



· 综述 ·

## 中国深蓝渔业发展现状与未来愿景

刘永新<sup>1</sup>, 刘 晃<sup>2</sup>, 方 辉<sup>3</sup>, 徐 皓<sup>2</sup>, 王鲁民<sup>3</sup>, 刘英杰<sup>1\*</sup>

(1. 中国水产科学研究院, 北京 100141;

2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;

3. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:** 深蓝渔业是“养-捕-加”一体化、“海-岛-陆”相联动的全产业链渔业生产体系, 是实现“以养为主、三产融合”的战略新兴新兴产业, 也是我国现代海洋渔业转型升级的重要方式和有机载体。其生产体系覆盖我国黄渤海、东海、南海的近海和远海以及大洋极地等海洋空间, 将“种-养-捕-加-网”等不同关键环节结合成为一个有机整体, 是“蓝色粮仓”的拓展与延伸, 对于保障优质蛋白供给、拓展养殖新空间、支撑蓝色经济增长和坚守国家海洋权益等具有重要作用。近年来, 伴随着科技工作日益加强与产业化实践不断深入, 深蓝渔业发展面临的机遇与挑战逐步涌现。本文综合分析了发展深蓝渔业战略意义, 阐述了其蕴含的主要生产功能, 总结了制约发展的突出问题, 在针对发展目标的基础上提出了开展深蓝生物遗传资源解析、打造工业化绿色生产模式、高品质捕捞大洋极地资源、研发海陆联动加工技术与装备、构建渔业船联网系统等重点科技任务, 凝练了实施科技能力提升工程、出台产业发展扶持政策、打造多元人才聚集高地、建立产业创新示范园区等措施建议, 旨在为促进深蓝渔业科技进步和推动产业迭代升级提供借鉴与参考。

**关键词:** 深蓝渔业; 发展现状; 生产体系; 新兴产业

**中图分类号:** S 937

**文献标志码:** A

深蓝渔业的内涵是面向深远海、大洋和极地水域, 开展海洋生物资源开发、工业化绿色养殖建设, 构建“捕-养-加”一体化、“海-岛-陆”相联动的全产业链渔业生产新体系, 是实现渔业三产融合的战略新兴新兴产业<sup>[1]</sup>。依赖广袤的海洋环境与气候条件, 推进深蓝渔业发展, 能够构建现代海洋渔业和海洋生物产业的新模式<sup>[2]</sup>, 提供渔业转型升级和旧动能转换的新动力, 引领世界渔业变革和海洋资源利用的新途径。深蓝渔业三大组

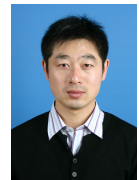
成部分包括深远海工业化养殖、大洋极地新资源开发和海上物流信息枢纽建设。通过三部分的整体设计和有机衔接, 能够形成集养殖、捕捞、加工、流通于一体的综合生产体系, 构建替代内陆近海渔业的“深蓝粮仓”, 对于保障水产优质蛋白供应、推动海洋产业转型升级、维护国家海洋权益和建设海洋强国具有重要而深远的意义<sup>[3-4]</sup>。本文旨在分析发展深蓝渔业战略意义、明晰深蓝渔业生产功能、分析深蓝渔业存在问题、提出深

收稿日期: 2021-05-24 修回日期: 2021-09-23

资助项目: 山东省支持青岛海洋科学与技术试点国家实验室重大科技专项(2018SDKJ0301); 中国水产科学研究院基本科研业务费专项(2019B001)

第一作者: 刘永新(照片), 从事渔业科研管理研究, E-mail: liuyx@cafs.ac.cn

通信作者: 刘英杰, 从事水产遗传育种、健康养殖、科技管理与国际合作研究, E-mail: lyj@cafs.ac.cn



蓝渔业科技任务、探索深蓝渔业创新机制等,以期为我国深蓝渔业的健康有序发展提供参考。

## 1 深蓝渔业战略意义

植根于深远海的深蓝渔业以规模化生产优质水产品为特色,集成养殖、捕捞、物流等船舶构建航母船队,在深远海海域开展渔业生产,是现代渔业产业转方式调结构的优先选项。构建以规模化高效生产为内涵的深蓝渔业生产体系,将极大推动我国水产养殖空间拓展和生产方式转变,提升我国深远海水域及渔业资源的利用能力,是以工业方式发展现代渔业的有效途径。

### 1.1 供给水产优质蛋白,满足世界人口增长的重要保障

2015年,联合国《2030年可持续发展议程》指出,2050年将达到90多亿人口,满足人类对食用水产品不断增长的需求将是一项紧迫任务,同时也是一项艰巨挑战<sup>[5]</sup>。FAO统计,全球32亿人口摄入的20%动物源性蛋白来自于水产品,世界人均鱼类食品消费量不断增加,由1961年的9.0 kg增至2015年的20.2 kg,年均增长约1.5%,2016年和2017年人均消费量进一步提高,分别达到20.3 kg和20.5 kg<sup>[6]</sup>。2020年,我国水产品产量6545万t,是猪肉产量的1.6倍(4113万t),禽蛋产量的2.8倍(2361万t)<sup>[7]</sup>。伴随着需求总量的不断上升,水产品已经成为人类食物来源的重要组成部分,在保障国民健康生活中的作用日益凸显。然而,目前内陆水域资源和近海养殖可利用面积日益紧张,亟需向深远海扩展养殖新空间,全力打造深蓝渔业新生产体系,满足水产优质蛋白的增长需求和持续供给<sup>[8-9]</sup>。

### 1.2 实施结构性改革,构建可持续生产方式的现实需求

当前,世界渔业发展方式正在由传统型向新型工业化转变,发展可持续的捕捞渔业和水产养殖业已经成为现代渔业发展的主旋律。自从2014年世界水产养殖产量超越捕捞产量开始,工业化便是优质水产动物蛋白生产的基本途径。中国是世界水产养殖大国,养殖产量占世界水产养殖总量的60%以上<sup>[6]</sup>。我国70%的水产品生产,以内陆鱼、虾和蟹类池塘养殖,及近海的贝、藻类养殖为主要来源<sup>[10-11]</sup>。但是,国内水产养殖方式仍然较为粗放,养殖过程占用自然资源多,产品品

质受环境水质影响大,养殖排放物影响水域环境,从而导致水产养殖病害频发,品质安全与生态环境等问题不断,引发社会关注<sup>[12-14]</sup>。因此,推进水产养殖供给侧结构性改革已经迫在眉睫。发展深蓝渔业,向深远海和大洋极地水域拓展新空间,构建优质水产动物蛋白高效生产方式,将是现代渔业调结构、转方式的重要途径。深蓝渔业是以发展绿色养殖为主体的综合生产体系,生产作业海域定位于水质条件优良的深远海区域,能够减少因过度捕捞造成海洋荒漠化,遏制海洋资源衰退,对于维护海洋生态系统平衡,促进海洋生态文明建设,推动海洋开发方式向循环利用型转变具有现实意义。

