

现代化海洋牧场增殖方式及用海分类体系探讨

潘天国¹, 李光明¹, 岳维忠², 秦传新³, 索安宁²

1. 中广核新能源投资(深圳)有限公司, 广东 深圳 518066
2. 中国科学院南海海洋研究所海洋环境工程中心, 广东 广州 510301
3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300

摘要: 海洋牧场是海洋渔业升级转型的主要方向之一, 受到国内外广泛关注。随着现代化海洋牧场增殖方式的日益多样化与复杂化, 海洋牧场用海类型与用海方式也呈立体化、多样化的发展趋势, 亟需系统梳理海洋牧场用海分类体系, 为现代化海洋牧场用海要素保障提供技术依据。在深入剖析现代化海洋牧场概念内涵的基础上, 系统梳理了海洋牧场增殖方式及其用海分类体系。依据增殖方式, 现代化海洋牧场可分为海洋增殖场、海洋养殖场、海洋养护场等二级类型 3 类和三级类型 13 类; 依据用海开放程度, 可分为开放型海洋牧场、半封闭型海洋牧场、封闭型海洋牧场等二级类型 3 类和三级类型 9 类。在海域使用分类基础上, 根据现代化海洋牧场用海实际情况, 提出了养殖用海、增殖用海、养护用海、垂钓用海、采捕用海等用海类型, 以及网箱养殖用海、筏式养殖用海、底播养殖用海、漂浮式构筑物用海等用海方式。上述海洋牧场增殖方式及用海分类体系可为完善现代化海洋牧场用海管理体系提供参考。

关键词: 现代化海洋牧场; 增殖方式; 用海类型; 用海方式; 用海管理

中图分类号: X 83

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Exploration of modern marine ranching proliferation and aquaculture mode and sea use classification system

PAN Tianguo¹, LI Guangming¹, YUE Weizhong², QIN Chuanxin³, SUO Anning²

1. New Energy Holdings Co., Ltd., China General Nuclear Power Group, Shenzhen 518066, China
2. Marine Environment Engineering Center, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China
3. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China

Abstract: Modern marine ranching is a main direction for transformation and upgrading of traditional marine fisheries. It is a hotspot for marine fisheries in China and other countries. The increasing diversification and complexity of proliferation and aquaculture for modern marine ranching led to an urgent innovation in sea use management system. This paper sorts out classification system of proliferation and aquaculture mode, openness degree of sea use, types and mode of sea use for marine ranching based on analysis of modern marine ranching connotation. The modern marine ranching is divided into three Type II (Marine proliferation ranching, marine aquaculture ranching and marine conservation ranching) and thirteen Type III based on their operation mode. The modern marine ranching is divided into three Type II (Open aquaculture, semi-closed aquaculture and closed aquaculture) and nine Type III based on their sea use openness. Based on the classification of sea use and the actual situation of modern marine ranching, this paper proposes sea use new types such as aquaculture sea use, proliferation sea use,

收稿日期: 2024-04-26; 修回日期: 2024-06-24

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目(2024-GD-9); 广州市资源规划与海洋科技协同创新中心项目(2060404)

作者简介: 潘天国(1980—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为海上风电、海洋牧场规划建设及管理工程技术。E-mail: tiangpan542@sina.com

通信作者: 岳维忠(1974—), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为海洋牧场环境生态学。E-mail: wzhyue@scsio.ac.cn

conservation sea use, fishing sea use and leisure sea use, etc. And it proposes sea use new modes such as marine cage culture, marine raft culture, bottom sowing culture, marine floating structures, etc. The above marine ranching proliferation and aquaculture modes and sea use classification system can provide references for improving the modern management system of sea use in marine ranching.

Keywords: Modern marine ranching; Proliferation and aquaculture mode; Sea use type; Sea use mode; Sea use management

在海洋渔业资源过度捕捞、海洋环境污染、海洋生境破坏等多种因素影响下, 全球海洋渔业资源持续衰退^[1-2]。为弥补海洋渔业资源衰退引起的市场水产品供给短缺问题, 20 世纪 80 年代以来, 我国兴起了围海养殖热潮, 在沿海滩涂和浅海建设了大规模的围海养殖池塘, 为市场提供了丰富多样的海洋生鲜水产品, 保障了大众对海洋优质水产蛋白的需求^[3]。2018 年以来, 建设美丽中国成为我国新的战略目标, 为有效改善近岸海洋环境, 各地实施了大规模的退养还海、退围还滩等生态修复工程^[4]。为满足消费者对优质海洋水产蛋白的持续需求, 保障渔民投产就业, 海洋牧场成为新时期我国海洋渔业转型升级的重要方向。国家高度重视海洋牧场建设, 开展了国家级海洋牧场示范区建设、“蓝色粮仓”行动、现代化海洋牧场建设工程^[5]。类型多样的海洋牧场建设, 造成了海洋牧场增养殖方式分类模糊, 用海界定复杂, 给海洋牧场规划、建设带来了许多困扰。

