

文章编号: 1000-0615(2019)01-0097-08

DOI: 10.11964/jfc.20181211596

· 综述 ·

我国蓝色粮仓科技创新的发展思路与实施途径

杨红生^{1,2,3*}

(1. 中国科学院海洋研究所, 海洋生态与环境科学重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室, 山东 青岛 266237;

3. 中国科学院海洋大科学研究中心, 山东 青岛 266071)

摘要: 蓝色粮仓建设对保障食品安全、推动经济发展、催生新兴产业、彰显国家权益、改善生态环境以及突破产业瓶颈具有重要意义。在当前科技和产业背景下, 如何卓有成效地构建蓝色粮仓已成为社会各界关注的热点。本文明确了蓝色粮仓的概念和特点, 分析了蓝色粮仓构建的必要性和可行性, 提出了实现渔业产业由大国向强国跨越以及提升科技创新和产业发展能力的总体目标, 从聚焦重大需求、构建科技创新链, 坚持原创驱动、突破重大科学问题, 强化集成示范、支撑产业健康持续发展等方面论述了实施途径, 即按照基础研究、重大共性关键技术、典型应用示范全链条布局的要求, 坚持生态优先谋划, 陆海统筹布局, 针对种质创制、健康养殖、资源养护、友好捕捞、流通加工五大产业类型需求, 实施良种引领、空间拓展、技术升级、产业示范四大行动, 建立智慧养殖、智能捕捞、绿色加工三大体系, 满足优质蛋白供给和产业转型升级两大需求, 最终构建中国特色的蓝色粮仓。

关键词: 蓝色粮仓; 生态优先; 陆海统筹; 新型渔业生产体系

中图分类号: S 937.3

文献标志码: A

面对国民对优质蛋白的迫切需求、产业亟待转型升级、水域生态环境堪忧、渔业资源衰退以及国际海洋权益之争日趋激烈等现状, 坚持生态优先, 陆海统筹, 实现渔业产业转型升级势在必行。以建设蓝色粮仓特色的现代渔业发展理念由相对独立的“养殖、捕捞、加工”发展到“从基因到生态系统”一体化的生产体系, 形成了从水产品高效产出到信息物流服务的全产业链条。蓝色粮仓建设涉及重大认知创新、关键装备和技术突破、区域性典型应用示范, 是一个长期而又系统的工程, 与此同时, 经济新常态和“海上丝绸之路”建设也对现代渔业发展提出了新要求^[1], 必须保护淡水资源, 立足滩涂和近海, 拓展深远海, 通过全产业链设计、三产融

合, 实现绿色化、工程化、机械化、信息化。

1 特殊性分析

1.1 蓝色粮仓的概念

“蓝色粮仓”是在国家粮食安全和海洋强国建设背景下提出的, 诸多学者对蓝色粮仓的概念特征进行了较为系统的研究^[2-6], 为使蓝色粮仓形成系统理论认知, 结合产业链和创新链的发展特征及未来趋势, 蓝色粮仓概念可以总结为: 蓝色粮仓(blue granary)是以优质蛋白高效供给和拓展我国粮食安全的战略空间为目标, 利用海洋和内陆水域环境和资源, 通过创新驱动产业转型升级, 培育农业发展新动能, 基于生态优先、陆海统筹、三产融合构建具有国际竞

收稿日期: 2018-12-25 修回日期: 2018-12-26

资助项目: 中国科学院重点部署项目“高效海洋生态牧场关键技术集成与示范”(KFZD-SW-106); 泰山学者特聘专家计划; 中国科学院“现代海洋牧场构建原理与工程技术创新交叉团队”项目

