



海洋气象学报
Journal of Marine Meteorology
ISSN 2096-3599, CN 37-1512/P

《海洋气象学报》网络首发论文

题目: 我国海洋牧场气象保障现状及发展对策研究
作者: 谭娟, 钱传海, 李霞, 张诗歌, 刘玉娇, 段彭, 杨凡
DOI: 10.19513/j.cnki.hyqxxb.20260113001
收稿日期: 2026-01-13
网络首发日期: 2026-03-27
引用格式: 谭娟, 钱传海, 李霞, 张诗歌, 刘玉娇, 段彭, 杨凡. 我国海洋牧场气象保障现状及发展对策研究[J/OL]. 海洋气象学报.
<https://doi.org/10.19513/j.cnki.hyqxxb.20260113001>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

谭娟,钱传海,李霞,等.我国海洋牧场气象保障现状及发展对策研究[J].海洋气象学报,2026,46(X):XX-XX.

TAN Juan, QIAN Chuanhai, LI Xia, et al. Meteorological support for marine ranching in China: current status and development strategies[J]. Journal of Marine Meteorology, 2026, 46(X): XX-XX. DOI:10.19513/j.cnki.hyqxxb.20260113001. (in Chinese)

我国海洋牧场气象保障现状及发展对策研究

谭娟¹, 钱传海¹, 李霞², 张诗歌¹, 刘玉娇¹, 段彭³, 杨凡⁴

(1.中国气象局气象发展与规划院, 北京 100081; 2.广东省气象台, 广东 广州 510641; 3.湖北省气象工程技术中心, 湖北 武汉 430000; 4.山东省气象服务中心, 山东 济南 250031)

摘要 海洋牧场是渔业生产的新模式, 对我国海洋渔业的转型升级发挥着重要作用。目前我国已建成 169 个国家级海洋牧场示范区, 覆盖渤海、黄海、东海、南海四大海域。我国气象部门已初步构建了海洋牧场气象监测、预报和服务体系, 但在海洋牧场针对性气象精密监测能力、海洋气象精准预报和产品供给能力、海洋牧场气象服务规范及多方协同机制等方面存在不足。本文从加强海洋牧场气象保障能力建设的顶层设计、加强海洋气象观测能力和预报能力建设、拓展海洋牧场气象保障服务场景、建设更广泛的多方协同联动机制、加强海洋牧场气象保障人才及学科建设等角度, 分析提出了对策建议。

关键词 海洋牧场; 蓝色粮仓; 海洋气象监测; 海洋气象预报; 海洋气象保障

中图分类号: F326.4; P732 文献标志码: A 文章编号: 2096-3599 (2026) 00-0000-00

DOI:10.19513/j.cnki.hyqxxb.20260113001

Meteorological support for marine ranching in China: current status and development strategies

TAN Juan¹, QIAN Chuanhai¹, LI Xia², ZHANG Shige¹, LIU Yujiao¹, DUAN Peng³, YANG Fan⁴

(1. *Institute for Development and Programme Design, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*; 2. *Guangdong Meteorological Observatory, Guangzhou 510641, China*; 3. *Hubei Meteorological Engineering Technology Center, Wuhan 430000, China*; 4. *Shandong Meteorological Service Center 250031, China*)

Abstract Marine ranching represents a new model of fishery production and plays a crucial role in the transformation and upgrading of China's marine fisheries. Currently, China has established 169 national-level marine ranching demonstration zones, covering the Bohai Sea, Yellow Sea, East China Sea, and South China Sea. China Meteorological Administration has initially built a meteorological monitoring, forecasting, and service system for marine ranching. However, there are still deficiencies in terms of targeted precision

收稿日期: 2026-01-13; 修回日期: 2026-03-09

基金项目: 中国气象局青年创新团队项目 (CMA2023QN18)

第一作者: 谭娟, 正高级工程师, 57291207@qq.com。

通信作者: 钱传海, 正高级工程师, chqian@cma.gov.cn。

meteorological monitoring capabilities for marine ranching, precise marine meteorological forecasting and product supply capabilities, as well as meteorological service standards and multi-party collaboration mechanisms for marine ranching. From the perspectives of strengthening the top-level design for enhancing meteorological support capabilities in marine ranching, bolstering marine meteorological observation and forecasting capabilities, expanding meteorological support service scenarios for marine ranching, establishing broader multi-party collaborative mechanisms, and reinforcing talent development and disciplinary construction for meteorological support in marine ranching, this article analyzes and proposes countermeasures and suggestions.

Keywords marine ranching; blue granary; marine meteorological observation; marine meteorological forecast; marine meteorological support and service.

0 引言

海洋牧场是指基于特定海域海洋生态系统特征,通过生物栖息地养护与优化技术,有机组合增殖与养殖等多种渔业生产要素,形成环境与产业的生态耦合系统^[1-2]。海洋牧场是一种创新型的海洋渔业生产模式,在海洋资源竞争日益激烈和全球气候变化加剧的背景下,海洋牧场作为海洋渔业转型升级的重要载体,已成为我国实施海洋强国战略、构建“蓝色粮仓”的关键抓手,也是落实生态文明建设和发展海洋经济的重要举措。

2023年4月,习近平总书记在广东考察时提出要树立大食物观,既向陆地要食物,也向海洋要食物,耕海牧渔,建设海上牧场和“蓝色粮仓”。2023—2025年连续三年的中央一号文件明确提出要树立大农业观,建设海洋牧场,推动渔业从传统捕捞向现代养殖转型。

我国拥有1.8万公里大陆海岸线和1.4万多公里岛屿海岸线,近300万平方公里管辖海域^[3],海洋资源潜力巨大。海洋牧场建设不仅是渔业生产方式的革命性变革,更是生态、经济、社会效益的多赢选择。通过政策引导、科技创新与产业融合,海洋牧场正成为保障粮食安全、修复海洋生态、推动蓝色经济高质量发展的核心引擎,为全球海洋资源可持续利用贡献“中国方案”。