### 1.3 保障世界粮食安全,建设蓝色增长经济带的主要依托

深蓝渔业发展空间定位于深海大洋,利用广袤的海洋水域与丰富的低等生物资源,生产高效渔用饲料。以定置式深远海大型养殖设施、游弋式养殖工船和浮式海上生产平台为基础,开展绿色鱼类产品规模化养殖;形成以工业化水产养殖技术和全产业链生产技术为核心,以全球化物流、信息通道为保障的生产体系,构建“养-捕-加”一体化、“海-岛-陆”相连接的陆海联通型优质水产品综合生产新模式<sup>[1]</sup>;既可以充分挖掘海洋在食物供给方面的资源优势,又能够促进一二三产业融合,提升价值链,延长产业链,有力推进海洋经济成为拉动中国国民经济发展的有力引擎。通过在我国远海及全球海洋沿岸经济区的系统布局,将形成优质水产动物蛋白蓝色增长的新兴产业带,推动相关国家经济发展、提供就业机会,铸就保障世界粮食安全和人类社会发展的永续产业。

### 1.4 维护国家海洋权益,支撑海洋强国建设的基础性产业

推动海洋产业经济发展是建设海洋强国的根本所在,渔业是海洋产业的重要组成部分。2020年,我国海洋渔业(增加值4712亿元)在海洋产业(增加值29641亿元)中占比为15.9%,仅次于滨海旅游业(增加值13924亿元),位列海洋十二大产业之首<sup>[15]</sup>。近年来,我国与周边国家领海争端形势严峻,围绕资源争夺、岛礁主权、海域划界和通道安全的争端态势进一步加剧,维护海洋权益的形势出现了新变化。在宏观环境背景下,将深蓝渔业作为海洋产业新的增长点,将深远海

“定居”和“游弋”式渔业生产相结合,形成驻守边远海疆的深蓝渔业生产模式,可以强化渔权、体现海权,实现“屯渔戍边”。基于遍布全球海洋的深蓝渔业生产平台,可以构建感知海洋、认知海洋的观察体系与信息网络。通过构建覆盖全产业链的深蓝渔业新型生产模式,可以充分挖掘海洋保障优质蛋白供给的优势,提高海洋生物资源利用能力,促进一二三产业深度融合,延长产业链、提升价值链,促进蓝色经济增长,成为拉动中国国民经济发展的核心引擎。深蓝渔业未来的经济发展规模,将会催生海上工业化城市的诞生和海洋经济在社会经济中的主体地位,开启人类进驻“蓝色新大陆”的新篇章。

## 2 深蓝渔业生产功能

深蓝渔业是以深远海工业化养殖为主体、大洋极地水域低值大宗生物资源开发为支持、海上物流通道与信息网络为保障的新型渔业生产模式(图1)。

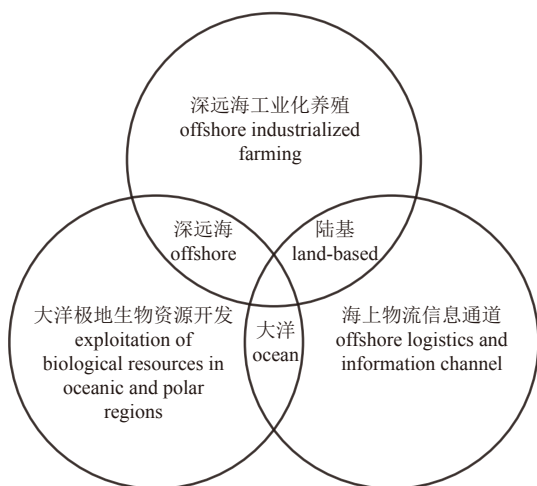


图1 深蓝渔业产业模式

Fig. 1 Industrial pattern of deep blue fishery

### 2.1 深远海工业化养殖

依据全球海洋养殖生物生产潜力评估结果,有1140万 $\text{km}^2$ 水域适合开展鱼类养殖,发展空间广袤<sup>[16]</sup>。深蓝渔业以远离陆源性污染、水质优良、环境容纳量巨大的深远海水域为拓展空间,以游弋式和定制式养殖工程装备为生产平台,在陆海联动产业链的支持下,开展规模化、工业化养殖生产<sup>[17]</sup>。养殖工程装备是开展深远海养殖的重要依托和有效载体<sup>[18-19]</sup>,其主要形式包括大型养殖

工船和深海养殖设施。养殖工船也称为海上大型浮式养殖加工船(floating production aquaculture and processing, FPAP),其排水量在8~10万t以上,产能3000~5000t以上,具有续航力和自持力,可游弋于适宜的养殖水域,以获取适宜养殖水温、减少养殖排放对环境的影响、躲避超强风暴的正面侵袭,并通过捕捞渔船提供支持,构成“航母船队”。船载舱养系统具有智能化投喂、机械化作业和环境控制功能,养殖密度保持在 $25\sim 30\text{ kg/m}^3$ ,以实现集约化、序批式高效养殖;分层取水装置可在不同的水层抽取适宜温度和盐度的养殖用水,以调控养殖环境<sup>[20]</sup>。近年来,世界各国对养殖工船展开了系列设计与优化,如西班牙金枪鱼离岸养殖工船<sup>[21]</sup>、荷兰的大西洋鲑(*Salmon salar*)养殖工船<sup>[22]</sup>、土耳其的虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)养殖工船、挪威与中集来福士共同开发建造的新一代“Havfarm”系列工船。我国在养殖工船设计与研发方面开展了系列探索,完成了10万t、20万t和30万t级移动式养殖平台整体设计,3000t级“鲁岚渔养61699”号养殖工船正式启航,全球首艘10万t级智慧渔业大型养殖工船中间试验船——“国信101”号交付运行,开始了海上养鱼的科研应用试验。

深海养殖设施为定位于特定海域、岛礁的大型深水养殖网箱和围栏设施,能抵御恶劣海况如风暴潮的影响。大型深水网箱可设置于30~50m水深的开放性水域,单体养殖容量 $5\sim 30\text{ 万 m}^3$ ,最大养鱼量1000~6000t,开展集约化养殖;大型围栏设置在岛礁间10~20m水深的水域,单体面积在 $2\sim 5\text{ hm}^2$ 左右,最大养鱼量2000~5000t,开展适养品种高品质生态化养殖<sup>[23-25]</sup>。目前,深海养殖设施研发呈现多元化,可升潜式网箱、箱梁框式养殖平台、半潜式深海渔场、远海岛礁海域座底式围栏、远海岛礁浮式网箱和单点旋转潜式巨笼均是不同形式养殖设施的探索与应用<sup>[26-27]</sup>。深海渔场、智能渔场<sup>[28]</sup>、海洋渔场1号<sup>[29]</sup>等实体形式均已建成并投入养殖生产实践,推动了我国海水养殖由近岸浅海迈向离岸深远海。