通信作者: 杨红生, E-mail: hshyang@qdio.ac.cn

争力的新型渔业生产体系。

1.2 蓝色粮仓的特点

相较于传统渔业及陆地传统农业,蓝色粮仓具有空间、环境、种类、需求等多样性的特点^[1]。在空间多样性方面,蓝色粮仓建设涉及池塘、湖泊(水库)、滩涂、浅海、深海、大洋乃至极地。在环境多样性方面,蓝色粮仓建设涉及的内陆水域与海洋的环境条件差异极大,在海洋环流、海洋地质等交互作用下,不同海域的温度、盐度、深度等环境条件也存在较大差异^[7]。在种类多样性方面,相对于陆地农林牧业根植于土地载体进行平面生产的作业特点,蓝色粮仓生产活动呈现立体化,其生物资源不仅具有较强流动性,还具有物种多样性,鱼、虾(蟹)、参、贝、藻等诸多经济物种都涉及其中^[8]。在需求多样性方面,蓝色粮仓不仅可以提供初级或加工类水产品以及工业原材料,还可以通过休闲、旅游等多种形式为人类服务,此外,通过开发不同加工工艺,可形成冷冻、干制、腌制等多种产品样式。

2 必要性分析

2.1 优质蛋白供给,保障食品安全的重要举措

食品安全始终是关系我国国民经济发展、社会稳定和国家安全的全局性、基础性的重大战略问题^[9]。由联合国粮农组织发布的《2017年全球粮食危机》表明,目前全球处于严重粮食产出不安全状态的人数在大幅增长^[10]。近年来,我国工业化和城镇化进程的快速推进,导致陆地耕地资源和水资源短缺等问题日益突出;在自然灾害、环境污染、弃耕撂荒、预期收益不高影响下,农地利用非农化、非粮化趋势明显;气候变化诱发的自然灾害频发,使我国陆地农业更显脆弱,对我国粮食安全提出了严峻挑战^[11]。作为粮食供应的重要组成部分,水产品是一种优质“粮食”^[12]。开发利用海洋和内陆水域资源发展渔业生产,坚持“海陆并进、统筹发展”,是增加食物总量的有效途径。随着城镇化进程加快、人民生活水平的提高及健康意识的提升,对优质蛋白源等重要营养物质的需求将不断增长,渔业的重要性将日趋凸显^[4]。深耕蓝色国土,建设蓝色粮仓,构建全产业链的渔业

产业体系,生产出更多优质、安全的水产品,不仅是保障我国粮食安全的重要举措,也是关乎人民健康的重大战略问题。

2.2 产业转型升级,实现强国富民的重要引擎

作为农业和国民经济的重要产业,渔业是率先打破计划经济体制、实行市场化改革的行业之一,其特点为体制好、活力足、产业化和国际化程度高^[13]。由于我国渔业仍以开放式粗放经营方式为主,整体效益不高;渔业产业机械化、智能化程度低、劳动强度大且富余劳动力的安置等问题依然突出。因此,必须加强渔业产业相关科技原理、技术与模式研究,大力发展良种产业,提升水产养殖业的技术水平和效益;积极发展远洋捕捞渔业,推动海洋渔业经济外向发展;大力提高水产品加工与流通等二、三产业的比重,实现渔业产业的生产、加工与流通的三产融合,为实现渔业持续稳定增长、增加农渔民收入和解决三农问题提供强有力的支撑。与此同时,按照“生态、优质、高效、品牌”的现代渔业发展要求,实施蓝色粮仓科技创新,以科技渔业、品牌渔业、生态休闲渔业助推渔业产业革新,着力优化调整渔业产业结构,引领产业升级。

2.3 生态环境和谐,建设生态文明建设的重要途径

水域生态系统对维系自然界物质循环、净化环境、涵养水源、缓解温室效应等发挥着重要作用^[14]。水产养殖是重要的生物固碳途径之一,与人工造林项目相比节约了大量的资金、土地、水等自然资源和人力资源。但是,由于传统渔业对生物资源和局部环境的过度开发利用,导致局部生态系统退化、生态服务功能受损、渔业资源种群再生能力下降。针对海洋渔业资源的过度利用,制定行之有效的生境修复和资源养护措施、构建现代化海洋牧场可有效恢复海洋渔业资源和海洋生态系统^[15-17]。此外,《中国渔业生态环境质量公报》表明,除局部渔业水域污染仍然比较严重外,我国渔业水域生态环境质量状况总体比较稳定。但值得注意的是,受陆源污染等影响,海洋渔业生态已经受到严重威胁^[18]。伴随着沿海地区社会与经济的高速发展和城市化进程,作为国家实施海洋战略的主要区域,滨海生态系统的可持续产出功

