

DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2024.01.006

国内外深远海养殖设施标准对比分析及建议

吴姗姗, 郑建丽, 曹建军

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要:标准是保障深远海养殖活动规范安全开展的基础性支撑文件, 研究制定要求合理、管理科学的深远海养殖标准, 意义重大。通过对比国内外深远海养殖设施标准化文件中深远海养殖设施的关键指标, 发现国外的标准化文件体系较为完整, 指标要求比国内高, 而国内深远海养殖设施标准化文件严重缺失, 还未成体系, 结合国内环境条件和产业现状, 对比国外技术标准、法规要求, 提出针对国内的意见建议: 增加适渔性研究、开展国内外标准化文件的深化对比研究、构建科学完整的标准体系、发挥标准作用促进“四新”在深远海养殖设施中的应用, 细化深化检验管理中的要求; 尽快在深远养殖设施的结构强度、工作人员的安全保障和设施风险分析方面制定相关标准。

关键词:深远海养殖设施; 标准; 技术法规; 对比分析

中图分类号: S954.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-9580-(2024)01-0048-008

随着国家海洋强国战略导向, 中国海水养殖快速发展, 相关研究表明, 深远海养殖可利用更先进的养殖技术和设备, 将养殖作业拓展到水深更深和水流交换条件更好的深远海, 在缓解近海养殖压力的同时提升海水养殖水产品质量^[1-9]。但同时中国深远海养殖也面临装备技术与标准体系不完善、养殖技术水平不高、顶层设计缺乏及多学科交叉融合欠缺等问题。现有典型的深远海养殖装备方式主要为大型养殖网箱和浮式养殖平台^[10], 结合我国海洋地理和气候条件, 国内设计研发了深远海围栏养殖方式。作为“深蓝渔业”的重要组成部分, 发展深远海养殖对于保障国家食品安全、实现海洋渔业经济可持续发展、推进“蓝碳计划”和建设海洋生态文明具有重要的战略意义^[11-12]。

1 技术特点和发展趋势

深远海养殖设施通常被布放在高海况海域, 同时要保障人命安全、环境安全和养殖对

象的安全, 因此前期的规划和选址需要考虑较多的影响因素, 其次是装备智能化程度和设施的强度要求指标较高。在不断研发实践过程中, 深远海养殖生产设施逐步向着大型化、多样化、自动化、智能化方向发展。随着技术发展, 深远海养殖将逐步建立适养品种开发及工业化养殖技术体系、研发安全性与经济性兼具的设施装备、构建陆海统筹全产业链生产保障体系^[13]。

2 国外发达国家技术和标准现状

随着深远海养殖日益成为国际社会关注的焦点, 已有 20 余个国家或地区积极参与深远海养殖^[14]。挪威、日本、美国和加拿大等发达国家早在 20 世纪 70 年代就开展深远海养殖网箱的设计和建造工作^[15], 尤其在深远海养殖网箱材料、网衣清洗与防污损、鱼类自动投饲与起捕以及养殖技术标准体系等方面开展大量研究与应用, 并取得一定成果^[16-20], 上述发达国家在深远海养殖海

收稿日期: 2023-06-30

基金项目: 渔业响应气候影响的科学管理路线图; 崂山实验室科技创新项目 (LSKJ202201805)