海洋牧场增养殖方式与用海分类界定是海洋牧场建设的基础工作之一, 受到学界和管理部门的广泛关注^[6-7]。《海洋牧场分类》(SC/T 9111—2017) 将海洋牧场分为养护型海洋牧场、增殖型海洋牧场、休闲垂钓型海洋牧场等一级类型 3 类。养护型海洋牧场根据其建设位置分为河口型、海湾型、岛礁型、近海型等二级类型 4 类。增殖型海洋牧场根据增殖物种类型分为鱼类、甲壳类、贝类、海藻、海珍品和其他类型等二级类型 6 类; 休闲垂钓型海洋牧场分为休闲垂钓型和渔业观光型等二级类型 2 类。山东省将海洋牧场分为投礁型、休闲型、底播型、装备型、田园型等 5 类。段丁毓等^[8]以柘林湾海洋牧场为例, 将海洋牧场景观类型分为人工鱼礁景观、海藻养殖景观、筏式养殖景观、贝类底播景观、网箱养殖景观等 20 类。海洋牧场增养殖方式与用海分类密切相关, 不同增养殖方式的用海空间、用海类型、用海方式各不相同。尚未见现代化海洋牧场增养殖方式及其关联的用海分类系统的研究报道, 行业管理部门也没有详细的海洋牧场用海

管理细则, 导致现代化海洋牧场在用海分类上的界定一直存在模糊性, 困扰着现代化海洋牧场建设的推进^[9-10]。针对上述问题, 本研究系统梳理了海洋牧场增养殖方式分类、用海开放程度分类、用海类型与用海方式分类, 以期为我国现代化海洋牧场建设用海管理提供分类参考依据。

1 现代化海洋牧场定义与内涵

海洋牧场的理念最早起源于 1970 年代的美国和日本。1990 年代, 日本专家中村充和三桥宏次分别将海洋牧场定义为“在广阔的沿岸和近海海域中, 在控制鱼类、贝类等渔业物种行为的同时, 对其从出生到捕获进行管理的渔业系统”和“以保证人工放流后的海洋生物幼体更好地成长为目标, 在自然海域利用生境模拟技术人工营造的种苗培育场”^[11-12]。韩国《养殖渔业育成法》将海洋牧场定义为“在一定海域综合设置水产资源养护的设施, 人工繁殖和采捕水产资源的场所”^[13]。

2000 年以来, 我国海洋牧场概念逐渐形成, 张国胜等^[14]和阙华勇等^[15]最早将海洋牧场定义为在一定海域内, 通过采用人工培育、增殖放流的方法, 将生物种苗人工驯化后放流入海洋, 利用海洋自然生物饵料和少量投饵养育, 并且运用先进的鱼群控制技术和环境检测技术对其进行科学管理, 从而达到增加海洋渔业资源, 进行高效率捕捞活动的目的。杨红生^[16]将海洋牧场定义为基于海洋生态学原理和现代海洋工程技术, 充分利用自然生产力, 在特定海域科学培育和管理渔业资源而形成的人工渔场。丁德文和索安宁^[17]提出海洋牧场人工生态系统概念, 将其定义为基于生态系统生态学原理, 在自然海域中通过生态工程技术, 构造的以渔业资源关键功能群及其“三场一通道”生境体系为核心的海洋生态系统, 并辅以生态系统适应性管理模式, 以实现渔业资源的持续高效产出、海洋生态保护及资源养护的一种海洋渔业生产模式。《海洋牧场建设指南》(GB/T 40946—2021) 将海洋牧场定义为基于海洋生态系统原理, 在特定海域, 通过人

工鱼礁、增殖放流等措施,构建或修复海洋生物繁殖、生长、索饵或避敌所需的场所,增殖养护渔业资源,改善海域生态环境,实现渔业资源可持续利用的渔业模式。

广东省高度重视现代化海洋牧场建设,《广东省现代化海洋牧场建设实施方案》虽未对现代化海洋牧场做出明确定义,但将智能化大型养殖工船、深海智能养殖平台、深水智能养殖网箱等海上设施养殖作为现代化海洋牧场的主要发展形式^[18]。可以看出,现代化海洋牧场在狭义上是指依靠海洋自然生产力提供的饵料生物,通过生态工程技术,在特定海域实现渔业资源增殖的海洋渔业生产模式^[19-20]。广义上的现代化海洋牧场则是利用海洋空间,实现海洋渔业资源产出的各种活动,包括以海洋渔业水产品产出为目的的海洋养殖场、海洋增殖场以及海洋渔业资源养护场。

