

文章编号: 1674-5566(2025)02-0249-10

DOI: 10.12024/jsou.20250104768

中国远洋渔业4.0科技发展建议与对策

陈新军^{1,2,3,4}, 张忠^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学 海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业农村部大洋渔业可持续利用重点实验室, 上海 201306)

摘要: 在工业4.0浪潮中,作为国家战略性新兴产业的远洋渔业正面临转型的挑战。本研究旨在探讨如何利用工业4.0理念和科技创新推动远洋渔业的高质量发展,确保海洋渔业资源的可持续开发以及社会经济和海洋生态的协调发展。通过对工业4.0发展进行概述,分析了当前中国远洋渔业科技发展现状及存在的问题,进而提出远洋渔业4.0概念,并就其核心特征进行了阐述,最后对远洋渔业4.0的科技发展提出了对策和建议;并以远洋鱿钓渔业4.0为例提出了远洋渔业4.0技术框架及研究内容。研究认为,远洋渔业4.0旨在通过整合信息技术、大数据、物联网、人工智能等先进技术,深度优化远洋渔业生产流程,以提升产业链各环节的生产效率,确保水产品质量,合理利用渔业资源,实现渔业资源科学养护和管理,促进远洋渔业高质量发展。为实现这一目标,建议需要在远洋渔业4.0的理念指导下加强科技创新与研发投入,推进信息化基础设施建设,加强人才培养与国际合作,以促进中国远洋渔业的转型升级,推动构建远洋渔业新质生产力。

关键词: 远洋渔业; 工业4.0; 发展建议与对策; 新质生产力; 深海经济

中图分类号: S 937.0

文献标志码: A

随着全球经济一体化和科学技术的飞速发展,工业4.0时代已经到来^[1]。这个融合了互联网、大数据、云计算等现代信息技术,以智能制造为核心的时代,正引领着各行各业的深刻变革。远洋渔业,作为海洋经济的关键组成部分,其科技发展水平对国家海洋战略的实施和海洋经济的可持续发展至关重要。在工业4.0的背景下,探讨如何推动中国远洋渔业的科技发展,提升远洋渔业生产效率和可持续发展能力,协调好渔业资源开发与渔业资源养护的关系,实现联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)倡导的蓝色增长目标,是一个极为紧迫的课题。为此,本研究拟对工业4.0的概念、特点及其在其他行业的应用进行概述,分析中国远洋渔业科技发展的现状、面临的挑战和机遇,提出远洋渔业4.0的概念和研究内容,以及远洋鱿钓渔业4.0的技术框架及中国远洋渔业科技发展的对策,旨在为“十五五”及未来时期中

国远洋渔业的转型升级提供参考,助力构建远洋渔业的新质生产力。

1 工业4.0发展概述

1.1 工业4.0的定义与特点

工业4.0(Industry 4.0),即第4次工业革命,是继蒸汽机时代、电气化时代、信息化时代之后的全新阶段^[2]。它主要指利用信息化技术推动产业变革,核心目标是提升生产效率、降低成本、提高产品质量,并通过智能化生产满足个性化需求。工业4.0的5大特点包括:全过程(设备、产线、工厂、供应商、产品和客户)的连接;全链条(产品数据、设备数据等多方面)的数据整合;通过信息-物理系统(Cyber-physical system, CPS)实现高度智能化;制造工艺不断创新,生产产品和模式不断推陈出新;从规模化生产向智能化、个性化定制转型^[3]。其核心是信息感知与大数据的互联,以及信

收稿日期: 2025-01-25 修回日期: 2025-02-14

基金项目: 国家重点研发计划(2023YFD2401302);国家自然科学基金(41876141)

作者简介: 陈新军(1967—),男,教授,博士生导师,研究方向为渔业资源与渔场学、远洋鱿钓渔业、远洋渔业科技战略。E-mail: xjchen@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

息-物理综合系统的构建和互动反馈实现智能化和数字化。

1.2 工业4.0的应用概述

工业4.0的技术和理念已经在国民经济的多个行业中得到广泛应用,并催生了一系列新的生产力,带来了显著的经济和社会效益。其主要效益体现在以下几个方面^[4]:(1)生产力提升,工业4.0通过自动化和流程优化,使生产效率得到显著提升。(2)费用减少,浪费减少、库存下降、维护成本下降、资源使用效率上升。(3)产品品质提升,通过对生产过程的持续监测和控制,确保了产品品质的稳定提升。(4)研发和生产周期缩短,加速了新产品和服务的上市时间。(5)客户满意度提高,提供了更好地满足客户需求的个性化、响应式的产品和服务。

工业4.0技术的应用在制造业与海洋领域呈现出显著的协同性与延展性。在制造业中,其核心理念是利用数字化、自动化、智能化等技术手段实现制造业的转型升级,具体表现如下^[5-6]。(1)智能制造。通过在制造过程中深度融合物联网(Internet of things, IoT)、大数据、人工智能(Artificial intelligence, AI)等技术,实现生产过程的自动化、智能化。智能设备的广泛应用,如传感器、机器人、自动化设备等,使生产过程更加高效和精准,显著提升生产效率和产品质量。(2)定制化生产。工业4.0支持满足客户个性化需求的小批量、多样化生产。生产企业可通过数字化技术灵活调整生产线,根据客户的特定需求实现个性化定制生产,从而实现客户满意度的提升和市场竞争力的提升。(3)供应链协同。通过数字化技术实现供应链的实时监控和协同,供应链的透明度和灵活性得到提高。企业可以实时追踪物料和产品的运输和状态,优化库存和物流管理,降低库存成本,提高物流运作效率和准确性。(4)大数据分析。通过对生产过程中产生的大量数据的收集和分析,洞悉生产过程中的瓶颈和问题并加以优化。结合机器学习和人工智能技术,可以实时预测产品质量和生产效率,提高生产管控和决策水平。(5)提升生产效率。通过数字化、智能化和自动化等技术手段,生产过程得以优化和升级,实现生产过程的实时监控、智能控制和自动调整,大大提高了生产效率。生产过程的高度自动化和精细化、人力成本和时间成本的降低、