作者简介: 吴姗姗 (1988—), 女, 硕士, 助理研究员。研究方向: 渔业装备标准化。E-mail: wushanshan@fmiri.ac.cn

通信作者: 郑建丽 (1983—), 女, 硕士, 副研究员。研究方向: 渔业装备安全与检测技术。E-mail: zhengjianli@fmiri.ac.cn

域规划、养殖品种选择和养殖系统构建等方面也开展大量技术研究与应用^[7,21-23],为提高深远海养殖技术水平提供重要支撑,进一步推动全球深远海养殖的发展。

挪威作为技术最先进的国家,制定并发布了《海上鱼类养殖装备和设施(2022)(Floating fish farming units and installations)》^[24]、《浮动生产、存储和装载单元(2018)(Floating production, storage and loading units)》^[25]、《海上渔业养殖场 现场勘测、风险分析、设计、尺寸确定、生产、安装和操作要求(2009)(Marine fish farms requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation)》^[26]等标准。美国作为最早开展研究的国家,制定并发布《移动式、浮式生产装置建造和入级规范(2019)(Floating Production Installations)》^[27]、《海洋鱼类养殖设施的建造和入级指南(2018)(Guide for Building and Classing Offshore Fish Farming Installations)》^[28]等船级社规范。

3 国内技术和标准现状

1998年,海南首先开始探索深远海养殖并逐渐引起关注^[16,22]。2010—2020年中国深远海养殖进入快速发展期,养殖装备以深水网箱为主^[14],经过多年研发探索在抗风浪养殖装备技术创新方面取得重大突破,开发并建造了多种结构复杂的深远海养殖装备,在结构安全、远程控制、养殖风险抵御能力方面取得了较多成果^[6,8,29-32],于2021年实现首批国产深海三文鱼收鱼^[33]。近年,结合中国沿海地区的潮汐、底质和气候特点,研发了深远海大型围栏养殖模式^[34],对比传统高密度养殖优势较明显;研发设计了许多大型装备、构建大型养殖工船等。随着新技术、新材料的应用,深远海养殖逐步向大型化、智能化、规模化和集约化方向发展^[8,29-32]。

标准化文件方面,中国船级社发布了《海上

渔业养殖设施检验指南(2019)》^[35]和《海上浮式装置入级规范(2020)》^[36],海事局发布了《海上移动式平台检验规则(2023)》^[37]《海上移动式平台技术规则(2023)》^[38]《海上浮动设施检验规则(征求意见稿)》^[39]《海上浮动设施技术规则(征求意见稿)》^[40]《海上固定设施检验规则(征求意见稿)》^[41]《海上固定设施技术规则(征求意见稿)》^[42]。国外发达国家更早地开展了深远海养殖网箱的设计和建造工作^[15],已构建了完善的标准化文件体系,国内深远海养殖起步较晚,随着技术和模式不断更新和拓展,在技术标准方面欠缺的问题逐渐凸显,与挪威、美国等发达国家相比,体系完整性、指标全面性的差距明显。

4 技术对比

4.1 技术规范对比

重点对中国船级社(以下简称“CCS”)发布的《海上渔业养殖设施检验指南》《海上浮动设施入级规范》、挪威船级社(以下简称“DNV”)发布的《海上鱼类养殖装备和设施》、美国船级社(以下简称“ABS”)发布的《海洋鱼类养殖设施的建造和入级指南》四个规范的主要内容进行了比对。其中CCS发布的《海上浮动设施入级规范》和DNV发布的《海上鱼类养殖装备和设施》中,仅对养殖设施的设计和建造要求部分进行了对比。中国、挪威、美国船级社渔业养殖设施技术法规区别性比较如表1所示。

4.2 技术标准对比

重点将挪威标准化协会发布的《海上渔业养殖场 现场勘测、风险分析、设计、尺寸确定、生产、安装和操作要求》(以下简称“NS 9415”)、CCS发布的《海上渔业养殖设施检验指南》中对鱼类养殖活动从前期现场调查到生产过程中的操作要求,与国内现行的国家和行业标准技术指标要求进行对比。具体对比见表2。

表 1 中国、挪威、美国船级社渔业养殖设施技术法规区别性比较

Tab. 1 Comparison of different technical requirements of fishery facilities in China, Norway and American bureau of shipping