2 现代化海洋牧场增养方式分类

现代化海洋牧场根据是否需要投饵及水产品生产特点,可分为海洋增殖场、海洋养殖场和海洋养护场。海洋增殖场是指依靠自然海域生产力,通过人工投放苗种、生境营造等海洋工程措施,实现海洋渔业资源增殖产出的特定海域^[21]。海洋养殖场是指依靠投放饵料和养殖苗种,实现渔业资源增殖产出的特定海域^[22]。海洋养护场是指在适宜海域,通过生境营造、渔业增殖放流等措施,实现海洋生态系统修复和渔业资源恢复的特定海域^[23]。

2.1 海洋增殖场

海洋增殖场又名增殖型海洋牧场,根据增殖方式,可以分为底播增殖场、筏式增殖场、鱼礁增殖场。底播增殖场主要在海洋底床营造底栖生物生境、投放海洋底栖生物苗种,实现海洋底栖生物增殖的区域,底播增殖场主要有海参增殖场、贝类增殖场、海胆增殖场等^[24]。筏式增殖场主要通过自然海域中构筑养殖筏架和浮体,在筏架下方的吊绳、吊篮、吊笼内投放养殖苗种,实现养殖生物增殖的区域,主要的筏式养殖场有牡蛎增殖场、贝类增殖场、紫菜增殖场、海带增殖场等。鱼礁增殖场主要通过适宜海域投放人工鱼礁,营造鱼类索饵、隐藏、避敌、产卵等适宜生境,并人工投放鱼苗,实现渔业资源增殖的海域。鱼礁增殖场内可以营造海藻场、海草床、珊瑚礁、索饵场、产卵场等不同功能的生境场所,具有丰富的饵料和复杂的隐

藏庇护功能,为渔业资源恢复提供优越的环境。同时鱼礁增殖场由于海底存在人工鱼礁等构筑物,对渔业捕捞底拖网作业造成障碍,形成了海洋渔业资源的保护区^[25]。

2.2 海洋养殖场

海洋养殖场也叫养殖型海洋牧场,根据养殖方式,可分为围海养殖场、网箱养殖场、工船养殖场、筏式养殖场。围海养殖场是指通过人工构筑围堤,将海域分割成为相对封闭的水产养殖区,在水产养殖区内投放苗种和饵料,进行海洋水产品养殖的区域。围海养殖可以创造一个相对封闭的养殖环境,易于控制水流、水质、水温等养殖环境要素,实现水产养殖的集约化管理。网箱养殖场是指在自然海域中设置网状结构的构筑物,将养殖生物投放其中,使养殖生物在一定空间范围内自由活动,并定期投放饵料进行水产品养殖的区域。养殖网箱通常由防腐材料制成,具有良好的透水性和机械强度,具有防止养殖物种外逃和海洋生物侵入的相对封闭的结构设计^[25]。网箱养殖可固定于海洋表、中、底层的任何空间,也可以人为控制改变空间位置。养殖工船是专门用于海洋水产品养殖的工程船舶。工船养殖是指在养殖工程船舶内,通过设置网箱、水处理设施等措施,投放养殖物种幼苗,并定期投放饵料,促进养殖苗种生产,进行水产品养殖的方式^[26]。工船养殖场是指养殖工船停放或游弋,进行水产品养殖的海域。筏式养殖场与筏式增殖场结构类似,不过为了提高养殖产量,需要定期为养殖物种投放饵料的水产品养殖方式。

2.3 海洋养护场

海洋养护场也叫养护型海洋牧场,主要以养护海洋渔业资源,实现海洋渔业资源的长期、持续产出为主。海洋养护场通过对海洋渔业资源主要经济物种的索饵场、产卵场、越冬场及洄游通道等“三场一通道”生境体系的修复与疏通,海洋渔业资源主要经济物种苗种的增殖放流,促使天然海洋渔场主要经济物种在产卵场、索饵场、越冬场等不同生境之间洄游,完成产卵、孵幼、育肥、越冬等生命周期,实现海洋渔业资源的自我繁育和增殖,恢复天然海洋渔场的渔业资源生产功能^[6]。海洋养护场可以划分为鱼类养护场、虾类养护场、头足类养护场及其他渔业资源养护场。现代化海洋牧场增养殖方式分类体系见表1。

表1 现代化海洋牧场增养殖方式分类

Table 1 Classification system for proliferation and aquaculture of modern marine ranching