### 2.2 大洋极地水域低值大宗生物资源开发

规模化鱼类养殖产业需要营养物质生产体系的支持,深海生物资源开发和高效饲料生产是与深远海工业化养殖协同发展的新产业。在深海生物资源开发方面,分布于全球海洋的小型大宗生

物资源是养殖业动物饲料蛋白的主要来源, 所形成的鱼粉、鱼油产品也是水产养殖最具营养、最易消化的饲料成分。通过把握全球性深海生物资源规律, 实施负责任捕捞机制, 能够形成全球性捕捞渔业新产业。利用大洋性拖网加工渔船, 捕捞的鳀鱼和沙丁鱼已经成为鱼粉工业的主要原料<sup>[30-33]</sup>; 利用南极磷虾 (*Euphausia superba*) 捕捞加工渔船, 探捕储量丰富的南极磷虾资源具有巨大的开发潜力<sup>[34-40]</sup>; 利用远海中上层小型鱼类捕捞船, 获取的中上层小型鱼类和头足类资源是尚未开发的动物蛋白饲料资源库<sup>[41-48]</sup>。

在高效水产动物饲料生产方面, 基于养殖动物不同生长阶段与生理要求, 利用动植物蛋白和谷物原料配制生产配合饲料, 是利用低等级动植物资源生产高等级养殖动物的工业化手段。发展深蓝渔业的海上规模化养殖, 需要针对适养品种的生理生长要求, 开发高转化、低排放的全价配合饲料, 以高效利用海洋低值大宗渔业资源。深蓝渔业饲料生产体系包括与捕捞船队对应的鱼粉加工船和海上饲料加工平台。海上鱼粉加工船排水量在 1~2 万 t, 单船鱼粉生产能力 5 万 t 以上, 随捕捞作业船队游弋于渔场之间, 可以形成产业化的生产船队。例如, 我国第一艘自主研发的海上鱼粉综合加工母船“钓鱼岛 1 号”正式下水并投入使用, 年可加工低值小杂鱼 55 万 t, 生产鱼粉 5.5 万 t<sup>[49]</sup>。海上饲料加工依托远海岛礁平台和大型浮式海上平台, 单体配合饲料生产能力 5~10 万 t, 布局于深蓝渔业主要养殖海区, 利用海洋绿色能源开展工业化生产, 形成规模化渔用配合饲料产业。

### 2.3 海上物流通道与信息网络保障

物流通道与信息网络是面向全球海洋深蓝渔业的动脉和神经, 由物流船队、渔业船联网和海洋环境预报系统等构成。物流船队对应深蓝渔业深远海养殖、大洋极地捕捞及海上加工的产业布局, 物流船队串联各生产单元, 将人员、物质和产品安全送达, 形成海陆联动的海上物流大通道和陆上物资与产品配送体系。物流船队主要包括养殖鱼产品活鱼运输船、加工渔获物冷链运输船, 以及运输物资、装备和补给的散货运输船, 船队规模一般达 100~200 艘, 总质量 500 万 t 以上。

渔业船联网以渔船与生产平台所涉及的环境、生产、生物、航行、设备和渔港等渔业信息为基础, 融合现代通信与网络技术, 进行船与海、空、

天、地等的智能信息交换、共享, 实现养殖系统、渔业船舶和物流系统智能化控制与信息化管理, 以及优质水产品的可追溯体系, 整体提升深蓝渔业的生产效率与产品价值<sup>[50-51]</sup>。海洋环境预报系统, 作为全球性海洋环境预报的组成部分, 利用渔船联网等信息化系统, 建立深蓝渔业海洋环境预报中心, 用于开展与养殖水域有关的洋流预报、与深海生物资源分布及变化规律有关的海洋信息、与渔业船舶及设施生产安全有关的灾害性海况预测、预报与预警<sup>[52-53]</sup>。

## 3 深蓝渔业存在的问题

围绕深蓝渔业核心装备研发和关键技术研究, 我国相关科研单位与企业联合开展了科技攻关与产业化布局, 不断推进深蓝渔业产业化进程, 但仍存在一系列亟需解决的突出问题。

### 3.1 资源开发利用效率不高

我国虽然拥有 300 万 km<sup>2</sup> 的蓝色国土, 但长期关注不够。对于深蓝渔业生物资源的开发利用, 在相当长的历史时期内处于停滞状态。近 20 年来, 国家不断加大深蓝生物资源开发的科技投入和政策支持, 推动了我国深蓝渔业生物相关技术迅速发展。但总体而言, 我国深蓝生物资源开发利用效率依然不高, 存在明显的缺陷和短板。突出表现为: ①借用技术多, 核心技术少。已有技术多为模仿国外或借用陆地生物资源, 来解决深蓝渔业生物资源的特殊问题, 针对深远海渔业特有生物资源的核心技术几乎未有建立。②探索研究多, 系统研究少。在我国深远海养殖动物中, 已经做过探索性研究的不下十余种, 可是没有一种生物像挪威大西洋鲑进行过高水平的系统研究。③集成创新多, 原始创新少。鲜有核心技术是由我国发明, 创造显著经济效益的自主知识产权技术更是少之又少, 关键设备更是基本依靠进口。

### 3.2 总体装备技术水平落后

海上生产系统构建, 设施安全性至关重要。我国现有渔船总体装备技术水平相对落后, 渔船船龄老化现象极其普遍, 80% 以上的渔船船龄超过 10 年, 因渔船老旧造成安全事故频发, 船毁人亡事故时有发生<sup>[54]</sup>。此外, 我国现有捕捞渔船能耗较高, 年消耗柴油超过 800 万 t, 占捕捞成本的 70% 以上, 严重影响了远海渔业的生产效益,

导致我国远海渔业生产规模与国外相比差距较大<sup>[55]</sup>。目前,在拓展养殖海域采用的深水网箱结构多为重力式,依靠配重维持有效养殖体积,多数没有升降功能,难以适应深远海域浪高流急、台风频发的状况,与国际先进技术相比,在装备结构、抗风浪能力、网箱材料和配套设施等方面存在较大差距,难以进行大规模推广应用<sup>[56-58]</sup>。发展深蓝渔业所需的设施海况适应性能、设施在线实时监控、养殖水体交换性能、远海养殖配套装备、灾害天气应对措施等系列硬件设施和养殖操作方面存在的问题成为制约我国深蓝渔业发展的突出瓶颈。