项目	CCS	DNV	ABS
环境设计条件	给出了 7 个作业模式及设计工况,未做载人/无人区分	在 NS 9415 标准中提出要求	载人:100 年一遇的极端条件 无人:50 年一遇的极端条件
锚绳安全系数	引用“移规”要求,未做载人/无人区分	未做载人/无人区分	载人:符合 ABS《浮式生产装置建造和分类规则》要求 无人:符合 ABS《海上风力涡轮机装置建造和分类指南》要求
消防、救生	主要引用船舶要求,未做载人/无人区分	引用船舶规范要求,未做载人/无人区分	载人:符合 ABS《浮式生产装置建造和分类规则》《移动式海上钻井装置建造和分类规则》要求 无人:符合 ABS《海上风力涡轮机装置建造和分类指南》要求
电气系统	主要引用《海上移动平台入级规范》和《海上浮式装置入级规范》要求,未做载人/无人区分	引用船舶规范要求,未做载人/无人区分	载人:主电源、紧急备用动力、消防泵、其他负载 无人:主电源、紧急备用动力
风险评估	无	(与 NS 9415 对比) 计划、生产、交付、安装和运行风险评估,事件发生概率及严重程度评估、NS 5814 风险评估一般要求	1. 在确定环境负荷对整个设施及其组件(如顶侧和船体结构,系泊缆线和锚点)的整体影响。对于服役前和服役阶段中的所有关键条件,都应进行整体性能分析 2. 引用《ABS 海洋相关设施分类风险评估指南》
监控系统	推荐对水产品进行监测、带有渔业休闲附加标志的设施还应配置视频监控等设备,保证人员安全	DNV 船舶入级规范第 4 部分系统和组件中第 9 章控制和监控系统:一般要求、设计原则、系统设计、基于电脑系统的附加要求、部件设计和安装、用户界面	引用《ABS 海上设施辅助机械和系统的远程控制和监视指南》
配套设施要求	无	一般要求、技术参考标准、材料、结构、结构的制造和测试、稳定和水密/防风雨完整性、系泊和拖曳、船舶和机械设备、电气设备、监控系统、消防(NS 9415 标准要求)通则、规划要求、稳性、消防与救生、生产、系泊和拖曳、生产规划文件要求、标志要求	无
新能源系统	无	无	1. 提出结构设计要求。 2. 对已安装的新能源系统执行标准、设计要求及限制条件做一致性审查
检验要求	CCS:入级检验 规则:建造检验、定期检验、初次检验、其他检验	定期调查、主要设备的定期调查、其他设备的调查、配套设施的定期检查、可选调查项、替代调查	引用《浮式生产装置建造和分类规则》《海上装置建造和分类规则》

表 2 中国、挪威渔业养殖设施技术标准及技术要求区别性比较

Tab. 1 Comparison of standards and technical requirements of fishery culture facilities between China and Norway

项目	国标/行标	CCS 指南	NS 9415
强制类型	推荐性	推荐性	强制性
前期调研	GB/T 40749 (针对重力式网箱);海况(海面风、海浪、海流、潮位)、水深、地形、底质	未做要求	场地分类(暴露情况)、风、波、电流、海流方向
网衣强度	GB/T 18673(外观质量、网目长度、断裂强力要求)、GB/T 4925(网片强力与断裂伸长率试验方法)	引用国家标准 GB/T 18673、GB/T 4925	融合在主要部件的强度及连接要求中
网绳网目	GB/T 6964(渔网网目尺寸测量方法)、GB/T 6965(渔具材料试验基本条件 预加张力)	引用国家标准 GB/T 6964、GB/T 6965	融合在主要部件的强度、连接及负载要求中
网片缝合、装配	SC/T 4005(网片缝合和装配)、SC/T 4004(网片剪切和计算)	引用行业标准 SC/T 4005、SC/T 4004	融合在主要部件的强度、连接及负载要求中
网衣负载计算	无	水动力系数,受力、运动变形和网线张力、网衣对场场的作用、生物附着影响	尺寸计算、部分系数法、特征值、极限状态、载荷、负载系数、负载组合、负载效应的计算
浮子	SC/T 5027(淡水网箱技术条件)	引用行业标准 SC/T 1006	融合在主要部件的强度、连接及负载要求中
浮箍	无	水动力系数,受力、运动变形和网线张力、网衣对场场的作用、生物附着影响。	规划、系泊参数、净参数、拉伸变形、结构、焊接、安装和维护、拖曳浮箍规格、钢结构安装要求
设施栏杆	无	无	与浮箍的链接、浮动轴环参数、围栏的拉伸变形、环境参数、尺寸设计原则、设计要求、材料、使用和维护、相关文件要求
网衣清洁	无	根据网箱上附着生物量、鱼类养殖情况、海区水质状况,定期进行换网或洗网,清除附着物	1. 主要部件的设计应确保不会使其他主要部件的清洁变得复杂或受到妨碍 2. 日常维护应特别评估污垢的清洁和清除 3. 应有关于清洁/清除海中污垢的操作要求 4. 网栏、浮子、浮箍的水上和水下部分应容易保持清洁

