



中国深度参与全球海洋生物多样性保护的研究与展望

林昕^{1,2*}, 李艺³, 王磊⁴, 吴思扬^{1,2}, 王宏伟^{1,2}, 石哲萱^{1,2}, 陈治学³, 张欣宜³, 章紫曦³, 柳欣^{1,3}, 戴民汉^{1,2}

1. 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102;

2. 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102;

3. 厦门大学环境与生态学院, 厦门 361102;

4. 自然资源部第三海洋研究所, 自然资源部海洋生态保护与修复重点实验室, 厦门 361005

* 联系人, E-mail: xinlin@xmu.edu.cn

2023-06-11收稿, 2023-09-21修回, 2023-10-24接受, 2023-10-26网络版发表

中国工程院咨询项目(2022-XBZD-11)、国家重点研发计划(2022YFC3105302)、联合国海洋科学促进可持续发展十年(2021~2030)“数字化的深海典型生境”大科学计划(DEPTH)和联合国海洋科学促进可持续发展十年(2021~2030)“融通科学、管理和社会参与: 助力海岸带可持续发展”研究计划(Coastal-SOS)资助

摘要 海洋是全球生物多样性的宝库, 目前全球海洋的保护面积不足10%。世界各国如何携手实现“30×30”目标, 将面临诸多争议与挑战, 全球海洋治理体系正在发生变革。海洋生物多样性保护已成为未来全球海洋治理的重要议题, 中国应抓住契机, 规划路径, 以实现深度参与。本文通过对全球海洋生物多样性议题发展过程中的关键事件开展溯源分析, 系统梳理了全球海洋生物多样性保护的现行治理机制与发展趋势, 并基于该领域代表性的国际调查评估, 重点剖析全球海洋生物多样性的现状以及未来实现“30×30”目标将要面临的挑战。综合以上, 对中国未来深度参与全球海洋生物多样性保护的实施路径进行思考与展望。面对国际形势与国家需求, 中国应首先夯实科技支撑, 加快构建自主化、智能化和国际化的海洋生物多样性观测网络与基础数据库。以科技引领海洋强国建设, 支撑中国积极参与和重塑全球海洋治理秩序, 为海洋资源的可持续开发与利用提供中国方案。

关键词 海洋生物多样性, 全球海洋治理, “30×30”目标, BBNJ协定, 可持续发展, 命运共同体

生物多样性是生态系统多样化服务功能的基石, 是人类文明赖以生存和发展的基础, 是今世后代共有的宝贵资产, 与人类福祉紧密相连。海洋是地球最大的生态系统, 覆盖地球表面70.8%的面积, 占据了地球上99%的生存空间, 是全球生物多样性的巨大宝库。联合国《生物多样性公约》(简称《公约》)是一项具有法律约束力的国际条约, 海洋生物多样性保护、可持续利用与公平合理的遗传资源惠益分享是《公约》的重要议题和执行目标^[1]。

中国作为主席国主持《公约》第15次缔约国大会

(COP15)的系列会议, 在2022年12月引领和推动COP15第二阶段会议通过《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》(简称《昆蒙框架》), 其中重要成果之一是确立“30×30”目标, 即到2030年保护至少30%的全球陆地和海洋^[2]。目前, 全球海洋的保护面积不足10%, 未来世界各国如何携手实现“30×30”目标, 面临诸多争议与挑战, 国际海洋的治理格局正在变革中。

自中国共产党第十八次全国代表大会以来, 我国把生态文明建设和海洋强国建设纳入国家发展总体布局, 积极参与国际海洋治理, 推动国际社会共同构建海

引用格式: 林昕, 李艺, 王磊, 等. 中国深度参与全球海洋生物多样性保护的研究与展望. 科学通报, 2024, 69: 1598–1612

Lin X, Li Y, Wang L, et al. Research and prospects for China's deep participation in global marine biodiversity conservation (in Chinese). Chin Sci Bull, 2024, 69: 1598–1612, doi: [10.1360/TB-2023-0562](https://doi.org/10.1360/TB-2023-0562)

洋命运共同体与人类命运共同体的重要理念。面对国际形势变化与国内发展需求,围绕海洋生物多样性保护的重要议题,我国需加快自身能力建设,提高海洋科技创新的自主性、智能化与国际化,为我国深度参与全球海洋治理发挥国际领导力,为引领并践行可持续发展路径提供科技支撑与中国方案。

1 全球海洋生物多样性保护的现行机制与发展趋势

1.1 现行国际管辖治理机制与发展趋势

联合国首先利用法律工具对全球海洋生物多样性保护进行必要约束,如《公约》以及《联合国海洋法公约》(简称《海洋法公约》)。除了具有国际法律约束力的公约,还有一系列由多个缔约国共同制定的生物与环境保护相关的国际公约,如倡导湿地保护与可持续利用的《拉姆萨尔公约》(简称《湿地公约》)、

《国际捕鲸管制公约》(国际捕鲸委员会International Whaling Commission, IWC)、《保护野生动物迁徙物种公约》(Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, CMS)以及《世界遗产公约》

等。除此以外,参与海洋生物多样性保护与治理的还有大量区域性公约以及面向特定生物资源利用的国际组织(图1),最具代表性的如:(1)成立于1948年的世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN),由政府和非政府组织构成,在濒危物种评估和自然保护区设定上具有重要的国际影响力;(2)2012年,由94个国家共同发起成立独立的政府机构——“生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台”(Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES),其工作目标为增强科学与政策互动,包括提供科学评估报告,促进生物多样性和生态系统服务方面的知识生成与数据管理等。

《公约》的长期愿景是“到2050年实现人类和自然和谐共存”,为此需在2030年前扭转生物多样性丧失的局面,《公约》定期召开缔约方大会(Conference of the Parties, COP),持续关注海洋生物多样性保护议题,联合国多个机构开展科学评估并发起一系列行动计划推进目标实现(表1)。2010年,在日本爱知举办的《公约》COP10大会通过为期10年的《2011~2020年生物多样性战略计划》(简称《生物多样性十年计划》),针

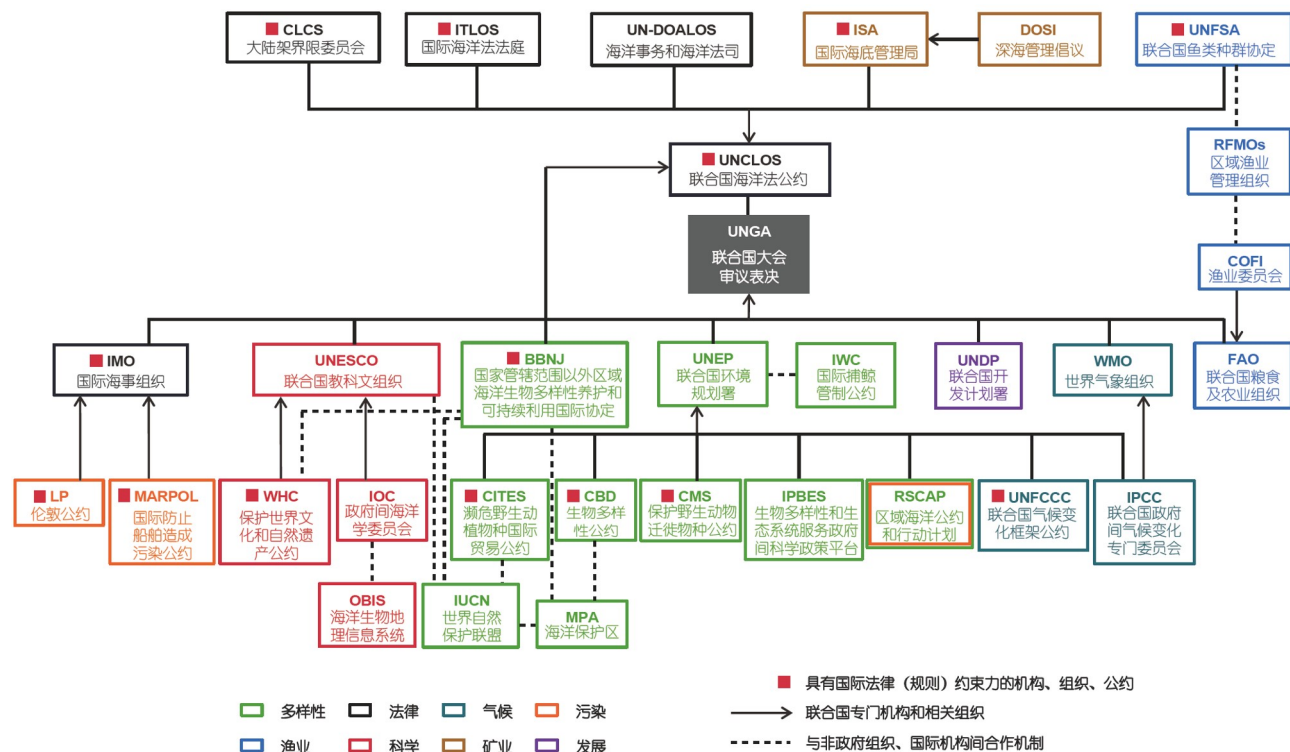


图1 全球海洋治理与海洋生物多样性保护现行国际机构^[3,4]