一级类型 Type I	二级类型 Type II	三级类型 Type III	描述 Description
现代化海洋牧场 Modern marine ranching	海洋增殖场 Marine proliferation ranching	鱼礁增殖场 Reef proliferation ranching	通过在适宜海域投放人工鱼礁, 营造鱼类索饵、隐藏、避敌、产卵等适宜生境, 并人工投放鱼苗, 实现渔业资源增殖的海域
		底播增殖场 Bottom sowing proliferation ranching	在海洋底床营造底栖生境、投放海洋底栖生物苗种, 实现海洋底栖生物增殖的区域
		筏式增殖场 Raft proliferation ranching	在自然海域中构筑养殖筏架和浮体, 在筏架下方的吊绳、网篮、框笼内投放养殖苗种, 实现养殖生物增殖的区域
		其他增殖场 Other proliferation ranching	采用其他方式进行渔业资源增殖的区域
	海洋养殖场 Marine aquaculture ranching	围海养殖场 Sea circled aquaculture ranching	通过人工构筑围堤, 将开阔海域分割为相对封闭的水产养殖区, 在该区内投放苗种和饵料, 进行海洋水产品养殖的区域
		网箱养殖场 Cage aquaculture ranching	在自然海域中设置网状结构的构筑物, 将养殖生物投放于网状构筑物中, 定期投放饵料, 进行水产品养殖的区域
		筏式养殖场 Raft aquaculture ranching	在自然海域中构筑养殖筏架和浮体, 在筏架下方的吊绳、网篮、框笼内投放养殖苗种, 定期投放饵料, 进行水产品养殖的区域
		工船养殖场 Factory ship aquaculture ranching	养殖工船停放或游弋, 进行水产品养殖的海域
		其他养殖场 Other aquaculture ranching	采用其他方式进行水产品养殖的海域
		鱼类养护场 Fish conservation ranching	鱼类产卵场、索饵场、越冬场及其洄游通道恢复保护与渔业资源养护海域
	海洋养护场 Marine conservation ranching	虾类养护场 Shrimp conservation ranching	虾类产卵场、索饵场、越冬场及其洄游通道恢复保护与渔业资源养护海域
		头足类养护场 Cephalopods conservation ranching	头足类资源保护恢复海域
		其他养护场 Other conservation ranching	其他渔业资源栖息生境恢复保护海域

3 现代化海洋牧场用海开放程度分类

依据现代化海洋牧场用海环境的开放程度, 可分为开放式增养殖、半封闭式增养殖、封闭式增养殖^[27]。现代化海洋牧场用海开放程度具体分类见表 2。

3.1 开放式增养殖

开放式增养殖指在开放海域中, 通过人工控制和管理, 投放增养殖物种幼苗, 进行海洋渔业增养殖的方式。大多数海洋增殖场属于开放式增养殖, 筏式养殖也属于开放式增养殖。开放式增养殖具有开阔的增养殖空间, 为增养殖苗种提供了较为自然的生长发育环境, 同时可以合理利用优良的海洋自然环境和丰富的天然饵料, 保障养殖物种健康生

长, 提高养殖物种的品质和养殖效率^[28]。

3.2 半封闭式增养殖

半封闭式养殖是指在自然海域中, 通过构筑围网, 将养殖水域与外部海域分开, 在围网内投放养殖苗种和饵料, 进行海洋渔业养殖的方式。半封闭式养殖仍处于自然海域中, 养殖水体可以通过围网网孔与外部海域连通, 具有流通交换能力, 水环境近似自然海域。半封闭式养殖可以将养殖苗种集中在围网内, 防止其逃逸到外部海域, 同时也可防止外部海域敌害物种侵入并摄食养殖苗种^[28-29]。自然海域的浮游生物和仔稚鱼类可通过网孔进入养殖围网, 为养殖苗种提供部分饵料, 降低养殖成本。但与此同时一些有害藻类和病菌也可随水流通过网孔进入养殖围网, 增加养殖病害风险。

表2 现代化海洋牧场用海开放程度分类

Table 2 Classification system for sea use openness of modern marine ranching

一级类型 Type I	二级类型 Type II	三级类型 Type III
现代化海洋牧场 Modern marine ranching	开放式增养殖 Openness proliferation and aquaculture	鱼礁增殖 Reef proliferation
		底播增殖 Bottom sowing proliferation
		筏式增养殖 Raft proliferation and aquaculture
		其他开放增养殖 Other openness proliferation and aquaculture
	半封闭式增养殖 Semi-closed proliferation and aquaculture	网箱养殖 Cage aquaculture
		工船围网养殖 Breeding factory ship cage aquaculture
		围海养殖 Sea circled aquaculture
	封闭式养殖 Closed proliferation and aquaculture	工船封闭养殖 Breeding factory ship closed aquaculture
		工厂化养殖 Factory aquaculture

