

海洋生态监测站建设指南的标准化构建

沙婧婧^{1,2,3}, 维 妙^{1,2,3}, 赵玉慧^{4*}

(1. 国家海洋局北海环境监测中心, 山东 青岛 266033;

2. 自然资源部渤海生态预警与保护修复重点实验室, 山东 青岛 266033;

3. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东 青岛 266033;

4. 国家海洋局北海标准计量中心, 山东 青岛 266033)

摘要:为指导我国海洋生态监测站的建设,加速推进海洋生态系统长期、定点、持续监测的网络化、规范化建设进程,本研究提出了海洋生态监测站建设指南标准化构建的总体设计理念。通过分析国内外各类长期生态监测网络的建设现状和经验,论述了我国海洋生态系统长期定位监测的研究现状和存在的问题,以及进行海洋生态监测站建设指南构建的重要意义、构建原则、构建目标,并且对海洋生态监测站建站的原则、流程、建设内容与运行维护和管理等方面提出了建设指导,以促进海洋生态监测及其网络体系的健康有序发展,提升海洋生态系统监测预警能力和研究水平。

关键词:海洋生态学;海洋生态系统;生态站;长期定位监测;建设指南;标准化

DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.2023.02.008

中图分类号:P735

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2023)02-0246-08

海洋生态系统的资源管理需要将人类作为海洋生态系统的一部分,保持海洋生态系统的健康、稳定及功能完整性,保持生物多样性,认识海洋生态系统变化的必然性,以保证其持续提供人类所需的服务^[1]。由于海洋生态系统的复杂性、综合性、多学科交叉性,必须对海洋水文、气象、水质、沉积物、生物等多项要素开展长期、定点、持续跟踪监测,从而达到监测生态系统变化趋势、预警生态问题的目的^[2]。跟踪重要海洋生态系统现状及长期演变趋势是“十四五”期间加强我国海岸带生态预警监测能力的重要工作之一,为满足对各类海洋生态系统的监测需求,进一步丰富完善我国海洋生态预警监测体系,需在现有海洋生态监测能力基础上,逐步建设海洋生态监测站^[3]。

海洋生态监测站(下文简称“生态站”)是用于长期、定点、持续跟踪监测某类海洋生态系统的分布、结构、功能、干扰及变化趋势等动态过程并预警海洋生态风险、海洋生态灾害的台站。生态站能有效识别海洋生态系统退化问题,评估预警生态系统风险和变化趋势,为建设监测立体化、重点区域全覆

盖的海洋预警监测体系提供能力支撑。此外,生态站对典型海洋生态系统的全面、持续监测可提供宝贵的数据资料,对海洋生态系统的变化及保护、海洋生态系统服务功能、海洋生物多样性、基于生态系统的海洋管理、海洋生态系统研究相关技术模型等热点问题的研究具有重要意义^[1]。生态站也可以与现有海洋保护区及水产种质资源保护区衔接,有利于掌握和评估其生态现状,为保护区的生态修复工作提供支撑。

我国现有海洋站的数量、规模及设施设备均难以承担生态站的监测预警职能,亟待进行扩建乃至新建。为确保建设工作有据可依、具有科学性和统一性,首先需要开展生态站建设的标准化工作。标准化是“为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用条款的活动”^[4]。海洋标准化工作能够为提高海洋生态保护力度、推动海洋生态修复能力做出巨大的贡献,对促进我国海洋监测体系的完善和发展具有积极意义^[5]。尽快制定相应的建设标准体系,已成为实现海洋生态系统长期定位监测亟待解决的重要问题。

收稿日期:2022-03-19

资助项目:自然资源部渤海生态预警与保护修复重点实验室开放基金(2022205)

作者简介:沙婧婧(1987—),女,博士,高级工程师;E-mail: shajingjing@ ncs. mnr. gov. cn

* 通讯作者:赵玉慧(1979—),男,硕士,正高级工程师;E-mail: zhaoyuhui@ ncs. mnr. gov. cn

而生态站建设指南的构建是海洋标准化工作提出的必然要求,也是海洋发展和海洋保护的必由之路。

基于此,本研究通过总结分析国内外生态系统长期定位监测体系的建设经验及现状,对生态站筹备、建设和运行维护等环节的标准化构建做出了论述,旨在构建完善、可行的生态站建设指南,并将在充分实践中进一步健全和修订。为实现生态站建设规范化、网络化,充分发挥其预警监测作用奠定了基础,对我国长期海洋监测体系的建设具有实践意义。

1 国内外海洋生态系统长期定位监测体系的建设现状

为了提高对生态系统的保护,实现生态系统良性循环发展,西方发达国家相继建立了诸多长期定位式类型的观测模式与联网研究策略。目前,服务于陆地生态系统区域/全球尺度的联网观测网络众多,例如美国国家生态观测网络(National Ecological Observatory Network, NEON)、湖泊或农田等类型的长期生态学研究网络(The Long Term Ecological Research Network, LTER)、澳大利亚陆地生态系统研究网络(Terrestrial Ecosystem Research Network, TERN)、英国环境变化网络(Environmental Change Network, ECN)及加拿大生态监测与分析网络(Ecological Monitoring and Assessment Network, EMAN)等^[6-10]。由于起步较早,国外的生态联网观测系统在监测仪器配置、各项技术及管理体系等方面均相对成熟,为科学研究、政策制定和社会认知提供了必要条件和坚实基础,为促进生态学理论实现现代化发展做出了一定的贡献^[11-12]。