我国海洋牧场建设虽起步较晚,但在国家政策和技术创新的双重驱动下,近年来实现了跨越式发展。自2015年首批国家级海洋牧场示范区获批以来,我国海洋牧场建设进入快速发展阶段。截至2025年,全国已建成169个国家级海洋牧场示范区^[4-5],形成山东“耕海1号”、广东“澎湖号”等具有国际影响力的示范工程。深远海养殖水体达5660万立方米,年产量47万吨,占全球水产养殖总量的近60%。海洋牧场不仅保障了粮食安全,还创造了显著的经济与生态价值。据测算,截止2023年,国家级海洋牧场示范区年产生直接经济效益940亿元,生态效益达1781亿元,其中固碳19.4万吨、消氮1.7万吨,生态服务功能显著^[6]。

海洋既是海洋牧场开发利用的核心资源空间,也是台风、海浪、风暴潮及赤潮等气象海洋灾害的孕育和发生地。台风、风暴潮等拥有巨大的破坏力,可以直接摧毁深水网箱、海上平台、养殖工船、堤坝等基础设施,导致重大经济损失。2025年10月5日,第21号台风“麦德姆”以强台风级别在广东省湛江市徐闻县沿海登陆,登陆时中心附近最大风力达14级(42米/秒),阵风甚至达到17级(56.9米/秒)。“麦德姆”给广东、

广西、海南三地沿海的海洋牧场造成毁灭性打击，成为近年来南方海域因台风导致的最严重海洋灾害之一，也引发社会对海洋牧场抗灾能力的关注。另外，海冰或极端低温会阻断水体氧气交换，造成养殖鱼类或海参等缺氧窒息而死亡，或导致水产动物代谢速率降低，生长周期延长。2023 年 12 月下旬至 2024 年 1 月上旬，强寒潮叠加持续低温，我国辽东湾海域进入严重冰期，浮冰外缘离岸最大距离达 52 海里。盘锦海洋牧场近 2.1 万亩海参养殖池受灾，海参死亡率达 60%-85%，1800 余养殖筏架损毁，经济损失达 8.76 亿元。

近年来，国家级和省级气象部门在开展海洋牧场气象保障方面进行了有益实践，取得较好成效。2024 年 9 月，中国气象局发布《海洋牧场气象服务指南（试行）》，规范了海洋牧场气象灾害监测、灾害风险预警及灾害影响评估、气象指数保险等服务流程，促进服务标准化^[7]。广东省湛江市建立的“岸港岛海联动、海陆空天协同”海洋综合气象监测体系，将海洋气象灾害预报空间分辨率精细至 10 公里，并通过智慧气象服务平台实施“一企一策”服务，显著提升了深远海养殖的抗灾能力。此外，广西防城港市创新推出气象指数保险，通过量化海洋气象灾害等级实现快速理赔，为水产养殖提供风险兜底^[8]。

随着海洋牧场向智能化、产业化、融合化方向演进，其作业区域由近海逐渐向深远海拓展，海洋牧场价值链实现和风险管控给气象服务提出了更高要求。气象部门应紧跟新兴产业发展趋势，加强海洋牧场气象服务能力现代化建设，助力进一步发展和释放“蓝色经济”潜力。本文将聚焦我国海洋牧场建设发展趋势和服务需求，分析海洋牧场气象服务业务现状及存在的问题，提出加强海洋牧场气象服务能力建设的对策建议，以高质量气象服务助力海洋牧场高质量发展。

1 国内外海洋牧场发展现状

海洋牧场理念起源于发达国家在海洋渔业领域开展的人工鱼礁建设和增殖放流活动，其主要目的在于恢复、维持或增加具有经济价值渔业资源的捕捞量^[9]。海洋牧场的定义在不同文献中虽略有差异，但普遍包括以下要素：规模化设施与系统化管理、资源增殖与生态修复、多功能融合等^[10-12]。世界各国高度重视海洋资源的保护和养护，致力于海洋牧场的研究、开发和应用，实现渔业资源增殖和生态环境保护。

1.1 国际海洋牧场发展现状

美国海洋牧场建设始于 1935 年新泽西州梅角海域的全球首座人工鱼礁，并于 1951 年在佛罗里达州等开展了人工鱼礁建设规模化试验，促进了垂钓业和捕捞业的发展，提高了渔业资源量。20 世纪后期美国海洋牧场建设转向生态化方向发展，同时，还通过《国家人工鱼礁计划》（1985 年）推动技术标准化，截至 2000 年建成人工鱼礁区超 2400 处，近年注重结合遥感监测和生态评估技术实现海洋牧场的优化管理^[9,13]。

日本于 1971 年正式提出海洋牧场构想，并在 1973 年冲绳国际海洋博览会上明确其生态管理目标。1983 年，九州岛大分县佐伯湾建成世界首个无网海洋牧场，通过声音驯化技术控制鱼群摄食行为，实现鱼类在开放海域的规模化养殖。日本还通过人工鱼礁和增殖放流修复渔业资源，截至 2017 年，日本近岸 12% 的渔业海域设置了人工鱼礁区，投放礁体空方量达 5396 万立方米，日本人工鱼礁正在向材料现代化、组合构件标准化、形式多样化、规模大型化的方向发展^[9,13]。

韩国自 1994 年启动海洋牧场可行性研究，1998 年正式实施“海洋牧场计划”，通过牧场的利用和管理，实现海洋渔业资源的可持续增长和利用极大化。2008 年修订《水产资源管理法》，明确海洋牧场的定义和管理框架，强调国家主导投资（占比超 90%）与民间资本结合^[14]。此外，韩国通过“海洋植树节”提升公众生态意识，开发垂钓、潜水等休闲项目促进利益共享。截至 2018 年，韩国已建成 7689 公顷海藻场，显著提升生物多样性。