### 3.3 总体生产能力明显不足

由于对深远海渔场与资源状况掌握不足,加之涉外风险大、生产成本低,效益波动大、渔业生产组织化程度低、保护救援难等客观因素困扰,深蓝渔业开发利用方式单一,生产规模较小,生产效益低下,总体渔业生产能力呈较低水平。深蓝渔业养殖系统的设施化、装备化程度是所有养殖方式中要求最高的,需要大量的建设投入,并具有足够的规模。规模化生产必须应用工业化的理念与管理方式,对生产系统的投入品、生产过程以及销售环节进行科学、高效的管理,控制生产系统可能的危害点与产品品质,才能形成稳定、可控的产出,最大程度地发挥系统产能,以提高深蓝渔业的组织化程度,创造不同于传统生产方式的规模经济效益。深蓝渔业产业链条不尽完善,产业链后端的市场营销和加工环节还十分缺乏。深蓝渔业产出的批量化水产品集中上市,没有后端的营销产业链支撑,价格波动将显著影响养殖从业者的收益,从而制约产业健康发展。

### 3.4 科研支撑保障能力较弱

自20世纪90年代后期,我国便开始跟踪国外专业化养鱼工船的研究进展,提出功能建设的重点领域<sup>[18]</sup>;"十二五"期间提出并完成了系统功能设计<sup>[59]</sup>。但是,深蓝渔业整体内容涉及渔业资源、水产养殖、渔业捕捞、水产加工、渔业装备、渔业信息等诸多方面。其中,渔业装备研发能力是建设高水平深蓝渔业的重要支撑和核心要素。由于持续、稳定的科技投入明显不足,特别是渔船及装备研发方面长期缺乏科研项目和资金支持,导致研究机构相继解散、研究人员不断流失、科技创新进程缓慢,科技研发能力不强,原创性成

果不多,高新技术研究滞后,科技成果储备不足。同时,科技向现实生产力转化能力弱,技术成果产业化程度低,阻碍了深蓝渔业的发展水平。

## 4 深蓝渔业发展目标

以建设“绿色、优质、高效、健康、安全”的深蓝海洋渔业为攻关目标,着力打造一批新技术、新装备、新模式和重大产品,形成渔业三产融合的战略战略性新兴产业,建立“深蓝渔业”科技创新发展战略智库,培育和集聚“深蓝渔业”创新、创业核心团队,打造现代海洋渔业科技研究与示范平台,为蓝色国土资源的可持续开发提供强有力的科技支撑。

### 4.1 近期目标

2021—2025年,聚焦研发深远海养殖、远洋捕捞、渔业船联网等关键技术与核心装备,构建以大型养殖工船、深海网箱养殖设施、岛礁围栏养殖工程等为核心的深远海养殖示范平台,形成年产5万t以上以大西洋鲑、石斑鱼、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)为主的优质海水鱼生产能力;突破南极磷虾连续式捕捞加工、南海中上层鱼类资源精准捕捞关键技术,形成50万t海洋低等级动物资源可持续开发能力;构建以岛礁养殖基地、远海养殖平台、远洋捕捞渔船、基地科考船队为基点的“船-星”、“船-船”、“船-岸”全信息深蓝渔业船联网;基本形成可用于全球海洋的深蓝渔业产业技术模式,产业发展技术“领跑”于世界。

### 4.2 中期目标

2025—2035年,打造以游弋式大型养殖工船、定置式深海网箱设施和岛礁围栏养殖工程为核心,陆上养殖基地为配套,构建工业化协同、陆海联动产业模式,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,优质鱼产品生产能力达1000万t以上;以全球海洋中上层渔业资源高效开发为重点,建立高效捕捞、船载加工、海上物流、饲料加工生产体系及海上生产平台,产业规模2000万t以上;形成3000万t海上物流运输能力,全面建成渔业船联网及智慧渔业管理系统,成为感知海洋、促进深蓝渔业发展的基本保障。深蓝渔业生产总值2万亿人民币以上,带动相关产业增加值5万亿人民币以上,形成10万亿人民币以上海洋经济增加值,成为中国社会

主义现代化建设的新方式和保障世界粮食安全的蓝色增长产业。

### 4.3 远期目标

2035—2050年, 建立深远海工业化养殖、大洋极地生物资源有效利用、海上物流信息保障的基础研究与原始创新国际领先技术体系; 实现海洋渔业由“捕”向“养”的根本性转变, 建立领先于世界的新型蓝色农业生产方式, 形成大洋极地渔业资源的捕捞、保鲜和加工一体化的海上生产模式, 显著提高我国海洋水产品现代化精深加工能力与水平, 建立“捕捞渔船-物流渔船-陆上基地”的一体化信息化管理与综合服务平台; 实现我国由深蓝渔业大国向深蓝渔业强国的转变, 使我国在深蓝渔业开发、研究、利用和管理方面处于国际领先地位, 满足发展深蓝渔业的产业现实需求。

## 5 深蓝渔业科技任务

依托世界船舶与渔船工程装备、物联网及信息通讯等现代科技, 突破海洋生物资源开发、优质水产动物养殖的学科问题与技术瓶颈, 以深蓝渔业工程技术体系构建为目标, 通过基础性研究、技术研发与集成示范, 形成支撑产业发展的技术及产业示范模式。

### 5.1 深蓝生物遗传资源解析与综合利用

聚焦近海、深远海、大洋、极地等区域渔业生物遗传资源, 开展重要海洋生物遗传资源解析与评价鉴定; 研究主要养殖对象经济性状遗传基础与形成机制, 阐明主要养殖生物重要经济性状形成的分子机理, 揭示其适宜深远海养殖的遗传机理; 研究主要养殖生物在不同养殖模式下的生理、生态及遗传适应性, 创制重要海洋经济生物新品种, 进行重要海水养殖新对象开发与规模化繁育; 研究深蓝渔业大宗捕捞对象对特殊生境的表型适应特征, 规模化开发优异性状基因资源, 筛选出深蓝生物特殊环境调控基因, 搭建深蓝渔业生物遗传资源数据库和信息共享平台; 研究大宗捕捞对象的种质资源分布规律, 分析其地理种群演化动态格局, 揭示深蓝渔业大宗捕捞对象对深远海、极地等特殊环境的适应演化机制, 阐明物种多样性的起源和维持机制。

### 5.2 工业化绿色生产模式与养殖工厂构建

开展养殖水域生态功能与容纳量评估, 研发深远海适养新对象的大规格苗种规模化繁育技术;

