基于生态系统的挪威海海洋环境综合管理计划

李学峰¹, 岳奇¹, 余静², 马琛², 陈吉祥¹, 张祥国¹

(1. 国家海洋技术中心 天津 300112; 2. 中国海洋大学海洋与大气学院 青岛 266100)

摘要:为推动我国国土空间规划新视角下的海洋空间规划实践,提升我国海洋综合管理水平,文章概述基于生态系统的挪威海海洋环境综合管理计划的主要内容,并重点分析挪威海的海洋环境空间管理措施。研究表明:挪威海海洋环境综合管理计划是基于生态系统的海洋空间规划,建立在良好的海洋环境状况和海洋生物多样性与其栖息地的保护基础之上,以可持续利用海洋资源来实现海洋产业的价值创造与生态系统服务供给;该管理计划制定一系列海洋环境保护措施和人类活动空间管理措施,以实现挪威海海洋环境的有效保护和海洋经济产业的有效管理;挪威海海洋空间规划的发展可为我国国土空间规划涉海内容的编制、海洋资源的可持续利用与海洋产业的快速健康发展提供重要参考。

关键词:挪威海;生态系统;海洋空间规划;海洋产业;海洋保护区

中图分类号:P76;F205

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)06-0024-07

Ecosystem-based Integrated Management Plan of the Marine Environment for the Norwegian Sea

LI Xuefeng¹, YUE Qi¹, YU Jing², MA Chen², CHEN Jixiang¹, ZHANG Xiangguo¹

(1. National Ocean Technology Center, Tianjin 300112, China;

2. College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: In order to promote the practice of marine spatial planning from the new perspective of territorial spatial planning in China and improve the level of integrated marine management, this paper outlined the main contents of ecosystem-based integrated management of the marine environment of the Norwegian Sea, and emphatically analyzed the space management measures for marine environment in the Norwegian Sea. The results showed that the integrated management plan of the Norwegian Sea was an ecosystem-based marine spatial planning initiative, which was built on the solid marine environmental conditions, the protection of marine biodiversity and its habitat, and the sustainable utilization of marine resources, and therefore it could finally realize

收稿日期:2020-06-02;修订日期:2021-04-01

基金项目:国家海洋局极地考察办公室南北极环境综合考察评估与管理项目“极地考察业务化与科研”(Y2200JD01);天津市留学人员科技活动启动项目择优资助计划项目“南极海洋空间规划编制”(Y2200OF01);国家海洋技术中心创新基金项目“南极菲尔德斯半岛空间规划分区体系研究”(Y2200Z001)。

作者简介:李学峰,博士,研究方向为海洋空间规划、极地政策和规划

the value creation of marine industry and the supply of ecosystem services; the management plan set out a series of marine environmental protection measures, such as the designation of particularly valuable and vulnerable areas and marine protected areas, and spatial management measures for human activities, with the purpose of achieving effective protection of the marine environment and effective management of marine economic industries in the Norwegian Sea. The development of marine spatial planning in Norway could provide important references for the compilation of sea-related contents of national territorial spatial planning, the sustainable utilization of marine resources and the rapid and healthy development of marine industry in China.

Keywords: Norwegian Sea, Ecosystem, Marine spatial planning, Marine industry, Marine protected area

0 引言

挪威海是北大西洋的陆缘海,海域面积约为 138.3 万 km²,拥有丰富多样的自然环境和生物种群^[1]。挪威海最重要的海洋产业为渔业、石油开采业、海上运输业和旅游业^[2],气候变化和海洋酸化的潜在影响、鱼类的过度捕捞、急性污染风险、海鸟种群数量降低以及底栖生物生境破坏等都对该地区的海洋环境综合管理提出巨大挑战。挪威政府认为,从长远看来,保护挪威海的生态系统是至关重要的,以保持其清洁、丰富和多产,而以生态系统为基础的综合管理计划将成为实现这些目标的基础^[2]。