自20世纪90年代起,在美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的主持协调下,美国建立了综合海洋观测系统(Integrated Ocean Observing System, IOOS),旨在对其近海环境资源进行管理保护和应用。IOOS是一个建立在现场观测基础之上的多层次业务化观测系统,现阶段在美国境内的11个区域性海洋观测系统空间范围内,运行有535个岸基台站、132个高频地波雷达站及258个浮标或海上平台,基本上实现了对海水表层和海洋气象等各项要素的全天候、自动化无人监测。数据管理和通信系统是IOOS业务化运行的核心,其业务化观测数据可通过卫星或有线通信实时传输至数据中心,完成观测数据的显示与网络化共享。在此基础上,IOOS建设相互协调的全国主干系统和地区子系统,进行海洋现场观测、数据管理和供应的全国性整合,为海洋生物、矿产资源探索和海洋灾害预报等方面贡献

了显著力量^[13-15]。大洋观测计划(Ocean Observation Initiative, OOI)是美国自2000年起开始建设的海底观测网,对从海面到海底的各项要素进行联网观测。除在大洋底部布设大型监测设备外,其中一项重点工作是对“赛博基础设施(Cyber Infrastructure)”——公开数据网络的建设,这对实现海量实时监测数据的传输和共享具有重要作用^[14]。

中国科学院早在1988年就已经提出必须搭建符合我国国情的生态系统研究网络,并基于此理念建立了中国生态系统研究网络(Chinese Ecosystem Research Network, CERN),同时在国内适宜的地方搭建相应的标准样地。CERN在我国陆地生态系统中的覆盖面积非常广,能够根据我国生态系统的发展情况开展长期标准化的观测活动^[16]。依照相关数据统计显示,CERN现有野外站共计44个,各野外站均设立了因地制宜的监测标准和监测规范;长期监测标准样地总数量达到了300个,按照场地类型划分可将监测场地划分为长期监测样地、示范样地及实验样地;各场地涵盖的监测内容包括辅助观测、气象观测、站区调查及综合观测^[17-19]。此外,我国还构建了中国生物多样性监测网络(China Biodiversity Observing Network, China BON)、中国森林生物多样性监测网络(Chinese Forest Biodiversity Network, CForBio)等,这些监测网络的出现为推动生态系统研究做出了重要的贡献^[20-21]。通过设立标准样地等固定监测点,利用联网监测的方式结合实验监测来为生态学研究搭建完善的实验研究平台,同时也为生态系统生态研究所采用的各项设备或技术等发展贡献一定的力量^[6,22]。在陆域生态系统网络建设过程中,也存在着一些问题。例如不同类型生态系统生态站的分布不够均衡,需要从监测网络的顶层设计层面进行完善和优化;网络化、大尺度的研究欠缺,多数研究局限于单个生态站的监测范围内;监测设备、技术需要更新换代,需要开展新技术、新方法的应用;在数据共享等方面需打破机构、部门、学科之间的限制因素^[16]。这些经验教训在海洋生态系统监测网络的建设过程中具有非常重要的借鉴价值。

我国主要海洋生态系统类型包括红树林、盐沼、海草床、海藻场、珊瑚礁、牡蛎礁等典型海洋生态系统,以及岸滩、河口、海湾和海岛等综合型生态系统^[23]。近年来,我国已针对近岸海域和海岸带生态系统长期定位监测开展了大量的基础性工作,设立了一些海洋生态监测站。这些台站承担了一定的海洋生态预警监测职能,对我国的海洋生态系统预警

监测工作起到了重要作用,建设全国性的生态监测网络需要对这些已有站点建设情况进行调研梳理和统筹规划。目前,海洋生态系统监测体系的建设规模及完善性与陆地生态系统监测网络仍相差甚远,对海洋生态系统的监测和研究尚不系统。在全国范围内缺少从生态系统角度出发,适合于业务化的长期、持续、定点监测的海洋生态监测站,更缺乏相应的建设标准。由于缺乏规范化的建站目标及依据,已建成的监测站点无法满足海洋生态系统长期定位监测的网络化研究需求,难以为政府决策部门所用。生态站建设的建设标准、业务化标准和管理制度条例等不够完善和健全的问题,已在某种程度上影响到了海洋生态系统监测、预警及管理工作的进展。所以,应尽快综合国内外生态站建设理念、规划设计及管理运行等经验,编制形成适用于我国生态站的建设指南,为提升监测业务化能力、丰富完善我国海洋生态预警监测体系提供技术支撑。

