

海上风电与海洋牧场融合发展的现状、挑战与展望

黎 澄, 林继灿*, 孟祥丽

岭南师范学院电子与电气工程学院, 广东 湛江

收稿日期: 2025年9月23日; 录用日期: 2025年11月27日; 发布日期: 2025年12月9日

摘要

随着全球粮食安全和气候变化问题加剧, 在各国积极探寻可持续粮食生产和清洁能源的背景下, 海上风电和海上牧场作为获取绿色能源和绿色粮食的新兴途径, 目前已获得显著成效。伴随着国家对海洋的逐步开发以及在国家海洋战略和清洁能源战略的双重支持下, 融合发展“海上风电 + 海洋牧场”等多重产业协同的新业态, 实现“海上粮仓 + 蓝色能源”模式的立体开发成为新趋势。此模式具有广阔的发展前景, 但目前仍处于探索阶段。本文通过简述海上风电和海洋牧场融合发展的现状, 分析和系统阐述3种融合模式优势与劣势, 探讨发展中可能面临的问题和技术瓶颈, 为后续风渔融合新模式的发展提供参考。

关键词

海上风电, 海洋牧场, 海洋经济, 融合发展, 难题与挑战

Current Status, Challenges, and Prospects of Integrated Development of Offshore Wind Power and Marine Ranching

Ying Li, Jican Lin*, Xiangli Meng

School of Electronic and Electrical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: September 23, 2025; accepted: November 27, 2025; published: December 9, 2025

Abstract

As global food security and climate change issues intensify, and countries actively explore sustainable food production and clean energy, offshore wind power and marine ranches, as new approaches

*通讯作者。

to obtaining green energy and green food, have achieved remarkable results. With the gradual development of the ocean by the state and the dual support of the national ocean strategy and clean energy strategy, the integration and development of new business forms featuring the synergy of multiple industries such as “offshore wind power + marine ranch” and the realization of the three-dimensional development of the “marine granary + blue energy” model have become new trends. This model has broad development prospects but is still in the exploration stage. This paper briefly describes the current situation of the integrated development of offshore wind power and marine ranches, analyzes and systematically expounds the advantages and disadvantages of three integrated development models, explores the possible problems and technological bottlenecks in the development process, and provides references for the subsequent development of new models integrating wind power and fishery.

Keywords

Offshore Wind Power, Marine Ranch, Marine Economy, Integrated Development, Difficulties and Challenges

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球气候变化的问题日益严峻，减少温室气体排放、实现碳达峰及碳中和成为全球共识。我国提出了2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和的目标。在此背景下，具备风能密度高、风速稳定、单机发电量大等优势的海上风电成为目前热门可再生能源发展的着力点。英国、德国、法国、荷兰等欧洲国家均计划于2030年将装机达到30GW；韩国、日本、越南等亚洲国家均计划于2030年将装机量超过25GW。与此同时，国际风电网近期发布《全球海上风能总容量最新报告》显示，截止至目前2025年2月，全球海上风能装机总容量达83.2GW，其中我国海上风电容量占比50%以上，达到41GW，居于全国首位，见图1(a)。其次，在2023年至2025年间，海上风电装机容量新增13.0GW，其中中国新增装机容量为6.9GW，占全球占比54.8%，位居全国第一，如图1(b)所示。

伴随着我国近海域渔业资源严重衰退、海域生态环境日益恶化等问题出现，传统渔业发展方式难以为继。作为拥有约18,000公里海岸线、6000多岛屿和300万公里蓝色国土的海洋大国，我国对于现代海洋牧场寄予厚望，将其作为改善近海生态环境、提高渔业资源可持续发展利用性等方面的新出口，并相继在2017年和2018年中央一号文件中分别强调发展和建设现代化海洋牧场。在2023年“建设现代化海洋牧场”再次被写入中央一号文件，为海洋牧场的建设发展提供了政策支持。根据研究院统计，我国拥有国家级海洋牧场的数量为189个[1]，用海面积超3000km²，位居全球首位，具体各省国家级海洋牧场示范区建设情况如表1所示。