挪威的海洋空间规划体系是专属经济区空间规划和各地方管辖水资源规划并行。继 2006 年发布《巴伦支海和罗弗敦群岛海域海洋环境综合管理计划》后,挪威政府于 2009 年制定《挪威海海洋环境综合管理计划》(以下简称《管理计划》)^[2-4]。《管理计划》的目的是通过自然资源和生态系统服务的可持续利用,为挪威海洋产业的发展提供指导和管理框架,在保持挪威海显著的环境价值以及维持其生态系统的结构、功能、生产力和多样性的前提下,使之成为保证挪威海海洋产业安全的重要工具。2017 年挪威政府更新《管理计划》,侧重于对挪威海海洋生态系统及其环境压力影响的新认识,包括挪威海的海鸟种群、冷水珊瑚栖息地、特殊价值与生态脆弱区内的重要物种及其栖息地以及海洋垃圾,并以此进一步完善和补充《管理计划》,并提出新的海洋管理措施^[5]。

《管理计划》详细介绍挪威海生态系统、生物多样性和生物栖息地的现状,包括浮游动物、底栖生物栖息地、重要鱼类资源、重要海鸟种群和重要海洋哺乳动物,并在《管理计划》区域内选划 11 个特殊价值与生态脆弱区,这些区域均易受到污染物积累、外来物种入侵、气候变化和海洋酸化的影响^[5]。《管理计划》阐明挪威海主要海洋产业对生态环境造成的压力和影响,基于自然资源和生态系统服务的可持续利用,对挪威海的人类活动风险进行分析和评估,为不同工业之间实现有效共存提供管理框架^[5]。《管理计划》还对一些情况进行说明:空间管理立法和管理体制构建;生态系统保护与可持续利用措施的实施;对气候变化和海洋酸化、海洋垃圾和微塑料以及海洋污染等新目标和新知识的管理^[5]。本研究对《管理计划》进行深入剖析,以期为我国国土空间规划新视角下的海洋空间规划研究和实践以及开展海洋综合管理工作提供参考。

1 挪威海海洋环境的主要特征

1.1 海洋环境

《管理计划》区内面积约为 112 万 km²,边界遵循海洋生态系统自然边界和挪威管辖区域的组合,从 62°N 的斯塔德地区延伸至 80°N 的斯瓦尔巴群岛西北部的弗拉姆海峡,其中包括巴伦支海西部的深水区、斯瓦尔巴群岛周边的渔业保护区和扬马延地区周边的渔业区。温暖的大西洋海水使挪威海具有生物产量高和生物多样性丰富的突出特点,物种丰富,拥有大量的鱼类、海洋哺乳动物和海鸟,底栖动物种类繁多,在大陆架边缘可见大型冷水珊瑚

礁群,中大西洋脊的最北端包括许多环境条件非常独特的区域。根据对挪威海温度的长期追踪时间序列分析,由于北大西洋洋流强度的大规模变化,挪威海的温度显著上升,2016年挪威海大西洋水层的平均温度达史上最高水平^[6]。根据对挪威海海洋酸化情况的监测,自2009年《管理计划》公布以来,大气中二氧化碳含量的上升正在导致挪威海海水酸化,且酸化的速度高于全球平均水平^[7]。