4.3 讨论

4.3.1 技术规范

在环境设计条件、锚绳安全、消防救生、电气系统部分载人/无人要求方面,挪威和美国的技术要求均通过引用其他标准或规则做了要求。总体上,挪威、美国、中国的规范中对载人设施的技术要求均比无人设施高;风险评估方面,挪威规则注重全过程的评估、关注点在设备安全和环境安全,美国规范重点关注设备安全且给出相关的评估方法,国内目前还无相关规定;监控系统方面,挪威基本引用船舶监控要求,美国规范则直接指向专

门制定的监控和监视指南,国内规范目前对监控的要求,仅针对养殖对象和渔业活动的场所,要求相对简单笼统;配套设施方面,挪威做了系统详细的要求,内容丰富,基本与养殖设施要求类别一致,美国和国内目前未做要求;新能源系统的配套方面,美国提出了太阳能系统的设计要求和已有设备的一致性核查要求,挪威和国内目前未做相关要求,且国内目前已有新能源和养殖设施集成的“澎湖号”,该设施是国内首座半潜式波浪能养殖网箱,实现了波浪能发电结合太阳能发电,主尺寸为 28 m 宽,66 m 长,工作吃水 11.3 m,可提供

1 万 m^3 养殖水体,具备 20 余人居住空间,300 m^3 仓储空间,120 kW 海洋能供电能力^[43];检验要求方面,挪威和美国的管理要求和管理部门与国内不同,检验要求不相同,包括检验频率、对象、项目均不相同。由此看出,国内在深远海养殖设施的管理方面,各阶段的管理要求不同,且“四新”的应用方面缺乏管理和技术标准文件。

4.3.2 技术标准

国内的技术标准与挪威技术标准最大的不同在于,挪威技术标准在一项标准中技术指标要求大而全,系统性和协调性强。国内技术标准通过构建标准体系提高不同标准化对象间的协调性和系统性,而国内标准体系构建单位为专业标准化技术委员会,技术委员在构建标准体系过程中对于跨专业、跨领域、跨行业的体系构建相对较弱,导致国内深远海养殖标准化工作相对落后于养殖设施的发展,某些领域甚至没有标准,如装备专业领域的标委会开展养殖专业的标准化工作,会存在标准体系或具体要求适渔性差的问题,急需将专业多学科领域标准化工作形成合力,构建系统协调的标准体系以指导具体标准的编制。国内的重力式网箱标准,主要针对前期调查方面提出要求,其他网衣、网片标准主要集中在网箱、网具及相关试验上。现有标准与实际使用的高海况环境不相匹配,且在网衣清洁、网衣负载计算、浮箍、设施栏杆等方面的相关标准尚处于空白。挪威通过规范和标准的协调引用,对养殖设施的结构强度、人员安全、环境安全做了系统、全面、细致的要求。在往后标准化文件制定、技术指标要求确定的过程中,应在深化对比研究国内外要求的前提下,研究提出更适合我国海洋地理和气候环境条件的要求,便于标准的实施和养殖装备及活动管理,形成技术促进标准、标准引领技术的良性循环,发挥标准促进我国深远海养殖稳步发展的重要作用。