Figure 1 International organizations for global ocean governance and marine biodiversity conservation^[3,4]

表 1 全球海洋生物多样性保护议题发展历程及关键事件

Table 1 Development and key events in global marine biodiversity conservation

年份	发展历程及关键事件
1993	联合国《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity, CBD)正式生效
1994	IUCN倡议设立海洋保护区(marine protected area, MPA)
2001~2005	UNEP组织开展《千年生态系统评估》(Millennium Ecosystem Assessment, MA)
2001~2010	美国发起, 全球合作开展国际海洋生物普查计划(Census of Marine Life, CoML), 创建海洋生物多样性信息系统(Ocean Biodiversity Information System, OBIS)
2006	CBD COP8, 提出在国家管辖范围以外海洋区域建立海洋保护区的合作方案
2008	CBD COP9, 海洋和沿海生物多样性: 确定公海水域和深海生境中需要加以保护的具有重要生态或生物意义的海域的科学准则
2010	CBD COP10, 发起2011~2020年《生物多样性十年计划》, 设立爱知目标
2012	生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)成立
2014	Future Earth计划(UNESCO、UNEP为托管组织)整合国际生物多样性计划DIVERSITAS(1991)
2015	联合国《变革我们的世界: 2030年可持续发展议程》, SDG14: 养护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展(到2020年, 保护至少10%的沿海和海洋区域)
2016	联合国发布第一次全球海洋评估报告(World Ocean Assessment I, WOA I)
2017	首届联合国海洋大会
2019	IPBES发布《生物多样性和生态系统服务全球评估报告》 联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)发布《气候变化中的海洋和冰冻圈特别报告》
2021	CBD COP15发布《全球生物多样性展望》 联合国发布第二次全球海洋评估报告WOA II
2021~2030	联合国教科文组织政府间海洋学委员会(Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, IOC-UNESCO)组织发起倡议计划: 联合国海洋科学促进可持续发展十年 联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)组织发起倡议计划: 联合国生态系统恢复十年
2022	第二届联合国海洋大会, IOC-UNESCO发布《2022海洋状况报告》第一版 CBD COP15第二阶段会议通过《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》
2023	联合国大会通过《国家管辖范围以外区域海洋生物多样性的养护和可持续利用协定》(International Legally Binding Instrument under the United Nations Convention on the Law of the Sea on the Conservation and Sustainable Use of Marine Biological Diversity of Areas beyond National Jurisdiction, BBNJ协定)

对陆地和海洋各类生态系统设定20个定量和定性的生物多样性保护目标(爱知目标)^[5]。2015年, 联合国193个会员国共同签署通过《变革我们的世界: 2030年可持续发展议程》(简称《2030议程》), 宣布了17个可持续发展目标(Sustainable Development Goals, SDGs)。其中, “SDG14: 养护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展”提出, 到2020年, 保护至少10%的沿海和海洋区域, 并可持续管理海洋和沿海生态系统, 实现海洋物产丰富^[6]。在此基础上, 2021~2030年, 联合国发起“海洋科学促进可持续发展十年”(简称“海洋十年”)以及“生态系统恢复十年”两大计划。联合国以及IPBES等国际组织希望通过两个新的十年计划以支持海洋生物多样性的保护与可持续开发利用, 鼓励各国发起国际科学计划, 为实现SDG14目标共同努力。2021年, 《公约》

COP15第一阶段会议总结: 《生物多样性十年计划》预设的20个爱知目标没有一个完全实现, 呼吁在《2030议程》以及两个十年计划的背景下, 要通过制定变革性的计划来应对严峻的生物多样性保护形势^[7]。

2022年12月, 《公约》COP15第二阶段会议通过《昆蒙框架》, 作为指导2020年之后全球生物多样性保护的最新纲领性文件, 设定全球生物多样性保护的4项长期目标, 以及计划最迟在2030年完成的23个以行动为导向的全球目标。《昆蒙框架》长期目标的主要内容: 2050年之前维持、增强或修复所有生态系统的完整性、连通性和韧性, 大幅增加自然生态系统的面积; 生物多样性得到利用和管理; 遗传资源的惠益共享; 缔约方的财政资源、能力建设和科技合作。23个全球目标中尤其值得关注的是雄心勃勃的“30×30”目标,

即到2030年保护至少30%的全球陆地和海洋, 其他的目标还包括恢复退化生态系统区域30%。会议成果历史性地将遗传资源数字序列信息(digital sequencing information, DSI)纳入推进进程, 并规划了落地途径。未来两年, 中国作为主席国, 将继续推动引导《昆蒙框架》目标落地^[7]。紧随其后, 2023年8月, 联合国大会正式通过《国家管辖范围以外区域海洋生物多样性养护和可持续利用国际协定》(又称BBNJ协定), 协定谈判历时近20年, 成为全球海洋治理领域的重要里程碑事件。未来, 随着“30×30”目标与BBNJ协定的推进实施, 如何公正地实现国家管辖范围外海域生物多样性的养护和可持续利用, 以及生物资源(包括遗传资源)的平等惠益分享, 将是全球海洋治理的焦点议题。

1.2 全球海洋保护区的现状与发展趋势

划定海洋保护区(marine protected area, MPA)被认为是保护海洋生物多样性的有效治理手段, 于1994年在IUCN倡议下设立, 定义为“任何通过法律程序或其他有效方式建立的, 对其中部分或全部环境进行封闭保护的潮间带或潮下带陆架区域, 包括其上覆水体及相关的动植物群落、历史及文化属性”^[8]。2000~2020年, 海洋保护区面积从约3%增加到7%。截至2023年4月统计数据, 世界保护区数据库显示, 全球已设立18426个海洋保护区, 覆盖面积为29581417 km², 占全球海洋面积的8.16%(图2), 其中国家管辖范围内海域的保护区覆盖率达18.70%, 国家管辖范围以外海域的保护区覆盖率为1.44%, 中国约有海洋保护区270多

个, 覆盖率为5.48%, 低于全球水平。总体可见, 全球海洋保护区的现状距离“30×30”目标有较大差距。

现有MPA分布格局以近岸分布为主, 且专属经济区范围内浅海地区海洋保护区比例为5.98%, 前10%优先保护区域(即生物多样性高、固碳能力强、食物供应多的区域)中有90%包含在专属经济区范围内。这些区域存在无可替代的生物多样性, 但近岸区域受人类活动的影响较开阔大洋海域更为严重^[9,10]。IUCN提出的关键生物多样性区域(key biodiversity areas, KBA)约有43.3%为MPA覆盖^[11]。现有MPA在气候变化方面的考虑尚未成熟, 导致其在生物多样性保护的有效性受到质疑^[12]。

(1) 物种覆盖度。目前已有MPA对物种分布区或生态区(ecoregion)的覆盖程度较低, 尤其是针对濒危物种的保护区^[13]。截至2019年, 全球MPA只充分覆盖约21.7%的物种分布区域及45.7%的海洋生态区。其中, 东南亚、地中海、北美近岸生境内物种受保护的比例超过开阔大洋物种, 深海(>1000 m)物种保护程度低于中浅海(<1000 m, 陆架、陆坡区)。有研究指出, 2050年后大西洋东北部海域的大多数物种在MPA中的分布面积将减少, 预计到2099年, 部分物种甚至会灭绝^[14]。已有的MPA主要从表层物种和生境保护角度考虑, 尚未探讨不同深度分布的物种对海洋保护区的需求。未来MPA规划重点是, 针对目前在海洋生物多样性覆盖的缺口以及不同深度物种保护的不均衡问题提出有效的解决对策。

