔业从业准入制度,完善渔文化传承机制,深入推进渔村振兴。

(二) 技术性建议

1. 渔业资源与捕捞

一是围绕发展海洋经济、养护内陆与近海资

源、开发深海资源、拓展发展空间、维护国家海洋主权与权益的目标, 辨识世界海洋渔业科技发展的重要前沿、我国水产业发展的瓶颈技术, 精准实施技术创新, 带动装备和产业升级, 抢占未来发展高地。

二是实施创新驱动发展, 以新时期构建海洋命运共同体理念为引领, 以参与全球海洋与渔业治理、高质量发展我国海洋渔业等重大需求为导向, 显著提升渔业捕捞技术与设备的自主创新能力; 坚持生态优先, 推动近海渔业创新和可持续发展、远洋与极地渔业优质高效发展。

三是保持长期科研投入, 培育渔业科技专业化研究队伍。自主开发具有知识产权的高技术渔业专业化装备, 突破近海渔业绿色发展关键技术与模式; 提高渔业基础统计和数据监测能力, 创新渔业资源评估方法, 增强参与国际治理的能力及话语权。突破渔业资源高清精准探测技术、自动化捕捞装备技术等远洋渔业亟需的关键技术, 建立远洋捕捞装备产业技术体系, 壮大战略性渔业品类, 体现国家食物安全的保障作用, 支持海洋强国战略建设^[15]。

2. 水产养殖与海洋牧场

一是着眼水产养殖业的绿色和可持续发展, 创新发展理念, 依托技术创新, 驱动渔业转型升级, 保护水域生态环境, 促进渔业兴旺、渔民富裕。推广生态健康养殖模式, 拓展水产养殖新发展空间, 建设“稳量增收、提质增效、绿色发展”的现代水产养殖体系, 支持构建国家多元化食物供给体系。突破传统水产养殖模式可持续发展涉及的关键科学问题, 构建高效并可持续的新模式、新途径、新技术。研制轻简化、工业化的水产养殖装备, 发展水产养殖新空间、新资源利用的关键技术。提高水产养殖技术的标准化和专业化水平, 推广绿色和可持续发展的养殖新模式。

二是在深远海养殖与海洋牧场方面, 按照“统筹布局、远近结合、突出重点、分步实施”原则, 针对不同海区的环境、海况和资源特点, 围绕新增养殖品种、设施装备、生产系统、保障补给、牧场产出效益评估等开展技术攻关。针对深远海养殖品种的生物学和养殖特性, 开发新种质资源, 研究重要苗种繁育及育种的基础理论和关键技术, 建立目标品种的成套养殖工艺。针对深远海大型智能养殖

装备的发展需求, 设计包括设施装备、作业生产、保障补给在内的多组合、多功能、多模式的深远海大型智能养殖平台, 研制机械化、信息化、自动化的海上养殖装备, 构建养殖模式和生产体系。探索陆海接力、深远海“锚居”“游弋”相结合的生产方式, 形成规模化、工业化的深远海养殖生产体系^[16]。

三是优选符合国家战略、国际竞争紧迫、产业基础较好、市场需求旺盛的适养品种, 开展种业科技协同创新。支持水产业商业化育种体系建设, 培育自主创新企业集群, 切实增强水产种业发展能力。革新饲料加工与投喂装备, 提升养殖过程中动物行为、环境指标监控智能化等技术能力, 加快研发新型非传统饲料原料(如昆虫蛋白、单细胞蛋白), 着力解决水产饲料优质原料依赖进口的发展瓶颈。建立涵盖环境营养、条件营养的需求数据库, 实现养殖过程的精准营养。从养殖环境、投入品、疫病防控、生产管理等环节着手, 提高绿色健康养殖水平。根据不同养殖种类的生态习性、环境养殖容量, 构建适宜的养殖模式; 选育适应具体养殖模式要求的抗病和快速生长良种, 繁育无特定病原的健康苗种; 应用疫苗、益生菌、益生元、无公害渔药等疾病预防措施, 实现高效、优质、安全的养殖水产品生产。

四是加快发展智慧渔业, 技术引进、消化、吸收与自主研发并重。开展“产学研用”协同创新, 加强基础理论及技术研究, 培育具有行业影响力的智慧渔业技术与装备企业。开展技术创新研究, 构建产业良性生态, 力争在15~20年内实现智慧渔业关键技术和高端装备达到国际一流水平。

3. 水产加工与流通

一是构建以消费引导加工、加工引领养殖的现代渔业发展新模式, 促进养殖业、加工业、流通业的协调发展。适时调整渔业发展主攻方向, 克服传统增产导向的不利作用, 充分认识水产品加工流通业的作用, 重视水产品加工业对原料及品质的需求, 发挥加工流通对延长产业链、提升价值链、实现循环经济的积极作用。充分发挥水产品加工流通业在现代渔业产业链中的作用, 构建集养殖、加工、流通于一体的现代化渔业产业体系, 水产全产业链的质量可追溯技术体系, 从而协调建设渔业生产、加工、流通全产业链。