2 生态站建设指南构建的意义及思路

2.1 生态站建设指南构建的重要意义

随着社会经济的迅猛发展,海洋生态环境不可避免的受到了负面影响,海洋生态系统的保护和修复工作也越来越重要^[24]。构建海洋生态系统长期定位监测体系可为海洋生态保护和修复提供强有力的支撑,这就对海洋生态监测体系的标准构建提出了要求。

目前,由于缺乏完整的标准体系,我国生态站网络的各项监测方式、监测指标等均难以实现统一化和规范化。标准化建设不但能够推动海洋生态系统长期定位监测体系的搭建,也有助于实现生态站各项信息的高速共享、数据的互通及联网监测。基于此,开展生态站建设指南的制定,依靠标准化的方式来统一生态站建设要求、加强生态站网络化建设,规范各项仪器设备的配置和管理有助于实现各生态站的有效互通和高效合作,为开展海洋生态状况网络化预警监测和研究提供保障。建立健全标准体系能够为生态站今后的建设工作指明方向和目标,防止建设工作的不规范、不统一等情况发生。同时,生态站建设指南能够为生态站的实际运行和监测工作开展提供一定的指导,规范和约束从业人员的操作,保证监测数据和结果的真实性、可靠性。

2.2 生态站建设指南构建的思路

2.2.1 标准编制的原则 作为指导我国生态站建设各项工作的规范性参考和标准,生态站建设指南在构建过程中主要遵循以下原则:

①科学性原则:根据生态站的建设目标和功能定位,统筹考虑现有的业务需求,科学论证生态站功能定位,体现“一站多能”,科学设置建设内容,使生态站建设有据可循,从而制定针对性建设方案。

②可行性原则:综合考虑依托现有的技术基础和保障条件,以及生态站建设的安全性、长期性和经济性,列出的建设要求具有可操作性,便于实现业务化应用。

③普适性和特异性相结合的原则:充分考虑各类典型海洋生态系统的共性和特性,提出总体原则、基本建设内容及要求。针对不同类型的海洋生态系统,分别规定了建设要求,尽可能全面的列出了监测设施设备,并界定为基本建设内容和可选建设内容。指出建站时应依据生态系统类型和特点建设标准样地及海洋监测平台,选取合适的监测设施设备,保证标准的普适性。

2.2.2 标准编制的目标 标准构建的目标主要聚焦以下几个方面:一是针对我国海洋生态系统长期连续观测研究的需求,围绕我国国情,为海洋生态系统建立一套完善且具备可行性的长期定位监测标准体系;二是根据典型海洋生态系统的监测指标和监测方法,规范生态站的基础设施设备配置、监测能力建设、数据传输应用和运行管理方法,让海洋生态系统有关的长期定位监测工作实现良性可持续发展;三是为国家制定准确的决策意见提供重要依据,为海洋生态系统实现可持续健康发展奠定基础;四是建立健全海洋生态系统预警监测体系建设,为进一步凸显生态站的重要战略地位,发挥海洋生态资源在国民经济和社会发展中的作用提供有力保障。

2.3 标准的总体设计

生态站建设指南的编制主要采用资料收集、专家咨询、业务验证等方法进行。首先收集国内外生态站的相关资料、现行标准、研究文献及成果等,在此基础上总结和借鉴国际和国内各行业领域生态站的建设目标、类型、原则、方法、命名、内容要求、技术指标、运行规范及管理制度等。根据业务化监测需求,确定各类海洋生态系统生态站的建设原则、建设程序、内容及要求,以及综合监测基地、标准样地和海洋监测平台的建设,野外监测设施设备的配置,生态站的运行维护与管理等。最后,从实际可行性的角度出发,结合前期调研、业务经验积累和验证后完善,确保生态站的建设要求和设施设备配置经济可行、科学合理。

在指南中需要指出,生态站的建设应采用“一站多点”的监测布局,发展野外定点精细化监测能

力,以及配套室内测试、分析评价和样品数据保存能力。生态站的选址、样地和海洋监测平台的设置、监测参数的选择应能够反映该区域海洋生态系统的特点。生态站建设指南基于各类典型海洋生态系统的特点及监测需求,给出相应的建站目标、监测设备配置及标准样地设置方法。对于海草床、红树林、盐沼、珊瑚礁、牡蛎礁、砂质海岸等单一生态类型为主的生态系统生态站建设主要考虑其主体功能建设需求,河口、海湾、海岛等包含多类生态系统的复合生态系统生态站建设应综合考虑区域内各类生态系统的监测需求,根据其自身特点和主体功能从建设指南中选取合适的生态系统类型模块及相应设施设备进行分类建设。

最后,生态站建设指南应对生态站建设完成后的人员配置、制度建设、运行维护与试运行及验收等内容做出规定。

3 生态站建设指南主要技术内容

3.1 生态站建设通则

生态站以长期、持续获取海洋生态系统数据和样品,掌握海洋生态系统状况及变化趋势、预警生态风险和支撑海洋生态保护修复为目的,并兼具科学研究、教学实训、人才培养、科学普及、宣传展示、综合示范等功能。生态站的功能定位应根据所在典型海洋生态系统的监测需求确定。