(2) 保护区有效性。海洋保护区对生物多样性保护

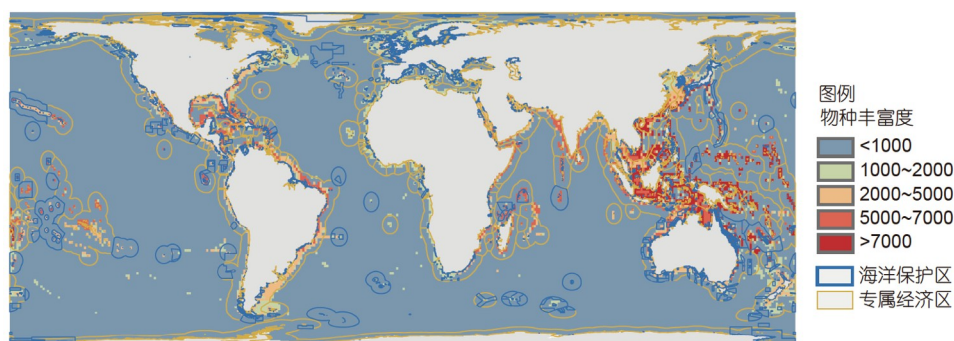


图2 海洋保护区、专属经济区与海洋生物多样性分布示意图。海洋生物多样性表示为数据源中物种分布概率大于0.5的物种总和(<https://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/aquamaps>)。海洋保护区数据来源: <https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa?tab=WD-PA>; 专属经济区数据来源: <https://data.apps.fao.org/catalog/dataset/marine-boundaries-vliz>

Figure 2 Distribution of marine protected areas, exclusive economic zones and marine biodiversity. Marine biodiversity is indicated as the sum of species with the distribution probability >0.5 in the data sets (<https://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/aquamaps>). Marine protected area data: <https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa?tab=WDPA>; exclusive economic zone data: <https://data.apps.fao.org/catalog/dataset/marine-boundaries-vliz>

的有效性管理评估表明, 尽管在保护区内人类活动引起的压力呈减缓趋势, 但尚未能实现完全消除其影响. 针对全球433个海洋保护区综合管理层面的研究发现, 65%的保护区预算无法满足基本的管理需要, 91%驻站人员的管理能力不足^[11], 较大程度限制了海洋保护区综合管理水平. 在中国的海洋保护区体系中, 较高级别的保护区通常可以产生更稳定的管理效率, 往往会得到政府的优惠政策和财政支持^[15]. 但由于地方政府有限的人力资源和在监管、执法方面的不足, 导致了海洋保护区在修复生境退化和资源过度开发上有所欠缺^[16].

1.3 我国海洋生物多样性保护的现状与实践方案

我国管辖海域约300万平方公里, 海岛1.1万余个, 海岸线分布有约146.2万公顷的沿海滩涂、2.2万公顷的红树林、2.3万公顷的海草床等海岸带独有的生态系统, 1590种适应海岸带沼生和水生的物种、63个湿地鸟区(包括河段、河口、海岸带等)及246种水鸟栖息地^[17].

我国经济发展长期依赖沿海地区, 逐步挤占海岸线的生境栖息地, 进而影响了海洋生物多样性. 2019年, 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》, 率先在国际上提出并实施生态保护红线制度, 涵盖红树林、珊瑚礁及海草床等重要海洋生态系统, 入选联合国“基于自然的解决方案”全球15个精品案例(http://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content_5403497.htm); 全国近30%的近岸海域和37%的大陆岸线均已纳入生态保护红线管控范围, 实施“蓝色海湾”等整治行动, 海洋生物多样性得到显著提高(https://www.mee.gov.cn/ywdt/zbft/202206/t20220623_986571.shtml). 2021年《公约》COP15大会, 中国发布《中国的生物多样性保护》白皮书, 生物多样性保护已上升为国家战略, 将更新《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011~2030年)^[18], 制定和实施《生物多样性保护重大工程十年规划(2021~2030年)》(https://www.gov.cn/xinwen/2021-10/09/content_5641501.htm).

2 全球海洋生物多样性调查与现状评估

2.1 全球海洋生物多样性调查与评估

自1993年《公约》正式生效以来, 保护生物多样

性是全人类社会的共同利益和发展基础, 已成为国际共识. 进入21世纪, 由联合国主导, 多个国际机构、非政府组织、政府部门与各国科学家共同参与, 对全球生物多样性(包括海洋生物多样性)开展了系列重要调查与综合评估, 为联合国全球治理计划的制定与实施提供科学依据(表1).

2.1.1 2001~2005年, 千年生态系统评估

2001年, 联合国环境规划署启动MA, 这是世界上第一个包括全球水生生态系统展开的综合性评估. 2005年评估工作组发布《生态系统与人类福祉-生物多样性综合报告》, 评估认为生物多样性与人类福祉息息相关, 指出“在过去50年间, 由于人类活动所带来的生物多样性的变化比人类历史上任何时期都要快, 预测生物多样性发生变化的速度将会持续下去或加快.”

海洋生物多样性的评估结果显示了全球红树林和珊瑚礁等生境的消失与退化, 以及渔业过度捕捞带来的压力, 1970~2000年的生命星球指数中, 海洋物种指数下降了30%. 综合报告分析了生物多样性丧失的驱动力, 并指出海洋生物多样性认知中存在的主要问题: 对海洋生物的跟踪研究不足、空间格局难以记录、生物多样性减少会降低系统韧性、存在引发系统剧变的“阈值效应”.

自此开始, 联合国以及国际组织加大了对海洋生物多样性的观测. 例如, 由国际珊瑚礁倡议(International Coral Reef Initiative, ICRI)成立的全球珊瑚礁监测网(Global Coral Reef Monitoring Network, GCRMN)自1998~2020年, 与联合国环境署合作, 已发布6份《世界珊瑚礁现状报告》.

2.1.2 2001~2010年, 国际海洋生物普查计划

CoML是由美国斯隆基金会发起的全球性海洋生物调查计划, 共有80多个国家和地区参与了该项调查计划. 调查涵盖6大海洋区域(人类活动边缘、隐藏边界、中央水域、活跃地质带、冰冷海洋、微生物), 现场调查项目包括14个子计划(覆盖近岸水域、珊瑚礁生态系统、浮游动物、海山、北冰洋和南极等区域)^[19,20].

项目历时10年, 覆盖了从浮游生物到鲸鱼等13组共11000多种海洋生物, 从种群、物种和基因3个层次建立了海洋生物多样性的研究体系. 调查结果显示, 海洋生物的分布模式具有相似性, 人类活动地区与海洋生物多样性的“热点地区”高度重叠, 温度和栖息地的

变化是影响海洋生物分布的关键因素。项目构建了全球最大的在线海洋生物多样性信息系统(Ocean Biodiversity Information System, OBIS, <https://obis.org/>), 2009年由联合国教科文组织政府间海洋学委员会(IOC-UNESCO)纳入“国际海洋数据和信息交换计划”(International Oceanographic Data and Information Exchange, IODE)的一部分, 提供开放共享的公共服务。

2.1.3 2011年至今, 国际组织发布系列评估报告

进入2011年后, 国际组织陆续发布了一系列与海洋生物多样性密切相关的重要科学评估报告(表1)。

《公约》COP10大会制定实施《生物多样性十年计划》, 在2020年结束之际, COP15大会发布《第五版全球生物多样性展望》。2019年, IPBES应《公约》邀请发布《生物多样性和生态系统服务全球评估报告》^[21]。

联合国2015年发布《2030议程》后, 海洋健康与可持续发展成为全球治理的重要议题, 为推动SDG14目标的实现, 扭转海洋生态环境恶化趋势, 一系列聚焦海洋生态系统的评估报告应运而生。2016年, 联合国首次就世界海洋环境发表《第一次全球海洋综合评估》, 对于多个海域以及多个典型生态系统的海洋生物多样性进行了综合评判^[22]。2017年6月, 由斐济和瑞典政府共同主办了首届联合国海洋大会, 成为海洋可持续发展领域最重要的国际会议。会议指出海洋生物多样性和海洋生态系统持续退化, 面临多重威胁。会议发布了首份《全球海洋科学报告》^[23], 并在2020年发布第二份《全球海洋科学报告》^[24], 对世界各国海洋科学研究的能力现状开展摸底调查和综合评估。2021年, 联合国发布《第二次全球海洋综合评估》, 持续关注海洋生物圈关键种的多样性变化趋势^[25]。

2022年, IOC-UNESCO与“海洋十年”发布《2022海洋状况报告》(第一版)。同年6月, 第二次联合国海洋大会发布宣言, 深为关切该报告以及IPBES 2019评估报告所强调的关于人类对海洋的累积影响, 包括生态系统退化和物种灭绝, 呼吁进行变革制止和扭转海洋生态系统与生物多样性健康状况下降的趋势, 保护和恢复海洋韧性与生态完整性。