能受到制约。实施蓝色粮仓科技创新，按照渔业的可持续发展要求，坚持走种质创新、健康养殖、适度捕捞、精深加工的标准化、规范化和生态化发展之路，实现生态目标与经济目标的统一，促进渔业资源与环境的协调发展^[19]，是建设生态文明建设的重要途径。

2.4 突破产业瓶颈，推进创新跨越的迫切需求

我国渔业经过近40年的快速发展，已迎来战略机遇期和转型升级期，面对环境恶化、资源衰退、装备技术落后、产业发展方式粗放、成果应用滞后、创新驱动不足等问题，必须推进供给侧改革，全面实施自主创新战略，以科技引领带动产业全面发展。坚持“生态优先”，发展生态友好型、可持续利用型捕捞和养殖技术，从全生态链角度加强渔业资源环境保护，建设美丽海疆和湖泊。坚持“陆海统筹”，控制陆源污染对水域环境的破坏，建立陆海接力、陆海联动的种质创制、健康养殖、友好捕捞和综合利用新模式，合理开发利用渔业资源，坚持“三产融合”，突破不同阶段的发展瓶颈，打通“三产”间的技术阻碍，实现全产业链的整体发展，加快推进发展方式由数量增长型向质量效益型转变。坚持“四化同步”，推动信息化、工业化在渔业装备、养殖设施、精准捕捞等方面的应用，着力提高渔业设施装备水平、项目组织化程度和整体管理水平，不断提高渔业综合生产能力、抗风险能力，提升渔业产业的国际竞争力，实现工业化、信息化、城镇化、农业现代化在渔业产业发展中的有机融合^[20]。坚持“创新跨越”，充分利用好市场配置资源的基础性作用，实施现代渔业科技创新多元化投入机制，实现“产学研”协同创新与发展，抢占渔业高技术战略制高点，进一步发挥我国现代渔业科技和产业的国际引领作用，积极参与国际海洋渔业资源竞争，实现渔业产业全面跨越式发展^[20]。

3 可行性分析

3.1 国际渔业科技发展现状及趋势

美国、日本等现代渔业科技发达国家高度重视渔业资源保护、养护与持续利用，海洋牧场建设卓有成效，渔业装备基本实现自动化和智能化，重要养殖种类普遍实现良种化和集约

化，水产品加工已经实现标准化和高值化^[21]。近年来，世界各国纷纷开展重要水产经济生物基因组学研究，美国等率先在对虾、牡蛎、大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)、斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)等水产经济生物分子选育研究方面取得进展，筛选到一批与发育、生殖及免疫相关的功能基因。建立了多种水产动物病毒、细菌等病原的快速检测方法，实现了多种疫苗的商品化应用。发达国家十分重视养殖设施装备研发，并建立了相应的技术标准与规范，提高了养殖生产效率。水生生物资源养护技术是目前国际生态学研究的前沿和热点领域之一，国际上高度重视生态效益与环境效益，开展了栖息地保护与修复、增殖放流等。发达国家的水产品加工自动化处理机械和小包装制成品加工设备研发发展迅速，十分重视加工副产物的高值化利用和食品安全检测方法的标准化，与此同时，生物工程、膜组合分离、微胶囊、非热杀菌、无菌包装、真空冷冻干燥、超微粉碎等高新技术的应用，促进了水产品精深加工水平不断提升。

3.2 我国渔业科技发展现状及趋势

近40年来，我国渔业科技领域实现了快速发展，总体上已达到世界先进水平，部分研究方向已达到国际领先水平^[1]。随着我国现代化海洋牧场、海岸带生态农牧场、智慧渔场等建设理念不断深化与完善^[22-24]，渔业发展取得一系列成果。目前，我国已经建成了国际先进的科技创新和应用示范平台，培养了与国际接轨的创新团队，突破了藻、贝、鱼、参、虾(蟹)等多物种人工养殖原理与技术，建立了较为系统的水产养殖技术、装备和生产体系，并高度重视水域生态环境与水生生物资源养护^[1]。我国近海捕捞实现了零增长，远洋捕捞作业渔场遍及40个国家和大洋公海乃至南极海域，水产品加工实现了规模化生产，“基础研究-种质种苗-养殖模式-资源管理-精深加工”的全链条现代渔业发展模式已初步建立，水产品产量连年保持稳定增长且居世界首位，为保障粮食安全和满足城乡居民水产品需求做出了巨大的贡献^[1]。