1.2 海洋生物多样性

挪威海最主要的生物包括浮游动物、海底和底栖动物、鱼类、海洋哺乳动物以及鸟类。挪威海的浮游动物以小型甲壳类动物为主,如桡足类、鳍足类、远洋两栖类和磷虾;2000—2009年整个挪威海监测区域的浮游动物数量都在下降。在挪威海中部大陆架和大陆坡上有高度多样化的底栖动物群落、冷水珊瑚群落和海绵群落,这些生物群落对于维持海底生物多样性有突出价值;然而海底拖网作业对冷水珊瑚生境造成破坏,气候变化和海洋酸化对挪威海的冷水珊瑚栖息地和其他钙化生物也可能产生不利影响。挪威海的鱼类资源主要包括春水产卵的鲱鱼(*Clupea harengus*)、东北大西洋鲭鱼(*Scomber scombrus*)和蓝鳕鱼(*Micromesistius poutassou*)3种远洋鱼类,自2009年《管理计划》颁布以来,最显著的变化为鲭鱼种群数量的增长及其分布范围的扩大、鲱鱼种群数量的减少以及蓝鳕鱼种群数量的先减后增;国际鱼类资源保护委员会建议为这些远洋鱼类制定正式的管理和重建计划,挪威海当局特别针对这些鱼种颁布捕鱼禁令并加强巡查和执法,以防止非法捕鱼;蓝鲸(*Balaenoptera musculus*)、长须鲸(*Balaenoptera physalus*)、座头鲸(*Megaptera novaeangliae*)和小须鲸(*Balaenoptera acutorostrata*)均在《管理计划》区内温暖水域的繁殖区以及靠近北极锋和边缘冰区的夏季觅食地之间迁徙。挪威海海岸分布着重要的海豹栖息地,拥有灰海豹(*Halichoerus grypus*)和普通海豹(*Phoca vitulina*),扬马延地区北部的冰雪覆盖水域是冠海豹(*Cystophora cristata*)和竖琴海豹(*Pagophilus groenlandicus*)的重要栖息地。挪威海分布着多种北大西洋海鸟种群,最典型的海鸟有海鸬(*Uria lomvia*)、海鸱鸮(*Frater-*

cula arctica)和管鼻鹱海燕(*Fulmarus glacialis*);然而根据20世纪80年代初的有关监测数据,挪威海的许多海鸟数量都在急剧下降^[8]。

2 挪威海的主要人类活动及其环境影响

2.1 海洋渔业

海洋渔业是挪威沿海地区的主要收入来源和文化基础。挪威是世界上最大的捕捞和养殖海鲜出口国之一,其渔业取得成功和持续增长的最重要原因和先决条件是挪威对渔业资源的可持续管理以及海域管理政策。然而渔业的发展不可避免地对捕捞鱼群和整个生态系统造成一定的影响,渔业甚至可能是对生态系统造成影响最大的人类活动。在渔业管理方面的挑战是确保以维持鱼类资源并减少对海底和生物影响的方式进行捕捞,通过调整产量以保持生态系统不同组成部分之间的自然相互作用关系。挪威海生态系统所承受的压力取决于鱼类捕捞量、捕捞方式和营养水平,商业捕捞可能导致鱼类的大小和年龄结构发生变化,对特定年龄的选择性捕捞会改变其基因构成,底拖网捕捞会对底栖生物群落产生不良影响^[9-10]。自1999年以来,冷水珊瑚栖息地已禁止使用海底拖网捕捞,封闭的冷水珊瑚生境已划为海洋保护区。

2.2 石油开采业

挪威的石油开采活动已有50余年的历史,从产值、国家收入、出口价值和投资等方面衡量,石油开采业是目前挪威最大的工业。挪威海已有16个油气田投入生产,3个油气田正在开发,其中有7个油气田自2009年投产。对挪威海石油开采活动的进一步投资将刺激与石油有关的供应工业和整个挪威经济的发展。石油开采业通过化工、石油和其他天然物质的排放对海洋和大气环境带来负面影响,包括放射性物质、氮氧化物、挥发性有机化合物和二氧化碳排放,其中温室气体排放总量对气候变化和海洋酸化造成重要影响^[11-12]。海底海床的物理干扰和地震勘探的水下噪声对鱼类和海洋哺乳动物均可造成不利影响。因此,挪威的石油开采业受到严格管制,以避免或尽量减少生态环境损害,但目前未能确定其对大气环境的直接影响。