生产效率的提高,都可以通过生产线的智能化管理和优化调度来实现。这些技术范式同样为海洋领域的数字化转型和智能化升级提供了支撑^[7-10]。例如在船舶工业中,智能船舶通过集成传感器技术、信息整合技术和数据分析,以及自动化控制系统,显著提升了船舶航行的安全性、环保性、经济性与可靠性。国际海事组织根据规范将智能船舶分为4个等级,罗尔斯罗伊斯公司和英国劳氏船级社则根据自动化能力和网络访问权限的不同,将其划分为5个或6个等级^[7],体现了工业4.0的模块化与智能化特征。此外,海洋资源开发领域通过数字化监控与智能装备应用^[11],实现了作业效率提升与风险成本降低,进一步拓展了工业4.0的技术边界。

在农业领域,工业4.0的应用广泛,包括物联网、大数据分析、智能农机、精准农业以及农业物流与电子商务等多个方面,这些应用促进了农业生产效率和质量的提高,同时也促进了农业可持续发展。(1)农业物联网系统^[12]。杭州策望科技有限公司开发的农业物联网系统,利用传感器和无线通信技术,可实时监控和控制农业生产过程的农田、农机和农产品之间的互联互通。该系统能对土壤温度、湿度、养分等关键参数进行监测,帮助农民科学决策,实现精准种植、精准施肥,还能对农机自动化作业进行远程控制,提高农业生产效率。(2)农产品质量安全监管与溯源系统^[13-14]。该系统将农业生产中产生的大量数据与云计算、人工智能技术相结合进行分析,并提供决策支持,实施精确管理。通过数据分析,对农产品产量、质量等进行预测,帮助农民合理制定生产方案。同时,农产品追溯体系保障了农产品质量安全,增强了消费者对农产品的信任度,通过追溯体系对农产品的质量安全有了很好的保障。(3)智能农机^[15-17]。运用自动化和机器视觉技术,使农业生产效益和质量得到提升,实现农业机械智能化作业和管理。如无人驾驶拖拉机自动完成播种、施肥、除草等作业,减轻农民劳动强度。智能收割机则可以自动监测作物成熟度,实现精准收割。(4)精准农业^[18]。利用遥感和卫星导航技术,对农田进行精准测绘和监测,实现农业生产的精细化管理和精准施肥、灌溉。通过精准的农业技术,精确测算作物生长所需的养分和水分,实

现按需施肥、按需灌溉的水肥利用效率的提高,减少了资源的浪费。(5)农业物流和电子商务^[19]。农业4.0使农产品流通快速、安全、高效,通过信息化和物流技术的应用,使农业供应链得到优化。电商平台让农场主可以把农产品直接卖给消费者,减少了中间环节,同时也提高了农场主的收益。物流技术的使用,使农产品在运输过程中既能保证新鲜,又能确保安全。

在海洋渔业领域,西班牙海产品研究与技术中心(AZTI-Tecnalia)利用工业4.0的理念和技术参与了开发智能渔业系统 Smartfish^[20],该系统有助于渔民在捕捞前、捕捞中和捕捞后做出科学决策,减少兼捕非目标鱼类以及对生态系统的破坏。同时,通过精准识别捕捞种类、个体大小和数量,包括丢弃物中的物种组成,可以精准支持渔业资源评估所需的高质量数据,以及严格执行渔业管理措施。此外,欧盟一些研究机构开始利用工业4.0的理念和技术来处理海产品的加工,以减少废弃物或者达成“零”废弃物,实现海洋生物资源的绿色开发和利用^[21-22]。

2 中国远洋渔业科技发展的现状和面临的问题

近几年来,我国远洋渔业科技发展取得了一定的成绩^[23-24]。我国已能自主设计建造大型远洋渔船,加强了包括渔业资源探测、智能捕捞、渔情预报、远洋水产品加工等在内的远洋渔业关键技术与装备的研发和应用,渔业生产自动化、智能化水平显著提升。同时,我国也积极参与借鉴国外先进经验的国际渔业合作与交流。

但我国远洋渔业科技发展在高质量发展的行业重大需求和工业4.0的大背景下,面临着一系列的挑战^[23-24]。(1)远洋捕捞业被世界劳工组织认定为最艰苦的行业之一,具有出海时间长、工况和生活条件艰苦等特点,未来远洋捕捞将面临劳动力缺乏的局面,如何以机代人成为未来的挑战之一;(2)传统远洋渔业资源年间波动较大,捕捞作业兼捕问题突出,对海洋生态系统造成一定的破坏,渔业资源与生态环境的约束越来越突出,如何在实现远洋渔业可持续发展的同时,保护海洋生态环境和渔业资源,是我国远洋渔业面临的重要挑战之一;(3)智能化、信息化程度较弱,目前我国在通信导航系统、智能捕捞与探测、