3.3 我国渔业科技发展优劣势分析

近20年来，我国系统开展了鱼、虾(蟹)、

贝、藻、参的组学研究,系统建立了杂交、诱变、多倍体和复合性状人工选择育种等技术,培育出201个水产生物新品种,是世界上培育水产养殖新品种最多的国家,在水产生物育种技术方面处于领跑地位。我国拥有世界最大规模的水产养殖业,在养殖装备、病害防控和饲料制备等方面特色明显,建立了流域、陆基、浅海、湖泊等增养殖新技术和新模式,研发了疫病快速诊断与综合防控技术,处于并跑向领跑发展阶段。我国高度重视水生生物资源养护与持续利用,建立了较为系统的技术、装备和生产体系,研制了捕捞作业成套装备,优化了渔业资源养护技术,建立了水产品生产追溯与食品安全保障体系,开发出一批海洋药物、医用材料和农用制品,但资源管理、捕捞和高值化利用技术的信息化和精准化亟待加强,处于跟跑向并跑转变的阶段。我国高度重视渔业与环境保护协调发展,开展增养殖水域生物生产力分布和变化特征调查,综合调查我国增养殖水域生物生产力,但在构建我国增养殖生产数据信息库、系统评估水域的生物承载力等方面缺乏实质性的突破,总体处于跟跑阶段。亟待实施科学评估养殖水域生产力和承载力,优化和调整产业结构,减少对环境资源的过度开发与利用。

我国渔业科技知识产权国际化亟待加强。世界主要国家的专利现状分析表明,“滩涂高效利用”、“重要渔业资源养护与环境修复”等方面成为技术研发的热点,成果产出也较多。美、日、欧等国家和地区在渔业相关研究方面起步较早,专利申请数量趋势相对稳定,体现了技术的成熟性。目前我国专利技术重点在浅海增养殖设施与技术、节能环保型循环水养殖工程技术、池塘高效清洁养殖技术、生物遗传选育技术等方面。通过对德温特数据库的初步检索,以海洋渔业为例,近25年来,全球关于海洋渔业技术的三方专利约1 200项,其中同时在我国提出专利申请并公开的约800项,但是由我国机构和个人提出申请的非常少。从拥有三方专利的数量上看,我国与美、日、欧等国家和地区之间存在较大差距,表明我国的科技创新能力和水平仍有待进一步提高,尤其是在国际上拥有自主知识产权的创新方面,在逐年加大研发投入的同时,必须注重提高研发的质量,

增强技术发明的原创性。

3.4 亟待实现第三次产业飞跃

我国渔业发展的理论基础亟待夯实,技术瓶颈亟待突破,如水产生物良种技术体系尚不能支撑产业发展需求、生境修复和资源养护工程化水平不高、养殖模式粗放且结构布局不合理、水产品精深加工和高值化水平低、远洋高效捕捞技术亟待突破等问题,严重制约了产业健康发展^[25]。一方面,在水产生物种质创制、健康养殖、资源养护、流通加工等方面基础理论相对薄弱,虽然目前我国水产养殖结构相对稳定,且种类多样性丰富、生态效率高、生物产出多,但在水产动物营养代谢调控与免疫机制、养殖生物种质资源利用的遗传基础、水产品营养品质保持机制与功能解析、重要养殖生物与环境互作机理、渔业水域环境退化与生物资源补充机制等重大科学问题上仍存在不足,当前应聚焦此类重大科学问题,实现新认知和原理突破,为蓝色粮仓建设提供理论支撑^[26]。另一方面,在生殖操作、精准养殖、生境修复、资源探测和精深加工等方面的技术基础十分薄弱,必须聚焦种质创制、健康养殖、资源养护、友好捕捞、流通加工等产业需求和重大技术瓶颈,创建(制)新设施、新技术、新模式和新制品,为蓝色粮仓建设提供技术与装备支撑。鉴于此,必须围绕产业发展需求,按照科技创新链要求,从基础研究、重大共性关键技术、典型应用示范层面系统部署蓝色粮仓建设工作,实现工程化、机械化、智能化、信息化,完成第三次产业飞跃,引领和支撑我国现代渔业产业的持续健康发展^[1]。