研制水产养殖动物新型营养源开发与饲料, 构建高海况条件下养殖动物饲养标准与动态营养需求, 建立精准营养需求数据库, 开发新型饲料产品; 开展重要水产养殖动物病害高效免疫研究, 研发工业化养殖绿色防控技术, 建立病害精准防控体系; 研发陆基养殖环境工程化构建、自动控制、清洁生产和资源循环利用技术, 建立陆基绿色生产模式与养殖工厂; 研发滩涂生境改良、贝-藻综合增殖等养殖技术, 研制浅海浮筏工程化养殖设施换人机械化作业装备, 建立近海筏式养殖和多营养层级养殖模式; 创建深远海工业化养殖对象生长、品质和生物学习性, 海上集约化养殖与环境适应的优化模式, 研究深远海适养新对象大规格苗种规模化繁育技术, 突破主要养殖对象苗种繁育、成鱼等工业化养殖系统技术, 形成全程养殖工艺与操作规程, 研发全过程智能养殖装备与管控系统, 突破大型船式深远海养殖平台构建技术, 集成深远海养殖工船总体设计, 打造深远海工业化养殖模式与生产体系。

### 5.3 大洋极地资源精准探测与高品质捕捞

研究重要渔场生态环境变化和时空格局特征以及资源量变动趋势, 解析全球重要渔场海域生态格局与资源变化机制, 提出全球大洋生物资源区系划分方法, 查明全球重要渔场生物多样性变动特征; 研究重要渔场海域生态对捕捞活动的响应机制, 构建近海资源环境一体化养护与新型海洋牧场; 研制数字化深海资源侦测装备, 开发目标识别与自动化处理技术, 研制低能耗深海高效鱼群聚捕装备, 进行深海渔场资源评估与定向聚捕; 开展大洋生物资源精准探查技术研究, 研制高效取鱼、自动力渔具、生态拖网、连续吸捕等捕捞装备, 实现大洋生物资源精准探查与高品质捕捞; 研发适合极地海域的渔用浮标、水下机器人等实时监测装备, 实现极地海域渔业资源立体探测与可持续捕捞; 开发全船集成智能一体化控制技术。

### 5.4 海陆联动加工技术与智能装备研发

研究海陆联动加工或流通类型对食品营养组分结构和功能特性的影响机制, 研制海上快速分选、高效预处理、高性能冷却、保鲜冷藏贮运、渔船尾气回收利用等关键技术, 开发船上保鲜保活运输装置、适合船载应用的冷杀菌与冰温保鲜集成的节能型海上装备, 研制船用鱼体切割、鱼虾粉加工等海上实时智能加工设备, 提高船载保

鲜与加工机械化水平,提升产品品质和渔获物价值;研究水产品全链条加工与品质把控技术,开展水产品绿色加工新技术和核心加工设备研制,研发陆基全链加工与全鱼新制品,利用丰富的深蓝渔业生物资源开发新型水产方便食品和营养功能食品,形成以南极磷虾提取磷虾油为代表的保健用产品、低值中层鱼类制作鱼糜及罐头为代表的可食用产品;开展冷链流通过程品质保持技术研究,构建水产品全程冷链物流技术体系,研究冷链物流实时动态监测与质量溯源技术,构建基于物联网技术的质量溯源平台,建立船上或陆基水产品保鲜、质量控制与安全保障技术体系。

### 5.5 渔业船联网系统构建和渔业大数据应用

研究渔业船联网系统关键技术,搭建渔业船联网构架体系和试验网,完成渔业船联网系统构建与立体探测;研究渔业全息感知、船载通信、船载智能处理和智能决策等关键技术,研发智能渔船信息采集、智能网关、渔船用自组网数字电台等核心设备;研制水下声学探测与水面光学-红外-无线多手段探测融合利用关键设备,构建养殖对象特征行为数字化表达模式,阐明鱼类摄食反馈控制特征;研发水产养殖在线观测、设备状态以及生产过程预警等精准生产管控系统,研发水产养殖智能管控设备,实现水产养殖全过程信息感知与智能管控;开展一体化渔业资源信息综合分析等典型渔业大数据应用技术研究,进行渔业大数据分析 with 深度挖掘,完成世界渔图精细化绘制与系统构建。

## 6 深蓝渔业发展建议

深蓝渔业是海水养殖产业的又一次革命性浪潮,是高投入、高风险、高回报兼具的一个新兴产业,需要做好顶层设计和中长期规划,加强政策创新和引导,引入多元化市场主体和资金,促进养殖、捕捞、装备、加工、物流、信息等多学科、多产业协同发展,全面推进深蓝渔业科技和产业有序健康发展。

### 6.1 实施科技能力提升工程,提供发展新动能

加快渔业装备科技自主创新,建立健全渔业装备研究创新体系。针对深蓝渔业发展涉及的资源开发与精深加工、大型养殖平台开发与养殖技术、渔业船联网构建等关键科技瓶颈问题,设立国家重大科技专项,集中优势力量,围绕开发技

术、设施装备、生产系统、保障补给等环节,开展全产业链科技攻关,突破深蓝渔业及其配套装备共性技术和关键技术的研发,研制先进实用、安全可靠、节能减排、生产急需的重大装备,构建典型应用示范模式,形成规模化生产,推动深蓝渔业发展向依靠科技进步、劳动者素质提高和管理创新转变。

### 6.2 出台产业发展扶持政策,打造发展新格局

加强顶层设计,编制深蓝渔业发展规划;协调相关部门,制订养殖海域使用管理制度,保障生产企业合法权益;出台极地渔业和深远海养殖生产、关键装备制造、安全检验检疫等相关扶持政策;设立专项补贴资金,示范推广生产急需的重大装备;引导银行创新金融产品,鼓励社会资本进入,形成多元化的投资格局;完善保险机制,降低生产者经营风险;制订扶持产业化龙头企业发展的综合性政策,启动实施产业化经营跨越发展行动。

### 6.3 打造多元人才聚集高地,构建发展新智库

加大高端领军人才的培养和引进力度,加强工程人才和管理人才培养,支持青年科技人才和创新创业人才发展,形成高素质、多层次、结构合理的科研条件创新团队。完善工程技术人才培养和人才评价体系,鼓励培养实用型工程技术人才,加强继续教育。强化深海大洋资源开发与工程人才培育,支持青年科技人员和创新创业工作者发展;搭建高素质、多层次、结构合理的科技创新团队,建立科学、公正、合理的激励机制。

### 6.4 建立产业创新示范园区,开启发展新模式

坚持先易后难、典型示范、分步推进的原则,充分发挥示范区带头引领作用,积极探索具有区域特色的建设模式;按照“创新引领、成果孵化、产业集聚、服务保障”建设思路,形成创新研究院做引领,极地与大洋渔业科考船为支撑,成果转化与中试平台做依托,深远海养殖、极地大洋渔业、智慧海洋渔业、水产品精深加工等产业群为示范的深蓝渔业产业创新链。借鉴示范区的好做法和好经验,推动创建不同层次、特色鲜明的深蓝渔业示范区,扩大示范带动范围,形成各级各类示范区互为借鉴、互相补充、竞相发展的良好格局。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