1.2 我国海洋牧场发展现状

20 世纪 70 年代末，我国在广西钦州沿海投放首批试验性人工鱼礁，开启了海洋牧场建设的探索之路^[15]。近年来，随着国家对海洋资源保护与可持续利用的重视，海洋牧场建设被纳入国家战略，政策支持力度持续加大，通过政策引导、资金支持、科技创新等多维度举措推动其高质量发展。2017 年，农业部（现农业农村部）印发了《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017—2025 年）》，其核心目标是发挥国家级海洋牧场示范区的引领作用，推动海洋渔业转型和海洋生态文明建设。该规划旨在构建“一带三区”（沿海一带，黄渤海区、东海区、南海区）海洋牧场新格局，并明确设定了到 2025 年在全国创建 178 个国家级海洋牧场示范区的具体目标。2024 年，农业农村部进一步启动“十五五”示范区建设规划编制，强调科学统筹海域资源与生态承载力，优化功能分区，推动海域资源高效利用。截至 2025 年，沿海各省在政策支持、技术创新和产业协同方面取得显著成效，已初步形成“南北联动、多元发展”格局，全国已建成 169 个国家级海洋牧场示范区，覆盖渤海、黄海、东海、南海四大海域。辽宁是我国在北方海域开展海洋牧场示范建设的重要省份。2016 年以来，辽宁省已成功创建国家级海洋牧场 44 个，示范面积达 3 万公顷，累计投放人工鱼礁 167.8 万空方。效果评估显示，国家级海洋牧场示范区渔业资源恢复效果良好，鱼种数量增加 1.5 倍以上，渔业资源量增加 2 倍以上，对海洋生态环境修复、渔业转方式调结构等做起到了推动作用。山东作为我国海洋牧场建设的标杆省份，已累计创建国家级海洋牧场 72 处，数量和规模均居全国首位。通过集成深远海智慧渔场装备（如“深蓝”“国信”系列），山东探索出高效养殖新模式，“耕海 1 号”综合体集成 5G 监控、AI 投饵等技术，年接待游客超 200 万人次，带动渔旅融合产值达 190 亿元。同时，山东推动“渔旅融合”，打造“渔夫垂钓”等休闲渔业品牌，休闲渔业产值连续 7 年全国第一。广东发布《现代化海洋牧场标准体系规划（2025—2035 年）》，明确涵盖育种、养殖、加工、防灾等 15 个环节的技术标准，分阶段推进全产业链建设。通过政策引导（如“百县千镇万村高质量发展工程”）和资金支持，广东重点发展“粤海粮仓”，强化种业创新与品牌建设，目标成为我国南部海域海洋牧场技术标杆。海南依托热带海域优势，建成全国首个热带海洋牧场，集成珊瑚礁修复、热带鱼类驯化技术。海南乐东龙栖湾智慧海洋牧场是典型代表，其半潜式养殖平台“普盛海洋牧场 1 号”和“3 号”已投产，2023 年产出渔获 300 万斤，产值 9000 万元，并入选国家级示范区。

1.3 海洋牧场与海洋相关产业融合发展成为新趋势

我国海洋牧场正加速构建“渔业+能源+文旅”三位一体的立体开发模式，通过海洋牧场、海上光伏、海上风电与海上观光的深度融合，形成“蓝色粮仓+绿色能源+生态旅游”协同发展新格局^[16]。

海洋牧场与海上风电融合发展可以共享海上空间资源、协同设计、建设和运维，降低两者单独开发的设计、建造及运维成本，提高综合开发整体收益。海上风电场供电系统可为海洋牧场养殖就近提供电力，海上风电场通信系统可为海洋牧场提供远程监测、自动控制等智能化功能，海上风电场的结构设施可以为海洋牧场提供安全遮蔽支持^[17-19]。我国在山东、广东等地率先探索海上风电与海洋牧场的空间融合。例如，在山东莱州湾建成全国首个“海上风电+海洋牧场”项目，其装机容量 304 兆瓦，全年上网电量突破 10 亿千瓦时，每年可减少二氧化碳排放 78 万吨。在广东阳江海域，采用“导管架+网衣融合”技术，光伏板为养殖鱼类提供遮阳层，降低水温波动，使金鲳鱼养殖周期缩短 15%，肉质提升 30%。同时，光伏板通过海水冷却提升发电效率 10%以上，实现“水上发电、水下养殖”的立体用海。海南东方 CZ9 海上风电项目融合海洋牧场与海上观光，配套建设珊瑚礁生态修复区，年接待游客超 30 万人次。山东青岛深远海项目将风机基础改造为垂钓平台，推出“海上风电+深海养殖+海钓体验”组合产品，带动周边渔民转产增收 40%。浙江舟山“红树林-养殖区”复合模式结合海洋牧场与研学旅游，开发潮间带生态观察、贝类采捕等体验项目，年营收突破 8000 万元。

我国海洋牧场建设虽起步晚于美国、日本等国家，但通过政策扶持、技术创新和产业融合，已在规模、效率与可持续性上实现突破，为全球海洋资源开发提供了“中国方案”。未来，随着技术迭代和产业链延伸，“蓝色粮仓”将进一步丰富大国“饭碗”，助力海洋经济高质量发展。