在海洋风电和海洋牧场的迅速发展下，长期单一形式的资源开发利用暴露诸多问题。海上风电单一发展过程中出现与军事、渔业、航运等其他产业“用海打架”困局，资源利用率低、海洋立体开发程度低，海上风电项目审批效率低等问题。海洋牧场同样具备以上问题，其主要集中于资源利用率低，忽视水上与水下立体综合利用率和海洋空间破碎化。在近海资源减少和对绿色粮食及清洁能源需求增加的背景下，深海、远海已成为海上风电和海洋牧场发展的未来趋势。但伴随着海上风电及海洋牧场进一步发展，二者建设成本和运维成本逐步提高，使单一产业发展的阻力增大。为此，部分学者推出融合发展海

上风电和海洋牧场的理念，通过科学合理规划空间布设，实现产业融合，带动海洋经济发展。

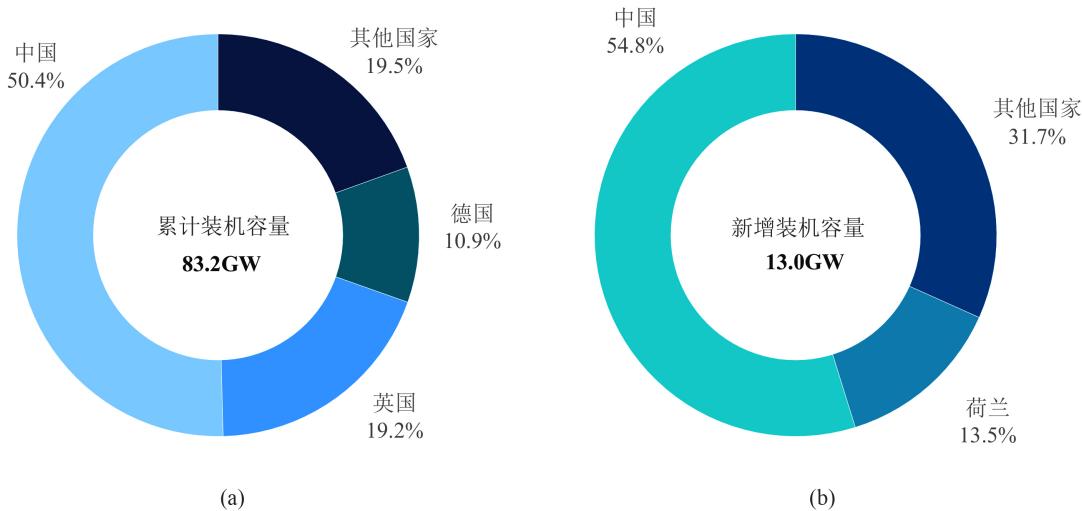


Figure 1. Installed capacity: (a) Global total installed capacity of offshore wind power; (b) New installed capacity of offshore wind power from 2023 to 2025

图 1. 装机容量: (a) 全球海上风电装机总容量；(b) 2023~2025 年海上风电新增装机容量

Table 1. The construction status of national-level marine ranch demonstration areas in various provinces (regions, and municipalities)

表 1. 各省(区、市)国家级海洋牧场示范区建设情况

地区	国家海洋牧场示范区数量/个	海域面积/ha
山东省	72	52656.53
辽宁省	44	118168.89
河北省	21	10530.89
广东省	16	125739.80
浙江省	15	17697.52
海南省	8	29564.76
广西壮族自治区	4	16779.30
江苏省	4	8425.61
福建省	3	1097.36
上海市	1	1440.00
天津市	1	2360.00
合计	189	384459.91

目前海上风电和海洋牧场融合作为新型海洋经济模式，处于起步阶段。本文梳理了海上风电和海洋牧场融合发展的现状，分析二者产业融合的 3 种现有模式[2]，分析该产业发展的优势与劣势及面临的主要问题和挑战，并展望风渔融合产业未来发展方向。