二是合理增加水产品加工与流通技术方面的创新研发投入,着力解决发展瓶颈问题。建立稳定的产后渔业科技投入机制,适应水产品加工与流通中基础研究、前沿技术、公益性共性技术的开发需求。建议实施水产品蛋白供应工程、海洋水产品脂质健康工程,利用现代生物加工与生物制造技术,在高效利用水产蛋白质及脂质资源的同时,攻关人造(细胞培养)鱼肉、微藻(细胞)功能性脂质高效生产相关的关键技术;从传统水产食品开发拓展至营养健康食品、保健食品等未来食品开发,驱动水产品加工业转型升级,支持健康中国建设。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: July 12, 2023; **Revised date:** August 18, 2023

Corresponding author: Mai Kangsen is a professor of the Fisheries College of Ocean University of China, and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is aquaculture nutrition and feeds. E-mail: kmai@ouc.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on National Food Security Strategy under the New Situation” (2021-XBZD-08)

参考文献

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture: Towards blue transformation [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
- [2] 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. 中国渔业统计年鉴 2023 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2023.
Bureau of Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China fisheries statistical yearbook 2023 [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2023.
- [3] 唐启升, 韩冬, 毛玉泽, 等. 中国水产养殖种类组成、不投饵率和营养级 [J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 729–758.
Tang Q S, Han D, Mao Y Z, et al. Species composition, non-fed rate and trophic level of Chinese aquaculture [J]. Journal of Fishery Sciences in China, 2016, 23(4): 729–758.
- [4] 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]. 中国工程科学, 2016, 18(3): 90–95.
Mai K S, Xu H, Xue C H, et al. Study on strategies for developing offshore as the new spaces for mariculture in China [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(3): 90–95.
- [5] 徐皓, 谌志新, 蔡计强, 等. 我国深远海养殖工程装备发展研究 [J]. 渔业现代化, 2016, 43(3): 1–6.
Xu H, Chen Z X, Cai J Q, et al. Research on the development of deep-sea aquaculture engineering equipment in China [J]. Fishery Modernization, 2016, 43(3): 1–6.
- [6] 解绍启, 张文兵, 韩冬, 等. 水产养殖动物营养与饲料工程发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(3): 29–36.
Xie S Q, Zhang W B, Han D, et al. Study on the developmental strategies for the engineering of aqua nutrition and feed [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(3): 29–36.
- [7] Han D, Shan X J, Zhang W B, et al. A revisit to fishmeal usage and associated consequences in Chinese aquaculture [J]. Reviews in Aquaculture, 2018, 10(2): 493–507.
- [8] 阙华勇, 陈勇, 张秀梅, 等. 现代海洋牧场建设的现状与发展对策 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(3): 79–84.
Que H Y, Chen Y, Zhang X M, et al. Modern marine ranching: Status and development strategy [J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(3): 79–84.
- [9] 杨红生, 丁德文. 海洋牧场 3.0: 历程、现状与展望 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(6): 832–839.
Yang H S, Ding D W. Marine ranching 3.0: History, status and prospects [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(6): 832–839.
- [10] 王峰, 雷霖霖, 高淳仁, 等. 国内外工厂化循环水养殖模式水质处理研究进展 [J]. 中国工程科学, 2013, 15(10): 16–23, 32.
Wang F, Lei J L, Gao C R, et al. Research progress on water quality treatment of industrial recirculating aquaculture system at home and abroad [J]. Strategic Study of CAE, 2013, 15(10): 16–23, 32.
- [11] 李道亮, 刘畅. 人工智能在水产养殖中研究应用分析与未来展望 [J]. 智慧农业(中英文), 2020, 2(3): 1–20.
Li D L, Liu C. Recent advances and future outlook for artificial intelligence in aquaculture [J]. Smart Agriculture, 2020, 2(3): 1–20.
- [12] 陈胜军, 张晓凡, 潘创, 等. 水产品品质评价研究进展 [J]. 肉类研究, 2022, 36(6): 53–59.
Chen S J, Zhang X F, Pan C, et al. Recent progress in quality evaluation of aquatic products [J]. Meat Research, 2022, 36(6): 53–59.
- [13] 麦康森, 张文兵. 非粮型蛋白质饲料资源开发现状与高效利用策略 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
Mai K S, Zhang W B. Development status and efficient utilization strategy of non-grain feed protein resources [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2019.
- [14] 中华人民共和国农业农村部. “十四五”全国渔业发展规划 [EB/OL]. (2022-01-07)[2023-07-15]. http://www.yyj.moa.gov.cn/gzdt/202201/t20220107_6386443.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People’s Republic of China. The 14th Five-Year national fisheries development plan [EB/OL]. (2022-01-07)[2023-07-15]. http://www.yyj.moa.gov.cn/gzdt/202201/t20220107_6386443.htm.
- [15] 中华人民共和国农业农村部. 关于促进“十四五”远洋渔业高质量发展的意见 [EB/OL]. (2022-02-14)[2023-07-15]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202202/t20220215_6388748.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People’s Republic of China. Opinions on promoting high-quality development of the 14th Five-Year pelagic fisheries [EB/OL]. (2022-02-14)[2023-07-15]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202202/t20220215_6388748.htm.

[16] 全国现代设施农业建设规划(2023—2030年)[EB/OL].(2023-06-15)[2023-07-15]. http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/qnhnzc/202306/t20230615_6430324.htm.

National modern facility agriculture construction plan (2023—2030) [EB/OL]. (2023-06-15)[2023-07-15]. http://www.moa.gov.cn/gk/zcfg/qnhnzc/202306/t20230615_6430324.htm.