2.2 全球海洋生物多样性的现状与驱动压力

综合IPBES《2019生物多样性和生态系统服务全球评估报告》、2020年CBD《第五版全球生物多样性展望》、IOC-UNESCO《2022海洋状况报告》的数据

以及已发表的研究成果, 全球海洋生物多样性的现状研判如下。

2.2.1 海洋生物的物种多样性与变化趋势

目前已知的海洋生物有近24万种, 每年在海洋盆地中发现的新物种约为2000种, 实际的海洋生物数量可能达数百万种。研究选取代表性海洋生物的地理分布, 绘制全球海洋生物多样性热点区域为: (1) 太平洋中东部海域; (2) 大西洋西南海域; (3) 西印度洋海域; (4) 太平洋中西部; (5) 太平洋西南部; (6) 大洋洲和太平洋中部^[26]。

海洋物种种群生命力指数在2000~2020年间下降8%, 未来面临较高的不确定性; 自1970年以来, 海洋物种减少了35%; 濒危物种数量增加, 如造礁石珊瑚中的33%受濒危威胁; 缺氧、开阔海域中明显的酸化、食物网的复杂变化, 以及物种向较冷水域迁移的趋势, 均成为“既定”事实; 全球海运带来的海洋生物入侵物种影响深远。

2.2.2 生境栖息地与海洋保护区

滨海湿地是众多海洋生物的繁殖地、育幼场和栖息地, 珊瑚礁、红树林、盐沼、海藻床与海草场均被认为是海洋生物多样性极为丰富的生态系统^[27]。珊瑚礁尽管仅占海底面积的0.2%, 却拥有海洋生物多样性总量的近1/4, 为数百万人提供粮食供应, 应对缓冲极端气候事件^[28,29]。

深海平原、海山和洋中脊等特殊生境呈现生物多样性的异质性: 深海平原表现出低总体生物量和高物种多样性^[30]; 海山具有高生物多样性, 并且可以作为众多生物的庇护场所和种群连通性的关键节点, 在促进深海的物种形成方面有潜在的重要性^[31-33]; 洋中脊热液生态系统具有特殊的化能自养生物, 底栖生物依赖于此形成极高生产力生态系统^[34,35]。深海平原多金属结核、富钴结壳和多金属硫化物等矿产资源开发可能对栖息地生物多样性产生影响, 如深海多金属结核区克拉里昂-克利珀顿区海底生物多样性显著, 从微生物到巨型动物, 有多达100~1000个分子/形态“物种”样本^[36]。国际海底矿产资源区环境基线的划定以及生物多样性保护与修复是当前的焦点议题。

MPA作为海洋生物多样性保护的常用管理工具, 对232个海洋生态区的覆盖度呈现显著差异, 仅9.4%的国家对MPA进行管理成效评估。联合国环境规划署-世界保护监测中心(UNEP World Conservation Monitoring Centre, UNEP-WCMC)组织建立保护地管理成效全球

数据库(Global Database on Protected Area Management Effectiveness, GD-PAME), 汇编了~21000个MPA的评估情况, 它们覆盖了全世界约1%的沿海和海洋区域(占受保护海洋区域总面积的1/7)^[37,38].

2.2.3 海洋生物多样性变化的驱动因子

全球多达40%的海洋受到多种驱动因素的强烈影响. 2014年, 研究报道66%的海洋区域遭受的累积影响不断增加, 只有3%的海洋被描述为不受人类压力的影响^[21,27].

(1) 过度捕捞. 33%的鱼类资源被列为过度捕捞(2015年), 60%鱼类为可最大可持续捕捞, 只有7%捕捞不足; 超过55%的海洋区域属于工业捕捞, 主要集中在东北大西洋、西北太平洋、南美洲和西非近岸上升流地区^[21,27].

(2) 栖息地丧失. 生境栖息地退化与碎片化是造成全球海洋生物多样性锐减的主要因素^[21,39-41]. 由于城市化和工业开发, 全球20%~50%的蓝碳生态系统已经消失或退化. 目前, 全球每年损失0.11%~0.13%的红树林、1%~2%的盐沼、2%~7%的海草床. 珊瑚白化和过度捕捞带来全球范围珊瑚礁生态系统退化, 世界上超过60%的珊瑚礁面临紧迫直接的威胁^[38].

(3) 气候变化. 全球变暖、海洋升温、海洋酸化导致鱼类资源地理分布的改变; 预计到21世纪末, 仅气候变化就将使海洋净初级产量减少3%~10%, 鱼类生物量减少3%~25%(分别在低变暖和高温变暖情景下). 预计珊瑚礁将经历更频繁的极端变暖事件和更短的恢复时间, 当全球变暖1.5°C时, 珊瑚礁将减少70%~90%; 当全球变暖2°C时, 珊瑚礁将出现大规模白化事件和高死亡率^[21].

(4) 环境污染. 海岸带生态系统面临多重压力^[27], 富营养化问题依然严峻, 引发的赤潮爆发频次和面积仍在增加^[42]; 水体缺氧面积持续扩大, 缺氧持续时间长; 水产养殖空间上侵占沿海湿地面积, 养殖残留也引发富营养污染等环境问题; 全球海洋塑料垃圾广泛分布于海水、沉积物和海洋生物体^[43].

3 全球海洋生物多样性保护面临的挑战

3.1 海洋环境变化的不确定性与临界点研究

基于IPCC的报告预测, 未来全球气候变化叠加人类活动, 极端事件的增加和海平面上升将导致海洋生物多样性的降低和海洋生态系统的持续退化^[44,45].

2005年联合国MA综合评估已指出, 要警惕水生生态系统中与生物多样性变化相关的阈值效应. 现有观点认为, 气候变化和人类活动可能通过单一极端事件或者渐进累积的边界效应推动海洋生态系统逼近临界点, 并可能最终跨越阈值导致系统结构和功能发生重组转化^[46-48]. 地球系统临界点研究成为国际研究的前沿领域, 是全球性的一个重大科学挑战.

2013年, 美国启动了由13家机构参加的海洋临界点计划(<http://oceantippingpoints.org/>), 致力于将临界点科学嵌入到海洋管理中. 2020年, 欧洲联盟(简称欧盟)国家联合32个研究单位启动了COMFORT计划(<https://comfort.wuib.no/>), 聚焦海洋升温、缺氧和酸化等临界要素(tipping elements)在人类活动耦合气候变化场景下的驱动效应. 联合国“海洋十年”行动计划(<https://ocean-decade.org/zh/>)也将海洋系统临界点和阈值列为重要目标之一.

近年来, 海岸带系统有害藻华、酸化和缺氧等频发, 生物多样性下降, 渔业资源大幅衰退, 生态服务功能退化, 暗示海岸带生态系统可能正向着不可逆的状态发展, 逐步滑向并逼近临界点. 海岸带生态系统复杂多样, 并且与人类活动高度关联. 如何通过生物多样性动态变化、碳氮磷足迹和海岸线变迁对人类活动进行示踪, 进而对生态系统承载力的临界点、韧性与恢复力进行科学评估和量化, 已成为重大前沿科学技术问题. 涉及的多界面跨圈层耦合机制是研究的难点, 也是解决人海复合系统可持续发展与实现人海和谐共存愿景的关键突破点.

3.2 非管辖区域生物多样性的养护与管辖治理

海洋生物多样性的养护与可持续利用的议题, 究其本质, 是各个国家以及全球生态安全与生物资源安全. 海洋保护区的服务目标是扭转海洋生物多样性的持续丧失趋势, 维持海洋生态系统的稳定性, 使其具备适应气候变化的系统韧性, 可持续地提供生态系统服务, 最终实现2050年人类与自然和谐共存的愿景.

3.2.1 “30×30”目标、BBNJ协定与公海保护区

目前, 全球(8.16%)和中国海洋保护区(5.48%)与《昆蒙框架》的“30×30”目标存在较大差距, 要实现既定目标面临较高的挑战性. 公海占据全球海洋表面的64%, 具备缓解气候变化的巨大潜力, 生态系统服务价值对全球至关重要, 目前仅1.44%的公海受到保护(<https://digital.iucn.org/marine/high-time-for-high-seas/>).