远程监控与数据分析等信息化与智能化技术方面仍有待突破,在远洋捕捞链中的数据信息孤立存在,一些重要的信息甚至没有保存和解析,使得大数据的整体效益和作用没有得到发挥,科技创新能力还需要再加强^[23-24];(4)远洋渔业专业人才短缺问题日益突出^[25-26]。既懂海洋渔业科学与技术,又懂国际规则的远洋渔业复合型人才缺乏,科技发展需求难以得到满足。同时,目前的科研队伍结构还不够合理,跨专业、跨学科的优秀人才少,难以迅速将先进的技术和理念引入到传统行业中。

3 远洋渔业4.0的概念及其研究内容

3.1 远洋渔业4.0的概念及其特征

当前,高清卫星影像、自动识别系统、高清摄像和原位传感器等新装备为实现远洋渔业的精细化、多功能、低成本的感知提供了条件;区块链、物联网、大数据、人工智能和机器学习等新技术为远洋渔业智能化提供了基础。远洋渔业4.0是一个代表渔业现代化和数字化转型的概念,旨在通过先进的信息技术和智能化手段全面提升远洋渔业的生产效率、管理水平和可持续性。远洋渔业4.0通常是指在远洋渔业领域应用最新的信息技术、大数据、物联网、人工智能等高科技手段,对远洋渔业生产、加工、管理、运输、销售等各个环节进行深度整合优化和智能化改造,旨在实现远洋渔业全产业链过程的数字化、信息化、网络化、智能化、集成化、自动化、可持续发展,通过提高远洋渔业生产效率,精准把控水产品质量,减少资源浪费,协同创新产业链,推动远洋渔业的高质量发展。远洋渔业4.0的主要特征包括以下几点。

3.1.1 数字化

应用数字化技术,如数字地图、数字模型等,为渔业资源评估、捕捞决策制定等提供精确的数据支持。开发和利用数字化捕捞设备及其助渔装备,如数字声呐、数字浮标等,提高捕捞的精准度和效率。利用数字孪生技术,收集和分析渔船实时状态信息,结合实时水文、气象等数据,进行模拟和分析判断,实现远洋渔船的实时状态监控、安全风险评估、航线优化调整、故障智能诊断等。

3.1.2 信息化

构建远洋渔业信息化平台,实现渔业生产、加工、管理、销售等信息的实时采集、传输和处理,提升渔业生产及其产业链全过程信息综合利用的效率。利用大数据技术对渔业数据进行深度挖掘和分析,揭示渔业生产规律和市场趋势,为渔业生产和市场交易提供科学依据。

3.1.3 网络化

通过互联网和移动通信技术实现远洋渔业生产各环节之间的信息互联互通,形成渔业生产的网络化体系。利用电子商务平台实现水产品的在线交易和物流配送,拓宽销售渠道,提高销售效率。

3.1.4 智能化

通过物联网技术实现渔船等设备的远程监控和自动控制,提高渔业生产的智能化水平。应用AI技术与智能装备对渔业资源和海洋环境进行智能分析与预测,减少捕捞过程中的浪费同时减少误捕和兼捕,为远洋捕捞生产提供决策支持。

3.1.5 自动化

船员是目前远洋渔业生产的重要因素,近年来“用工荒”和船员安全成为远洋渔业发展的主要问题。因此,在渔业生产中实现机械替代和无人管理的智能化装备与设备的研发和应用,对降低人力成本、提高作业安全都有很大帮助。随着大数据的积累以及智能化与自动化的发展,装备的机械化和自动化将是未来发展的重点。

3.1.6 可持续发展

强调渔业资源的可持续利用和海洋生态环境的保护,通过智能化和信息化手段优化渔业生产流程,制定科学捕捞策略,实现对渔业资源的精准捕捞和科学养护。推广生态友好型捕捞技术与装备,降低渔业生产对海洋生态环境的破坏。

3.2 远洋渔业4.0的研究内容

工业4.0的理念在渔业中的应用正逐渐受到关注和推动^[27-31]。尽管远洋渔业在应用工业4.0技术与理念方面严重滞后,但随着科技的不断进步和全球渔业可持续发展的需求,包括中国在内的越来越多的国家和地区开始探索将工业4.0理念与远洋渔业相结合,开始积极发展远洋渔业

4.0。综合产业需求以及国内外研究现状,远洋渔业4.0拟开展的主要研究包括以下内容。

3.2.1 智能捕捞技术创新与效率提升

积极引入大数据、物联网、云计算等前沿技术,全方位提升远洋渔业设备的自动化程度与运行效能。通过部署智能传感器与监控装置,实现对渔具作业状态的实时精准监测以及远程操控,保障捕捞作业的选择性和高效性。

深入开展渔情分析与作业流程优化研究,实时采集鱼群映像、鱼群规模等关键渔业资源现场数据,借助先进的数据分析模型,构建鱼群行为与集群分布规律的精准预测模型。以此为依据,规划最佳捕捞时机和作业区域,避免过度捕捞,在提高捕捞效率与渔获物品质的同时,切实减少误捕和兼捕,维护海洋生态系统稳定。

大力推进远洋捕捞数字孪生系统的建设,借助多种先进传感技术,广泛收集渔船、渔具以及渔情和海况等多维度数据。利用卫星通信、5G通信等高效传输手段,将海量数据快速、稳定地传输至陆地数据中心或云端服务器。运用大数据处理技术与人工智能算法,对数据进行深度清洗、整合与分析,准确预测鱼群的移动轨迹和分布态势,进而优化捕捞作业流程与策略,实现智能化、精准化捕捞。