2 海洋牧场气象保障服务现状及挑战

气象服务贯穿于海洋牧场选址规划、生产管理、灾害防御及产业融合等全链条。精准的气象预报预警为海洋牧场作业人员及时撤离、设施加固或转移、养殖品抢收等提供了关键的“窗口期”，避免了人员伤亡和巨大财产损失。美国依托国家海洋和大气管理局（NOAA）构建多维度保障体系，通过“气候与渔业适应计划（CAFA）”整合气候数据与渔业管理，利用 CCSRA（美国西海岸，10 km 分辨率）、GLORYS（全球，8 km 分辨率）等再分析产品，提供 1980 年以来海表温度、上升流指数等关键要素数据，支撑鱼类分布与资源评估建模。借助 AI 技术，通过卫星（AIS/VMS、SAR、夜间灯光）、近岸摄像头等监测渔船活动，结合机器学习识别非法捕鱼，还开发 NextOcean 等服务，为海洋牧场提供养殖区风险评估、结构监测，保障生产安全与资源可持续。韩国作为水产养殖大国，正式实施“海洋牧场计划”以来，由气象厅与海洋水产部联合推进气象保障服务。建立沿岸气象站与浮标观测系统，提供潮汐、海流等精准预报，服务海带、牡蛎等牧场生产。开发暴雨、风暴潮等灾害预警系统，保障海洋牧场养殖安全与收获安排，推进气象数据与养殖管理平台整合，提升智能化管理水平。因此，气象保障是海洋牧场健康、安全和可持续发展不可或缺的科技支撑。

2.1 海洋牧场气象保障服务现状

海洋牧场气象监测能力方面。近年来，气象部门不断加强海洋气象监测能力建设，特别是随着海洋气象综合保障一期和二期工程项目的实施^[20]，逐步建立了以沿岸海域为主的海洋气象观测系统，增建或更新了近海岛礁、石油平台及浮标、船舶等自动气象站，提升了我国沿岸及近海海域风、温、压、湿等常规气象要素及灾害性天气的监测能力^[21]。据统计，我国现有 799 个沿海自动气象站以及 533 个海岛、39 个浮标站、65 个海上平台、32 个船舶自动气象站。此外，还建有 17 个气象观测塔、39 个沿海风廓线仪、63 个能见度观测站等^[22]。同时，结合卫星遥感和人工智能技术，提升了海冰、海雾监测预警能力（图 1）。沿海省市气象部门与地方相关部门合作，积极拓展海洋环境观测能力。如山东省气象局与省海洋、渔业等部门加强合作，联合建设海洋牧场气象观测站（图 2），与常规海洋气象观测站点互为补充，将观测范围延伸至离岸 10 海里，基本覆盖海洋牧场作业区域，观测要素拓展至海水温度、盐度、溶解氧、叶绿素、pH 值、浊度、海流、海浪等海洋环境要素。大连市气象局在大连各大海洋牧场增建 14 套气象水文监测设备，每 5 分钟采集气温、海温（浅层海温、中层海温、深层海温）、溶氧量、盐分等数据，不断丰富海洋牧场特色气象观测网。

海洋牧场气象预报预警能力方面。海洋气象数值预报是海洋牧场气象保障的核心技术支撑，我国已建成自主可控的从全球到区域、从确定性到集合预报、从通用模式到专项模式的数值预报体系。全球海洋气象预报模式水平分辨率达 12.5 km，预报可用天数超过 8 天，全球集合预报水平分辨率 50 km，中国区域模式水平分辨率 3 km，区域中尺度集合预报水平分辨率 10 km，初步实现海雾、海上污染物扩散等数值预报能力。国家级和省级气象业务部门持续开展近海强对流、海上大风、海雾等灾害性天气预报方法研究和应用^[23-24]，不断改进和优化海面风、浪、能见度等海洋气象智能网格预报^[25-29]，为海洋牧场气象服务奠定了很好基础。

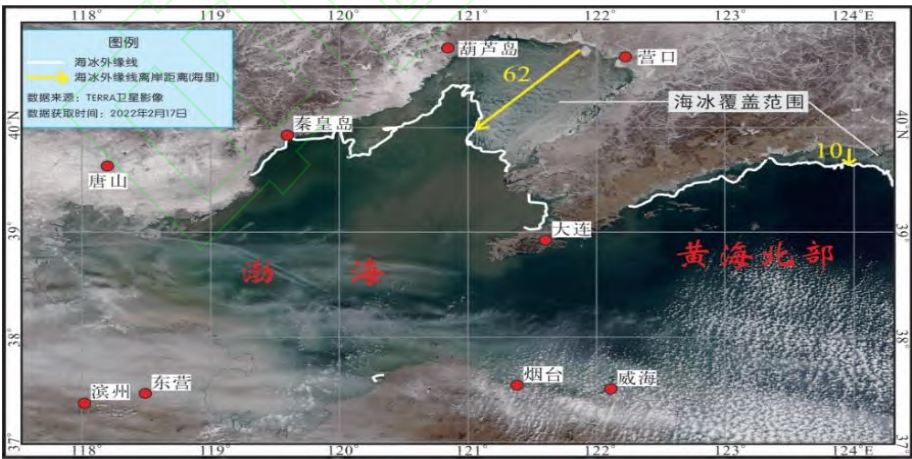


图 1 基于卫星的渤海及黄海北部海冰监测

Fig.1 Satellite-based sea ice monitoring in the Bohai Sea and the northern Yellow Sea

海洋牧场气象服务能力方面。中国气象局积极谋划海洋牧场气象服务，于 2024 年与农业农村部联合认

定 3 个国家级海洋牧场气象服务中心，组织召开全国海洋牧场气象服务技术交流会，编制了《海洋牧场气象服务指南（试行）》。同时，依托海洋气象综合保障一期和二期工程，建设了海洋气象信息传真系统以及对山东石岛、浙江舟山、广东茂名海洋广播电台进行了升级改造，丰富了海洋气象信息发布手段，极大提升了海洋气象预警信息发布能力^[21]。沿海各省气象部门也陆续积极布局开展海洋牧场气象服务，取得一定成效。