因此,在公海设立保护区是必然趋势,未来需要在公海增加约46%的优先保护区^[49]。设立公海保护区兼具实现海洋可持续发展和拓展深海新疆域的双重属性,公海保护区的设置必然会影响各海洋国家的权益主张,涉及科学、技术、法律政策等交叉问题,是对全球海洋治理现行秩序的一大挑战。

国家管辖范围外的海域生物多样性的养护和利用——BBNJ协定是依据《海洋法公约》拟定的具有法律约束力的国际文书。BBNJ协定实质性谈判过程中,各个国家对海洋生物多样性养护和利益的诉求因国情差异而具有明显分歧,其具有4个核心议题:海洋遗传资源及其惠益分享、划区管理工具(海洋保护区)、环境影响评价、能力建设和海洋技术转让^[50,51]。联合国于2023年3月就协定文本达成共识,成为里程碑事件,希望其在未来可作为全球海洋秩序调整和各国利益整合的实践路径。如何公正地实现国家管辖范围外海域生物多样性的养护和可持续利用,以及生物资源(包括遗传资源)的平等惠益分享是当前及未来全球海洋治理的热点和难点。

3.2.2 高连通性的海洋生态网络

有效遏制全球海洋开发和气候变化对物种保护的负面影响成为当前海洋生物多样性保护领域的难点。MPA是相对静态的管理措施,尚未能达到适应可变环境的要求。进入人类世后,人类活动引起的高强度外界干扰及全球气候变化导致MPA在维持生物多样性方面的功能明显降低^[52~54];人类活动与气候变化等外部压力增加会影响现有效果,在最极端的情况下,现存的保护区将无法实现原有的功能^[54]。

未来MPA的设计需重点解决当下和未来的主要威胁因素,可考虑通过降低近海区域典型人类活动干扰,重点控制保护区周边港口、航运、渔业捕捞、陆源污染等影响^[49]。气候变化会导致海洋生物地球化学条件的改变,设计全球海洋保护区网络时应综合考虑未来气候变化影响^[12,55],预计到2100年,76%~97%海洋保护区的原有生态环境条件将出现不同程度的改变^[56],需要有针对性地设计未来能充分适应生态环境变化的海洋保护区。

构建和维持高连通性的海洋生态网络将为海洋物种的洄游提供有力保护,缓解全球变暖导致的不同深度海洋生境退化问题,包括基于多维度解析海洋动物分布格局筛选保护区,针对长距离洄游及深海物种设计优先保护区,增加保护区内生物量以补偿保护区的

捕捞损失,基于不同深度物种洄游廊道差异性构建立体海洋生态网络^[57~61]。海洋的物种迁徙涉及跨越国家管辖范围内以及国家管辖范围外,包括远洋捕捞鱼类以及鲸类等,目前尚缺乏全球尺度海洋保护区的生态网络评估,区域尺度的研究表明目前海洋保护区间的连通性较差。

4 中国的发展路径建议与展望

4.1 走向深远海,推进学科交叉融合,构筑海洋生物多样性保护系统工程

海洋具备独特的流动性和连通性,“海洋生物多样性”保护议题发起伊始即与自然科学及社会科学相关连。深度参与全球海洋治理是我国的中长期战略规划,面对“30×30”目标和BBNJ协定达成的国际形势,我们必须以复杂系统科学的视角认识海洋生物多样性,自然科学涉及的研究领域已不仅局限于传统的生物学和生态学,技术上需要开发新的观测和研究手段,理论研究除了纳入物理、化学的耦合过程,还需构建生物与环境大数据信息化与智能化模型;社会科学涉及的领域覆盖管理、经济、政治与法学等,相关政策建议及制定必需以科学的观测结论为依据。因此,海洋生物多样性的保护、管辖与可持续利用是多学科领域交叉的系统工程,过去的数十年间,欧美等传统海洋强国从提出科学问题、形成国际议题、制定方法标准再到发起国际谈判,已积累了丰富的经验。

未来应对全球海洋管辖治理发展趋势,我国在公海保护区选化和海底资源开发利用的国际谈判中,相较于海洋强权国家,在科学认知和技术装备上存在客观差距。我国对全球深海和大洋等特殊生境中海洋生物多样性、遗传多样性及环境适应性的调查与科学认识不足,需加快布局我国相关产业的发展,为提升我国的海洋治理话语权与国际领导力提供科技支撑。

4.1.1 加强海洋特殊生境生物多样性调查,发展长时序与数智化的全球海洋生物多样性自主观测

海洋生物多样性的认知提升必须依赖于成熟的长期科学观测体系,2005 MA综合报告指出,自然系统的变化动态与人类做出应对之间存在失调,监测频率、周期以区域化难以为分析预测系统临界阈值提供必要的信息^[62]。联合国海洋大会上倡导,利用大数据、现代信息分析手段等对海洋生态环境进行实时监测,为政策制定提供可靠支持。欧美等海洋强国纷纷制定战略

计划,加大对海洋观测的投入力度,组织实施长期或者阶段性的全球海洋观测探测研究计划,如全球海洋观测系统计划(Global Ocean Observing System, GOOS).全球持续性的生态时间序列观测站位多数密集分布于北美洲、欧洲沿岸和北大西洋区域(图3)^[24,27].

近年来,我国在近海观测体系上已取得了较大进展,包括具备开展科研与行使业务职能的国家级野外观测台站、多艘科考调查船的投入使用、海洋水色和监测卫星自主组网、海洋遥感业务化的实现,以及智能化探测仪器的自主开发和应用.但在全球观测尺度

以及深远海等特殊海洋生境,存在硬件设施投入不足以及观测覆盖面有限等客观差距(图3).我国应将扩大海洋生物多样性观测区域以及发展高科技信息化观测手段作为两大发展抓手,实现技术突破与提升国际影响力.

海洋具备多种特殊生境,如深海冷泉、热液口、海山、南北极地等,其丰富的物种多样性和遗传多样性具有极为重要的科学研究价值^[34].生物为适应极端环境生存而具备的生理特性和基因资源是海洋生物资源开发和利用的“宝藏源泉”,在全球气候变化与人类

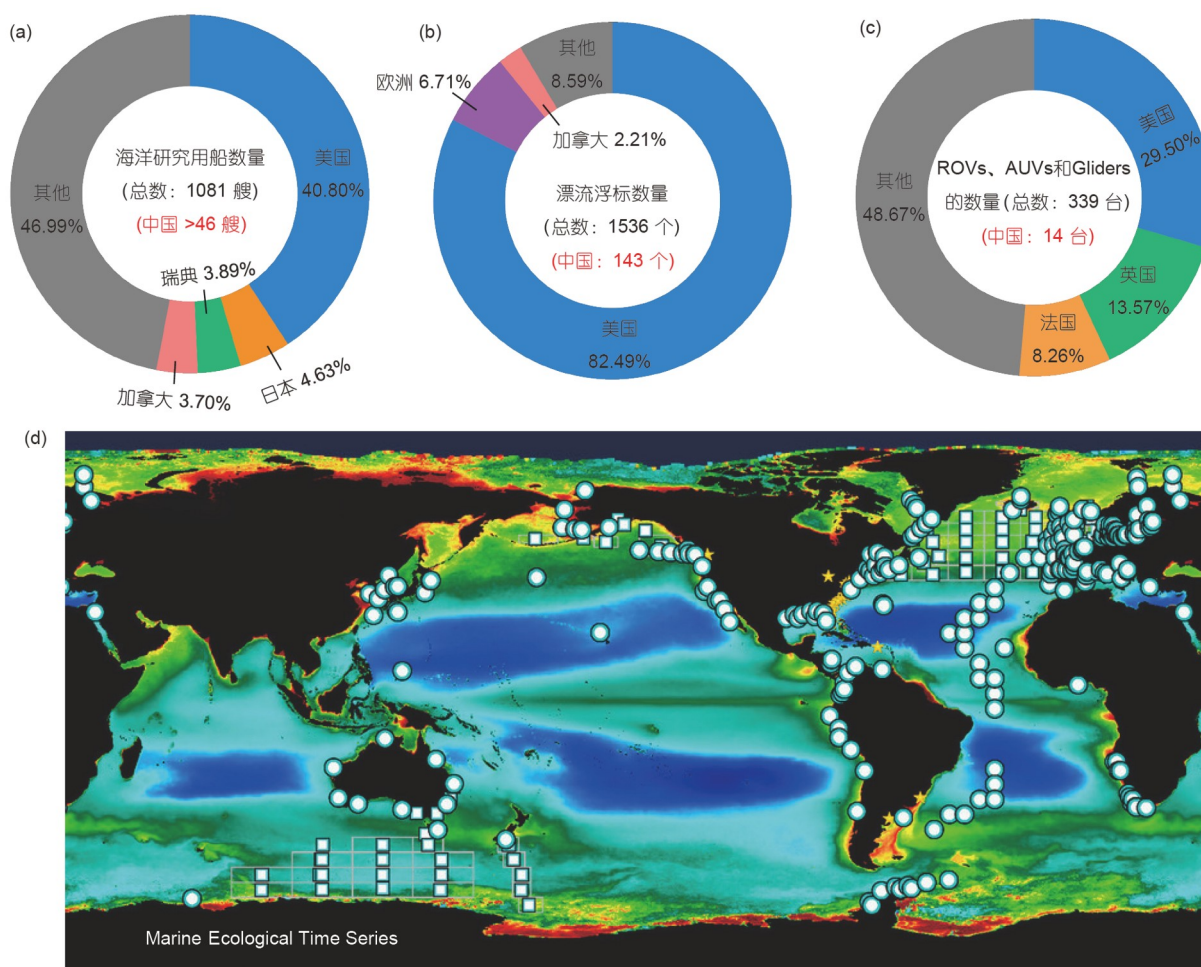


图3 国内外海洋科学基础设施与观测技术比较。(a) 全球海洋研究科考船数量及比例^[23,24](https://www.mnr.gov.cn/zt/zh/ggkf40/201807/t20180709_2366685.html); (b) 全球漂流浮标数量及比例^[23,24](https://www.mnr.gov.cn/dt/mtsy/202104/t20210428_2630608.html); (c) 全球ROVs, AUVs和Gliders数量及比例^[63](<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/index-ats.html>); (d) 全球海洋生态时间序列观测站分布图(<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/index-ats.html>)