3.2.2 信息化助力捕捞作业精细化管理

精心搭建远洋渔业信息化平台,实现渔船、渔场、渔获产品等信息的实时感知、采集与共享。深度整合多源数据,包括渔船的位置信息、捕捞数据以及渔获产品的质量和流向等,为渔业生产、销售、物流等各个环节提供全面、精准的数据支撑。

依托信息化平台,充分运用数据分析手段优化远洋渔船调度方案。根据渔场资源状况以及市场需求的动态变化,合理安排渔船作业任务,提高渔场管理效率,确保渔业资源的科学分配与可持续利用。同时,通过精准的物流配送与库存管理,有效降低渔产品在运输和储存过程中的损耗率,提升远洋渔业生产的整体效益。

3.2.3 渔业资源科学管理与可持续利用

运用科学严谨的方法对海洋生物资源展开全面评估与持续监测,通过长期的数据积累与分

析,制定合理的捕捞配额和科学的作业计划,积极探索保护海洋生物多样性的有效路径。

全力推动远洋渔业产业的绿色转型,积极探索新能源和清洁能源驱动渔船,逐步降低对传统化石能源的依赖。加大研发投入,致力于开发节能型捕捞设备和技术,降低能源消耗和环境污染,实现远洋渔业的绿色、可持续发展。

3.2.4 渔获产品加工升级与产业链拓展

深入探索引入新技术、新工艺,大力开展高附加值的渔获产品加工和深加工业务。利用先进的保鲜、加工技术,将渔获产品转化为高品质的海洋食品、保健品等多样化产品,满足市场日益多元化的需求,提高产品的经济价值。

深入挖掘渔业文化内涵,全力打造渔业文化品牌,通过文化创意产品等多种形式,提升渔业的文化附加值,实现产业多元化发展,全面增强渔业产业的综合竞争力。

3.2.5 远洋渔业安全保障与智能管理

充分利用实时监控和数据分析技术,构建完善的远洋渔业安全监测预警系统。对渔船的航

行状态、设备运行状况、船员健康状况等进行全方位实时监测,开发先进的安全隐患预警模型,能够提前察觉恶劣天气、设备故障、人员疲劳等潜在安全风险,及时采取有效措施防患于未然,最大限度降低安全事故的发生率。

着力构建智能化的渔船和渔场管理系统,实现对渔业资源、捕捞作业、后勤保障等各环节的智能化管理。通过智能算法优化资源配置和作业流程,例如优化渔船的燃油和物资补给计划,有效提高运营效率,降低运营成本,提升远洋渔业的整体管理水平和经济效益。

3.3 远洋渔业 4.0 的技术框架案例分析

远洋鱿钓渔业是我国远洋渔业的重要组成部分,目前有远洋鱿钓作业渔船 700 多艘。鱿钓作业相较于其他作业方式,兼捕品种少,渔获选择性好,本研究以远洋鱿钓渔业为例提出远洋渔业 4.0 的技术框架。远洋鱿钓渔业 4.0 的技术系统应该包括智能探测系统、智能诱集系统、智能停泊系统、智能作业系统和渔获产品智能销售系统(图 1)。

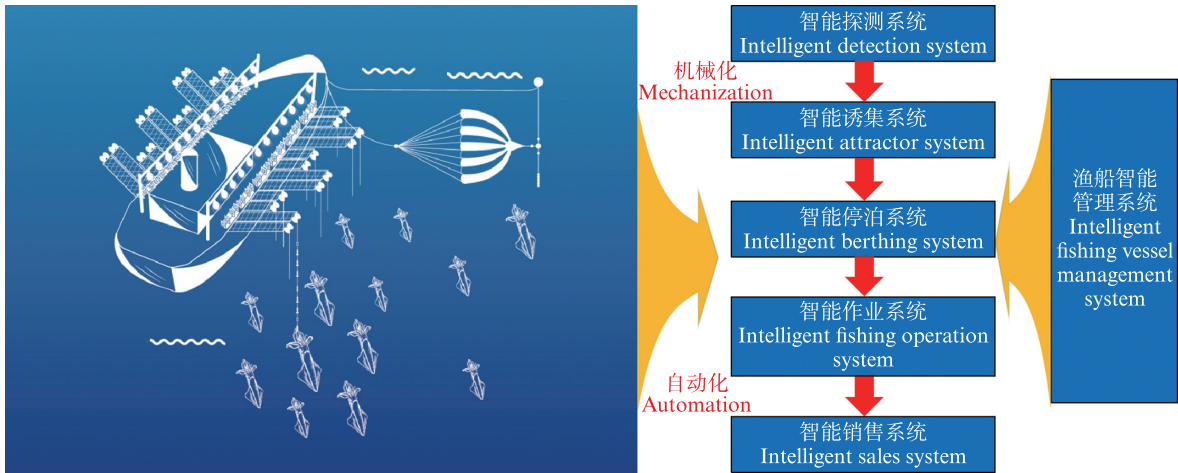


图 1 远洋鱿钓渔业 4.0 的技术框架示意图
Fig. 1 Technical framework schematic for oceanic squid fishery 4.0