5 问题及建议

5.1 增强深远海养殖设施的适渔性研究和标准编制

行业主管部门应组织高校、研究所等科研单位联合开展养殖装备及其运行环境的适渔性研究。目前国内深远海养殖设施建造的要求更多的借鉴工业平台要求或者货船要求等,要求普遍都

比渔业养殖设施或平台要高,但在适渔性方面有所欠缺,主要体现在缺少前期调查要求、载人/无人装置未做明显区分、网具设施的要求分散不成体系等方面。在深远海高海况情况下,应特别加强承担渔业活动的设施设备安全性研究,如环境对渔网具的强度和疲劳寿命的影响、极端条件下平台的系泊安全、渔网具在海水中的水动力研究、局部负载和整体载荷的研究、网具的清洁及附着物的清除等,都需要结合现状开展基础性适渔研究。与此同时,还应开展相应的技术规范或标准化文件编制,通过标准化文件的编制和实施,达到深远海养殖活动有标准可依的目标。

5.2 开展国内外技术法规与标准的深化对比研究

对比目前已有的国内外技术规范及标准,发现国内的规范、标准与美国、挪威的标准化文件相比,在指标设置和指标要求方面都存在很大差异,如在设施风险评估、监控系统要求及养殖配套设施要求方面。建议法规编制单位和标准化科研单位应积极发挥平台优势,在充分调查国内深远海养殖环境、海域条件及设施技术现状的基础上,对国内外的技术要求进行深化对比分析研究,提出适合我国国情的技术要求,在此基础上指导技术法规和标准的制修订工作。

5.3 构建科学完整的技术标准体系

标准化科研单位应加强与深远海养殖设施管理、设计、建造、运营等单位的沟通与交流,构建科学、协调、适用性强的标准体系,做好深远海养殖设施的标准体系顶层设计。深远海养殖活动涉及海洋工程、船舶工程、养殖技术、装备制造、材料科学、智能控制、物联网等多学科多领域,为保障深远海养殖活动安全开展,需要多学科交叉融合,强化深远海养殖的顶层设计及基础性研究,在构建科学合理的技术框架的基础上,将各学科的特点系统协调地结合在一起,形成完整的深远海养殖设施技术标准体系。

5.4 发挥标准引领作用促进“四新”在深远海养殖设施中的应用

标准是保障深远海养殖活动规范安全开展的基础性支撑文件,其主要功能是通过提出合理的技术要求并严格按照标准要求开展活动,达到深远海养殖技术全面、协调、可持续发展的目标。同

时标准的编制实施,可以为新技术、新材料、新工艺、新装备在深远海养殖活动中更安全的开发应用提供保障,从而达到提高稳定性和降低不确定性的目标。深远海养殖设施的造价普遍都非常高昂,通过实践论证,其安全风险和经济风险都难以衡量,新能源技术的结合应用已在国内设施中有所体现,“澎湖号”利用太阳能、波浪能供电,这些技术单一的性能研究都没得到普遍、广泛的应用,在渔业养殖活动中集成后的安全性、稳定性、经济性都有待论证,需要通过标准化文件规范技术要求和生产工艺。

5.5 在标准化文件中细化深远海养殖设施的各阶段检验管理要求

通过对比美国和挪威的养殖设施检验要求发现,这两国比较共性的特点是对不同的设备、装置有不同的检验频率和检验项目要求,暨设施在前期勘察、设计、建造、运输、安装调试、运行期间都有差异化的要求。突出表现在保障安全的设施设备的检查、渔网具在使用过程中的清洁检查、配套设施的检查要求等方面,其中渔网具检验要求差异尤为明显,在渔网具使用过程中,要求检查的项目和频次都与国内的检验要求不同,水上部分及水下部分的也都做了区别要求。下一步建议在标准化文件的编制时,充分对深远海养殖设施的检验对象、检验项目、检验频次等开展深入研究,并在文件中以要求性条款提出各阶段、各指标的检验或管理要求。