Figure 3 Comparison of marine scientific infrastructure and observation technology between China and other countries. (a) The number and proportion of global marine research vessels^[23,24] (https://www.mnr.gov.cn/zt/zh/ggkf40/201807/t20180709_2366685.html); (b) the number and proportion of drifting buoys deployment worldwide^[23,24] (https://www.mnr.gov.cn/dt/mtsy/202104/t20210428_2630608.html); (c) the number and proportion of ROVs, AUVs and Gliders^[63] (<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/index-ats.html>); (d) global marine ecological time series observation station distribution (<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/index-ats.html>)

活动的背景下, 此类生态系统的脆弱性使得区域内物种面临更高的灭绝风险. 因此, 海洋特殊生境是公海保护区设立和遗传资源惠益分享的焦点区域, 我国应组织实施“海洋特殊生境生物多样性保护计划”系统工程, 协同发展立体观测网, 设立国际环境评价与修复标准, 开发划区管理工具, 提供全球公共产品服务.

我国通过自主创新已掌握载人深潜器等核心技术, 依托我国数字化、信息化与工业化的优势, 积极推进海洋新兴产业发展, 通过顶层设计持续激励海洋相关装备制造业, 在海洋动物定位追踪器、Argo浮标(海洋学实时观测自动剖面浮标)、有缆遥控潜水器(remotely operated vehicle, ROVs)、自主水下航行器(autonomous underwater vehicle, AUVs)、水下滑翔机(Glider)、深海原位观测平台等先进的海洋观测设施设备等硬件方面加大装备研发投入与应用. 进一步加强野外台站观测基地建设, 加快发展我国自主海洋卫星的组网观测, 实现利用数智化观测手段对全球海域的海洋生物多样性及生态系统进行持续性的时间序列观测.

4.1.2 协同数字生态文明建设, 实现我国海洋生物多样性数据库自主性、数智化、透明化

基于先进观测手段获取的海洋生物多样性与海洋环境参数大数据是参与国际谈判, 制定和实施保护路径所需的重要科学情报. 海洋具有丰富的遗传多样性, DSI资源的公平公正惠宜分享已纳入《昆蒙框架》未来工作的推进进程.

在过去的几十年中, 欧美传统海洋强国依托全球调查台站和现场调查计划, 已构架了多个具有国际权威性质的海洋生物多样性数据库: (1) 以欧盟为主资助的世界海洋物种名录(World Register of Marine Species, WoRMS)是联合国相关报告的引用数据源; (2) CoML计划建立的全球最大在线海洋生物多样性信息系统(OBIS)集成了近1亿条记录(每天新增10万条记录)、4418个数据集(每天新增2个数据集); (3) IOC有害藻华计划HAIS(Harmful Algae Information System)构建了全球赤潮事件数据库HAEDAT(<http://haedat.iode.org>), 为预测和减轻灾害损失提供科学依据, 提高包括环境毒素监测和物种识别等方面的能力建设; (4) 美国海洋生物多样性观测网络MBON和NOAA发起了海洋生物2030大计划, 集合了17项“海洋十年”生物多样性观测与研究项目, 研究区域涵盖七大海盆区(<https://marine-life2030.org/>, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac084>).

相较于以上欧美国家主导的系列工作, 我国在海

洋生物多样性全球调查的贡献度与引领度较为不足, 生物信息数据库的数字化建设和在线智能分析起步较晚. 因应《公约》和BBNJ协定中的遗传惠益共享议题, 我国应依托数字产业的发展优势, 推进我国海洋生物多样性数据库的自主智能化建设, 与数字生态文明建设协同发展.

完善我国海洋生物多样性、生物分子条形码遗传信息、濒危动物生境和洄游路线以及智能观测图像识别等开放共享数据库; 打破数据壁垒, 纵向链接过往历史数据积累与即时观测数据的时间线, 横向实现我国四大海域观测数据整体化; 结合人工智能等现代信息分析手段, 开展珊瑚礁、湿地、河口、边缘海、大洋等典型海洋生态系统及其中物种和群落动态时空演化的观测、实验与模拟; 建立智能化大数据分析体系与全球气候变化耦合模拟系统; 探讨脆弱生态系统、重要海洋物种和群落对气候变化的响应、突变和适应机制, 为制定开发多样性保护的划区管理工具和实施生境栖息地修复提供科技支撑; 开放吸引国际合作, 提升我国自主数据库的国际显示度.

4.2 坚持陆海统筹, 提升我国海洋保护区的有效性

目前, 我国海洋保护区建设依旧需要努力均衡海洋资源的开发利用, 从观测范围和观测对象的层面加大对海洋保护区生物多样性的普查力度, 协同保护与开发, 合理规划我国海域海洋保护区面积; 高连通性海洋保护区生态网络长距离洄游及深海物种设计优先保护区. 建立气候变化情景下的海洋保护优先区识别技术, 研发应对全球变化的海洋生态廊道和保护地网络构建等保护成效提升技术.

未来保护区设置策略可从以下几方面加以考虑:

(1) 陆海统筹, 对我国海域的海洋生物多样性资源实行整体性保护, 构建与我国海洋功能区划协同管理机制; (2) 将受人类活动和气候变化影响较小且功能状态稳定的区域, 如生物避难所, 纳入保护区生态网络, 这些区域面临的外界干扰和威胁较小, 有利于维持较高的生物多样性; (3) 加大对海洋濒危野生动物(如绿海龟和斑海豹等)产卵和育幼栖息地的跟踪调查, 并及时调整保护区范围, 加强滨海湿地作为迁徙候鸟栖息地的修复与保护; (4) 模拟预测气候变化及人类活动影响下海洋物种洄游通道变化, 尤其针对阶段性浮游生物物种、长距离洄游及深海物种, 在关键路径上增设保护区作为鱼类洄游踏脚石生境, 提高物种在临近保护区

之间的洄游路径质量,有效降低物种洄游阻力;(5) 充分解析海洋生物多样性对气候变暖的响应机制,有针对性地调整保护区边界,尤其是未来受气候变化影响可能性较大的区域及深度,增加对跨深度活动物种的保护策略,构建兼具横向和纵向物种洄游信息的三维海洋保护区,以缓解气候变化对局部或单一深度物种的影响。

4.3 我国的发展机遇与愿景

4.3.1 积极引领重塑全球海洋治理秩序

我国作为《公约》COP15主席国,领导主持系列会议的实质性和政治性事务,积极协调推动《昆明框架》的成功签订,提升了我国在生物多样性保护领域的国际领导力和影响力。我国应继续承担大国责任,积极参与以《公约》为核心的海洋生物多样性保护相关国际公约条约,引领及协调BBNJ协定内容的进一步界定、谈判与执行;提出公海保护区选化方案;制定公海保护区战略;制定公正的生物遗传资源惠益共享方案。

设立机制鼓励培育我国青年人才积极参与海洋生物多样性保护的全球事务,发挥青年领导力,在IPBES、IUCN,以及一些具有良好国际声誉的非政府组织和相关基金会组织担任科学专家,参与或组织撰写具有国际影响力的评估报告。依托与中欧携手深化环境与气候合作、“一带一路”和“金砖国家”等多边合作机制,帮助发展中国家以及小岛屿国家进行能力建设,国际合作协同开展热带、两极、深海等海洋生物资源丰富和脆弱生态系统的观测调查,推进构建以“海洋命运共同体”为理念的全球海洋治理战略部署^[64]。