2.3 海上运输业

挪威是世界第五大航运国家,挪威政府的海洋

战略目标之一是使更多的货物通过海上运输,使航运成为比公路运输更环保和更具竞争力的选择。东北航道的通航与俄罗斯西北部、挪威海和巴伦支海石油开采活动的扩张都有可能提高挪威海的航运密度并改变其交通模式。航运可通过非法污染物排放、外来生物传播和 underwater 噪音等对大气和海洋环境产生影响^[11,13]。海上运输有发生碰撞的危险,可能导致严重的石油或化学污染。海上运输的气体排放物包括发动机产生的温室气体和酸化物质以及货物(石油和石油产品)挥发性物质的逸散排放,然而并未发现石油、污水或有机锡化合物的作业排放对挪威海的海水质量造成显著影响。尽管《管理计划》区内的海上运输量在总体上有适度增长,油轮运输量也有相当大的增长,但由于新技术的迅速发展和应用,预计未来有害气体排放量将得到有效控制。自 2009 年以来,挪威政府采取多项预防措施,如采用分道通航制和船只监察系统,极大地改善挪威海的海上安全。

2.4 旅游业

挪威海沿岸可开展钓鱼、品尝海鲜和观赏海洋生物等多种户外活动,挪威海的旅游业建立在良好的自然环境基础上,这意味着保持海洋环境价值对沿海地区的旅游业发展至关重要。海钓在游客中很受欢迎,在过去的 20 年里,大量旅游企业在沿海地区发展起来,以满足休闲渔业发展的需求^[14]。挪威政府正在为旅游业制定新的政策指导方针,旨在维持旅游业的价值,并使海洋渔业资源保持在可持续开发利用的水平。有关旅游企业的立法修正案和新规已经起草,挪威海旅游业的发展将更加专业并更加具有合法性。

2.5 行业冲突

人类活动在《管理计划》区内可能涉及不同行业之间的利益冲突,尤其是在石油开采业和渔业之间以及在某种程度上的海上运输业与石油开采业、海上运输业与渔业之间。目前广泛开展的渔业活动加上新增的石油开采活动和日益增加的海上运输量,使行业间的密切协调成为《管理计划》的重点任务。

自 50 余年前挪威海大陆架上开始石油和天然

气的勘探和开采活动以来,挪威政府一直强调其与其他产业尤其是渔业共存的重要性,这为挪威保护宝贵的石油和天然气资源以及丰富的渔业资源奠定良好基础。地震勘探贯穿于石油开采活动的早期勘探到生产的所有阶段,主要被用于油藏监测。在地震勘探中,声脉冲可能直接(生理上)或间接(行为上)影响海洋生物。例如:对鱼卵和幼虫的直接伤害是局部的(仅限于离噪声源数米远的地方),如果鱼类在迁移到产卵地或在产卵期间暴露在地震噪声中,可能影响其产卵的成功率。为避免这种影响,挪威政府对在鱼类重要产卵区和洄游区进行地震勘探活动的时间进行限制,并为此成立由挪威石油理事会、渔业理事会和污染管制局的代表组成的指导小组,负责审查地震勘探活动对鱼类和海洋哺乳动物造成的噪声干扰和其他负面影响并提出建议。

3 挪威海的海洋环境空间管理措施

2009 年《管理计划》为挪威海的管理制定长期目标。2017 年挪威政府对《管理计划》进行修订,主要包括说明 2009 年《管理计划》的措施情况,评估保持这些措施和引入新措施的必要性,并综合提出关于气候变化、人类活动空间、海洋环境保护和可持续开发利用、知识基础、信息和经验交流以及进一步发展《管理计划》系统等一系列措施。本研究主要阐述海洋环境保护(特殊价值与生态脆弱区以及海洋保护区)和人类活动空间这 2 项核心管理措施。