6 结论

通过以上的对比分析,发现美国和挪威的技术法规和标准体系的完整性和要求的全面性优于国内,如挪威的标准从选址、底质调查、设施的设计应用到设施的管理维护都有全生命周期的具体要求,而国内深远海设施装备正处于产业化发展的起步期,技术法规在保障装备强度、人员安全方面做了较为系统的要求,且更多的是借鉴和引用海洋工程设施的要求,但在结合中国的特殊地理条件、气候条件及养殖场景方面的要求非常少,在开放海域开展集约化养殖方面与国外的要求相比缺少较多;在设施本身的设计、建造、应用方面,国内缺少适合国内海况、养殖品种、管理模式下的对应标准,如国内关键部件、链接部件的结构强度、

疲劳强度计算等等。国内仅有1项重力式网箱标准,其他的行业标准在深远海养殖方面适配性较低,且国内没有完整的标准体系。

因此,在国家大力支持和发展深远海养殖产业的背景下,构建标准体系,完善标准化文件的出台和实施,会对产业技术发展起到重要的助力作用,可以推动产业的技术规范统一,使装备开发过程更加严谨,减少人为错误和问题,有助于提高装备的质量和稳定性,促进装备的功能和性能优化升级;通过统一、规范的要求以及对标准化文件的实施也可从产业团体、研发设计、建造施工、运营维护等多方面多角度地收到对于标准化文件的优化反馈,从而形成规则规范和标准相互引用、互相支持并且不断完善进步的良性循环;通过标准化文件的编制和实施,可以在深远海养殖活动中,保障人员安全、设备安全、环境安全,但在目前标准严重欠缺的状况下,需要更多具备跨学科专业背景的人员投入到标准化文件的制定中,特别是在深远养殖设施的结构强度、工作人员的安全保障和设施风险分析方面制定相应的标准化文件。□

参考文献

- [1] 马云瑞,郭佩芳.我国深远水养殖环境适宜条件研究[J].海洋环境科学,2017,36(2):249-254.
- [2] 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].海洋环境科学,2016,35(3):89-95.
- [3] 侯娟,周为峰,王鲁民,等.中国深远海养殖潜力的空间分析[J].资源科学,2020,42(7):1325-1337.
- [4] 连江县人民政府,自然资源部第三海洋研究所 连江县深远海养殖发展规划(2021—2035年)[Z].2021.
- [5] 付晓月,黄大志,徐慧丽,等.深远海网箱水产养殖发展综述[J].水产养殖,2021,5(10):23-26.
- [6] 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.
- [7] 石建高,余雯雯,卢本才.中国深远海网箱的发展现状与展望[J].水产学报,2021,45(6):2-12.
- [8] 王珊.科学网.加快推进水产养殖工程化[EB/OL].(2014-07-24). <https://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2014/7/289834.shtm?id=289834>.
- [9] 刘晃,徐皓,徐琰斐,等.深蓝渔业内涵与发展理念[J].渔业现代化,2018,45(5):23-26.
- [10] 胡方珍,盛伟群,王体涛.深远海养殖装备技术现状及标准化工作建议[J].船舶标准化工程师,2021(6):6-12.
- [11] 焦念志,骆永明,周云轩,等.蓝碳研究进展与中国蓝碳计划[M].北京:社会科学文献出版社,2015.
- [12] 徐皓,刘晃,徐琰斐.我国深远海养殖发展现状与展望[J].中国水产,2021(6):36-40.