2. 海上风电与海洋牧场融合发展现状

2.1. 国外海上风电与海洋牧场融合发展现状

国外于 21 世纪提出海上风电与渔业养殖融合发展的理念，其中以德国、荷兰、比利时、韩国等国为代表的国家在 21 世纪初先后开设海上风电与海洋牧场融合的试点研究，如德国在 2000 年开设《海洋牧

场 - 海上风电多用途利用先驱项目》对贝藻养殖与海上风电进行结合试验，将贝藻养殖筏固定在风机基础之上，以达到集约用海的目标，为海上风电和海洋养殖融合发展潜力提供典型案例。现阶段，国外多个国家都对“海上风电 + 海洋养殖”融合产业发展进行探索，具体国外融合案例如表 2 所示，其中亚洲地区，韩国于 2016 年开展《贝类及藻类养殖与海上风电结合研究》项目，其试验结果显示海上风电区对于贝类和藻类的养殖没有负面影响，相反，试验鱼品的数量及质量相对近海养殖有所提升。

Table 2. Case studies of the integration of offshore wind power and marine ranching abroad.
表 2. 国外海上风电与海洋牧场融合案例

年份	国家	项目名称
2000	德国	海洋牧场 - 海上风电多用途利用先驱项目
2011	欧盟	TROPOS 项目
2015	欧盟	创新型多用途近海平台项目
2016	挪威	Hex Box
2016	韩国	贝类及藻类养殖与海上风电结合研究
2017	比利时	Edulis 项目
2019~2022	荷兰	Wier & Wind 项目
2020~2023	德国、荷兰、比利时、丹麦和希腊	UNITED 项目

2.2. 国内海上风电与海洋牧场融合发展现状

在国外积极发展“海上风电 + 海洋牧场”的同时，国内也在积极探索二者融合的发展模式。虽然我国风渔融合研究起步相对较晚，自 2018 年开展了一系列试点项目以及我国海上风电与海洋牧场装备的研发设计水平、建造能力和配套产品装备能力的不断提升和发展，我国海上风电与海洋牧场进入快速发展期。与此同时，也有大批海上风电与海洋牧场融合发展技术实验项目开展。2018 年，在山东省，中广核申报莱州“海上风电 + 海洋牧场”实验项目，规划装机容量 304 MW，采用在风电组间隔区域布置养殖区的融合发展模式，养殖区总规划面积为 32 平方公里；2019 年，广东省“阳西青州岛风电融合海域国家级海洋牧场示范区”获批成为第五批风电融合海域国家级海洋牧场；2022 年，国家电投“新能源 + 海洋牧场”融合创新示范基地开工仪式在广东揭阳举行；2023 年，广东省汕尾市超大型风渔融合网箱平台“伏羲一号”建成投运，项目落地现场见图 2。此外，海南、福建和广西等沿海地区也在积极策划风渔结合示范项目。



Figure 2. The “Fuxi No. 1” has been completed and is now operational
图 2. “伏羲一号”建成投运

3. 三种海上风电与海洋牧场融合发展模式分析

3.1. 风电机组与养殖网箱结构共用的融合发展模式

这种融合模式[3]采用导管架基础和分片式网衣形成封闭的养殖空间，将海上风电机组结构与养殖网箱结构合为一体，大致结构如图3所示。此模式采用基础结构共用模式，同时为网衣和风电机提供支撑，充分利用海上风电结构，减少海洋使用面积，推动海洋资源集约化发展和海洋空间的立体开发。并且采用结构紧凑的多功能平台，将养殖操作平台和智能化投料系统共同配置在导管架平台上部，提高工作效率的同时也直接为养殖设备供给所需能源，实现海上风电与海洋牧场产业深入融合。