在智能探测系统中,利用海洋遥感、声呐、水下视频等技术构建智能探测系统,实现水下鱿鱼鱼群立体分布图的实时绘制,精准估测鱿鱼鱼群的生物量以及鱿鱼个体大小,为后续高效诱集和捕捞作业提供详细的鱼群信息支撑(图 2)。在智能诱集系统中,开发水上和水下灯光测试装置,精准绘制鱿钓作业周边的光场分布图,结合探鱼仪的探测信息,科学合理调配使用集鱼灯,使鱿鱼诱集在鱿钓船周边海域,通过精细调节集鱼灯

亮度和角度,引导鱿鱼聚集在浅水层,为后续智能高效作业提供基础(图 3)。在智能停泊系统中,通过实时测定海流、风速和风向等环境信息数据,结合渔船尺寸大小,利用专家模型合理调节海锚、尾帆等相关配置参数,实现渔船与钓机同步漂移减少钓机作业事故,为鱿鱼钓机正常、高效作业提供重要保障(图 4)。在智能作业系统中,根据智能探测系统中实时探测的鱼群密度、个体大小、栖息水层、海流等关键信息,优化设置

作业参数,提升单位时间的作业效率,降低鱿鱼的脱钩率(图5)。在渔获产品智能销售系统中,将鱿鱼的渔获信息录入系统,全面控制捕捞、运输、销售等各环节的关键点,实现渔获产品从渔场到市场的全程溯源及闭环管理(图6)。上述5个系统的构建,为实现远洋鱿钓渔业4.0提供了一个基础技术框架。

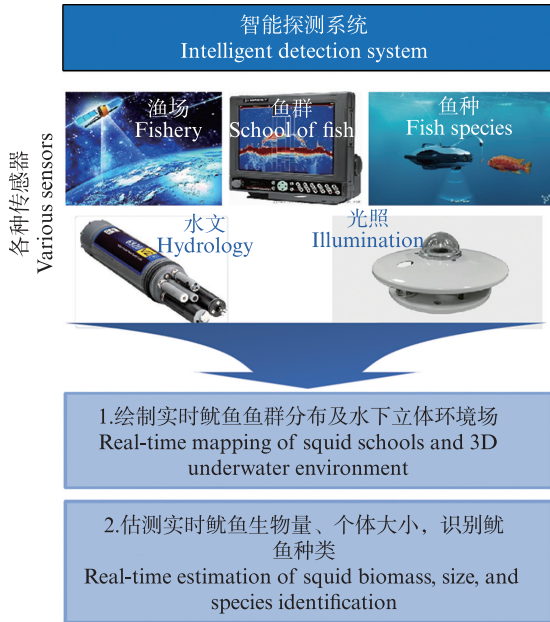


图2 智能探测系统示意图
Fig. 2 Schematic of the intelligent detection system

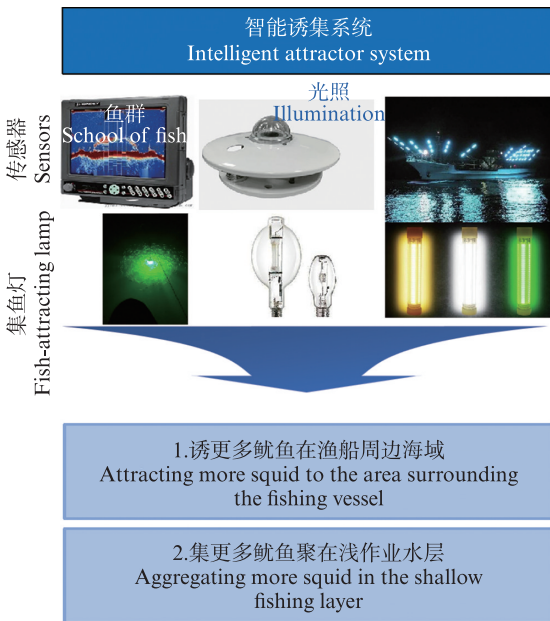


图3 智能诱集系统示意图
Fig. 3 Schematic of the intelligent attractor system

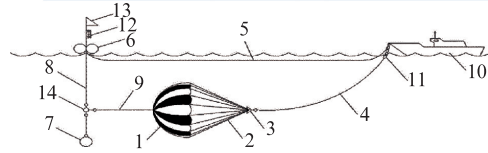
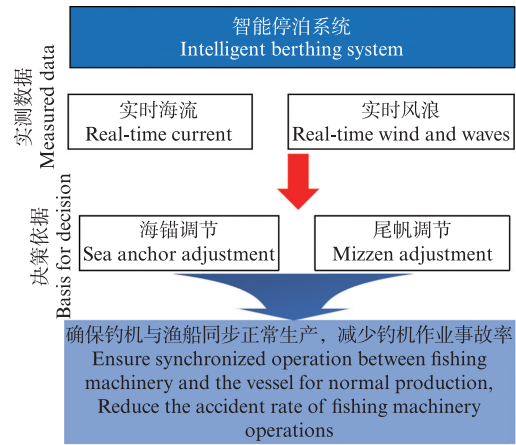