- [13] 徐皓, 刘晃, 黄文超. 深远海设施养殖装备技术进展与展望 [J]. 上海海洋大学学报, 2023, 32(5): 893-902.
- [14] 徐杰, 韩立民, 张莹. 我国深远海养殖的产业特征及政策支持 [J]. 中国渔业经济, 2021, 39(1): 98-107.
- [15] HODSON S L, LEWIS T E, BURKE C M. Biofouling of fishcage netting: efficacy and problems of in situ cleaning [J]. Aquaculture, 1997, 152(1-4): 77-90.
- [16] PAPANDROULAKIS N, DIMITRIS P, PASCAL D. An automated feeding system for intensive hatcheries [J]. Aquacultural Engineering, 2002, 26(1): 13-26.
- [17] HOLMER M. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs [J]. Aquaculture Environment interactions, 2010, 5(1): 57-70.
- [18] AASA T S, OEHMEA M S, RENSEN M, et al. Analysis of pellet degradation of extruded high energy fish feeds with different physical qualities in a pneumatic feeding system [J]. Aquaculture Engineering, 2011, 44(1): 25-34.
- [19] BANERJEE I, PANGULE R, KANE P S. Antifouling coatings: recent developments in the design of surfaces that prevent fouling by proteins, bacteria, and marine organisms [J]. Advanced Materials, 2011, 23(6): 690-78.
- [20] 胡方珍, 盛伟群, 王体涛. 深远海养殖装备技术现状及标准化工作建议 [J]. 船舶标准化工程师, 2021, 54(5): 6-12.
- [21] HOU H M, DONG G H, XU T J. Analysis of probabilistic fatigue damage of mooring system for offshore fish cage considering long-term stochastic wave conditions [J]. Ship and Offshore Structures, 2020(4): 1-12.
- [22] DARCH A, TSUKROV I, DeCEW J, et al. Field studies of corrosion behavior of copper alloys in natural seawater [J]. Corrosion Science, 2013, 76(1): 453-464.
- [23] 纪毓昭, 王志勇. 我国深远海养殖装备发展现状及趋势分析 [J]. 船舶工程, 2020, 42(2): 1-4.
- [24] 挪威船级社. 海上鱼类养殖装备和设施 (Floating fish farming units and installations) [EB/OL]. (2023-12-22). <http://www.dnvgl.com>.
- [25] 挪威船级社. 浮动生产、存储和装载单元 (Floating production, storage and loading units) [EB/OL]. (2023-12-22). <http://www.dnvgl.com>.
- [26] 挪威标准化协会. 海上渔业养殖场 现场勘测、风险分析、设计、尺寸确定、生产、安装和操作要求 (Marine fish farms requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation). www.standard.no.
- [27] 美国船级社. 移动式、浮式生产装置建造和入级规范 (Floating Production Installations) [EB/OL]. (2023-12-22). <https://www.eagle.org/en.html>.
- [28] 美国船级社. 海洋鱼类养殖设施的建造和入级指南 (Guide for Building and Classing Offshore Fish Farming Installations) [EB/OL]. (2023-12-22). <https://www.eagle.org/en.html>.
- [29] 石建高, 周新基, 沈明. 深远海网箱养殖技术 [M]. 北京: 海洋出版社, 2019.
- [30] 聂政伟, 王磊, 刘永利, 等. 铜合金网衣在海水养殖中的应用研究进展 [J]. 海洋与渔业, 2016, 38(3): 329-336.
- [31] 黄小华, 庞国良, 袁太平, 等. 我国深远海网箱养殖工程与装备技术研究综述 [J]. 渔业科学进展, 2021, 54(5): 6-12.
- [32] 中国日报网. 山东青岛: 三方共建国家深远海绿色养殖试验区 [EB/OL]. (2021-02-26). <http://ex.chinadaily.com.cn/exchange/partners/82/rss/channel/cn/columns/80x78w/stories/WS603866b8a3101e7ce974125d.html>.
- [33] 吴侃侃, 李青生, 黄海洋, 等. 我国深远海养殖现状及发展对策 [J]. 海洋开发与管理, 2022, 39(10): 11-18.
- [34] 宋炜, 韩昕辰, 谢正丽, 等. 我国深远海大型围栏养殖发展现状与展望 [J]. 渔业科学进展, 2022, 43(6): 111-120.
- [35] 中国船级社. 海上渔业养殖设施检验指南 (2019) [EB/OL]. (2019-07-04). <https://www.ccs.org.cn/ccswz/articleDetail?id=201900001000006329>.
- [36] 中国船级社. 海上浮式装置入级规范 (2020) [EB/OL]. (2023-02-13). <https://www.ccs.org.cn/ccswz/articleDetail?id=202302130268147327>.
- [37] 中华人民共和国海事局. 海上移动式平台检验规则 (2023) [EB/OL]. (2023-05-10). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=6352ACCD-57FA-4E7E-BF5A-D42F06B86C28&channelId=F92F8B93-A6C8-4407-89F0-ED717704CEAC>.
- [38] 中华人民共和国海事局. 海上移动式平台技术规则 (2023) [EB/OL]. (2023-05-10). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=E4E0A6F8-852D-4362-8490-6E30923F149C&channelId=F92F8B93-A6C8-4407-89F0-ED717704CEAC>.
- [39] 中华人民共和国海事局. 海上浮动设施检验规则 (征求意见稿) [EB/OL]. (2021-10-29). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=253242ED-E530-42CD-8347-B3BE79B0D32D&channelId=0308A180-57AB-4E0E-9236-20FBED32B5EF>.
- [40] 中华人民共和国海事局. 海上浮动设施技术规则 (征求意见稿) [EB/OL]. (2021-10-29). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=E2114A28-8DE2-4191-8B30-442F673BE45C&channelId=0308A180-57AB-4E0E-9236-20FBED32B5EF>.
- [41] 中华人民共和国海事局. 海上固定设施检验规则 (征求意见稿) [EB/OL]. (2021-11-24). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=88ABFF81-5BE8-4E14-81DD-5ABAE55973E2&channelId=0308A180-57AB-4E0E-9236-20FBED32B5EF>.
- [42] 中华人民共和国海事局. 海上固定设施技术规则 (征求意见稿) [EB/OL]. (2021-11-24). <https://www.msa.gov.cn/page/article.do?articleId=23E69D93-687A-4849-BC9D-152679896534&channelId=0308A180-57AB-4E0E-9236-20FBED32B5EF>.
- [43] 孔一颖, 王明晔. 全国首座半潜式波浪能养殖网箱广东交付 [J]. 海洋与渔业, 2019(8): 74-75.