此模式目前具有多方面不足之处。从融合设计方面，海上风电区域与海洋养殖区域分别属于两个区域，用海面积较大，如何科学实现两产业融合目前暂无合理设计可以参考；从生态影响方面，目前虽有相关实验对风机的运行、海底输出电缆产生的电磁辐射、底座干扰造成的上升流和重金属迁移及悬沙等方面进行监测，但仍无法量化估计，也成为风渔融合的难点；从养殖收成方面，养殖鱼品的生态适应性需要进一步验证，养殖鱼品的收成数量和品质还待考究，经济收成不定，且伴随上部平台颁布条令使捕捞活动受到限制。



Figure 3. Co-use model of wind turbine units and aquaculture cage structures
图3. 风电机组与养殖网箱结构共用模式

3.2. 利用风电基础系泊 - 共结构的融合发展模式

本方案从渔业养殖特殊性出发，将海上风电与海洋牧场的功能区分离，把养殖设备的其中一个系泊点设置在风电基础上，将海上风电与海洋牧场的功能区分离，该模式图见图4。此模式通过风电基础系泊养殖网箱降低养殖设施成本，两者功能分离但结构共用，两者功能区相互影响作用减少，捕捞活动不受风电基础影响。但利用风电基础系泊将导致风电设备荷载增大，增大损耗。且面对网箱系泊引起的荷载问题尚且没有相关规范，技术风险提高，还面临可能干扰网箱自动化、智能化设备运行的可能。此外，养殖设备与风电基础相连的设备、绳子、缆索可能对船只的捕捞活动和正常运行造成一定影响，对风电

基础放置、养殖设备放置和船只线路科学规划有一定要求。



Figure 4. Offshore wind power foundation mooring—integrated development model of common structures
图 4. 风电基础系泊 - 共结构融合发展模式

3.3. 海上风电与海洋牧场相对独立的融合发展模式

此模式不同于前面两种，该模式采用将海上风电场与养殖设备通过无线网络或电缆连接的方式，将海上风电设备与海洋牧场的养殖设备最大程度地分隔独立，实现互不干扰，以达到养殖设备自动化、智能化正常运行的目的，保障渔业养殖远程监控的安全高效，降低运维成本，其模拟模型如图 5 所示。保障了养殖鱼品的独立生态养殖环境，降低风电场运行对海洋牧场带来的负面生态影响，也降低了对运维船只的正常停泊和捕捞活动的影响。据了解，此模式利用风机间的海域开设海洋牧场养殖区，提高了海洋的利用效率，但相对其他融合模式而言，海上风电设施无法为海洋牧场养殖提供设备支撑和能源支撑，渔业的设施会成本提高。

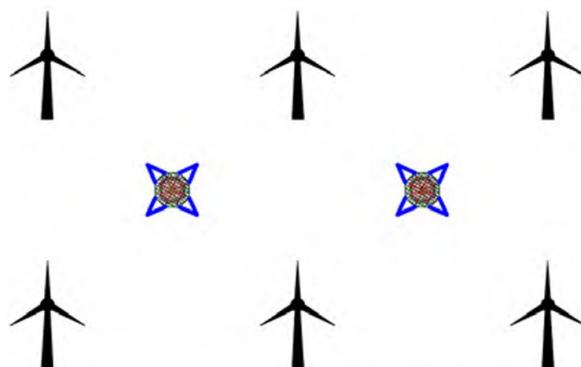


Figure 5. The relatively independent integration model of offshore wind power and marine ranching
图 5. 海洋风电与海洋牧场相对独立融合模式

4. 海上风电与海洋牧场融合发展面临的问题与挑战

目前，海上风电与海洋牧场融合仍处于探索和试验阶段，在融合产业选址、建设模式、养殖鱼品、技术发展、生态环境、成本与效益以及运行与管理方面仍存有很多问题与挑战。

4.1. 风渔融合的选址及布局设计

海上风电与海洋牧场融合发展所面临的一个重大问题是融合产业的选址及布局设计。在海上风电和海洋牧场发展阶段，两产业发展具有不同的产业选址标准，而进行海上风电与海洋牧场融合发展模式需要综合考虑到海上风电场严苛的选址要求以及海洋牧场严苛的生态环境要求。目前，风渔融合项目选址