图4 智能停泊系统示意图
Fig. 4 Schematic of the intelligent berthing system

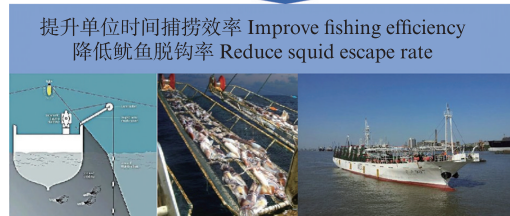
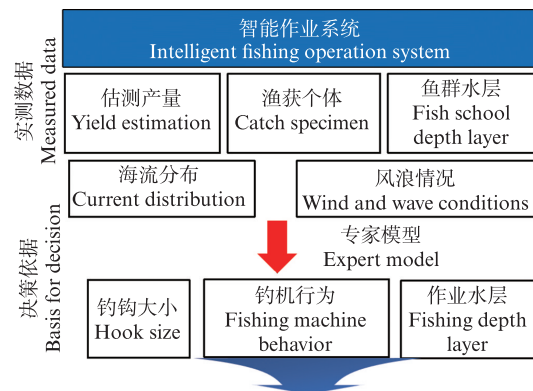


图5 智能作业系统示意图
Fig. 5 Schematic of the intelligent operation system

4 远洋渔业4.0科技发展的对策和建议

在当前全球化的浪潮中,世界各国纷纷踏上工业4.0的征程,试图在这场技术革命中抢占先机。中国作为世界远洋渔业大国和负责任的远洋渔业国家,机遇与挑战并存,世界各国也均处在起步阶段,为了在这场变革中赢得先机掌握主动,实现远洋渔业的转型升级,推动高质量发展,必须采取一系列切实有效的发展对策。



图 6 智能销售系统示意图
Fig. 6 Schematic of the intelligent sales system

第一,科技创新是促进远洋渔业发展的核心动力。(1)加大对远洋渔业科技创新的财政投入,通过税收优惠、补贴等方式积极引导和支持市场资本投入,设立远洋渔业科技创新专项基金,重点支持智能化、数字化的前沿技术的研发和应用;鼓励和推动企业、高校和科研机构加强产学研紧密合作,建立联合实验室或科技创新联盟共同开展研发工作,加速科研成果的市场化应用。(2)积极关注国外先进渔业技术装备发展,坚持引进吸收国外技术和自主创新并重,持续在智能船舶和装备、人工智能和大数据运用、渔情预报和捕捞策略、远程监控和渔获物可追溯等方面进行创新突破。(3)建立优势资源科技创新平台,整合全社会资源,加大产学研合作力度,推动关键技术的科研突破,实现科技创新成果的转化应用,以及科技创新与产业发展的深度融合。

第二,信息化建设是提升远洋渔业效率的关键因素。(1)要加强远洋渔业全方位、全过程信息感知技术研制,加大信息化基础设施建设力度,提高智能传感器、卫星通讯与导航等信息化系统的覆盖率和利用率,实现船位、航速、渔获量、海洋环境等数据的实时监控,提高渔船的安全性和捕捞效率。(2)要建立远洋渔业大数据平台,整合渔业生产、市场、资源等多方面的数据资源。通过大数据分析,实现渔业生产布局优化、捕捞策

略精准制定,从而提高渔业生产效率和资源利用率。推动远洋渔业数据的智慧化共享和分析应用。(3)要加强数据安全,制定严格的数据使用和管理规范,确保数据的正当性、合规性,通过数据加密和访问权限控制等技术手段,保障数据在采集和使用过程中的隐私性和安全性。

第三,培养和引进专业人才是远洋渔业 4.0 发展的重要保障。工业 4.0 引入的先进技术,如物联网、大数据、云计算等,要求远洋渔业从业者具备相应的技术知识和操作能力。然而,当前我国远洋渔业从业者普遍年龄偏高,学历偏低,可能面临难以应对技术更新迅速、培训资源不足的问题,导致他们难以快速适应新的技术变革。因此,加大对渔业从业者的技术培训和教育投入,提高他们的信息化素养和技术应用能力变得尤为重要。同时,政府可以通过专项补贴等方式,鼓励和支持远洋渔业企业建立常态化培训机制,主动开展好企业内部从业人员培训。另外,还必须在高等教育和职业教育中加强人才培养,强化渔业技术与信息技术的融合教育,培养具有跨学科知识的复合型人才,使他们的科技素质不断提高,创新能力不断增强,国际履约能力不断提升;加强与国际组织和国外知名渔业高校的合作,开展联合培训和交流学习,引进吸收国际先进的渔业技术和教育理念,进一步提升我国远洋渔业人

才的国际视野和国际竞争力。

第四,实现远洋渔业高质量发展是我国远洋渔业4.0的终极目标。如何平衡渔业生产和海洋环境保护的关系,成为远洋渔业面临的重大挑战。因此,要制定严格的渔业法规和政策,科学制定捕捞策略,防止过度捕捞和破坏海洋生态环境的行为;通过推广生态渔业技术和管理模式,提升渔获物的质量和价值,减少对海洋生态环境的损害,推动远洋渔业向绿色、低碳、循环方向发展;加强与国际渔业组织的合作与交流,学习和借鉴国外渔业科技和管理的先进经验,促进全球渔业的可持续发展,也为我国远洋渔业的高质量发展提供国际支持。

总之,远洋渔业4.0的发展是中国远洋渔业转型升级的重要契机。面对工业4.0带来的机遇和挑战,必须在科技创新、信息化建设、人才培养引进等方面采取行之有效的对策,促进中国远洋渔业取得实实在在的成效,通过加强顶层设计和政策协调推动远洋渔业4.0向前发展,为中国远洋渔业的高质量发展和构建远洋渔业的新质生产力作出贡献。

作者声明本文无利益冲突。

参考文献:

- [1] XU L D, XU E L, LI L. Industry 4.0: state of the art and future trends[J]. *International Journal of Production Research*, 2018, 56(8): 2941-2962.
- [2] 工业1.0、2.0、3.0、4.0基本概念[J]. *机械工业标准化与质量*, 2015(12): 8.
Basic concepts of Industry 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 [J]. *Machinery Industry Standardization & Quality*, 2015(12): 8.
- [3] 张艳秀. 工业4.0发展研究概述[J]. *现代工业经济和信息化*, 2022, 12(1): 20-21, 34.
ZHANG Y X. Overview of Industrial 4.0 development research [J]. *Modern Industrial Economy and Informationization*, 2022, 12(1): 20-21, 34.
- [4] 战戟. 工业4.0从自动生产到智能制造[J]. *智库时代*, 2020(6): 3-4.
ZHAN J. Industry 4.0 from automatic production to intelligent manufacturing [J]. *Think Tank Era*, 2020(6): 3-4.
- [5] 张雍达, 宋嘉. 工业4.0时代的智能制造[J]. *中国工业和信息化*, 2021(9): 32-34.
ZHANG Y D, SONG J. Intelligent manufacturing in the era of Industry 4.0 [J]. *China Industry & Information Technology*, 2021(9): 32-34.
- [6] ZHANG R Y, XU X, KLOTZ E, et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review [J]. *Engineering*, 2017, 3(5): 616-630.
- [7] 李越墨, 郑卓, 吴拓, 等. 工业4.0时代智能船舶发展趋势与挑战[J]. *船舶工程*, 2023, 45(s1): 224-229.
LI Y Z, ZHENG Z, WU T, et al. Introduction to development trend and challenges of smart ships in era of Industry 4.0 [J]. *Ship Engineering*, 2023, 45(s1): 224-229.
- [8] 李光正, 宋新刚, 徐瑜. 基于“工业4.0”的智能船舶系统探讨[J]. *船舶工程*, 2015, 37(11): 58-60, 71.
LI G Z, SONG X G, XU Y. Study of intelligent ship system based on Industrie 4.0 [J]. *Ship Engineering*, 2015, 37(11): 58-60, 71.
- [9] 齐东周. “工业4.0”对中国船舶业的影响[J]. *世界海运*, 2015, 38(7): 8-10, 20.
QI D Z. The impact of "Industry 4.0" on China's shipping industry [J]. *World Shipping*, 2015, 38(7): 8-10, 20.
- [10] 于柏枫. 工业4.0将如何指引中国船舶设计业的发展[J]. *科技创新导报*, 2015, 12(6): 91, 93.
YU B F. How will Industry 4.0 guide the development of China's ship design industry [J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2015, 12(6): 91, 93.
- [11] 金伟晨. 海工装备技术发展进入新时代[J]. *船舶物资与市场*, 2018(1): 54-55.
JING W C. The development of marine equipment technology entered a new era [J]. *Marine Equipment/Materials & Marketing*, 2018(1): 54-55.
- [12] 刘成良, 林洪振, 李彦明, 等. 农业装备智能控制技术研究现状与发展趋势分析[J]. *农业机械学报*, 2020, 51(1): 1-18.
LIU C L, LIN H Z, LI Y M, et al. Analysis on status and development trend of intelligent control technology for agricultural equipment [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2020, 51(1): 1-18.
- [13] 聂鹏程, 张慧, 耿洪良, 等. 农业物联网技术现状与发展趋势[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2021, 47(2): 135-146.
NIE P C, ZHANG H, GENG H L, et al. Current situation and development trend of agricultural Internet of Things technology [J]. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 2021, 47(2): 135-146.
- [14] 杨雅萍, 姜侯, 胡云锋, 等. “互联网+”农产品质量安全追溯发展研究[J]. *中国工程科学*, 2020, 22(4): 58-64.
YANG Y P, JIANG H, HU Y F, et al. Development of quality and safety traceability of agricultural products based on Internet Plus [J]. *Strategic Study of CAE*, 2020, 22(4): 58-64.
- [15] 崔凯, 冯献. 面向农业4.0的智能农机装备应用逻辑、