作为我国北方海洋牧场气象服务中心承担单位之一，山东省气象局研究制定了《海洋牧场气象风险预警发布标准》及《海洋牧场气象服务规范》，自 2021 年 4 月起制作发布海洋牧场气象灾害风险预警服务产品；与渔业部门开展联合研究，制定了海带、扇贝、对虾、海参四种海产品的养殖气象服务指标。辽宁省气象局是我国北方海洋牧场气象服务中心另一个主体单位，与省农业农村厅联合成立了北方海洋牧场特色农业气象服务工作协调委员会，确定了成员单位和职责分工；研发了多源遥感监测辽东湾海冰技术，积极探索基于卫星遥感、无人机等技术的海洋牧场生态气象观测服务能力。大连市气象局与市海洋和渔业部门、高校、渔业龙头企业等联合开展研究，建立海参、海胆、牡蛎、虾夷扇贝等海产品养殖气象风险指标库，研发了基于影响和风险的海洋牧场精细化气象服务产品，实现基于实况监测信息的近海养殖区的动态告警，为海洋牧场气象防灾减灾工作提供科学支撑。

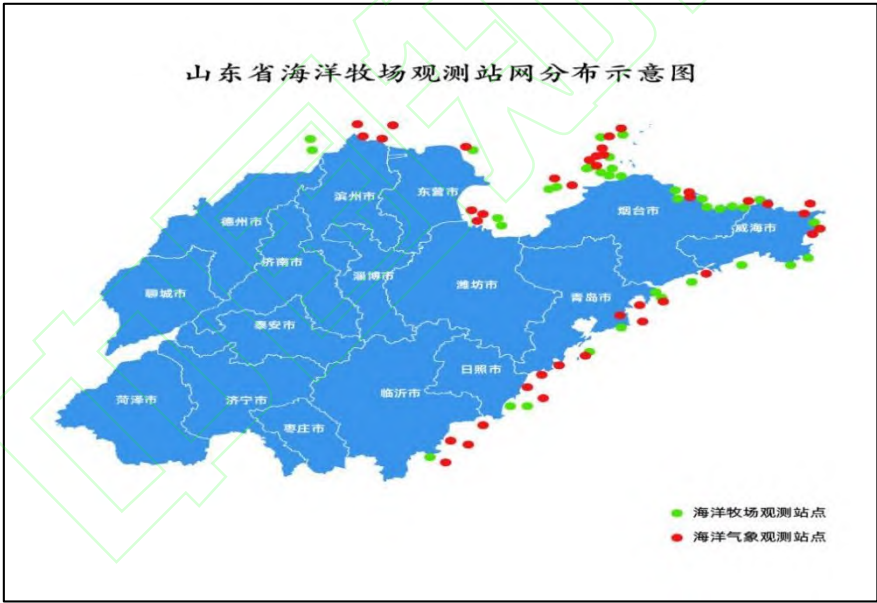


图 2 山东省海洋牧场观测站网分布示意图

Fig.2 Distribution map of marine ranch observation network in Shandong

南方海洋牧场气象服务中心涵盖广东、海南、广西、福建及浙江 5 省。作为南方海洋牧场气象服务中心的牵头单位，广东省气象局将气象服务主动融入地方海洋牧场建设规划，将气象指数保险、监测预警服务等列入《广东省现代化海洋牧场建设实施方案》。针对南方海域台风灾害频发特点，深入开展海洋牧场灾前灾后调研，摸清灾害天气对海洋养殖、牧场安全等方面的影响和气象服务需求，了解不同养殖品种在气象灾害，特别是台风、强风等灾害天气影响下的脆弱性（表 1）。通过调研，形成了海洋牧场气象服务需求清单、能

力清单、技术清单、产品清单及案例清单等“五清单”，进而形成“清单化”工作推进机制，有力促进了海洋牧场气象服务能力提升。

表 1 南方海域主要海产品不同生长期及海洋牧场不同工作场景气象灾害

Table 1 Meteorological disasters in different Growth Stages of Major Marine products and different working scenarios of marine ranching in southern coastal waters

生长期/养殖作业	气象灾害名称	其他灾害	时间（季节）
育种期	寒潮	无	12月—次年2月
种苗期	寒潮、暴雨	无	12月—次年4月
幼苗期	低温阴雨、高温热浪、暴雨	赤潮、海浪	2月—5月
成长期	高温热浪、暴雨、台风	赤潮、海浪	5月—次年2月
换网	高温热浪、海上强风、暴雨、雷电、台风	海浪	4月—次年2月
筛鱼	高温热浪、海上强风、暴雨、雷电、台风	海浪	4月—6月
投料	高温热浪、海上强风、暴雨、雷电、台风	海浪	4月—次年2月
捕捞	高温热浪、海上强风、暴雨、雷电、台风	海浪	8月—次年2月

2.2 海洋牧场气象保障服务存在的问题

海洋牧场气象服务为当地政府、企业等部门防灾减灾、增产增效和趋利避害提供了科技支撑。如 2024 年台风“泰利”登陆广东湛江时，据调研，及时响应台风预警并采取防范措施的养殖企业损失仅约 100 万元，未响应/未采取预警措施的企业损失高达 3200 万元，凸显气象保障服务的价值和重要性。福建气象部门联合保险公司研发海洋牧场台风大风指数保险新方案，引入保险理赔触发机制创新保险产品的设计，水产养殖“台风指数保险”规模创历史新高，将基差风险（指保险人实际经济损失与保险赔付金额之间的差别）从 80%降到了 31% [30]。近年来，我国海洋牧场气象服务确实取得了较大进步，但综合来看，在海洋牧场针对性观测、海洋气象监测分析和预警产品供给、多部门协同方面等还存在一些问题，主要表现在以下方面：