3.1 特殊价值与生态脆弱区

《管理计划》区内的一些特定区域因在自然环境和资源方面的特点而具有特殊价值。根据预定的标准对其进行挑选,其中最主要的 2 个标准为该区域是否对于生物多样性至关重要以及是否具有丰富的生物生产力,次要标准包括非生物学的经济、社会和文化重要性以及科学价值等。针对每个区域的物种、栖息地和生产力特点,对不同环境压力的生态脆弱性进行评估。基于此,将一些地区指定为特殊价值与生态脆弱区,虽不会对其开展商业活动造成直接影响,但须经过谨慎评估。

《管理计划》在挪威海划定 11 个特殊价值与生

态脆弱区,这些地区至少符合上述2个主要标准之一,即对生物多样性和生物生产力的重要性,并同时满足多个次要标准,如高度集中的个体(物种)、独特性、未受干扰的地区或经济重要性。所选区域的种类多样,主要包括6个类型。

(1)大型冷水珊瑚礁群区,即雷曼群岛、弗鲁安群岛与苏拉冷水珊瑚礁以及艾弗里根礁。该区域位于挪威海中部大陆架,生物空间结构复杂,可为多种生物种群提供栖息地,生物多样性丰富,鱼类密度高,因而被提议列入挪威国家海洋保护计划。

(2)鲱鱼和鳕鱼的重要产卵场,即摩尔海岸、哈腾海岸、思科琳娜海岸和韦斯特峡湾。该区域同样位于挪威海中部大陆架,是鲱鱼和蓝鳕鱼产卵和繁殖的重要区域,也可为各种鱼类觅食和越冬提供场所,同时可支持沿岸多种海鸟生活。

(3)海鸟和海洋哺乳动物的重要繁殖区,即扬马延地区和西冰区。北大西洋洋流与东格陵兰洋流在该区域交汇,拥有丰富的浮游动物、鱼类、海鸟和海洋哺乳动物资源。西冰区是在扬马延地区以北形成的漂移冰区域,是冠海豹和竖琴海豹的核心繁殖区。然而受气候变化的影响,近年来冬季冰区的面积一直在减少,冠海豹幼崽的出生数量也明显下降。

(4)大陆架边缘地区,即挪威海浅层大陆架以及岸滩与深水区之间的过渡带,从斯塔德一直延伸到斯瓦尔巴特群岛西北部。该区域蕴藏丰富的生物资源,有大量浮游动物和鱼群,是深海鱼类的重要产卵地以及海鸟、长须鲸和蓝鲸的重要觅食区,也为海绵和冷水珊瑚礁群落提供非常适宜的生长条件。

(5)北极锋,即大西洋和北极水域交汇的狭长地带,一直延伸到挪威海。该区域生物产量高,物种丰富多样,是蓝鲸、长须鲸和小须鲸等多种鲸类的重要觅食区。因气候变化的影响,北极锋的位置和地理范围是动态变化的。

(6)海岸带地区,即从基线向外延伸至距基线12 n mile的区域。该区域孕育丰富的鸟类生命,整个海岸线上都有大量繁殖和越冬的海鸟。大量海豹、海豚和虎鲸等海洋哺乳动物在此栖息和觅食。

3.2 海洋保护区

基于科学评估选划11个特殊价值与生态脆弱区是《管理计划》的重要特点,对于挪威海生态系统和生物多样性保护具有重大意义,同时对于人类活动的合理布局具有重要指导意义。为进一步阻止生物多样性损失、加强对代表性海洋环境的重点保护以及解决海洋自然资源合理开发利用问题,挪威政府基于《东北大西洋海洋环境保护公约》(OSPAR)和《生物多样性公约》(CBD),在划定特殊价值与生态脆弱区外,又构建了挪威海海洋保护区网络。