根据生态站的主体功能,分为以海草床、红树林、盐沼等单一生态类型为主的典型海洋生态系统生态站和河口、海湾、海岛等以典型区域为特征的复合生态系统生态站。生态站包括综合监测基地、标准样地、海洋监测平台、野外监测设施设备及运行维护和管理体系。

生态站建站应遵循代表性、可行性、规范性及科学性原则。生态站名称应具有较高的辨识度和认可度。格式为“×××(生态站所在地)×××(生态系统类型)海洋生态监测站”。

3.2 生态站的建站程序

生态站的建设宜参照下述程序(图1)开展:

①充分收集和分析历史资料,结合卫星遥感、现状调查等方式,识别海洋生态系统的类型、分布、面积、生态现状和生态问题,确定生态站建设的监测需求和功能定位。

②开展现场踏勘,调查周边海域使用情况,确定生态站站址,站址选择宜结合周边现有监测机构、设施布局情况,实现一站多能。根据海洋生态系统现状设置标准样地。

③根据监测需求和功能定位,确定主要建设内容、实施方案,并进行可行性论证。

④依据实施方案开展生态站的建设、试运行和验收。

3.3 生态站建设内容及要求

3.3.1 综合监测基地建设 综合监测基地是生态站的综合站房,配备监测所需的实验仪器,用于样品的储存、分析和鉴定,同时配备数据管理设备用于监测数据的接收、储存、分析、共享。根据监测目的和政策要求,可在被监测的海洋生态系统区域范围内或者周边新建或者依托现有监测机构建设。基地选址宜环境适宜、交通方便。

综合监测基地应具有独立安全的办公场所,具备相应的业务用房和保障用房,满足样品存放、前期处理、实验分析和数据处理需要,如建设在海岛等偏远地区还应提供必要的生活条件。基础设施包括综合站房、标识设施、消防器材等,以及办公设备(如计算机、打印机)、交通工具(如汽车、摩托车、水陆两栖车、小型监测船舶)和监测设备载具(如无人船、水下机器人、无人机)等。标准中给出了基本建设内容及可选建设内容,供实际建设时参考。

实验室以能承担水文、水质、沉积物、生物、碳相关参数及所在生态系统特征性指标等的分析检测为准则,配备相应设施和仪器设备。标准中尽可能把所有能承担分析检测的设施和仪器设备都列出,其中把必须用到的列为必选的基本建设内容,其他列为可选,供有需要、有能力的单位在建设时自行选择。针对各类生态系统建站可根据实际情况和监测目标对设施和仪器设备进行适当增减。

在线监控系统的监测数据可通过有线通信和无线通信等方式传输至综合监测基地。综合监测基地应配备监测数据的接收、储存、分析、共享所需的软硬件设备。生态站宜具备高清卫星遥感影像数据获取和遥感数据定标能力。

3.3.2 标准样地 标准样地是在生态站监测的海洋生态系统区域内,人为选定的、能够代表海洋生态系统总体状况的长期监测区块。应设置在少受人为活动干扰的区域,选择具有代表性的自然群落或人工恢复群落,宜尽可能覆盖生态站监测区域内所有海洋生态系统类型。同一海洋生态系统根据分布现状,可设置多个标准样地。标准样地中可设置样方(样带),获取各项监测数据。标准中给出各类典型海洋生态系统生态站标准样地的设置方式。标准样地宜设置标识物,标注生态站名称和地理坐标等信息。