**参考文献 (References):**

- [ 1 ] 刘晔, 徐皓, 徐琰斐. 深蓝渔业的内涵与特征[J]. *渔业现代化*, 2018, 45(5): 1-6.  
Liu H, Xu H, Xu Y F. Connotation and characteristics of deepblue fishery[J]. *Fishery Modernization*, 2018, 45(5): 1-6 (in Chinese).
- [ 2 ] Salinger J, Hobday A J. Safeguarding the future of oceanic fisheries under climate change depends on timely preparation[J]. *Climate Change*, 2013, 119(1): 3-8.
- [ 3 ] 徐琰斐, 刘晔. 深蓝渔业发展策略研究[J]. *渔业现代化*, 2019, 46(3): 1-6.  
Xu Y F, Liu H. Research on development strategy of deep ocean fishery[J]. *Fishery Modernization*, 2019, 46(3): 1-6 (in Chinese).
- [ 4 ] 徐皓, 陈家勇, 方辉, 等. 中国海洋渔业转型与深蓝渔业战略性新兴产业[J]. *渔业现代化*, 2020, 47(3): 1-9.  
Xu H, Chen J Y, Fang H, *et al.* Chinese marine fishery transformation and strategic emerging industry of deep ocean fishery[J]. *Fishery Modernization*, 2020, 47(3): 1-9 (in Chinese).
- [ 5 ] The World Bank. Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture[R]. Washington, DC: The World Bank, 2013.
- [ 6 ] 国家统计局. 中华人民共和国 2020 年国民经济和社会发展统计公报 [N]. 人民日报, 2021-03-01(10).  
National Bureau of Statistics. Statistical bulletin of national economic and social development of the People's Republic of China in 2020[N]. People's Daily, 2021-03-01(10) (in Chinese).
- [ 7 ] 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]. *Engineering Sciences*, 2016, 18(3): 90-95 (in Chinese).
- [ 8 ] 思雨. 发展深远海养殖 提高水产品质量[J]. *中国食品*, 2017(14): 122-127.  
Si Y. Developing deep sea culture to improve the quality of aquatic products[J]. *China Food*, 2017(14): 122-127 (in Chinese).
- [ 9 ] 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).
- [10] 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. 2020 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.  
Bureau of Fisheries, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China fishery statistical yearbook (2020)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020 (in Chinese).
- [11] 唐启升. 水产养殖绿色发展咨询研究报告 [M]. 北京: 海洋出版社, 2017: 39-43.  
Tang Q S. Consultation report on green development of aquaculture[M]. Beijing: China Ocean Press, 2017: 39-43 (in Chinese).
- [12] 唐启升. 环境友好型水产养殖发展战略: 新思路、新任务、新途径 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 26-27.  
Tang Q S. Development strategy on environmentally friendly aquaculture: new ideas, new tasks and new ways[M]. Beijing: Science Press, 2017: 26-27 (in Chinese).
- [13] 麦康森. 中国的水产养殖、饲料原料与世界渔业资源 [J]. *饲料与畜牧*, 2016(6): 17-19.  
Mai K S. China's aquaculture, feed and world fishery resources[J]. *Feed and Animal Husbandry*, 2016(6): 17-19 (in Chinese).
- [14] 国家海洋局. 2020 年中国海洋经济统计公报 [N]. 2021-04-01.  
Ministry of Natural Resources. Statistical bulletin of China's marine economy in 2020[N]. 2021-04-01 (in Chinese).
- [15] Gentry R R, Froehlich H E, Grimm D, *et al.* Mapping the global potential for marine aquaculture[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2017, 1(9): 1317-1324.
- [16] 丁永良. 海上工业化养鱼[J]. *现代渔业信息*, 2006, 21(3): 4-6.  
Ding Y L. Industrialized farming fish at sea[J]. *Modern Fisheries Information*, 2006, 21(3): 4-6 (in Chinese).
- [17] 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 (in Chinese).
- [18] 黄温赟, 鲍旭腾, 蔡计强, 等. 深远海养殖装备系统方案研究[J]. *渔业现代化*, 2018, 45(1): 33-39.
- Huang W Y, Bao X T, Cai J Q, *et al.* Study on solution of deep-sea aquaculture equipment system[J]. *Fishery Modernization*, 2018, 45(1): 33-39 (in Chinese).
- [19] 蔡计强, 张宇雷, 李建宇, 等. 10万吨级深远海养殖平台总体技术研究[J]. *船舶工程*, 2017, 39(S1): 198-203.
- Cai J Q, Zhang Y L, Li J Y, *et al.* General technology research of 100 thousand ton deep sea aquaculture platform[J]. *Ship Engineering*, 2017, 39(S1): 198-203 (in Chinese).
- [20] De Bartolome F, Mendez A. The tuna offshore unit: concept and operation[J]. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 2005, 30(1): 20-27.
- [21] Bilen S, Kızak V, Gezen A M. Floating fish farm unit (3FU). Is it an appropriate method for salmonid production?[J]. *Marine Science and Technology Bulletin*, 2016, 1(2): 9-13.
- [22] 徐皓, 江涛. 我国离岸养殖工程发展策略[J]. *渔业现代化*, 2012, 39(4): 1-7.
- Xu H, Jiang T. Development strategy of offshore aquaculture engineering in China[J]. *Fishery Modernization*, 2012, 39(4): 1-7 (in Chinese).
- [23] 黄一心, 徐皓, 丁建乐. 我国离岸水产养殖设施装备发展研究[J]. *渔业现代化*, 2016, 43(2): 76-81.
- Huang Y X, Xu H, Ding J L. Research on the development of offshore aquaculture facilities and equipment in China[J]. *Fishery Modernization*, 2016, 43(2): 76-81 (in Chinese).
- [24] 闫国琦, 倪小辉, 莫嘉嗣. 深远海养殖装备技术研究现状与发展趋势[J]. *大连海洋大学学报*, 2018, 33(1): 123-129.
- Yan G Q, Ni X H, Mo J S. Research status and development tendency of deep sea aquaculture equipments: a review[J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2018, 33(1): 123-129 (in Chinese).
- [25] Drach A, Tsukrov I, DeCew J, *et al.* Field studies of corrosion behaviour of copper alloys in natural seawater[J]. *Corrosion Science*, 2013, 76: 453-464.
- [26] Carvalho M L, Doma J, Sztylek M, *et al.* The study of marine corrosion of copper alloys in chlorinated condenser cooling circuits: the role of microbiological components[J]. *Bioelectrochemistry*, 2014, 97: 2-6.
- [27] 中国首个深远海“智能渔场”布局海南[J]. *水产科技情报*, 2018, 45(3): 173-174.
- China's first deep sea "intelligent fishing ground" in Hainan[J]. *Fishery Science & Technology Information*, 2018, 45(3): 173-174 (in Chinese).
- [28] 深远海智能化渔业养殖平台——“海洋渔场1号”[J]. *太平洋学报*, 2018, 26(3): 11.
- Far reaching sea intelligent fishery breeding platform—"ocean fishing ground No. 1"[J]. *Pacific Journal*, 2018, 26(3): 11 (in Chinese).
- [29] 丁舟. 秘鲁的鱼粉[J]. *世界知识*, 1979(24): 31.
- Ding Z. Fish meal in Peru[J]. *World Knowledge*, 1979(24): 31 (in Chinese).
- [30] 周宏. 鱼粉工业的现状和前景[J]. *渔业现代化*, 1986(6): 47.
- Zhou H. Present situation and prospect of fishmeal industry[J]. *Fishery Modernization*, 1986(6): 47 (in Chinese).
- [31] 戴志远. 世界鱼粉鱼油市场与转机[J]. *现代渔业信息*, 1989(1): 18-19.
- Dai Z Y. Fish meal and fish oil market and transfer in the world[J]. *Modern Fisheries Information*, 1989(1): 18-19 (in Chinese).
- [32] 许云贺, 张莉力, 李建国, 等. 主要动物性蛋白质饲料的选择与使用[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2008(6): 54.
- Xu Y H, Zhang L L, Li J G, *et al.* Selection and use of main animal protein feed[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2008(6): 54 (in Chinese).
- [33] 黄洪亮, 陈雪忠, 刘健, 等. 南极磷虾渔业近况与趋势分析[J]. *极地研究*, 2015, 27(1): 25-30.
- Huang H L, Chen X Z, Liu J, *et al.* Analysis of the status and trend of the Antarctic krill fishery[J]. *Chinese Journal of Polar Research*, 2015, 27(1): 25-30 (in Chinese).
- [34] 刘勤, 黄洪亮, 刘健, 等. 南极磷虾渔业管理形势分析[J]. *中国海洋大学学报(社会科学版)*, 2015, 22(2): 7-12.
- Liu Q, Huang H L, Liu J, *et al.* An analysis of Antarctic krill fisheries management situation[J]. *Journal of Ocean University of China (Social Sciences Edition)*, 2015, 22(2): 7-12 (in Chinese).
- [35] 赵宪勇, 左涛, 冷凯良, 等. 南极磷虾渔业发展的工程科技需求[J]. *中国工程科学*, 2016, 18(2): 85-90.