3.3 封闭式增养殖

封闭式增养殖是指在相对封闭的海洋水体内进行的增养殖活动。主要的封闭式增养殖有围海养殖、封闭式工船养殖等。围海养殖是在开放海域中通过建造围堰，将部分海面圈围起来，形成相对封闭的养殖水域，并进行渔业养殖的养殖方式。围海养殖可将养殖区域划分成多个相对独立的养殖小区，并根据不同养殖物种的生长发育特点和需求，制定差异化的养殖方案，实行集约化管控，以降低养殖成本和风险，提高养殖效益。封闭式工船养殖是以船载舱养为主体，通过抽取优质海水在养殖工船隔离的鱼舱中进行的集约化养殖方式。封闭式工船养殖系统具有养殖环境可控、集约化程度高、能抵御敌害生物侵害和养殖排污可收集等特点，是一种绿色养殖模式。封闭式养殖工船相当于在海面上建立的一座超大型工厂化养殖车间，根据其是否具有自主航行能力，将其分为定置式养殖平台、移动式船型平台和游弋式养殖工船等^[30]。

4 现代化海洋牧场用海分类

《海域使用分类》(HY/T 123—2009)将渔业用海分为渔业基础设施用海、围海养殖用海、开放式养殖用海、人工鱼礁用海等二级类型 4 类。在用海方式上有围海养殖、开放式养殖等。这种分类方式随着现代化海洋牧场的发展和海域使用精细化管理水平的推进，越来越难以满足实际需要，亟待细化和完善。

4.1 现代化海洋牧场用海类型分类

渔业资源增殖型海洋牧场和渔业资源养护型海

洋牧场主要以海洋渔业资源增养殖功能为主，整体用途为渔业生产，其一级用海类型为渔业用海；二级用海类型为围海养殖用海、开放式养殖用海、人工鱼礁用海；三级用海类型可依据功能和用途，分为渔业资源养殖用海、渔业资源增殖用海、渔业资源养护用海、休闲渔业用海。依托海洋自然环境，营造海洋生物栖息生境，恢复海洋渔业资源的用海为渔业资源养护用海。渔业资源养护用海四级类型可分为人工鱼礁用海、渔业养护用海^[31]。以投放饵料，饲养养殖生物，生产渔业水产品为主的用海为渔业资源养殖用海。依托海洋自然环境与自然资源，构筑增殖设施，投放渔业苗种，生产渔业水产品为主的用海为渔业资源增殖用海。

休闲型海洋牧场主要以休闲娱乐功能为主，整体用途为休闲娱乐，其一级用海类型为渔业用海或休闲娱乐用海；二级用海类型为休闲渔业用海；三级用海类型可依据功能和用途，分为海洋垂钓用海、潜水娱乐用海、休闲采捕用海等^[32]。海洋垂钓用海三级用海类型分别为垂钓设施用海、垂钓渔业用海和其他垂钓用海；潜水娱乐用海三级类型分别为潜水设施用海、潜水游乐用海和其他娱乐用海；休闲采捕用海四级类型分别为采捕设施用海、采捕渔业用海和其他休闲采捕用海。

风渔融合型海洋牧场以海上风电生产功能为主，兼具渔业生产功能，整体用途为电力生产，可兼顾渔业生产，其一级用海类型为工业用海，二级用海类型为电力工业用海，三级用海类型为风渔融合性海洋牧场用海，四级用海类型包括风电桩基用海、海底电缆管道用海、渔业资源养殖用海、渔业资源增殖用海和其他风渔融合用海^[33]。渔光互补

型海洋牧场以海上光伏电力生产功能为主, 兼具渔业生产功能, 整体用途为电力生产, 可兼顾渔业生产, 其一级用海类型为工业用海, 二级用海类型为电力工业用海, 三级用海类型为渔光互补型海洋牧场用海, 四级用海类型包括光伏基桩用海、海底电缆管道用海、渔业资源养殖用海、渔业资源增殖用海和其他渔光互补用海^[34]。利用电厂温排水进行渔业养殖的海域, 其一级用海类型为工业用海, 二级用海类型为电力工业用海, 三级用海类型为温排水综合利用型海洋牧场用海, 四级用海类型包括温

排水用海、渔业资源养殖用海、渔业资源增殖用海和其他温排水渔业用海。现代化海洋牧场用海类型分类见表 3。

4.2 现代化海洋牧场用海方式分类

用海方式是依据海域使用对海洋自然属性和自然环境的改变程度划分的具体方式, 主要分为填海造地、围海、构筑物用海、开放式用海和其他方式^[30-31]。海洋牧场用海方式可在海域使用方式分类的基础上进一步细化, 形成更为精细化的海洋牧场用海方式分类体系。

表3 现代化海洋牧场用海类型分类
Table 3 Classification system for sea use types of modern marine ranching