一是海洋气象精密观测能力存在短板。相比于传统渔业，海洋牧场是一种高效率、高价值、高风险的渔业生产新模式，对精密气象监测提出了更高的要求。虽然近年来我国增建或更新了一些海岛、浮标及石油平台等自动气象站，但整体而言，上述观测站主要集中在沿岸或近海海域，且平均站间距大于 50 公里，而深远海的观测盲区更大，不能满足海洋牧场精密监测需求。另外，常规气象服务多聚焦海面风、能见度、气温、湿度等海表面以上气象要素，海洋牧场气象服务需将观测视角向海表面以下延伸，获取不同深度海温、盐度、洋流及 pH 值、溶氧度等数据，这些海洋水文水质观测数据以前是气象部门的观测空白。虽然与其他部门合作共建了一些海洋水体环境观测站，但站网密度仍然较低，且尚未建立气象与海洋水文协同观测机制和规范。

二是海洋气象精准预报能力有欠缺。数值天气预报是开展海洋灾害性天气预报预警和海洋牧场气象服务最重要的技术支撑。虽然我国已建立较为完整的数值天气预报体系，但模式时空分辨率尚无法满足海洋牧场

精细气象服务需求。另外，我国天气预报模式多聚焦于大气模式，与海、浪、冰等多圈层耦合技术的成熟度相对较低，耦合模式的稳定性和准确性存在一定不足。我国东南沿海多台风活动，从防灾减灾角度而言，气象部门往往关注台风登陆前后在陆地区域的狂风、暴雨、沿岸风暴潮及可能引发的次生灾害预报预警。但海洋牧场作为特殊受灾体，对气象服务提出了差异化服务需求，除关注台风登陆后的陆地影响外，还需要强化台风在海上活动期间的暴雨预报，特别是河口或浅海等区域，强降雨带来的淡水输入使海水盐度骤降，会导致一些对盐度变化敏感的狭盐性生物（如海参、石斑鱼等）因渗透压调节机制失衡而死亡。常规天气预报服务并不太关注海水温度，其实海温对海洋生物至关重要，海洋热浪导致水温急剧升高，超出养殖生物的耐受范围，引发大量死亡。同时，高温会加速海洋生物代谢率，增加氧气需求，但溶解氧含量下降，导致缺氧。而低温或冷流会降低海洋生物代谢率，影响生长速度与繁殖能力，延长养殖周期。上述业务“盲区”或技术短板制约了海洋牧场精细服务能力。

三是海洋牧场精细气象服务规范尚待建立。相对于常规海洋灾害性天气预报预警，海洋牧场气象服务是一个既熟悉而又新鲜的领域。虽然中国气象局成立了南、北国家级海洋牧场气象服务中心，开展了气象服务尝试，但多是“摸着石头过河”，还缺乏海洋牧场气象服务相关标准和规范。海洋牧场养殖品种丰富，且不同品种对气象和生态环境的需求与耐受范围差异巨大。海洋牧场的生产涵盖从苗种培育、喂食、采收到加工流通等多个环节，每个环节都与气象条件紧密相关。目前还没有建立基于海洋牧场养殖品种、生产工序等的气象服务业务规范，也缺少海洋牧场气象服务频次、数据格式及传输标准体系等。另外，近年来海洋牧场呈现与光伏、风电、旅游等产业融合发展的特点，尚需建立多产业差异化气象预报预警服务体系。

四是多方协同机制尚待完善。加强海洋牧场气象保障的多方协同机制建设，是提升气象服务能力、降低养殖风险、推动海洋牧场高质量发展的关键。海洋牧场气象服务中心集成了国家、省、市三级气象部门业务资源，并联合农业、海洋渔业、科研机构及高校等多方力量，初步构建了海洋气象保障多方协同机制。但这种机制还存在一些薄弱环节，气象部门海洋观测站点稀疏，如何建立跨部门（气象、海事、自然资源、渔业等）的资料共享机制，或如何在养殖平台或养殖工船上建设气象及海洋水文观测设施，从而弥补观测资料不足的问题；海洋观测环境恶劣，观测站址远离岸边，观测设备巡检及维护成本高，如何建立多部门高效协同运维机制显得非常重要；另外，海洋牧场气象服务效益评估、海洋牧场“气象+金融”保险指数产品研发等亦需相关行业的信息反馈和共同参与。

3 提升海洋牧场气象保障能力建设的对策建议

3.1 加强海洋牧场气象保障能力建设的顶层设计

海洋牧场建设是促进国家海洋经济发展和海洋生态文明建设的重要举措，已被纳入国家多项战略规划与政策部署中。气象保障作为海洋牧场高质量发展的核心支撑，贯穿海洋牧场规划、建设、运营和管理的全生命周期。应加强海洋牧场气象保障能力建设的顶层设计，将气象保障能力建设融入相关部委和地方政府新一轮海洋牧场建设规划，明确海洋牧场气象保障能力建设主体承担和协同参与单位、建设任务、建设目标和保障措施。进一步完善海洋牧场气象服务业务布局、技术体系、标准规范等建设，打造海洋牧场气象服务先行示范试点及样板。在“十五五”项目和超长期国债项目中提前谋划海洋牧场气象保障重点建设任务，持续做好海洋牧场气象保障项目储备工作，确保海洋牧场气象服务可持续发展。