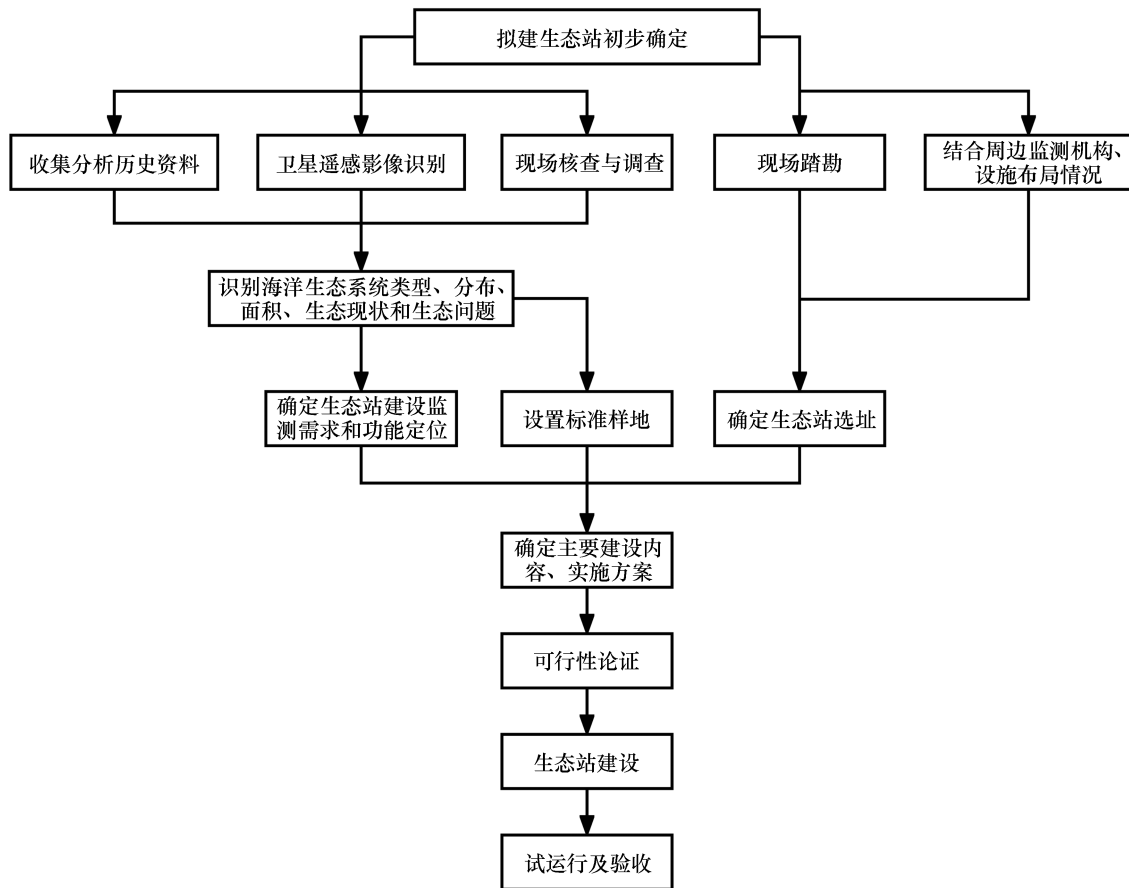


图 1 生态站建站流程图

Fig. 1 Flow chart of ecological station construction

3.3.3 海洋监测平台 海洋监测平台是在不同层次、空间,搭载不同类型的监测设备,具备海洋水文、气象、水质、沉积物、生物等不同要素立体监测能力的固定或移动式平台。可依托海上平台、浮标、岸基站等不同载体进行建设,搭载气象、水文、水质、生物等在线监测系统。海洋监测平台建设应为所搭载的在线监测系统提供电力供应、数据通讯、安全防护等保障。

3.3.4 野外监测设施设备 野外监测设施设备可大致划分为非在线监测设备和在线监测设施设备,具体如下:

①非在线监测设备

包括水文、水质、沉积物、生物生态外业采样及监测设备。标准中给出了通用外业采样设备,以及各类典型海洋生态系统特需的外业采样及监测设备。标准中注明了基本建设内容及可选建设内容,为生态站建设的外业调查设备配置提供参考。设备建设主要有以下几个方面:

a) 水文、水质监测设备主要为人工样品的采集设备;

b) 沉积环境监测设备建设包括不同类型的沉积物、间隙水样品采集设备和便携式 pH、Eh 计等沉积物理化性质现场监测设备,可增设地形地貌监测设备;

c) 生物监测设备建设包括生物基础监测和典型生态系统监测设备。

②在线监测设施设备

标准样地和海洋监测平台可建设水文、气象、水质、生物等要素的在线监测系统终端,通过有线通信或无线通信方式传输数据至综合监测基地数据集成平台。主要包括集成自动采样、多参数、营养盐等自动监测设备。标准中注明了基本建设内容及可选建设内容,为在线监测设施设备建设提供参考。

3.3.5 运行保障体系 生态站应配备海洋生物生态、海洋水文、海洋化学、海洋气象等专业技术人员,人员数量宜不少于 5 人,可由生态站依托单位人员兼任。技术人员应通过培训,掌握海洋生态系统监测所需的专业基础知识及仪器设备操作方法,经确认具有开展海洋生态系统监测能力后上岗。临时聘用人员及学生,可根据实际工作需要安排。

制定站务、监测活动、实验室、设施设备、数据等管理规定,保障生态站的正常运行。制定安全管理制度,应制定极端天气条件下以及船舶碰撞、人员落水等特殊情况下的应急预案。根据生态站功能定位,制定年度工作方案和绩效考核办法。

建立生态站日常运行与维护流程,制定包括例行维护与巡查、故障维修、应急事故处理、综合监测基地日常工作、质量保证与质量控制整个过程的管理规定。记录存档各仪器设备的检出限及量程漂移检验、校准和维护周期。建立简易的易损设备备品备件库。

生态站建设完成后,宜根据前期确定的生态站监测需求、功能定位和建设方案,开展监测业务试运行,包括设施设备配置情况、仪器设备运行情况和数据采集及传输情况,试运行时间宜不少于6个月。经试运行确认生态站功能正常且满足需求的,可由相关专家组成评估验收组,依照生态站建设方案,对综合监测基地建设、标准样地及海洋监测平台设置、野外监测设备中的在线监测系统搭建及气象观测设施设备布设等方面进行验收,并形成验收报告。

3.4 典型海洋生态系统生态站建设

生态站建设指南中给出了典型海洋生态系统生态站、复合生态系统生态站以及其他生态系统生态站建设的相关要求。各类生态站的监测指标可结合所监测区域生态系统特征,参照《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》^[25]确定。海洋生态系统监测通用设施设备及各类典型海洋生态系统监测特需设施设备在指南附录中给出,供建设方选择。