一级类型 Type I	二级类型 Type II	三级类型 Type III	四级类型 Type IV
渔业用海 Fishery sea use	人工渔礁用海 Artificial reef sea use	渔业资源养护用海 Fishery resources conservation sea use	人工渔礁建设用海 Artificial reef construction sea use
	围海养殖用海 Circled aquaculture sea use	渔业资源养殖用海 Fishery aquaculture sea use	渔业养护用海 Fishery resources conservation sea use
	开放式养殖用海 Openness aquaculture sea use	渔业资源增殖用海 Fishery proliferation sea use	—
			—
休闲娱乐用海 Recreation & entertainment sea use	休闲渔业用海 Recreational fishery sea use	海洋垂钓用海 Fishing sea use	垂钓设施用海 Fishing facilities sea use
			垂钓渔业用海 Fishing fishery sea use
			其他垂钓用海 Other fishing sea use
		潜水娱乐用海 Diving leisure sea use	潜水设施用海 Diving facilities sea use
			潜水游乐用海 Diving leisure sea use
			其他潜水娱乐用海 Other diving leisure sea use
工业用海 Industry sea use	电力工业用海 Power industry sea use	休闲捕捞用海 Leisure harvesting sea use	捕捞设施用海 Harvesting facilities sea use
			捕捞渔业用海 Harvesting fishery sea use
			其他休闲捕捞用海 Other harvesting sea use
		风渔融合型海洋牧场用海 Wind and fishery marine ranching sea use	风电基桩用海 Wind power foundation piles sea use
			海底电缆管道用海 Submarine cable pipelines sea use
			渔业资源养殖用海 Fishery aquaculture sea use
			渔业资源增殖用海 Fishery proliferation sea use
			其他风渔融合用海 Other wind & fishery sea use
			光伏基桩用海 Photovoltaic foundation piles sea use
			海底电缆管道用海 Submarine cable pipelines sea use
		渔光互补型海洋牧场用海 Fishery and photovoltaic marine ranching sea use	渔业资源养殖用海 Fishery aquaculture sea use
			渔业资源增殖用海 Fishery proliferation sea use
			其他渔光互补用海 Other fishery and photovoltaic sea use
			温排水用海 Warm water discharge sea use
		温排水综合利用型海洋牧场用海 Warm water discharge marine ranching sea use	渔业资源养殖用海 Fishery aquaculture sea use
			渔业资源增殖用海 Fishery proliferation sea use
			其他温排水渔业用海 Other warm water discharge fishery sea use

海洋牧场涉及的一级类用海方式主要包括构筑物用海、开放式用海、其他方式用海^[9]。开放式用海可根据用海设施结构,划分为网箱养殖用海、筏式养殖用海、底播养殖用海和其他开放式用海等二级用海方式 4 类。网箱养殖用海可进一步划分为重力式网箱养殖用海、桁架式网箱养殖用海。构筑物用海根据构筑物特点,可划分为人工鱼礁用海、透水构筑物用海、非透水构筑物用海、漂浮式构筑物用海等二级用海方式 4 类;其他方式用海,根据具体用海特点,可划分为海藻场用海、海草床用海、珊瑚礁用海等二级用海方式 3 类。现代化海洋牧场用海方式分类见表 4。

表4 现代化海洋牧场用海方式分类
Table 4 Classification system for sea use mode of modern marine ranching

一级用海方式 Type I of sea use	二级用海方式 Type II of sea use	三级用海方式 Type III of sea use
围海 Circled sea use	围海养殖用海 Circled aquaculture sea use	—
	人工鱼礁用海 Artificial reef sea use	—
	透水构筑物用海 Permeable structures sea use	—
构筑物用海 Structures sea use	非透水构筑物用海 Non-permeable structures sea use	—
	漂浮式构筑物用海 Floating structures sea use	—
	网箱养殖用海 Cage aquaculture sea use	重力式网箱养殖用海 Cage aquaculture sea use with gravity
开放式用海 Open sea use	筏式养殖用海 Raft aquaculture sea use	桁架类网箱养殖用海 Cage aquaculture sea use with trusses
	底播养殖用海 Bottom aquaculture sea use	—
	其他开放式用海 Other openness sea use	—
	海藻场用海 Seaweed field sea use	—
	海草床用海 Seagrass field sea use	—
其他方式用海 Other sea use mode	珊瑚礁用海 Coral reef sea use	—

5 讨论

海洋牧场以海洋渔业资源的增养殖产出为目的,是海洋渔业的一种升级形态,海洋牧场增养殖方式与用海开放程度、用海类型与用海方式密切相

关^[18]。海洋行业标准《海域使用分类》和自然资源部 2023 年印发的《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》都做了全部用海类型的三级分类,但未涉及海洋牧场用海类型^[32]。周少君等^[35]在养殖用海一级分类及渔业基础设施用海、增养殖用海、捕捞海域及人工鱼礁用海二级分类基础上,根据现代化海洋牧场渔业用海特征,划分了生产性渔业基础设施用海、休闲性渔业基础设施用海、生态保护类增殖用海、资源管护类增殖用海、渔业经济类养殖用海、渔业民生类养殖用海、渔业混合类养殖用海共 7 种三级用海类型。以上分类仅细化了海域使用分类,但并未提出针对现代化海洋牧场增养殖方式特点的用海分类体系。本研究将现代化海洋牧场分为海洋养殖场、海洋增殖场和海洋养护场 3 种二级类型和 13 种三级类型,并探讨了现代化海洋牧场增养殖方式涉及的用海开放程度、用海类型与用海方式分类,形成了现代化海洋牧场用海分类体系。