4.3.2 把握“海洋十年”发展契机,建设海洋强国

联合国《2030议程》、“海洋十年”与“生态系统恢

复十年”行动计划中,海洋生物多样性与生态系统的可持续性等诸多项目的关注焦点。在科学认知上,中国应引领发起国际大科学计划,在全球变化背景下,在海洋生物多样性适应机制和典型生态系统的临界点、韧性和恢复力以及海洋固碳增汇潜能等方面实现理论创新;加强对深海等特殊生境和极端环境的海洋遗传资源调查与环境评估,设计可持续开发的管理工具。

以科技前沿和国家需求为牵引,传统海洋学科与工程学科通过学科交叉实现融合创新,孕育海洋工程、装备制造和智能化等新型产业技术,形成天地海一体化的我国自主观测网络,构建开放共享的地球系统模式,为全球防灾减灾、环境预报、生物多样性资源的惠益共享提供基础数据和公共产品,提升我国海洋研究的综合科技实力与国际影响力。

4.3.3 服务碳达峰、碳中和目标,贡献可持续发展的中国方案

生态文明建设是中国发展的必由之路,是中国多元与包容发展的最佳体现。设立可复制可推广的海洋生物多样性保护最佳实践方案,不断增强全社会保护海洋生物多样性的意识;推动滨海湿地蓝碳进入IPCC国家自主贡献清单;确立海洋碳汇观测的标准方法,制定海洋蓝碳核算方法学的国际标准,推进国内海洋保护区、滨海湿地的科学生态修复;完善海洋生物多样性与海洋生态系统服务价值的实现路径,推广蓝碳资源的自然、社会和经济效益,融合理念,建立海岸带利益相关者之间的新型伙伴关系。通过多学科跨部门的合作、科学创新实践及其成果的有效转化,促进科学、管理和社会参与的切实融合;构建可持续发展示范精品案例并进行全球推广,为实现人与自然和谐共生的“人类命运共同体”贡献中国智慧。

参考文献

- 1 Convention on Biological Diversity (CBD). Convention on Biological Diversity. 1992, <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- 2 Convention on Biological Diversity (CBD). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, COP15 Decision 15/4. 2022, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-03-zh.pdf>
- 3 Smith H D, Suárez de Vivero J L, Agardy T S. Routledge Handbook of Ocean Resources and Management. Oxfordshire: Routledge, 2015
- 4 Ambsdorf J, Engel A, Grabo J, et al. Ocean Atlas: Facts and Figures on the Threats to Our Marine Ecosystems. Kiel: Heinrich Böll Stiftung, 2017
- 5 Convention on Biological Diversity (CBD). The Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Biodiversity Targets, COP10 Decision X/2. 2010, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>
- 6 United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development (in Chinese). 2015, <https://www.un.org/zh/node/182243> [联合国. 变革我们的世界: 2030可持续发展议程. 2015, <https://www.un.org/zh/node/182243>]
- 7 Convention on Biological Diversity (CBD). Review of Progress in the Implementation of the Convention and the Strategic Plan for Biodiversity

- 2011–2020 and the Achievement of the Aichi Biodiversity Targets, COP15 Decision 15/3. 2022, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-03-en.pdf>
- 8 Kelleher G. Guidelines for Marine Protected Areas. 1999, https://www.uicnmed.org/web2007/CDMURCIA/pdf/ingles/interestingdocuments/MPA_guidelines.pdf
 - 9 Venegas-Li R, Levin N, Morales-Barquero L, et al. Global assessment of marine biodiversity potentially threatened by offshore hydrocarbon activities. *Glob Change Biol*, 2019, 25: 2009–2020
 - 10 Sala E, Mayorga J, Bradley D, et al. Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 2021, 592: 397–402
 - 11 Maxwell S L, Cazalis V, Dudley N, et al. Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 2020, 586: 217–227
 - 12 Bruno J F, Bates A E, Cacciapaglia C, et al. Climate change threatens the world's marine protected areas. *Nat Clim Chang*, 2018, 8: 751
 - 13 Jantke K, Jones K R, Allan J R, et al. Poor ecological representation by an expensive reserve system: Evaluating 35 years of marine protected area expansion. *Conserv Lett*, 2018, 11: 1–8
 - 14 Weinert M, Mathis M, Kröncke I, et al. Climate change effects on marine protected areas: Projected decline of benthic species in the North Sea. *Mar Environ Res*, 2021, 163: 105230
 - 15 Zhao Y Y, Pikitch E, Xu X X, et al. An evaluation of management effectiveness of China's marine protected areas and implications of the 2018 Reform. *Mar Policy*, 2022, 139: 5040
 - 16 Li Y, Ren Y, Chen Y. China fortifies marine protection areas against climate change. *Nature*, 2019, 573: 346
 - 17 Zhang W G, Bi J P, Ma W D, et al. Coastline ecological space occupation and countermeasures (in Chinese). *Environ Prot*, 2022, 50: 49–54 [张文国, 毕京鹏, 马万栋, 等. 海岸线生态空间挤占及对策建议. *环境保护*, 2022, 50: 49–54]
 - 18 The State Council Information Office of the People's Republic of China. Biodiversity Conservation in China (in Chinese). 2021, http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/08/content_5641289.htm [中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的生物多样性保护. 2021, http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/08/content_5641289.htm]
 - 19 The Census of Marine Life International Secretariat. Census of Marine Life Research Plan, Version January 2005. 2005, http://www.coml.org/comlfiles/press/coml_research_report_2005.pdf
 - 20 Sun S, Sun X X. Census of marine life (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2007, 22: 1081–1086 [孙松, 孙晓霞. 国际海洋生物普查计划. *地球科学进展*, 2007, 22: 1081–1086]
 - 21 Brondizio E S, Settele J, Díaz S, et al. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019, <https://zenodo.org/record/6417333#.ZDdeB3ZBxD8>
 - 22 United Nations. First World Ocean Assessment (WOA). 2016, <https://www.un.org/Depts/los/woa>
 - 23 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IOC-UNESCO). Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World. 2017, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000250428/PDF/250428eng.pdf.multi>
 - 24 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IOC-UNESCO). Global Ocean Science Report—Charting Capacity for Ocean Sustainability. 2020, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375147/PDF/375147eng.pdf.multi>
 - 25 United Nations. The Second World Ocean Assessment (WOA II). 2021, <https://www.un.org/regularprocess/woa2>
 - 26 Ramírez F, Afán I, Davis L S, et al. Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Sci Adv*, 2017, 3: e1601198
 - 27 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IOC-UNESCO). State of the Ocean Report. 2022, <https://www.unesco.org/en/articles/state-ocean-report-2022>
 - 28 Eddy T D, Lam V, Reygondeau G, et al. Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth*, 2021, 4: 1278–1285
 - 29 Knowlton N, Brainard R E, Fisher R, et al. *Coral Reef Biodiversity*. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2010
 - 30 Durden J M, Bett B J, Jones D O B, et al. Abyssal hills—Hidden source of increased habitat heterogeneity, benthic megafaunal biomass and diversity in the deep sea. *Prog Oceanogr*, 2015, 137: 209–218
 - 31 Genin A. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *J Mar Syst*, 2004, 50: 3–20
 - 32 Ramiro-Sanchez B, Gonzalez-Irusta J M, Henry L A, et al. Characterization and mapping of a deep-sea sponge ground on the Tropic Seamount (Northeast Tropical Atlantic): Implications for spatial management in the high seas. *Front Mar Sci*, 2019, 6: 278
 - 33 Morato T, Hoyle S D, Allain V, et al. Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 9707–