4 发展目标

4.1 实现产业大国向强国的跨越

坚持创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,以优化优质蛋白食物产品产业结构、合理开发和综合利用海、淡水资源及建设“生态优先、陆海统筹、三产融合、四化同步”的蓝色粮仓为目标^[1],围绕水产生物种质创制、健康养殖、资源养护、友好捕捞、绿色加工等产业关键环节,聚焦淡水渔业的提质增效和转型升级,以绿色生态养殖为着力点,突破水体环境

控制、产品质量安全等瓶颈制约，实现从增量到提质的转变；强化海洋渔业的装备能力提升和产业空间拓展，近海以引领现代化海洋牧场发展为主线，深远海以提升智能装备技术水平为突破点，远洋以提高精准捕捞和一体化加工能力为抓手，推动海洋渔业产业迈上新台阶，增加优质蛋白有效供给。构建智慧养殖、智能捕捞和绿色加工等新生产体系，培育和集聚蓝色粮仓创新、创业核心团队，创建现代渔业科技研究与示范平台^[1]，培育具有国际竞争力的支柱产业，形成三产融合、链条完整的产业集群和技术标准体系，在“一带一路”沿线国家示范推广，为解决人类优质蛋白高效供给贡献“中国智慧”、提供“中国方案”，实现我国渔业科技由并跑向领跑的跨越。

4.2 提升科技创新和产业拓展能力

提升现代渔业原始创新能力，实现对健康养殖、资源养护、绿色加工等基础科学问题的新认知，原创支撑新型渔业生产体系的系统构建。预期在5年左右，提升主导水产种质创制能力，建立种质创制与发掘技术平台和体系，良种增产贡献率达到35%，主要良种覆盖率达到65%以上。提升养殖捕捞装备研发能力，研制养殖、捕捞自动化设施与装备，养殖轻简化效率提高30%；单船捕捞作业效率提高30%，单位渔获物能耗降低10%。提升生态养殖精准管理能力，建立安全、高效、生态增养殖技术体系，重大疫病发生率降低20%。提升渔业资源高效养护能力，构建渔业资源与环境评价模型，评估典型水域承载力，技术支撑50%以上的国家现代化海洋生态牧场建设。提升水产食品绿色加工能力，建立水产品标准化加工与食品安全保障技术体系，研制绿色加工重大装备，开发水产方便食品或营养功能食品，主导水产品加工利用率达到50%。提升龙头企业的国际竞争能力，实现关键技术的创新集成，在“一带一路”沿线国家得以推广应用。

5 实施途径

5.1 聚焦重大需求，构建科技创新链条

蓝色粮仓建设必须强化全链条创新设计，突出一体化组织实施。聚焦产业需求、重大科

学问题和重大关键技术瓶颈，针对种质创制、健康养殖、资源养护、友好捕捞、流通加工等五大产业需求^[1]，实施良种引领、技术升级、空间拓展、产业示范等四大行动。拓展现代渔业发展空间与产业布局，实现集约化精准养殖场、滩涂生态农牧场、浅海生态牧场和离岸深水智慧渔场的四场联动与融合发展。坚持理念、设备、技术和管理的现代化，坚持原创驱动、技术先导和工程实施，构建智慧养殖、智能捕捞、绿色加工等三大体系，满足优质蛋白高效供给和产业转型升级兴业两大需求、建设中国特色的蓝色粮仓。