大多选择已规划或已建成的海上风电场，许多海上风电场选址的生态环境并不适宜海洋牧场开展养殖活动，其中海洋环境的水质、水文及生物资源等条件直接影响海洋牧场的养殖活动和生产力。此外，风渔融合产业选择还需综合考虑社会经济因素及用海冲突等因素，在进行选址前，需要综合考虑选址所在区域的经济基础、用海规划及发展规划。

有关风渔融合布局设计方面，需综合考虑3种融合模式的优势与劣势。规划时可以选择海洋风电场与海洋牧场总体融合、结构共用，但两者功能区有所分离，互不干扰的模式。在布局设计方面最大程度提高海洋空间利用效率，保障养殖空间和风电场正常运行，规避海运主航道、运维航道及海底电缆以降低用海冲突和运维成本。

4.2. 风渔融合养殖鱼品的选择及培养

深远海的风渔融合开发与养殖鱼品的选择和培育息息相关，我国海洋辽阔，南北方的鱼品养殖具有不同的生态条件需求，融合发展时需要综合考虑风电选址[4]与养殖鱼品。在养殖鱼品选择前，需要综合考虑选址区域的水质、水文条件，水深、海流等水文条件直接影响海洋牧场养殖品种及数量，水域的溶氧量、磷酸盐等水质条件影响养殖鱼品的正常生长，对海洋牧场的生产力造成直接影响，进一步影响养殖鱼品的培养。

选择风渔融合选址的养殖鱼品需要遵循以下原则：

- 1) 养殖鱼品的生存环境需适配风渔融合选址区域的水文、水质等环境条件，近海鱼类需满足基本的水域水温要求；
- 2) 养殖鱼品具备一定的环境抗压能力，具备可在密集区域生活及繁殖的能力，且具备面对深海高流速、环境噪音及电缆电磁辐射不产生应激等不良反应的特性；
- 3) 养殖鱼品需具备适配长期人工饲料养殖的生长习惯；
- 4) 养殖鱼品需具备一定的经济价值及市场竞争力以保证经济收益。

4.3. 风渔融合的装备技术

风渔融合装备是推进海上风电与海洋牧场融合产业发展的关键因素。在设备融合方面，需要考虑整合机械、自动控制技术、电气工程、海洋工程、空气动力学、水动力学、结构力学、材料学以及生态环境学等相关专业知识，结合系统动力响应特性与结构设计等方面，融合设备设计难度极大。

结合目前国内外学者针对深远海养殖平台的研究进度，风渔融合装备仍需要突破以下方面的技术瓶颈：

- 1) 深远海智能化海洋渔业养殖技术[5]。海洋渔业趋向自动化及智能化是时代必然趋势，要实现海洋渔业从近海到深远海，利用传统人工养殖技术已无法适配深远海严苛的工作环境，则建立具备智能喂养、网衣自动清洗、海洋环境及养殖鱼品精准监测、无人值守、自动捕捞等深远海智能化海洋渔业养殖技术的系统是实现风渔融合产业发展的关键；
- 2) 深远海融合设备技术。将海上风电与海洋牧场设备结合生产融合设备是风渔融合发展、提升海洋空间利用率的必然趋势，其中如何将海上风电场产生的电力资源与海洋牧场的养殖设备结合实现利益最大化是其中的一大难题。考虑到融合设备过程中需考虑的电力资源传输、设备自动化及智能化、养殖鱼品生物需求、科学结构规划及深远海海洋环境恶劣等问题，融合设备研究过程坎坷，对技术要求高，难度较大；
- 3) 深远海设备智能运维技术。深远海海域环境比较恶劣，常需面对飓风、巨浪、上升强流等海洋状况影响，对海上风电场及海洋牧场的养殖设备具有一定影响。在此如此恶劣的海洋状况下，传统人工运维