3.2 加强海洋气象观测能力建设

海洋气象观测是开展海洋牧场气象保障的基础。一是加强气象部门海洋气象观测能力。依托国家级和省级各类海洋气象工程项目，加强海岛、浮标、石油平台等海洋气象观测站网建设，强化卫星气象遥感产品应用，进一步提升海洋气象感知和监测能力。二是利用社会资源提升海洋气象协同观测能力。联合渔业、海事及养殖企业等，由气象部门提供或推荐符合海洋气象观测业务规范、耐用、低功耗的气象观测设备（如小型自动气象站），在重要渔港、重要码头及桁架式养殖平台、重力式网箱等搭载海洋气象观测设备，或利用养殖工船开展“走航”观测，有效填补海洋气象观测站网空白。三是以需求为导向拓展海洋水文及生态观测能力。除关注气温、降水、风向、风速及大气能见度等气象要素观测外，充分考虑海洋牧场不同养殖品种服务需求，将观测能力由大气向海洋延伸，加强海流、海浪、海水温度、盐度、透明度、pH 值及溶解氧、叶绿素 a、氨氮、赤潮等海洋水文和生态要素观测能力，不断健全海洋牧场观测体系，为海洋牧场气象保障奠定坚实基础。

3.3 提升海洋牧场精准气象预报能力

海洋牧场环境受大气与海洋相互作用的深刻影响，精准的海洋气象预报预警是保障海洋牧场安全生产、优化运营、实现可持续发展的关键。一是加强大气海洋耦合模式的研发和应用。发展区域大气-海洋-海浪耦合模式，优化模式物理过程，升级数据同化系统，将海岛、浮标、石油平台等自动站、卫星遥感及依托养殖平台和养殖工船等各类设施获取的观测数据同化进数值模式，提高模式初始场质量和预报准确率，为海洋气象精细化智能网格预报提供关键支撑。二是加强 AI 技术在海洋气象预报技术方面的研究和应用。发展基于 AI 的模式后处理与偏差校正技术，实现关键气象及海洋敏感要素的智能订正；利用历史多年的气象再分析数据和海洋观测数据，构建面向特定海域或养殖品种端到端的 AI 预报模型，赋能智能预报升级；三是将海洋气象预报由常规天气向海洋水文和生态预报方向拓展。海洋气象预报产品必须从“天气”延伸到“水体”和“生态”，这是实现服务升级、支撑海洋牧场高质量发展的关键。应联合海洋、渔业及生态等部门，基于多部门协同观测资料和大气海洋耦合模式，提升波浪、潮汐、海温、盐度等海洋水文环境要素预报及溶解氧气、

叶绿素 a、赤潮等海洋生态预报水平，构建养殖生物生长与环境关系模型、赤潮预测模型等，全方位提升海洋牧场综合保障能力。

3.4 拓展海洋牧场气象保障服务场景

目前，我国海洋牧场呈现蓬勃发展态势，海洋牧场与海洋相关产业融合发展成为新趋势。气象部门应不断顺应海洋牧场发展新模式和新需求，拓展海洋气象服务新场景和新产品，更好助力海洋牧场高质量发展。一是将气象保障作用向前端拓展。气象部门可以利用其长期、连续的气象海洋观测资料和再分析数据，开展海洋牧场气候可行性论证，深度参与海洋牧场的科学选址与规划布局，帮助企业规避灾害天气/洋流重要影响区域或台风“走廊”；利用海气耦合模式，模拟牧场运营产生的残饵、粪便等污染物的扩散路径和范围，帮助企业合理布局养殖区、增殖区和休闲旅游区等，助力海洋牧场实现从“靠天吃饭”到“知天而作”的跨越。二是拓展针对养殖品种和生产环节的预报产品。与海洋渔业部门、龙头企业等联合开展研究，建立海参、海胆、牡蛎、虾夷扇贝等海产品养殖气象风险指标库，研发基于影响和风险的海洋牧场精细化气象服务产品，在恶劣天气来临前，指导企业采取增氧、调节水质、减饲或停食等措施；结合海洋牧场生产、作业活动，如底播、采收、运输、加工等不同环节提供专项服务，设定基于不同作业流程的气象风险阈值。三是拓展海洋牧场气象金融服务。台风、高温及冰冻等自然灾害往往给海洋养殖造成重大损失，将气象服务与金融工具结合，是分散风险的有效手段，将不确定的天灾转化为确定的金融产品，能极大增强海洋牧场发展的韧性和底气。浙江、福建、广东等沿海省份在“气象+金融”服务方面已开展了有益探索，取得了较好社会和经济效益。应鼓励气象与金融保险机构深度合作，开发并优化海洋牧场气象保险指数、气象金融交易（海洋牧场天气指数期货、巨灾债券、天气衍生品）等服务，为“蓝色粮仓”的丰产丰收构筑坚实的防护网。

3.5 建设更广泛的多方协同联动机制

加强海洋牧场气象保障的多方协同联动机制建设，持续推动跨部门、跨地区、跨领域的深度合作，共同为海洋牧场高质量发展保驾护航。一是强化海洋气象灾害应急联动机制建设。各级气象、渔业渔政、海事等部门需建立常态化的灾害应急协同联动机制，在重大海洋气象灾害性天气来临前，进行联合研判与会商，共同发布灾害预警及应急响应指引，确保预警信息能通过多种渠道（如北斗船载终端、渔港“大喇叭”、手机 APP 等）快速精准地传递到每一用户。二是建立跨部门数据共享机制。我国涉海观测部门众多，如气象、海洋、海事、渔业、交通运输、生态环境、应急管理及相关企业等，各部门观测数据标准不统一、共享意愿低等问题由来已久。应由政府主导成立包括涉海部门和企业的高层级协调领导小组，审/制定海洋观测资料共享机制的战略规划、政策法规、管理办法等，破解“数据壁垒”，将分散的“部门数据”整合成强大的服务国家“蓝色粮仓”战略的“数据资产”。三是强化多部门协同观测机制建设。多部门协同观测是弥补海洋观测盲区、优化资源配置、构建海洋“安全共同体”的有效途径。气象、海洋、海事、渔业等部门可发挥行业管理优势，联合制定