随着海洋开发利用技术的不断提升和现代产业结构的不断发展演化,海洋牧场与相关产业的融合发展模式不断突显,海洋牧场产业融合类型日趋多样^[34]。海洋增殖场与海洋养殖场融合,在取得短期海洋牧场养殖效益的同时,兼顾了海洋渔业资源的增殖与养护,推动了海洋生态系统修复、海洋渔业资源恢复及海洋渔业资源的持续利用,以实现发展海洋牧场的最终目标^[36]。海洋牧场与旅游休闲娱乐产业融合形成了休闲娱乐型海洋牧场,在渔业资源增养殖的同时,推动了海上垂钓、潜水娱乐、海上观光等产业发展,形成海洋渔业生产—销售内部循环。海洋牧场与海上风电场融合形成风渔融合型海洋牧场,在集约节约利用海洋空间资源的同时,推动智慧海洋牧场发展,提升海洋牧场的智能化、信息化水平^[37]。海洋牧场与海上光伏场融合形成渔光互补型海洋牧场,推动海洋资源的多层次、多类型、集约化开发利用。海洋牧场用于教学、科研,研究观察海洋牧场生态系统演化过程,形成科研教学型海洋牧场,推动海洋牧场技术的不断进步与社会广泛认知。

现代化海洋牧场多产融合发展,可能出现多种增养殖方式与用海类型的融合,包括网箱养殖与筏式养殖的空间穿插与融合,鱼礁增殖与网箱养殖的上下融合,网箱养殖与底播增殖的上下多层空间立体利用,筏式养殖与底播养殖的上下层空间立体利用,甚至养殖工船与底播增殖的空间立体利用。多

种海洋牧场增养殖方式的融合也会导致海洋牧场用海类型与用海方式的多种组合, 对用海类型与用海方式界定、宗海图编绘带来了难题和挑战^[38]。自然资源部已发布了关于探索推进海域立体分层设权工作的通知, 为海洋牧场多层次用海管理提供了政策依据^[39]。本研究梳理的海洋牧场增养殖方式分类、用海开放程度分类、用海类型与用海方式分类, 可为落实海洋牧场用海立体分层设权提供技术参考, 弥补了现行海域使用分类体系在海洋牧场用海界定与分类方面的欠缺。

6 结论

现代化海洋牧场建设是以海洋空间资源的利用为基础, 不同海洋牧场建设类型与方式, 对海洋空间资源的利用程度、利用范围、利用形式各不相同。本研究系统梳理了现代化海洋牧场增养殖方式、用海开放程度、用海类型和用海形式, 对现代化海洋牧场用海分类界定、海域立体分层设权、海洋牧场海域使用管理均具有重要参考意义, 也可为海域使用分类修订提供海洋牧场分类启示。

参考文献:

- [1] TAYLOR M D, CHICK R C, LORENZEN K, et al. Fisheries enhancement and restoration in a changing world[J]. *Fish Res*, 2017, 186: 407-412.
- [2] KIN S K, YOON S C, YOUN S H, et al. Morphometric changes in the cultured starry flounder, *Platichthys stellatus*, in open marine ranching areas[J]. *J Environ Biol*, 2013, 34: 197-204.
- [3] 吴树敬, 沈茂斌. 转换机制开发滩涂: 围海拓疆扩大规模: 海水养殖可持续发展的一种新途径[J]. *渔业现代化* 1997(5): 8-11.
- [4] 刘文利, 翟伟康, 范诗玥, 等. 全国养殖用海现状评价及对策建议研究[J]. *海洋开发与管理*, 2022, 39(6): 89-93.
- [5] 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(5): 1-8.
- [6] 索安宁, 岳维忠, 马志远, 等. 海洋牧场海域使用管理问题初探[J]. *海峡科学*, 2024(1): 123-126.
- [7] 王春盈, 王煜皓, 李军. 基于产业链横向整合的海洋牧场农旅融合发展路径[J]. *农业工程*, 2022, 12(10): 151-155.
- [8] 段丁毓, 秦传新, 朱文涛, 等. 海洋牧场景观生态分类研究: 以柘林湾海洋牧场为例[J]. *渔业科学进展*, 2020, 41(2): 1-11.
- [9] 胡恒, 岳奇, 丁宁, 等. 我国海洋牧场用海管理对策研究[J]. *中国国土资源经济*, 2021, 34(6): 52-57.
- [10] 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.
- [11] 刘卓, 杨纪明. 日本海洋牧场 (Marine Ranching) 研究现状及其进展[J]. *现代渔业信息*, 1995, 10(5): 14-18.
- [12] 马军英, 杨纪明. 日本的海洋牧场研究[J]. *海洋科学*, 1994(3): 2-8.
- [13] HWANG B K, LEE Y W, JO H S, et al. Visual census and hydro-acoustic survey of demersal fish aggregations in Ulju small scale marine ranching area (MRA), Korea[J]. *J Korean Fish Soc Fish Ocean Technol*, 2015, 51(1): 16-25.
- [14] 张国胜, 陈勇, 张沛东, 等. 中国海域建设海洋牧场的意义及可行性[J]. *大连水产学院学报*, 2003(2): 141-144.
- [15] 阚华勇, 陈勇, 张秀梅, 等. 现代海洋牧场建设的现状与发展对策[J]. *中国工程科学*, 2016, 18(3): 79-84.
- [16] 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.
- [17] 丁德文, 索安宁. 现代海洋牧场建设的人工生态系统理论思考[J]. *中国科学院院刊*, 2022, 37(9): 1277-1289.
- [18] 袁华荣, 陈丕茂. 广东省海洋牧场发展现状、问题与对策[J]. *广东农业科学*, 2022, 49(7): 141-154.
- [19] 索安宁, 丁德文, 杨金龙, 等. 海洋牧场生境营造“三场一通道”理论应用研究[J]. *海洋渔业*, 2022, 44(1): 1-8.
- [20] 伍家祺, 王利伟, 陈柳云. 海洋牧场建设类型比较及发展对策研究[J]. *河北渔业*. 2024(2): 42-46.
- [21] 方光杰, 周永东, 梁君, 等. 岛礁型海洋牧场聚鱼增殖模式综述[J]. *浙江海洋大学学报 (自然科学版)*, 2023, 42(2): 165-172.
- [22] 车轩, 刘晃, 吴娟, 等. 我国主要水产养殖模式能耗调查研究[J]. *渔业现代化*, 2010, 5(2): 2-28.
- [23] 周卫国, 丁德文, 索安宁, 等. 珠江口海洋牧场渔业资源关键功能群的遴选方法[J]. *水产学报*, 2021, 45(3): 1-19.
- [24] 吴奕, 张帆, 李军. 海洋牧场促进渔业转型与传统渔民角色升级[J]. *农业工程*, 2022, 12(8): 149-154.
- [25] 陈坤, 张秀梅, 刘锡胤, 等. 中国海洋牧场发展史概述及发展方向初探[J]. *渔业信息与战略*, 2020, 35(1): 2-21.
- [26] 刘静, 傅强, 韩华伟, 等. 新型海洋牧场平台功能研究与设计[J]. *江苏船舶*, 2022, 39(5): 5-8.
- [27] 徐琰斐, 徐皓, 刘晃, 等. 中国深远海养殖发展方式研究[J]. *渔业现代化*, 2021, 48(1): 9-15.
- [28] 张国范, 王子臣. 三倍体长牡蛎浮筏养殖技术的研究[J]. *中国水产科学*, 2000, 7(1): 68-72.
- [29] 林克冰, 周宸, 何丽斌, 等. 海水网箱养殖大黄鱼弧菌病的病原菌[J]. *应用海洋学学报*, 1999, 18(3): 342-346.
- [30] 翟绪辉, 程晖, 刘长东, 等. 基于热流固耦合模型的养殖工船养殖舱温度场数值模拟[J]. *渔业现代化*, 2022, 49(5): 15-23.
- [31] 何伟宏, 索安宁. 中国海域综合管理概述[M]. 北京: 海洋出版社, 2022: 72-78.
- [32] 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(1): 110-116.
- [33] 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.
- [34] 王宁, 田涛, 尹增强, 等. 景观视角下的海洋牧场多产业融合发展模式浅析[J]. *海洋开发与管理*, 2021, 38(12): 6-12.
- [35] 周少君, 余奕勤, 周惠珠. 基于建设现代化海洋牧场的渔业用海分类研究[J]. *海洋与渔业*, 2023(3): 84-86.
- [36] 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.
- [37] 陈灏, 孙省利, 张才学, 等. 广东省实施海洋牧场与海上风电融合发展的可行性分析[J]. *海洋通报*, 2022, 41(2): 208-214.
- [38] 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): 95-104.
- [39] 崔旺来, 李瑞发, 叶舟, 等. 浅析海域使用权立体分层设权的象山实践[J]. *浙江国土资源*, 2022(8): 52-53.