技术具有很大的人身安全威胁和技术要求，构建智能化运维技术系统能很好应对突发状况，使损失最小化；

4) 深远海风渔融合产业与其他产业融合发展的相关技术。在全球能源转型与旅游行业创新发展的双重驱动下，旅游行业与海上风电及海洋牧场融合发展可满足行业可持续发展目标，且在政策加持下，与旅游业合作发展能同时带动海洋旅游经济及风渔融合经济，满足日益增长人们对于海洋旅游市场的需求，提高资源利用效率，则利用海域未使用面积建设海上观景平台、海上旅游设施、海上住宿、海上智能微网及潜水观光等是风渔融合长期发展的方向之一。

5) 深远海域混合养殖技术[6]。有关海洋牧业养殖鱼品大多生存在近海海域，适应淡水化养殖，而风渔融合产业分布于深远海，海洋牧场逐渐趋向“咸水化”形态。发展混合养殖技术具备提升海上风电与海洋牧场融合运行能效，保障淡水域鱼品正常生产的同时养殖咸水域鱼品，保障养殖鱼品存活率的同时，提高经济效益，实现共赢。

4.4. 风渔融合的装备技术

风渔融合产业开发前需要评估海上风电设备对于海洋环境、海洋生物及鸟类的影响，目前海上风电对海洋生态环境的影响主要来源于噪音、海底电缆产生的电磁场[7]、底座干扰及重金属迁移与悬沙[8]，而对于鸟类的影响主要来源于建设期桩基安装的噪音、运营期涡轮机叶片碰撞及风电场的电磁场。根据国内外学者的相关研究报告得知，海上风电施工期对于海上生物和海洋环境的影响是暂时性的。在风机正常运行之后，噪音大幅度减小，悬沙浓度逐步降低，声波对于海洋生物的影响进一步衰减，大幅度降低海洋生物出现物理损伤、生理行为异常的现象。在海上风电设备正常运行及海底电缆接通后，会产生电磁辐射对海洋生物造成影响。但由于电磁辐射来源于海底电缆，而海底电缆产生的电磁场要经过海底电缆的金属屏蔽层和海底土层，对电磁场有一定的削弱作用，则研究报告显示电磁场对于海底生物的影响不明显，但不包含隐藏风险。

国内外学者的研究报告表明噪音和电磁场对研究对象没有长期及强烈不良影响，但海上风电与海洋牧场融合发展选择的养殖鱼品具有不确定性，鱼品的选择需符合风渔融合选址的海洋环境要求及具备经济效益，因此无法通过研究报告精确表明风渔融合的生态环境评估。为推进海上风渔产业融合，精确评估电磁场及噪音对于海洋生物或增殖鱼种的影响极为重要。

有关底座干扰层面，研究表明底座的人工礁效应对海洋生物的繁殖及海洋环境具有一定的负面影响。研究报告显示，海上风电的结构会引起水流扰动从而影响水体营养物质交换，而海水流动形式分为迎流面产生的上升流和背流面产生的背涡流，据资料显示，上升流和背涡流能将海洋底层的营养物质带到海洋中上层促进饵料的生长引起海洋生物聚集。此外，上升流和背涡流带来的底层营养物质在风电机身富集，为海洋生物提供栖息地。但海洋风电改变了软质基础，在利于当地海洋生物生长的同时可能促进外来物种对当地海洋生物进行影响。所以，底座引起的水动力变化和海底软质基础带来的负面影响还无法评估，成为风渔融合的难点。