- Zhao X Y, Zuo T, Leng K L, *et al.* Engineering science and technology challenges in the Antarctic krill fishery[J]. *Engineering Science*, 2016, 18(2): 85-90 (in Chinese).
- [36] 陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(3): 451-458.
- Chen X Z, Xu Z L, Huang H L. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(3): 451-458 (in Chinese).
- [37] Everson I. Krill: biology, ecology and fisheries[M]. Oxford: Blackwell Science, 2000.
- [38] 岳冬冬, 王鲁民. 中国南极磷虾渔业发展的微观解析与对策研究—以辽渔集团有限公司为例[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(7): 227-238.
- Yue D D, Wang L M. Micro analysis and countermeasure research on the development of Antarctic krill fisheries in China: a case study of Liaoyu Group Co., Ltd.[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2018, 23(7): 227-238 (in Chinese).
- [39] Atkinson A, Siegel V, Pakhomov E A, *et al.* A reappraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill[J]. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2009, 56(5): 727-740.
- [40] 何学武. 中上层小型鱼类的开发现状与前景[J]. *现代渔业信息*, 1989(S2): 42-43,41.
- He X W. Development status and prospect of small pelagic fishes[J]. *Modern Fisheries Information*, 1989(S2): 42-43,41 (in Chinese).
- [41] 张鹏, 李显森, 应一平, 等. 中东大西洋中上层小型鱼类资源及其渔业现状[J]. *水产研究*, 2014, 1(1): 10-21.
- Zhang P, Li X S, Ying Y P, *et al.* Fishery resources and status of small pelagic fish in eastern central Atlantic[J]. *Open Journal of Fisheries Research*, 2014, 1(1): 10-21 (in Chinese).
- [42] 周金官, 陈新军, 刘必林. 世界头足类资源开发利用现状及其潜力[J]. *海洋渔业*, 2008, 30(3): 268-275.
- Zhou J G, Chen X J, Liu B L. Notes on the present status of exploitation and potential of cephalopod resources on the world[J]. *Marine Fisheries*, 2008, 30(3): 268-275 (in Chinese).
- [43] 叶守建, 周劲望, 杨铭霞, 等. 全球头足类资源开发现状分析及发展建议[J]. *渔业信息与战略*, 2014, 29(1): 11-17.
- Ye S J, Zhou J W, Yang M X, *et al.* Exploitation of cephalopod resources in the world and development suggestion[J]. *Fishery Information & Strategy*, 2014, 29(1): 11-17 (in Chinese).
- [44] Gjosaeter J, Kawaguchi K. A review of the world resources of mesopelagic fish[R]. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 1980: 1-151.
- [45] Irigoien X, Klevjer T A, Røstad A, *et al.* Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean[J]. *Nature Communications*, 2014, 5(1): 3271.
- [46] Trueman C N, Johnston G, O'Hea B, *et al.* Trophic interactions of fish communities at midwater depths enhance long-term carbon storage and benthic production on continental slope[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2014, 281(1787): 20140669.
- [47] Zhang J, Wang X L, Jiang Y N, *et al.* Species composition and biomass density of mesopelagic nekton of the South China Sea continental slope[J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2019, 167: 105-120.
- [48] 历史新闻网. 钓鱼岛 1 号详细资料大全 [EB/OL]. [2020-06-23]. <https://www.lishixinzhi.com/zs/post/1008927.html>.
- Historical xinzh network. The full detailed information of Diaoyu Islands 1 [EB/OL]. [2020-06-23]. <https://www.lishixinzhi.com/zs/post/1008927.html> (in Chinese).
- [49] 环翠区海洋与渔业局. 我国首艘自主研发设计的最大海上鱼粉精深加工装备平台投产试运营. [EB/OL]. [2017-03-17]. [http://www.shuichan.cc/news\\_view-315664.html](http://www.shuichan.cc/news_view-315664.html).
- Bureau of ocean and fisheries of Huancui district. China's first independently developed and designed largest offshore fish meal deep processing equipment platform was put into trial operation [EB/OL]. [2017-03-17]. [http://www.shuichan.cc/news\\_view-315664.html](http://www.shuichan.cc/news_view-315664.html) (in Chinese).
- [50] 李国栋, 陈军, 汤涛林, 等. 渔业船联网关键技术发展现状和趋势研究[J]. *渔业现代化*, 2018, 45(4): 49-58.
- Li G D, Chen J, Tang T L, *et al.* Key technologies of fishery internet of vessels (FIoV): state-of-the-art and future trends[J]. *Fishery Modernization*, 2018, 45(4): 49-58 (in Chinese).
- [51] 李国栋, 陈军, 汤涛林, 等. 渔业船联网应用场景及需求分析研究[J]. *渔业现代化*, 2018, 45(3): 41-48.