3.4.1 建站目标 以海草床生态系统为例,建设海草床生态系统生态站的目标在于通过对监测区域内海草等生物群落及其生境长期、定点、持续的跟踪监测,掌握海草床生态系统状况、海草分布及其群落结构特征,揭示海草、生物群落动态变化规律,以及生物多样性与生境的相互关系,明确海草床生态系统存在的生态问题,预警生态风险,为海草床保护修复提供支撑。

3.4.2 监测设备配置 根据《海岸带生态系统现状调查与评估技术导则》^[25]对海草床生态系统监测指标及监测方法的规定,结合海草床生态系统的监测需求,监测设施设备宜满足以下全部或部分监测指标的需求:

①海草群落:分布面积、种类组成、密度、盖度、株冠高度、生物量等;

②水环境:水温、水深、盐度、pH、透明度、透光率、悬浮物、化学需氧量、亚硝酸盐、硝酸盐、氨氮、活

性磷酸盐、总有机碳、活性硅酸盐、油类等;

③沉积环境:粒度、有机碳、硫化物等;

④栖息生物群落:浮游生物群落、底栖生物群落、附着生物、鱼卵仔鱼群落、游泳动物群落等;

⑤碳储量:植被有机碳、地上生物量、地下生物量、附着生物量、凋落物生物量等;

⑥现场影像:照片、视频等;

⑦威胁因素:自然因素、人为因素。

3.4.3 标准样地的设置 应根据海草床生态系统实际分布情况,选择有代表性的区域设置标准样地,单个标准样地面积应不小于0.006 hm²。分布面积小于100 hm²的海草床生态系统,至少设置1个标准样地;分布面积大于100 hm²但小于1 000 hm²的海草床生态系统,至少设置两个标准样地;分布面积大于1 000 hm²的海草床生态系统,至少设置3个标准样地。可选择若干标准样地开展海洋监测平台、在线监测系统建设。

4 对比与评价

生态站建设指南构建的思路和内容借鉴了大量国内外长期定位式生态系统监测网络的建设模式和经验。生态站建设指南对生态站建设的原则、程序、内容、要求、运行维护与管理做出了指导,规定了包括综合监测基地、标准样地、海洋监测平台及野外监测设施设备等方面的生态站基础建设内容,这与其他生态系统监测网络的构架一致^[8-20, 26-28]。由于起步较早,国内外各类陆地生态系统监测网络的基础建设已经较为完备,其现阶段建设往往以数据共享网络和自动化监测设备体系的优化为主^[28-30],更加关注数据在线处理的能力、质量管控以及更高程度的智能化、无人化,着重于从监测网络整体角度去解决问题和寻求改进方法。此外,国外一些研究对标准样地设置的代表性、整体分布的合理性以及性价比进行了逐步的优化^[9]。

监测海洋环境是十分具有挑战性的,需要承受高水平的湿度、盐度、海浪碰撞和极端天气条件。因此,国外如意大利、日本等国家近年来致力于研究和开发适用性强、自动化程度高、性能更优良的监测及数据传输设施设备,旨在通过智能监测和自动化管理持续自动监测海洋生态环境,尽可能以最小的成本和快捷的交付策略进行监测,以高效的方式收集数据信息^[31]。而我国海洋生态系统监测网络的建设规模及完善性与国内外类似监测网络尚有差距,生态站及配套设施等亟需开展建设,因此,我国海洋生态监测站标准构建侧重于对站房、实验室、野外监

测设施设备等基础设施建设进行系统性指导,这更符合我国海洋生态系统监测网络发展的实际情况。在未来的发展中,生态站建设指南的构建应统筹规划单一台站与海洋生态系统监测网络建设的整体布局,加强对数据共享体系的建设,进一步推进物联网建设及智能化、自动化监测体系发展^[4,18,26,29]。

5 总结与展望

建立健全海洋生态监测站建设的各项标准,实现生态站建设标准化,能够促进海洋长期定位监测研究的开展,实现海洋生态系统监测体系良性发展。由于涉及内容广泛,影响因素较多,因此在建立海洋生态系统长期定位观测标准时,必须围绕技术要求和实际监测需求等进行全方位综合分析,以提高建设指南的实操性和适用性。

在未来的标准化体系构建中,管理部门应出台相关规划,以推动海洋生态监测网络建设。在重点

区域例如东营黄河口盐沼湿地、天津大神堂牡蛎礁、河北曹妃甸海草床、广西北海红树林和海草床、南海珊瑚礁等典型海洋生态系统进行生态站试点建设,对初步构建的生态站建设标准进行应用验证并不断优化,在全国范围内逐步推进建设统一规划的生态站,最终形成我国的海洋生态系统长期定位监测体系。监测数据的质控、管理和共享将是未来的建设重点和难题,应在国内外研究和实践基础上开展数据传输、存储及共享的软硬件建设,制定相关管理制度与技术标准规范,建立健全数据运行管理机制,落实监测数据管理责任制度,规范监测数据管理和共享。以全国性海洋生态系统监测网络为依托开展国家海洋生态监测项目,持续监测和准确掌握海洋生态系统中各组成要素和结构的变化趋势,对于合理开发海洋生物资源、保护修复海洋生态环境,推进以生态系统为基础的自然资源统一发展和管理工作具有极其深远的意义。