在探讨海上风电场对鸟类影响方面，主要面向风电场建设噪音、运营期涡轮机叶碰撞及电磁场等因素[9] [10]，其影响主要为鸟类生命安全、鸟类栖息地与觅食、鸟类迁徙及鸟类趋避行为。根据国内外学者的研究报告显示，风电场的建设及投入运营对于鱼类的影响总体较小，风电场建设噪音在短期对鸟类的正常迁徙、觅食及鸟类生命安全产生影响，但随着时间增长，鸟类对环境产生适应性从而产生主动避让行为；在风电场建成投运后，风电场除了对鸟类产生碰撞、干扰等影响外，也间接通过鸟类的饵料鱼类影响鸟类捕食和繁殖。但根据研究显示，风电场建设、运营及产生的电磁场对于鸟类的总体影响较小，但仍存在不确定性，需要进行更长期的调查研究，这也成为风渔融合的关注点。

4.5. 风渔融合的经济可行性和政策可行性

评估风渔融合产业经济可行性需要考虑海上风电及海洋牧场的本身造价、风渔融合模式、海洋牧场养殖的种苗、养殖鱼品的饲料、海上风电及海洋牧场日常运维成本等因素外，还需要考虑到海上风电对于传统语言存在的排斥性。然而这一系列因素的成本极高，利用海上风电与海洋牧场融合发展以降低建设成本既要尽量弥补渔业上的损失，又要考虑后期能够覆盖高昂的建设维修费用。所以，二者融合对经济效益的要求很高，需多方合作。

在政策可行性方面，我国颁布了一系列政策法规以扶持海上风电产业发展，引导海上风电快速发展，实现平价并网输电。此外运用经济杠杆对海上风电产业进行引导和管理，其中包括金融支持、上网电价补贴、税收优惠、科研鼓励等政策。然而 2020 年发表的《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》表明海上风电项目不再纳入政府补贴范围，使企业成本压力增大。此外，有关海上风电的法律条令存在缺陷，而风电法律规范过于笼统，海上风电开发规划、审批、建设缺乏法律保障，容易使海上风电布局碎片化。在此背景下，与海洋牧场融合势必面临更大阻力。且有关风牧融合的研究还没有系统的结构，目前还不具备从国家层面出台相关政策和规划的基础条件。

4.6. 风渔融合的运行与管理

风渔融合运行与管理需要大批具备不同专业知识的技术人员，传统的海上风电与海洋牧场各自拥有独立的运行维护团队与管理体系，融合发展需要打破这种壁垒，建立统一的运行与管理体系[11][12]。此外，风渔融合产业尚无完善的环境评估和监测机制，难以全面了解其对生态环境的影响。因此，统一技术标准和建立科学监测和评估体系是保障风渔融合项目后续管理和优化及产业健康发展的关键[13]。

5. 海上风电与海洋牧场融合发展展望

海上风电与海洋牧场融合发展关系到海洋能源、海洋经济等层面，是未来海洋资源综合开发利用的新方向、新机遇。风渔融合对海洋资源有效开发利用、海洋生态修护及海洋产业经济发展有积极正面的影响。目前，风渔融合处于探索阶段，面临诸多挑战。在技术层面，风渔融合技术尚未成熟，风电机与养殖设备的兼容性、稳定性有待提高；在经济层面，风渔融合项目的建设成本极高，需要投入大量资金用于设备购置、安装调试及后期运维，且回报周期较长，企业面临较大的资金压力；在政策层面，国家尚未出台相关风渔融合的政策法规，海上风电与海洋牧场的开发规划、审批及建设缺乏法律保障，且相关行业标准及行业监测缺乏，导致风渔项目审批、管理等环节出现不确定因素；在人才资源方面，原单一产业的海上风电与海洋牧场的专业人员不具备风渔融合项目所具备的专业知识，复合型人才欠缺，复合型人才培养体系尚不完善，无法满足产业快速发展的需求。此外，在生态环境方面，海洋风电项目带给海洋生物及海洋环境的影响尚无法估量，后续发展及后期运维可能出现不确定性因素。