为响应CBD关于有效管理海洋与海岸带的倡议,挪威政府开展国家生物多样性行动计划,并于2004年确定挪威海的36个亟须重点保护的海洋保护区。目前挪威海已成功设立10个海洋保护区,其中根据挪威《自然多样性法》设立4个海洋保护区以保护其海洋生物多样性,根据挪威《海洋资源法》设立6个海洋保护区以保护其冷水珊瑚礁免受渔业活动的破坏。挪威政府将进一步拟定挪威海海洋保护区工作计划,并持续推进海洋保护区建设。

3.3 人类活动空间

石油开采活动的扩张、捕鱼活动的增多以及海上运输量的增长是挪威海海洋工业的主要发展趋势。现有产业的进一步发展和建立新型海洋产业的潜力将增加对人类活动空间管理的需求,使在环境保护与人类活动之间取得平衡成为更具挑战性的任务。

自2009年《管理计划》实施以来,挪威海的渔业活动没有发生显著变化,其中最大的变化发生在鲱鱼业。由于鲱鱼种群迁移模式和分布的改变,渔业活动模式相应改变,表现为作业范围扩大和作业区域改变。渔业和海上运输业之间的利益冲突没有明显变化,主要在于货船会定期通过或非常靠近有渔船或固定渔具的渔场,此外夏季沿海地区的渔船数量比2009年增多。

挪威海的海上交通密度较低,交通量也没有明显变化,2012—2015年总航程提高10%。分道通航制下的交通分离与推荐路线相结合的方式,对挪威海的交通流产生显著影响,并帮助其建立固定的航

行模式。分道通航制改变船只航线,使其远离渔业活动频繁地区或现有石油开采设施,沿岸的新航道系统也使海上交通更易监测和预测。水产养殖业正在发展并占据越来越多的沿海地区,如果近岸区域被能源或水产养殖设施等占用,这些区域可能会关闭航运或改变航道,可能对海上交通产生负面影响,因此未来须更好地协调和改进沿海地区的空间规划。

在2009年《管理计划》所确立的框架内,对石油和天然气的生产实行许可制度,每个生产许可证下的活动水平取决于其工作方案的要求和勘探活动的结果。随着勘探区域的扩张,石油和天然气的生产区域正在向挪威海延伸。石油开采业与其他产业之间的利益冲突主要是由产业之间的空间重叠造成的,尤其是渔业,而《管理计划》区内的海上交通大部分与石油开采活动相关。预计到2025年,挪威海的石油开采活动不会发生重大变化。地震勘探是石油开采活动的重要基础,但可能对渔业产生负面影响,并与活动范围受限和捕捞季节较短的季节性渔业存在利益冲突,进而影响渔业收入。近年来挪威政府已采取若干措施,以减少地震勘探和渔业之间发生冲突的可能性。2013年挪威渔业和海岸事务部与石油和能源部联合发布指导文件,以促进各方之间的进一步沟通。此外,通过在地震勘探船上培训渔业专家等方式,使各方之间进行更好的对话,以避免不必要的冲突。

4 结语

《管理计划》是基于生态系统的海洋空间规划,建立在良好的海洋环境状况以及海洋生物多样性和栖息地保护的基础之上,以可持续开发利用海洋资源以及保障海洋产业发展和生态系统服务供给为目的。2016年经济合作与发展组织(OECD)在《2030年海洋经济报告》中指出,通过传统与新兴海洋产业的进一步发展,海洋具有推动世界经济增长的巨大潜力;到2030年,海洋的密集开发利用将使海洋经济对全球经济的贡献增加1倍^[15]。为发挥海洋的巨大潜力,须确保负责任和可持续地开发利用海洋资源。挪威的海洋政策通过以生态系统为基础的综合管理制度促进生态系统的保护和可持