参考文献:

- [1] 王金平,高峰,唐钦能,等. 国际海洋生态系统研究态势及对我国的启示[J]. 科学观察, 2011, 6(6): 19-31.
WANG J P, GAO F, TANG Q N, et al. Analysis of institutions and hotspots of international marine ecosystem research[J]. Science Focus, 2011, 6(6): 19-31.
- [2] SUKHOTIN A, BERGER V. Long-term monitoring studies as a powerful tool in marine ecosystem research[J]. Hydrobiologia, 2013, 706(1): 1-9.
- [3] 自然资源部. 自然资源部办公厅关于建立健全海洋生态预警监测体系的通知[EB/OL]. [2022-08-12]. http://gi.mnr.gov.cn/202108/t20210805_2675229.html.
Ministry of Natural Resources. Notice of the General Office of the Ministry of Natural Resources on establishing and improving the early warning and monitoring system for marine ecology[EB/OL]. [2022-08-12]. http://gi.mnr.gov.cn/202108/t20210805_2675229.html.
- [4] 中国标准研究中心. 标准化工作指南: 第1部分 标准化和相关活动的通用词汇: GB/T 20000.1—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
China Standards Research Center. Guide for standardization—Part 1: Standardization and related activities—General vocabulary: GB/T 20000.1—2002[S]. Beijing: Standards Press of China, 2002.
- [5] 吴翠晴,李泽利. 我国海洋标准化的现状和对策研究[J]. 中国国土资源经济, 2019, 32(8): 33-38.
WU C Q, LI Z L. Research on the status quo and countermeasures of marine standardization in China[J]. Natural Resource Economics of China, 2019, 32(8): 33-38.
- [6] 牛书丽,王松,汪金松,等. 大数据时代的整合生态学研究: 从观测到预测[J]. 中国科学: 地球科学, 2020, 50(10): 1 323-1 338.
NIU S L, WANG S, WANG J S, et al. Integrative ecology in the era of big data: from observation to prediction[J]. Science China Earth Sciences, 2020, 50(10): 1 323-1 338.
- [7] GOSZ J. Long Term ecological research (LTER) network planning activities[C]. Washington: American Geophysical Union, 2004.
- [8] TEERI J A, RAVEN P H. A national ecological observatory network[J]. Science, 2002, 298(5 600): 1 893.
- [9] FAHEY T J, TEMPLER P H, ANDERSON B T, et al. The promise and peril of intensive-site-based ecological research: Insights from the Hubbard Brook ecosystem study[J]. Ecology, 2015, 96(4): 885-901.
- [10] REDMAN C L, GROVE J M, KUBY L H. Integrating social science into the long-term ecological research (LTER) network: social dimensions of ecological change and ecological dimensions of social change[J]. Ecosystems, 2004, 7(2): 161-171.
- [11] 于秀波,付超. 美国长期生态学研究网络的战略规划: 走向综合科学的未来[J]. 地球科学进展, 2007, 22(10): 1 087-1 093.
YU X B, FU C. Strategic planning of US long term ecological research network[J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(10): 1 087-1 093.
- [12] MORECROFT M D, BEALEY C E, BEAUMONT D A, et al. The UK Environmental Change Network: emerging trends in the composition of plant and animal communities and the physical environment[J]. Biological Conservation, 2009, 142(12): 2 814-2 832.
- [13] 王祎,高艳波,齐连明,等. 我国业务化海洋观测发展研究: 借鉴美国综合海洋观测系统[J]. 海洋技术学报, 2014, 33(6): 34-39.
WANG Y, GAO Y B, QI L M, et al. Research on the development of operational ocean observation in China by using the US IOOS for reference [J]. Journal of Ocean Technology, 2014, 33(6): 34-39.
- [14] 同济大学海洋科技中心海底观测组. 美国的两大海洋观测系统: OOI 与 IOOS[J]. 地球科学进展, 2011, 26(6): 650-655.