5.2 坚持原创驱动，突破重大科学问题

目前，我国水产基础研究依然薄弱，诸多重大关键科学问题亟待解决。在种质创制方面，生长与品质、性别与发育、抗病与抗逆遗传基础与调控机制亟待深度解析；在健康养殖方面，营养需求与代谢调控、疫病发生与免疫机制、生物与环境互作机制亟待细化阐明；在资源养护方面，生境退化与生物多样性演变、食物网结构与补充机制亟待深化认知；在流通加工方面，品质保持与调控机制、结构表征与功能解析亟待系统揭示。以蓝色粮仓建设原理创新为目标，系统开展基础研究，为种质创制、健康养殖、资源养护、友好捕捞、流通加工提供理论和数据支撑^[1]。

5.3 强化技术先导，支撑产业健康发展

蓝色粮仓建设必须强化产业空间布局特色，提升产品品质和装备技术水平。在陆基养殖水域突出绿色生态养殖，聚焦养殖产品品质，重点优化养殖水体环境，保障水产品质量安全，建成一批现代化精准养殖场；在河口、滩涂区域，重点开展大型藻(草)类和埋栖性贝类种养殖，实现环境的健康发展和产品的清洁生产，建成一批大型滩涂生态农牧场；在近海海域，突出生态化和自动化，重点开展生态修复和资源养护，引领现代化海洋牧场发展；在深远海海域，突出养殖机械化和智能化，强化大型养殖装备和工作平台的建设，引领我国智慧渔场的健康发展；在远洋捕捞方面，突出工程化和信息化，强化精准捕捞和船载加工一体化设施与成套装备；在流通加工方面，突出高值

化与高质化, 聚焦新产品开发, 强化流通与加工装备, 建立产品质量追溯技术体系。同时, 集成共性关键技术, 开展池塘绿色高效养殖与综合利用、典型湖泊水域净水渔业、盐碱水域绿洲渔业、南海智能化养殖与综合利用、东海渔业资源增养殖与高值利用、黄渤海生态渔业三产融合发展、远洋渔业新资源开发与综合利用等集成示范^[1], 实现成果转移转化, 引领和支撑我国陆海统筹、生态安全、品质优良的区域性蓝色粮仓建设。

综上所述, 经过5~10年的原始创新与技术突破, 预期在分子育种、智能化装备、生化工程加工技术、鱼类疫苗开发与应用技术等方面, 形成系列重大突破性技术; 在创建池塘绿色养殖和渔农综合种养新模式、引领支撑现代化海洋牧场三产融合新业态、建设深远海大型智能化养殖新装备等方面^[1], 获得一批标志性成果。实施研究成果的集成创新与示范应用, 将有力促进我国渔业科技从并跑到领跑的转变, 产业从大国到强国的跨越, 也将为解决人类优质蛋白高效供给贡献“中国智慧”、提供“中国方案”。

参考文献:

- [1] 杨红生, 邢丽丽, 张立斌. 现代渔业创新发展亟待链条设计与原创驱动[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(12): 1339-1346.
Yang H S, Xing L L, Zhang L B. Promoting systematic design and innovation-driven development for modern fishery[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2016, 31(12): 1339-1346(in Chinese).
- [2] 曾呈奎. 走农牧化道路为主导的水产生产发展我国的蓝色农业[J]. 科学与管理, 2000, 20(4): 11-13.
Zeng C K. The blue agriculture of our country develops aquaculture production that takes agro-pastoral road as dominant[J]. Science and Management, 2000, 20(4): 11-13(in Chinese).
- [3] 张福绥. 21世纪我国的蓝色农业[J]. 中国工程科学, 2000, 2(12): 21-28.
Zhang F S. Blue agriculture of China in 21st century[J]. Engineering Science, 2000, 2(12): 21-28(in Chinese).
- [4] 韩立民, 李大海. "蓝色粮仓": 国家粮食安全的战略保障[J]. 农业经济问题, 2015(1): 24-29.
Han L M, Li D H. Blue food system: guarantee of China's food security[J]. Problems of Agricultural Economy, 2015(1): 24-29(in Chinese).
- [5] 杨红生. 试论我国"蓝色农业"的第二次飞跃[J]. 世界科技研究与发展, 1999, 21(4): 77-80.
Yang H S. Second leap in "blue agriculture" development[J]. World Science-Technology R & D, 1999, 21(4): 77-80(in Chinese).
- [6] 兰圣伟. 深耕"蓝色土地"建设"蓝色粮仓"-访中国海洋大学海洋发展研究院副院长韩立民[N]. 中国海洋报, 2014-7-30(511期, A3版).
Lan S W. Deep ploughing "blue land", constructing "blue granary"-interviewing Vice director Limin Han from Ocean University of China[N]. China Ocean News, 2014-7-30(511, A3)(in Chinese).
- [7] 卢昆. 蓝色粮仓概念重构及其建设模式选择研究[J]. 东岳论丛, 2017(6): 117-122.
Lu K. Study on the conceptual reconstruction of blue granary and its construction mode selection[J]. Dongyue Tribune, 2017(6): 117-122(in Chinese).
- [8] 卢昆, 周娟枝, 刘晓宁. 蓝色粮仓的概念特征及其演化趋势[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2012(2): 35-39.
Lu K, Zhou J Z, Liu X Y. Study on the characteristics of blue granary and its evolution trend[J]. Journal of Ocean University of China (Social Sciences Edition), 2012(2): 35-39(in Chinese).
- [9] 成升魁, 李云云, 刘晓洁, 等. 关于新时代我国粮食安全观的思考[J]. 自然资源学报, 2018, 33(6): 911-926.
Cheng S K, Li Y Y, Liu X J, et al. Thoughts on food security in China in the new period[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 911-926(in Chinese).
- [10] 张兰婷, 王波, 秦宏. 论我国"蓝色粮仓"发展模式的构建[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2018(5): 36-44.
Zhang L T, Wang B, Qin H. On the construction of development mode of blue granary in China[J]. Journal of Shandong University (philosophy and social sciences), 2018(5): 36-44(in Chinese).
- [11] 成升魁, 徐增让, 谢高地, 等. 中国粮食安全百年变化历程[J]. 农学学报, 2018(1): 186-192.
Cheng S K, Xu Z R, Xie G D, et al. The History of China's Food Security in the Past Hundreds Years[J]. Journal of Agriculture, 2018(1): 186-192(in Chinese).
- [12] 刘阳光, 徐麟辉. 渔业对粮食安全的作用及对策[J]. 中国渔业经济研究, 1998(3): 21-22.