续开发利用,并不断缓解北极海洋生态安全危机^[16]。

挪威海海洋空间规划的发展对于我国开展海洋环境综合管理工作具有重要的参考意义。实现“多规合一”和推进“陆海统筹”是我国建设国土空间规划体系的必然要求,可解决我国海洋空间规划类型众多、层级模糊、职责交叉重复以及与陆域规划内容重叠或冲突等问题,为后续国土空间规划编制中的涉海内容提供指导。借鉴《管理计划》的创新举措,可促进我国基于海洋生态系统的海洋资源可持续开发利用与管理,实现对海洋保护区的物种及其栖息地的重点保护,确保海洋经济活动不会威胁海洋生态保护红线。同时,有效推动我国海洋经济相关产业的快速和健康发展,协调各类海洋开发利用活动,实现海洋渔业、油气开采、海上运输、滨海旅游和可再生能源生产等主要海上经济活动的安全、可靠、有效和长远发展。此外,应强化海洋空间规划的基础理论研究,梳理国土空间体系中涉海空间规划编制的相关技术方法,建立透明的信息交换体制机制,增进行政部门、研究部门和商业部门的协作,从而构建我国海洋和海岸带空间规划的新格局。

参考文献

- [1] LOENG H, DRINKWATER K. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2007, 54(23-26): 2478-2500.
- [2] Norwegian Ministry of the Environment. Integrated management of the marine environment of the Norwegian Sea [R]. Oslo: Ministry of Environment, 2009.
- [3] Norwegian Ministry of the Environment. Integrated management of the marine environment of the Barents Sea and the sea areas off the Lofoten Islands [R]. Oslo: Ministry of Environment, 2006.
- [4] 方春洪, 刘莹, 滕欣, 等. 海洋发达国家海洋空间规划体系概述 [J]. *海洋开发与管理*, 2017, 35(4): 51-55.
- [5] Norwegian Ministry of the Environment. Update of the integrated management plan for the Norwegian Sea [R]. Oslo: Ministry of Environment, 2017.
- [6] KOENIGSTEIN S, GOESSLING-REISEMANN S. Ocean acidification and warming in the Norwegian and Barents Seas: impacts on marine ecosystems and human uses [R]. Bremen: Uni-

- versity of Bremen, 2016.
- [7] OMAR A M, THOMAS H, OLSEN A, et al. Trends of ocean acidification and CO₂ in the northern North Sea, 2003—2015 [J]. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2019, 124(10): 3088—3103.
- [8] FAUCHALD P, ANKER-NILSSEN T, BARRETT R T, et al. The status and trends of seabirds breeding in Norway and Svalbard [R]. Oslo: Norwegian Institute for Nature Research, 2015.
- [9] HSIEH C, YAMAUCHI A, TAKEFUMI N, et al. Fishing effects on age and spatial structures undermine population stability of fishes [J]. *Aquatic Sciences*, 2009, 72(2): 165—178.
- [10] SISKEY M R, WILBERG M J, ALLMAN R J, et al. Forty years of fishing: changes in age structure and stock mixing in northwestern Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) associated with size-selective and long-term exploitation [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2016, 73(10): 2518—2528.
- [11] PETERS G P, NILSSEN T B, LINDHOLT L, et al. Future emissions from shipping and petroleum activities in the Arctic [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2011, 11(11): 5305—5320.
- [12] BAKKE T, KLUNGSØYR J, SANNI S. Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry [J]. *Marine Environmental Research*, 2013, 92: 154—169.
- [13] OLSEN J, CARTER N A, DAWSON J, et al. Community perspectives on the environmental impacts of Arctic shipping: case studies from Russia, Norway and Canada [J]. *Cogent Social Sciences*, 2019, 5(1): 1609189.
- [14] AALL C, HØYER K G. Tourism and climate change adaptation—the Norwegian case. In *tourism, recreation and climate change* [M]. London: Channelview Press, 2004.
- [15] OECD. The ocean economy in 2030 [R]. Paris: OECD Publishing, 2016.
- [16] 杨振姣. 海洋生态安全视域下北极海洋空间规划研究 [J]. *太平洋学报*, 2020, 28(1): 76—88.