Comparative analysis and countermeasures on standards of offshore aquaculture facilities

WU Shanshan, ZHENG Jianli, CAO Jianjun

(*Fishery Machinery and Instrument Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China*)

Abstract: Standards are the basic supporting documents to ensure the standardized and safe development of deep-sea aquaculture activities. Its main function is to achieve the goal of comprehensive, coordinated and sustainable development of deep-sea aquaculture technology by putting forward reasonable technical requirements and carrying out activities in strict accordance with the standards. However, in different countries and regions, the requirements for deep-sea aquaculture platforms and related facilities are different, and there are many technical indicators and types involved. If reasonable technical indicators and management requirements cannot be formulated in combination with the actual use environmental conditions and management background, it will cause great hidden dangers to the safety of life, facilities and environment at sea and limit the healthy development of deep-sea aquaculture technology. Therefore, it is of great significance to study and formulate far-reaching marine aquaculture standards with reasonable requirements and scientific management. In this paper, by comparing the key indicators of deep-sea aquaculture facilities in the standardized documents of deep-sea aquaculture facilities at home and abroad, it is found that the standardized documents of deep-sea aquaculture facilities at home and abroad are relatively complete, and the standardized documents of deep-sea aquaculture facilities at home are seriously lacking and have not yet become a system. Combined with the domestic environmental conditions and industrial status, and compared with the requirements of foreign technical standards and regulations, reasonable suggestions are put forward for China; increasing the research on fishing suitability, carrying out the in-depth comparative study of standardized documents at home and abroad, and building a scientific and complete standard system.

Key words: offshore aquaculture facilities; standards; technical regulations; contrastive analysis