展望未来，我国的海洋风电与海洋牧场融合发展前景广阔。在契合我国绿色发展与生态文明的需求下，伴随制度优势及经济与科技快速发展的优势背景，我国风渔融合产业更具备快速整合资源、快速推进，形成独具中国特色的风鱼融合发展战略的潜质。在产业规模不断扩大的同时，为海洋带来极大的生态效益，实现海洋资源开发、渔业养殖及生态保护的协同发展；为产业协同发展带来极大经济效益及大量就业机会，形成完整的产业链条，促进产业全方位发展。在后续产业发展层面，风渔融合产业可将重心放置在融合技术、生态环境、成本与效益及政策与管理方面，以更好地发展“海上风电 + 海洋养殖”融合产业。在技术层面，可以在特定海域设立专项研发计划，建立海域适配性风渔融合项目，如重点攻克某海域的柔性系泊系统与抗台风网箱一体化设计等；在经济层面，可建立“中国风渔融合产业技术联盟”以联合企业合作，增加技术交流合作，拉长产业链，提高相关技术的发展，推动风渔融合产业发展；

在政策层面，国家可制定并出台相关政策，如建立基于生态系统服务付费的风电企业生态补偿机制、增加“海上风电 + 海洋牧场”示范项目数量等以降低企业研发建设成本，推动技术进步及经验积累，创造规模化效益。

基金项目

项目基金：湛江市哲学社会科学规划项目 - 青年项目(ZJ25QN01)；湛江市非资助科技攻关计划项目(2025B01109)；2025 校级人才专项 - 分布式电源稳定性分析与控制优化研究(000302503188)；广东省教育科学规划项目(2024GXJK327)；广东省人才发展战略专项资金(粤东粤西粤北地区人才发展帮扶计划)资助(HYMC2401006)。

参考文献

- [1] 项建强, 刘智华, 梁辉, 等. 海洋牧场与海上风电融合发展的现状、挑战与前景[J]. 中国水产, 2025(3): 46-50.
- [2] 李亚杰, 闫中杰, 刘扬, 等. 海上风电与海洋养殖融合发展现状与展望[J]. 船舶工程, 2023, 45(S1): 166-170.
- [3] 阳杰, 张建华, 马兆荣, 等. 海上风电与海洋牧场融合发展趋势与技术挑战[J]. 南方能源建设, 2024, 11(2): 1-16.
- [4] 汪润芝, 原峰, 李崇淑, 等. 海上风电场建设与运行对渔业资源群落结构及空间分布的影响研究[J]. 海洋开发与管理, 2022, 39(12): 98-106.
- [5] 小心鱼籽儿. 智能化海洋牧场设计, 深海水产的养殖平台[J]. 工业设计, 2023(12): 18.
- [6] 黎静华, 田伟, 王明燕, 等. 海上风电与海洋牧场融合发展研究现状及展望[J/OL]. 中国电机工程学报, 1-15. <https://link.cnki.net/urlid/11.2107.tm.20250820.1104.002>, 2025-09-20.
- [7] 王婷, 茹小尚, 张立斌. 海上风电对海洋生态环境与海洋生物资源的综合影响研究进展[J]. 海洋科学, 2022, 46(7): 95-104.
- [8] 孙腾, 龚语嫣, 冯翠翠, 等. 海上风牧融合的难题与挑战[J]. 海洋开发与管理, 2023, 40(9): 19-29.
- [9] 苏文, 吴霓, 章柳立, 等. 海上风电工程对海洋生物影响的研究进展[J]. 海洋通报, 2020, 39(3): 291-299.
- [10] 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.
- [11] 曾晨. 海上风电与海洋养殖兼容优势与可行性研究[J]. 能源与环境, 2020(4): 18-20.
- [12] 孙岳, 蒋欣慰, 秦松, 等. 海上风电和海洋牧场融合发展现状与展望[J]. 水产养殖, 2022, 43(11): 70-73.
- [13] 杨红生, 茹小尚, 张立斌, 等. 海洋牧场与海上风电融合发展: 理念与展望[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(6): 700-707.