9711

- 34 Shao Z Z. Diversity and metabolism of prokaryotic chemoautotrophs and their interactions with deep-sea hydrothermal environments (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2018, 63: 3902–3910 [邵宗泽. 深海热液区化能自养微生物多样性、代谢特征与环境作用. 科学通报, 2018, 63: 3902–3910]
- 35 McNichol J, Stryhanyuk H, Sylva S P, et al. Primary productivity below the seafloor at deep-sea hot springs. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, 115: 6756–6761
- 36 Smith C R, Clark M, Goetze E, et al. Editorial: Biodiversity, connectivity and ecosystem function across the Clarion-Clipperton Zone: A regional synthesis for an area targeted for nodule mining. *Front Mar Sci*, 2021, 8: 797516
- 37 Álvarez-Romero J G, Mills M, Adams V M, et al. Research advances and gaps in marine planning: Towards a global database in systematic conservation planning. *Biol Conserv*, 2018, 227: 369–382
- 38 Convention on Biological Diversity (CBD). Global Biodiversity Outlook 5. 2020, <https://www.cbd.int/gbo5>
- 39 Bova S, Rosenthal Y, Liu Z, et al. Seasonal origin of the thermal maxima at the Holocene and the last interglacial. *Nature*, 2021, 589: 548–553
- 40 Duffy P B, Duffy M L. Worst climate outcomes are still possible. *Science*, 2021, 371: 686
- 41 Capdevila P, Noviello N, McRae L, et al. Body mass and latitude as global predictors of vertebrate populations exposure to multiple threats. *Ecography*, 2022, 2022: e06309
- 42 Hallegraeff G M, Anderson D M, Belin C, et al. Perceived global increase in algal blooms is attributable to intensified monitoring and emerging bloom impacts. *Commun Earth Environ*, 2021, 2: 1
- 43 Li D J. Plastic pollution and solutions in the ocean (in Chinese). *China Sustain Tribune*, 2020, (11): 27–29 [李道季. 海洋塑料污染形势与治理之策. 可持续发展经济导刊, 2020, (11): 27–29]
- 44 The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H O, et al., eds. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2019
- 45 Arkema K K, Guannel G, Verutes G, et al. Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nat Clim Chang*, 2013, 3: 913–918
- 46 Lenton T M, Held H, Kriegler E, et al. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, 105: 1786–1793
- 47 Elmqvist T, Andersson E, Frantzeskaki N, et al. Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nat Sustain*, 2019, 2: 267–273
- 48 Heinze C, Blenckner T, Martins H, et al. The quiet crossing of ocean tipping points. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2021, 118: 1–9
- 49 Jones K R, Klein C J, Grantham H S, et al. Area requirements to safeguard Earth's marine species. *One Earth*, 2020, 31: 1379–1391
- 50 Jiang X M, Chen J. The focus of BBNJ agreement negotiation and China's choice (in Chinese). *J Ocean Univ China (Soc Sci)*, 2021, (3): 1–12 [姜秀敏, 陈坚. BBNJ协定谈判的焦点与中国的路径选择. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2021, (3): 1–12]
- 51 Shi Y B. Challenges of negotiations on marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction and China's approach——A perspective of maritime community with a shared future (in Chinese). *Asia-Pac Secur Marit Affairs*, 2022, (1): 35–50, 3 [施余兵. 国家管辖外区域海洋生物多样性谈判的挑战与中国方案——以海洋命运共同体为研究视角. 亚太安全与海洋研究, 2022, (1): 35–50, 3]
- 52 Brito-Morales I, Schoeman D S, Everett J D, et al. Towards climate-smart, three-dimensional protected areas for biodiversity conservation in the high seas. *Nat Clim Chang*, 2022, 12: 402–407
- 53 Terraube J, Fernández-Llamazares Á. Strengthening protected areas to halt biodiversity loss and mitigate pandemic risks. *Curr Opin Environ Sustain*, 2020, 46: 35–38
- 54 Lotze H K, Tittensor D P, Bryndum-Buchholz A, et al. Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2019, 116: 12907–12912
- 55 Tittensor D P, Beger M, Boerder K, et al. Integrating climate adaptation and biodiversity conservation in the global ocean. *Sci Adv*, 2019, 5: 1–5
- 56 Johnson S M, Watson J R. Novel environmental conditions due to climate change in the world's largest marine protected areas. *One Earth*, 2021, 4: 1625–1634
- 57 Cannizzo Z J, Lausche B, Wenzel L. Advancing marine conservation through ecological connectivity: Building better connections for better protection. *Parks Stewardship Forum*, 2021, 37: 477–488
- 58 Manel S, Loiseau N, Puebla O. Long-distance marine connectivity: Poorly understood but potentially important. *Trends Ecol Evol*, 2019, 34: 688–689

-
- 59 Halpern B S, Lester S E, McLeod K L. Placing marine protected areas onto the ecosystem-based management seascape. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2010, 107: 18312–18317
- 60 Endo C, Gherardi D, Pezzi L P, et al. Low connectivity compromises the conservation of reef fishes by marine protected areas in the tropical South Atlantic. *Sci Rep*, 2019, 9: 8634
- 61 Fan H Z, Huang M P, Chen Y H, et al. Conservation priorities for global marine biodiversity across multiple dimensions. *Natl Sci Rev*, 2023, 10: nwac10
- 62 Board M A. Millennium Ecosystem Assessment. Washington DC: Island Press, 2005
- 63 Li S, Zhao H Y, Feng X S. Research progress and development suggestions on deep-sea unmanned underwater vehicles in China (in Chinese). *Sci Technol Foresight*, 2022, 1: 49–59 [李硕, 赵宏宇, 封锡盛. 中国深海机器人研究进展与发展建. *前瞻科技*, 2022, 1: 49–59]
- 64 Geng Y J, Li Z Y, Tian Y. Convention on Biological Diversity: The current status, ongoing challenges, and future prospects of marine biodiversity conservation (in Chinese). *Biodivers Sci*, 2023, 31: 22645 [耿宜佳, 李子圆, 田瑜. 《生物多样性公约》下海洋生物多样性保护的进展、挑战和展望. *生物多样性*, 2023, 31: 22645]

Summary for “中国深度参与全球海洋生物多样性保护的研究与展望”

Research and prospects for China's deep participation in global marine biodiversity conservation

Xin Lin^{1,2*}, Yi Li³, Lei Wang⁴, Siyang Wu^{1,2}, Hongwei Wang^{1,2}, Zhexuan Shi^{1,2}, Zhixue Chen³, Xinyi Zhang³, Zixi Zhang³, Xin Liu^{1,3} & Minhan Dai^{1,2}

¹ State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361102, China;

² College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102, China;

³ College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen 361102, China;

⁴ Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration, Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361005, China

* Corresponding author, E-mail: xinlin@xmu.edu.cn

Biodiversity is the cornerstone of the diverse services of ecosystems and the basis for people's well-being. The oceans are the repository of global biodiversity. In 2022, *The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* was adopted during the 15th meeting of the Conference of the Parties of the United Nations (UN) Convention on Biological Diversity (CBD). A significant component of this historic framework is the ambitious “30×30” goal, which calls for effective conservation and management of at least 30% of the world's lands, inland waters, coastal areas, and oceans by 2030. With less than 10% of the world's oceans currently protected, the future holds numerous challenges in achieving the “30×30” goal collectively. In 2023, after 20 years of negotiations, the UN General Assembly reached a consensus on the adoption of *The Agreement under the UN Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) on the conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction (BBNJ Treaty). These milestones signify a major transformation in global ocean governance where marine biodiversity conservation has become one of the core issues. As the global ocean governance is currently undergoing systematic changes, China should seize the opportunity and plan a path to achieve deep participation in the global marine biodiversity conservation.

To address this issue, we review the current global ocean governance mechanism and the development of marine biodiversity conservation issue through a retrospective analysis of key events. On the basis of the legal constraints of UNCLOS and CBD, a series of international conventions and rules have been developed by different parties and organizations for the protection of specific marine areas, marine ecosystems, flagship species, and fishery resources. Over the past two decades, under the leadership of the UN and with the participation of a number of international agencies, nongovernmental organizations, governmental departments, and scientists from various countries, a series of important surveys and comprehensive assessments of global biodiversity (including marine biodiversity) have been performed to provide a scientific basis for the initiative and implementation of the UN global governance program. These global initiatives include the UN 2030 Agenda, the 2021–2030 UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development, and the UN Decade on Ecosystem Restoration.

As summarized in representative assessment reports, the health of marine ecosystems and biodiversity have been continuously decreasing. As much as 40% of the world's oceans are strongly affected by four major drivers, namely, overfishing, habitat loss, climate change, and environmental pollution. Currently available marine-protected areas have low coverage of species ranges or ecoregions and are not sufficiently effective. Challenges to achieving global marine biodiversity conservation include uncertainties and tipping points in marine ecosystems under global change, conservation of biodiversity in non-jurisdictional areas and jurisdictional governance, and planning for highly connected marine ecological networks. In the future, with the implementation of the “30×30” target and the BBNJ Treaty, how to equitably achieve the conservation and sustainable use of biodiversity in marine areas beyond the limits of national jurisdiction, as well as the equitable sharing of the benefits of biological resources (including genetic resources), will be a focal point of global oceans' governance.

In the face of the international situation and national needs, guided by the concept of ecological civilization, China should initially accelerate its own capacity-building and improve the autonomy, intelligence, and internationalization of marine science and technology innovation. Such advancements will support China's in-depth participation and leadership in global ocean governance while delivering scientific and technological support, as well as China's sustainable development solutions.

marine biodiversity, global ocean governance, “30×30” target, BBNJ Treaty, sustainable development, community with a shared future

doi: [10.1360/TB-2023-0562](https://doi.org/10.1360/TB-2023-0562)