- Li G D, Chen J, Tang T L, *et al.* Analysis of fishery internet of vessels application scenarios and requirements[J]. *Fishery Modernization*, 2018, 45(3): 41-48 (in Chinese).
- [52] 刘娜, 王辉, 凌铁军, 等. 全球业务化海洋预报进展与展望[J]. *地球科学进展*, 2018, 33(2): 131-140.
- Liu N, Wang H, Ling T J, *et al.* Review and prospect of global operational ocean forecasting[J]. *Advances in Earth Science*, 2018, 33(2): 131-140 (in Chinese).
- [53] 王斌, 王豹, 仇天宇, 等. 海洋预报综合信息系统及业务化应用研究[J]. *中国科技成果*, 2018, 19(21): 50-52.
- Wang B, Wang B, Zhang T Y, *et al.* Integrated information system of ocean forecast and its operational application[J]. *China Science and Technology Achievements*, 2018, 19(21): 50-52 (in Chinese).
- [54] 高超, 张溢卓. 我国玻璃钢渔船产业发展现状及政策建议——以上海市为例[J]. *海洋经济*, 2015, 5(6): 22-28.
- Gao C, Zhang Y Z. Present situation of the development of China's fibreglass-reinforced plastics (FRP) fishing vessels—a case study of Shanghai city[J]. *Marine Economy*, 2015, 5(6): 22-28 (in Chinese).
- [55] 刘世禄, 冯小花, 陈辉. 关于加快发展我国远洋渔业的战略思考[J]. *渔业现代化*, 2014, 41(4): 63-67,72.
- Liu S L, Feng X H, Chen H. Strategies on developing pelagic fishery in China[J]. *Fishery Modernization*, 2014, 41(4): 63-67,72 (in Chinese).
- [56] 李祥木. 大型抗风浪深水网箱养鱼发展现状与趋势[J]. *现代渔业信息*, 2001, 16(12): 21-28.
- Li X M. The status and respective for technique of fish farming in the large net-cage with heavy sea resistance[J]. *Modern Fisheries Information*, 2001, 16(12): 21-28 (in Chinese).
- [57] 徐君卓. 深水网箱养鱼业的现状与发展趋势[J]. *海洋渔业*, 2004, 26(3): 225-230.
- Xu J Z. Current situation and development tendency of deep sea cage fish culture[J]. *Marine Fisheries*, 2004, 26(3): 225-230 (in Chinese).
- [58] 刘晋, 郭根喜. 国内外深水网箱养殖的现状[J]. *渔业现代化*, 2006, 33(2): 8-9.
- Liu J, Guo G X. Present situation of deep water cage culture at home and abroad[J]. *Fishery Modernization*, 2006, 33(2): 8-9 (in Chinese).
- [59] 徐皓, 刘忠松, 吴凡, 等. 工业化水产苗种繁育设施系统的构建[J]. *渔业现代化*, 2013, 40(4): 1-7.
- Xu H, Liu Z S, Wu F, *et al.* Construction of industrialized aquatic hatchery facility system[J]. *Fishery Modernization*, 2013, 40(4): 1-7 (in Chinese).

## Developmental status and vision for the future of China's deep blue fishery

LIU Yongxin<sup>1</sup>, LIU Huang<sup>2</sup>, FANG Hui<sup>3</sup>, XU Hao<sup>2</sup>, WANG Lumin<sup>3</sup>, LIU Yingjie<sup>1\*</sup>

(1. Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100141, China;

2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China;

3. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** China has become the powerhouse of aquaculture in the world in the past 40 years. With the rapid development of aquaculture, the different kinds of troubles also keep emerging in China. In particular, the performance of unbalanced and inadequate aquaculture industry mainly exhibited the adequate supply, low quality and safety of aquatic products. Along with the farming areas of inland waters, land-based and coastal waters constantly being squeezed, the deep blue fishery is the revolutionary transformation of production mode for turning the blue ocean into blue granary. Deep blue fishery is the aquaculture production system with the integration of whole industry chain including the aquaculture, fishing and aquatic products processing. The deep blue fishery covers marine space which includes the near shore and off shore of Bohai Sea, Yellow Sea, East China Sea and South China Sea as well as open ocean and polar region. With the expansion and extension of blue granary, it combines the different key points including breed, aquaculture, fishing, processing and web with an organic whole, which plays an important role in ensuring the supply of high-quality protein, broadening the new space of culture and supporting the blue economic growth and safeguarding China's maritime rights and interests. With growing science endeavors and further industrialization practice in recent years, the deep blue fishery has made rapid development, but it still faces the gradually emerging opportunity and challenge. This paper synthetically analyzes the strategic significance and main production function of developing deep blue fishery and summarizes the prominent problems restricting its development. The major production function of deep blue fishery contained offshore industrialized farming, exploitation of biological resources in oceanic and polar regions as well as offshore logistics and information channel. We summarized the existing main problems and restrictive factors, whose focus was mainly on four aspects. Firstly, the exploitation and utilization of natural resource were not very efficient. Secondly, the overall level of equipment and technology was still relatively backward. There are, in addition, obviously insufficient total production capacity and weaker support ability for scientific research. On the basis of the development goals, the intensive scientific and technical tasks were proposed that involve analyzing the genetic resources of deep blue biology, building the industrialized green production patterns and high-quality fishing the resources originating from open ocean and polar region, researching the technology and equipment of processing links across land and oversea as well as constructing fishery boats networking system and so on. Relevant measure suggestions were also made, such as implementing the technology capability promotion project, introducing industrial development supporting policies, building diversified talents congregate highland and establishing industrial innovation garden for demonstration, which aims to provide the lesson and reference for accelerating the technological advancement of deep blue fishery and promoting the iterative upgrade of industry. In summary, the deep blue fishery is a new rising industry of China. As an efficient way of the adjustment of the industrial structure and transferring the mode of production in aquaculture, it needs strong support of the scientists, government officials and other aspects.

**Key words:** deep blue fishery; developmental status; production system; emerging industry

**Corresponding author:** LIU Yingjie. E-mail: lyj@cafs.ac.cn

**Funding projects:** Financially Supported by the Marine S & T Fund of Shandong Province for Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao)(2018SDKJ0301); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2019B001)