- 实践场景与推广建议[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(4): 578-586.
- CUI K, FENG X. The application logic, practice scenarios, and promotion suggestions of intelligent agricultural machinery equipment towards agriculture 4.0 [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2022, 43(4): 578-586.
- [16] 戴晋, 车芳芳, 李家宁, 等. 人工智能与“农业4.0”[J]. 现代农业科技, 2018(4): 284-285.
- DAI J, CHE F F, LI J N, et al. Artificial intelligence and "Agriculture 4.0" [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2018(4): 284-285.
- [17] 李道亮. 农业4.0——即将到来的智能农业时代[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 207-214.
- LI D L. Agriculture 4.0, the approaching age of intelligent agriculture [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 207-214.
- [18] 李朋来. 向农业4.0时代迈进中的我国精准农业发展制度供给研究[J]. 科学管理研究, 2020, 38(1): 119-124.
- LI P L. Research on the system supply of precision agriculture development in China in the era of 4.0 [J]. *Scientific Management Research*, 2020, 38(1): 119-124.
- [19] 谭舒怡. 农业4.0背景下我国农产品产销困境与对策研究[J]. 现代营销(下旬刊), 2021(1): 81-83.
- TAN S Y. Research on the dilemma and countermeasures of production and marketing of agricultural products in China under the background of agriculture 4.0 [J]. *Marketing Management Review*, 2021(1): 81-83.
- [20] FIS. Technologies 4.0 can help increase fishing efficiency and sustainability [EB/OL]. (2019-02-08). <https://seafood.media/fis/techno/newtechno.asp?l=e&id=101472>.
- [21] HASSOUN A, CROPOTOVA J, TROLLMAN H, et al. Use of industry 4.0 technologies to reduce and valorize seafood waste and by-products: a narrative review on current knowledge [J]. *Current Research in Food Science*, 2023, 6: 100505.
- [22] HASSOUN A, SIDDIQUI S A, SMAOUI S, et al. Seafood processing, preservation, and analytical techniques in the age of Industry 4.0 [J]. *Applied Sciences*, 2022, 12(3): 1703.
- [23] 陈新军. 我国远洋渔业高质量发展的思考[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(3): 605-611.
- CHEN X J. Reflections and suggestions on high-quality development of distant-water fisheries in China [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2022, 31(3): 605-611.
- [24] 王志勇, 徐志强, 谌志新. 我国远洋渔业装备技术现状及研究进展[J]. 船舶工程, 2022, 44(4): 49-53.
- WANG Z Y, XU Z Q, SHEN Z X. Technical status and research progress of pelagic fishery equipment in China [J]. *Ship Engineering*, 2022, 44(4): 49-53.
- [25] 陈新军, 唐议, 钱卫国, 等. 社会化开放式培养远洋渔业人才模式的研究与实践[J]. 高等农业教育, 2018(2): 45-48.
- CHEN X J, TANG Y, QIAN W G, et al. Research and practice on training distant-water fisheries talent under social opening condition [J]. *Higher Agricultural Education*, 2018(2): 45-48.
- [26] 宋利明, 许柳雄, 沙锋, 等. “订单式”培养远洋渔业紧缺人才的实践与思考[J]. 浙江海洋学院学报(人文科学版), 2015, 32(3): 32-35.
- SONG L M, XU L X, SHA F, et al. Practice and thoughts on "order-orientated training program" for talents shortage in distant-water fisheries [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Humanities Science)*, 2015, 32(3): 32-35.
- [27] 罗茵. 中国水产养殖已进入4.0时代[J]. 海洋与渔业, 2019(7): 28-29.
- LUO Y. China's aquaculture has entered the 4.0 era [J]. *Ocean and Fishery*, 2019(7): 28-29.
- [28] 杨林林. 4.0技术可以帮助提高渔业捕捞效率和可持续性[J]. 渔业信息与战略, 2019, 34(2): 147.
- YANG L L. Technologies 4.0 can help increase fishing efficiency and sustainability [J]. *Fishery Information & Strategy*, 2019, 34(2): 147.
- [29] 王文彬. 培养工业4.0时代未来新型渔民的对策与建议[J]. 渔业致富指南, 2018(1): 13-16.
- WANG W B. Countermeasures and suggestions for training new fishermen in the era of Industry 4.0 [J]. *Fishery Guide to be Rich*, 2018(1): 13-16.
- [30] 周文英, 史文崇. 机器学习在渔业研究中的应用进展与展望[J]. 渔业研究, 2022, 44(4): 407-414.
- ZHOU W Y, SHI W C. Application progress and prospect of machine learning applied to fishery research [J]. *Journal of Fisheries Research*, 2022, 44(4): 407-414.
- [31] 岳冬冬, 方辉, 樊伟, 等. 中国智能渔业发展现状与技术需求探析[J]. 渔业信息与战略, 2019, 34(2): 79-88.
- YUE D D, FANG H, FAN W, et al. On the status and technical demands of intelligent fisheries development in China [J]. *Fishery Information & Strategy*, 2019, 34(2): 79-88.

Suggestions and countermeasures for the development of science and technology in China's distant-water fisheries 4.0

CHEN Xinjun^{1,2,3,4}, ZHANG Zhong^{1,2,3,4}

(1. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Utilization of Oceanic Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: In the wave of Industry 4.0, as a national strategic industry, distant-water fisheries is facing the challenge of transformation. This study aims to explore how to use the concept of Industry 4.0 and technological innovation to promote the high-quality development of distant-water fisheries, ensuring sustainable use of fishery resources and the coordinated development of social economy and Marine ecology. By providing an overview of the development of Industry 4.0, this paper analyzes the current status and existing issues in the technological advancement of China's distant-water fisheries. Subsequently, the concept of distant-water fisheries 4.0 is proposed, and its core characteristics are elaborated. Finally, the countermeasures and suggestions are put forward for the development of distant-water fisheries 4.0 science and technology, and puts forward the technical framework and research content of oceanic squid fishery 4.0 as example. The existing problems were identified, and targeted measures and suggestions were proposed. Research suggests that distant-water fisheries 4.0 aims to deeply optimize distant-water fisheries production processes, enhance the production efficiency of all links of the industrial chain, ensure the quality of aquatic products, rational utilization of fishery resources, realize scientific conservation and management of fishery resources and promote high-quality development of distant-water fisheries by integrating advanced technologies such as information technology, big data, the Internet of Things, and artificial intelligence. To achieve this goal, the study suggests that strengthening investment in scientific and technological innovation and research and development, promoting the construction of information infrastructure, strengthening talent cultivation and international cooperation are needed which are guided by the concept of pelagic fisheries 4.0 in order to promote the transformation and upgrading of China's distant-water fisheries, and promote the construction of new quality productivity of distant-water fishery.

Key words: distant-water fisheries; Industry 4.0; development suggestions and countermeasures; new quality productivity; deep sea economy