相关政策和标准规范,鼓励和协调所属部门船舶、平台等参与海洋气象观测,并纳入部门/企业安全生产或绿色发展的考核加分项,激发协同观测积极性。同时,建立海洋气象观测设备协同运维机制,提升观测设备巡检运维效率,破解涉海观测设备“重建设、轻运维”难题。

3.6 加强海洋牧场气象保障人才及学科建设

海洋牧场气象服务涉及气象、海洋、海事、生态、养殖等众多领域,应加强跨专业复合型人才队伍建设,促进气象部门内外业务单位、科研院所、高校及社会力量等交流互动,联合成立海洋牧场气象保障创新团队,围绕海洋牧场气象保障核心技术展开攻关,为一线业务提供关键科技支撑。鼓励高校设立海洋牧场气象保障相关的跨学科专业,如气象与海洋养殖学、气象与海洋生态学等交叉专业。联合海洋气象业务单位、高校及企业等,成立跨学科合作平台和实习基地,为学生提供实践机会,培养其跨学科思维和解决实际问题的能力,夯实人才培养基础。定期开展海洋气象新技术、新方法等业务培训和继续教育,更新从业人员知识结构,提升其业务素养和综合服务能力。

参考文献:

- [1]. 章守玉,周息杰,王凯,等.蓝色增长背景下的海洋生物生态城市化设想与海洋牧场建设关键技术研究综述[J]. 水产学报,2019,43(1):81-96.
- [2]. 王建惠,赵万里.我国海洋牧场高质量发展管理机制研究[J].中国渔业经济,2025,43(2):1-9.
- [3]. 国务院.《中国海洋事业的发展》白皮书[Z].北京:国务院新闻办公室,1998.
- [4]. 国务院.《“十四五”海洋经济发展规划》[Z].北京:国务院,2021.
- [5]. 易卫华,李思阳.我国海洋牧场发展现状及典型模式研究[J].中国渔业经济, 2024, 42(4):51-60.
- [6]. 国务院.《中国的海洋生态环境保护》白皮书[Z].北京:国务院新闻办公室,2024.
- [7]. 中国气象局.《海洋牧场气象服务指南(试行)》[Z].2024.
- [8]. 广西防城港市人民政府. 走进国家海洋牧场调研金鲳鱼养殖气象服务需求, <https://www.fcgs.gov.cn/qxj/dtxx/t16386703.shtml>.
- [9]. 茹小尚,邓贝妮,冯其明,等.中外海洋牧场建设之比较[J]水产学报,2023,47(11):97-106.
- [10]. 王旭,张敏学.中国海洋牧场建设:战略意涵、风险挑战、发展路径[J].太平洋学报,2024, 32(12): 67-80.
- [11]. 阙华勇,陈勇,张秀梅,等.现代海洋牧场建设的现状及发展对策[J].中国工程科学,2016,18(3):79-84.
- [12]. 陈丕茂,舒黎明,袁华荣,等.国内外海洋牧场发展历程与定义分类概述[J].水产学报,2019,43(9):1851-1869.
- [13]. 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.
- [14]. 崔凤,高畅.韩国海洋牧场立法经验及对中国的启示[J].中国渔业经济,2023,41(06):33-40.

- [15]. 李忠义,林群,李娇,等.中国海洋牧场研究现状与发展[J].水产学报,2019,43(9):1870-1880.
- [16]. 宋昱瑾,田涛,杨军,等.海洋牧场背景下的休闲渔业旅游发展模式研究[J].海洋开发与管理,2022,39(01),110-116.
- [17]. 孙利元,管剑峰, 杨剑,等.现代化海洋牧场建设的山东经验[J].中国水产,2024(06):71-73.
- [18]. 林旻,田会元,孙秋菊,等.国内外风渔融合模式现状、挑战及我国发展趋势展望[J].海洋渔业,2025,47(5):690-702.
- [19]. 吴迪,任重进,韩荣贵,等.海上风电与海洋牧场融合发展现状与实践探索[J].中国渔业经济,2023,41(3):78-84.
- [20]. 国家发展改革委 中国气象局 国家海洋局.《海洋气象发展规划(2016—2025年)》[Z].国家发展改革委 中国气象局 国家海洋局,2016.
- [21]. 冷春香,谭娟,钱传海,等.我国海洋气象综合保障工程建设成效与高质量发展分析, [J].气象科技进展, 2024, 14(03): 20-29.
- [22]. 中国气象局.海洋气象综合保障三期工程可行性研究报告.2025.
- [23]. 黄彬,高荣珍,时晓曦. GRAPES-TYM 模式对我国东部近海海雾预报性能评估[J].气象科技,2022,50(6): 783-792.
- [24]. 谷文梁,高山红.黄海近岸海雾的初始场择优集合预报试验:个例研究[J].海洋气象学报,2022,42(3):23-37
- [25]. 胡海川,钱传海,渠鸿宇,等.黄渤海及其邻近地区阵风估测改进[J].应用气象学报,2023,34(6):668-680.
- [26]. 金荣花,曹勇,赵瑞霞,等.中央气象台智能数字天气预报业务的技术进展[J].气象,2025,51(11):1321-1334.
- [27]. 黎梦雅,时晓曦,吴晓京,等.基于卷积神经网络的西北太平洋夜间海雾/低云卫星检测方法研究[J].海洋气象学报,2023,(1):1-11.
- [28]. 陈怡宏, 王贺, 朱建华, 等.Sentinel-1C SAR 海面风速产品精度初步评估与改进[J].海洋气象学报,2026(1):86-94.
- [29]. 吴科娟,张苏平,李昕蓓,等.基于机器学习的西北太平洋海雾预报模型研究[J].海洋气象学报,2025,45(3):18-29.
- [30]. 孙朝锋,黄志刚,黄川容,等.福建省近海养殖台风指数保险特色气象服务.福建气象,2025,2:1-5.