- Liu Y G, Xu Q H. The function of fishery to food security and countermeasure[J]. *Chinese Fisheries Economy Research*, 1998(3): 21-22(in Chinese).
- [13] 张珊. 湖南现代渔业发展研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- Zhang S. Research on the development of modern fishery industry in Hunan[D]. Changsha: Hunan agricultural university, 2013(in Chinese).
- [14] 张合成. 建设生态文明水产业的作用不可替代[J]. *中国水产*, 2008(6): 17-20.
- Zhang H C. The role of aquaculture is irreplaceable when Building ecological civilization[J]. *China Fisheries*, 2008(6): 17-20(in Chinese).
- [15] Agardy, T. Effects of fisheries on marine ecosystems: a conservationist's perspective[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2000, 57(3): 761-765.
- [16] Wilson K D, Leung A W, Kennish R. Restoration of Hong Kong fisheries through deployment of artificial reefs in marine protected areas[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2002, 59(suppl): S157-S163.
- [17] Greenville J, MacAulay T G. Protected areas in fisheries: a two - patch, two - species model[J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2006, 50(2): 207-226.
- [18] 海洋农业产业科技创新战略研究组环境保护与资源养护专题组. 发展海洋环境保护与资源养护产业刻不容缓[J]. *中国农村科技*, 2013(11): 64-65.
- Research Group on Scientific and Technological Innovation Strategy of Marine Agricultural Industry. It is urgent to develop Marine environmental protection and resource conservation industries[J]. *China Rural Science & Technology*, 2013(11): 64-65(in Chinese).
- [19] 刘翔, 付娜. 滨海新区城乡一体化进程中农村产业升级的路径选择[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(8): 4934-4937.
- Liu X, Fu N. Path choice on rural industrial upgrading in the process of rural-urban integration in binhai new area[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39(8): 4934-4937(in Chinese).
- [20] 国务院. 国务院关于促进海洋渔业持续健康发展的若干意见[R]. 北京: 国务院, 2013
- State Council. Several opinions of the state council on promoting the sustainable and healthy development of Marine fishery[R]. Beijing: State Council, 2013(in Chinese).
- [21] 王波, 翟璐, 韩立民. 美国、加拿大和日本"蓝色粮仓"发展概况与经验启示[J]. *世界农业*, 2018(2): 28-34.
- Wang B, Zhai L, Han L M. Overview and experience of the development of "blue granary" in the United States, Canada and Japan[J]. *World Agriculture*, 2018(2): 28-34(in Chinese).
- [22] 杨红生, 杨心愿, 林承刚, 等. 着力实现海洋牧场建设的理念, 装备, 技术, 管理现代化[J]. *中国科学院院刊*, 2018, 33(7): 732-738.
- Yang H S, Yang X Y, Lin C G, et al. Strive to realize modernization of concept, equipment, technology, and management of modern marine ranching development[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2018, 33(7): 732-738(in Chinese).
- [23] 杨红生. 海岸带生态农牧场新模式构建设想与途径--以黄河三角洲为例[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(10): 1111-1117.
- Yang H S. Conception and approach on new model of ecological farm and ranch constructions in coastal zone--a case of the yellow river delta, China[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2017, 32(10): 1111-1117(in Chinese).
- [24] 杨红生. 我国海洋牧场建设回顾与展望[J]. *水产学报*, 2016, 40(7): 1133-1140.
- Yang H S. Construction of marine ranching in China: reviews and prospects[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(7): 1133-1140(in Chinese).
- [25] 韩立民. 海洋产业结构与布局的理论和实证研究[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2007.
- Han L M. Theoretical and empirical research on maritime industrial structure and distribution[M]. Qingdao: Ocean University of China Press, 2007(in Chinese).
- [26] 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 of China*, 2016, 23(4): 729-758(in Chinese).

Development ideas and implementation approaches of blue granary scientific and technological innovation in China

YANG Hongsheng^{1,2,3*}

- (1. *Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;*
2. *Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China;*
3. *Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)*

Abstract: The “Blue Granary” is of great significance for safeguarding food security, promoting economic development, culturing emerging industries, highlighting national rights, improving the ecological environment, and breaking through industrial bottlenecks. In the current technological and industrial situation, how to construct the “Blue Granary” effectively has become a hot topic. Here we elaborated the definition, particularity, necessity and feasibility of “Blue Granary” construction in a systematic and deep-going way. We suggested that the construction of “Blue Granary” should help to realize the transformation from a big industrial country to a strong one and to achieve the goal of improving the ability of scientific and technological innovation. What’s more, the implementation approaches have been proposed from the following aspects: focusing on major needs, constructing the value chain of scientific and technological advances; adhering to the original drive, making breakthrough at important scientific issues; strengthening integrated demonstration, supporting the healthy and sustainable development of the industry. Specifically, we should commit to the general principle of ensuring ecological priority and coordination of land and sea integrated development plans in accordance with the requirements of basic research, major common key technologies, and typical application demonstrations of the entire chain. Then, we continued to take four major measures including seed breeding drive, technology upgradation, space expansion, and industrial demonstration, in order to meet the industrial demands, namely germplasm creation, healthy aquaculture, resources conservation, friendly fishing, and circulation processing. In the meanwhile, we need to build three systems of smart farming, intelligent fishing and green processing, and to accomplish two goals of high-quality protein supply and industrial transformation and upgrading, all of which eventually will make contributions to construct a blue granary with Chinese characteristics.

Key words: blue granary; priority for ecology; land and sea integrated development plans; novel fishery production system

Corresponding author: YANG Hongsheng. E-mail: hshyang@qdio.ac.cn

Funding projects: Key Research Program of the Chinese Academy of Sciences (KFZD-SW-106); Taishan Scholars Program (Distinguished Taishan Scholars); Innovation Cross-team for Modern Marine Ranching Construction Principle and Engineering Technology of Chinese Academy of Sciences