- Sea-Floor Observation Group, Marine Science & Technology Center, Tongji University. Two marine observation systems in USA: OOI and IOOS [J]. *Advances in Earth Science*, 2011, 26(6): 650-655.
- [15] WILLIS Z, GRIESBAUER L. U.S. IOOS: an integrating force for good[J]. *Marine Technology Society Journal*, 2013, 47(5): 19-25.
- [16] 杨萍,于秀波,庄绪亮,等.中国科学院中国生态系统研究网络(CERN)的现状 & 未来发展思路[J].中国科学院野外观测研究台站网络建设,2008,23(6):555-561.
YANG P, YU X B, ZHUANG X L, et al. Current status and future development of the Chinese Ecosystem Research Network (CERN) of the Chinese Academy of Sciences[J]. *The Construction of Network of Stations of Field Observation and Investigation of CAS*, 2008, 23(6): 555-561.
- [17] XU H G, CAO M C, WU Y, et al. Optimized monitoring sites for detection of biodiversity trends in China[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2017, 26(8): 1 959-1 971.
- [18] 牛栋,黄铁青,杨萍,等.中国生态系统研究网络(CERN)的建设与思考[J].中国科学院院刊,2006,21(6):466-471.
NIU D, HUANG T Q, YANG P, et al. Chinese ecosystem research network (CERN): construction experiences, future challenge and development strategy[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2006, 21(6): 466-471.
- [19] 杨萍,白永飞,宋长春,等.野外站科研样地建设的思考、探索与展望[J].中国科学院院刊,2020,35(1):125-134.
YANG P, BAI Y F, SONG C C, et al. Construction of long-term ecological research sites in field station: status, progress and prospect[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(1): 125-134.
- [20] 李文华,张彪,谢高地.中国生态系统服务研究的回顾与展望[J].自然资源学报,2009,24(1):1-10.
LI W H, ZHANG B, XIE G D. Research on ecosystem services in China: progress and perspectives[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 1-10.
- [21] ZHENG Y L, ZHAO Y D, LIU W P, et al. An intelligent wireless system for field ecology monitoring and forest fire warning[J]. *Sensors*, 2018, 18(12): 4457.
- [22] 孙鸿烈.生态系统综合研究[M].北京:科学出版社,2009.
SUN H L. *Integrated study of ecosystem*[M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [23] 自然资源部.自然资源部办公厅关于印发《海洋生态修复技术指南(试行)》的通知[EB/OL]. [2022-05-29]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-07/14/content_5624823.htm.
Ministry of Natural Resources. Notice of the General Office of the Ministry of Natural Resources on distributing the *Technical Guide for Marine Ecological Restoration (Trial)* [EB/OL]. [2022-05-29]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-07/14/content_5624823.htm.
- [24] 刘家沂.构建海洋生态文明的战略思考[J].今日中国论坛,2007(12):44-46.
LIU J Y. Strategic Thinking of building marine ecological civilization[J]. *China-Today Forum*, 2007(12): 44-46.
- [25] 自然资源部海洋预警监测司.海岸带生态系统现状调查与评估技术导则:第6部分 海草床:T/CAOE 20.6—2020[S].北京:中国海洋工程咨询协会,2020.
Marine Early Warning and Monitoring Division, Ministry of Natural Resources. Technical guideline for investigation and assessment of coastal ecosystem—Part 6: seagrass bed; T/CAOE 20.6—2020[S]. Beijing: China Association of Oceanic Engineering, 2020.
- [26] WANG S Q, WANG J B, ZHANG L M, et al. A national key R&D program: technologies and guidelines for monitoring ecological quality of terrestrial ecosystems in China[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2019, 10(2): 105-111.
- [27] WANG B, NIU X, WEI W J. National forest ecosystem inventory system of China: methodology and applications[J]. *Forests*, 2020, 11: 732.
- [28] FANELLI E, AGUZZI J, MARINI S, et al. Towards Naples Ecological Research for augmented observatories (NEREA): the NEREA-fix module, a stand-alone platform for long-term deep-sea ecosystem monitoring[J]. *Sensors*, 2020, 20: 2911.
- [29] LIN M W, YANG C J. Ocean observation technologies: a review[J]. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2020, 33: 32.
- [30] AHUMADA J A, SILVA C E F, GAJAPERSAD K, et al. Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2011, 366(1 578): 2 703-2 711.
- [31] GLAVIANO F, ESPOSITO R, COSMO A D, et al. Management and sustainable exploitation of marine environments through smart monitoring and automation[J]. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2022, 10(2): 297.

Standardization guideline for constructing a marine ecological monitoring station

SHA Jingjing^{1, 2, 3}, WEI Miao^{1, 2, 3}, ZHAO Yuhui⁴

(1. North China Sea Environmental Monitoring Center, SOA, Qingdao 266033, China;

2. Key Laboratory of Ecological Prewarning, Protection and Restoration of Bohai Sea, MNR, Qingdao 266033, China;

3. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecology and Environment and

Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266033, China;

4. National Center of Ocean Standards and Metrology, Qingdao 266033, China)

Abstract: The concept of standardization guideline for constructing a marine ecological monitoring station present in this paper is to accelerate the process of networking and standardization of long-term, fixed-point and continuous monitoring of marine ecosystem besides designation. Based on the analysis of status and experience of various long-term ecological monitoring networks home and abroad, the research status and existing problems of long-term positional monitoring of marine ecosystems in China were discussed, as well as the significance, principles and objectives of constructing marine ecological monitoring stations. In addition, guidelines of the principles, processes, construction contents and operational maintenance and management of the marine ecological monitoring stations were given. It is of great theoretical and practical significance in promoting the healthy and orderly development of marine ecological monitoring and its network system, enhancing the monitoring and early warning ability and research quality of marine ecosystems.

Key words: marine ecology; marine ecosystem; ecological station; long-term positioning monitoring; construction guidelines; standardization

DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.2023.02.008

(责任编辑:方建勇)