岛屿国家的蓝碳模式——以塞舌尔为例

傅颜颜[1]，魏寒冰[2]，邓云成[3,4]，罗刚[5]，陈曦笛[5]，林雪萍[1]，张海文[4,5,6]

［1. 自然资源部海岛研究中心 福州 350400；2. 武汉大学国际法研究所 武汉 430072；3. 上海大学法学院 上海 200444；4. 南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海） 珠海 519099；5. 自然资源部海洋发展战略研究所 北京 100860；6. 浙江大学海洋学院 舟山 316021］

摘要：蓝碳具有捕捉、利用与封存 CO_2 的功能，是陆地碳汇的可持续替代品。岛屿国家易受气候变化的影响，因而高度重视海洋的碳汇功能，探索其蓝碳发展模式对国际社会可持续发展具有重要的参考意义。塞舌尔是位于印度洋的典型小岛屿发展中国家，以小国和海洋外交为决策理论依托，积极推行海洋保护区建设、蓝色债券和国际合作等措施，以发挥海洋碳汇的正向作用。然而，塞舌尔蓝碳模式在实践中仍存在生态环境威胁、认知局限和技术局限等困境，在其国内主要从立法保障、蓝碳融资、多元参与、技术支持与能力建设四个方面应对蓝碳挑战，以保障海洋安全。我国拥有 11 000 多个海岛，应考虑借鉴塞舌尔模式的成功经验，最大限度地发挥我国蓝碳潜力，推动海洋可持续发展。

关键词：岛屿国家；蓝碳模式；塞舌尔实践；可持续发展

中图分类号：X835；X196；P736 **文献标志码：**A **文章编号：**1005-9857（2025）12-0022-13

Blue Carbon Model in Island Nations: The Case of Seychelles

FU Yanyan[1]，WEI Hanbing[2]，DENG Yuncheng[3,4]，LUO Gang[5]，CHEN Xidi[5]，LIN Xueping[1]，ZHANG Haiwen[4,5,6]

［1. Island Research Center，MNR，Fuzhou 350400，China；2. Institute of International Law，Wuhan University，Wuhan 430072，China；3. Law School，Shanghai University，Shanghai 200444，China；4. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory（Zhuhai），Zhuhai 519099，China；5. China Institute for Marine Affairs（CIMA），Beijing 100860，China；6. Ocean College，Zhejiang University，Zhoushan 316021，China］

Abstract：Blue carbon is an emerging concept that plays a vital role in mitigating and adapting to climate change. It captures，utilizes，and sequesters CO_2，making it a sustainable alternative to terrestrial carbon sinks. Island nations，highly vulnerable to climate change，place significant emphasis on the carbon sequestration potential of marine ecosystems. Their blue carbon development models offer valuable insights for the international community. Seychelles，a typical small island developing state in the Indian Ocean，has adopted a proactive approach to blue carbon. Relying on the decision-making theories of small states and ocean diplomacy，it has implemented

收稿日期：2025-07-19；**修订日期：**2025-12-22

基金项目：南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）资助项目（SML2024SP026）；国家社会科学基金重点项目（24AZD051）；联合国开发计划署绿色数字创新合作项目（01004047）；亚洲合作资金（102121221620000009001）.

作者简介：傅颜颜，经济师，研究方向为海岛经济、产业经济、区域经济

通信作者：张海文，博士，教授，研究方向为国际海洋法、海洋战略和政策

measures such as marine protected areas，blue bonds，and international cooperation．These efforts aim to maximize the positive functions of marine carbon sinks．However，the blue carbon model in Seychelles faces several challenges．These include threats to the ecological environment，limitations in awareness，and technological constraints．To address these issues，Seychelles has focused on legislative safeguards，blue carbon financing，multi-stakeholder participation，and technological support and capacity building．Given that China has over 11,000 islands，it can draw on the successful experiences of Seychelles to unlock its blue carbon potential and promote sustainable marine development.

Keywords：Island nations，Blue carbon model，Seychelles case，Sustainable development

0　引言

在陆地碳汇趋于饱和的背景下，海洋吸收了全球碳循环中 25%～ 30%的 CO_2，是重要的碳汇，其调节大气温度、减缓并适应气候变化的功能得到了广泛关注[1]。蓝碳是指海洋与沿海生态系统及其生物通过捕获和储存碳所实现的碳汇功能[2]，其中红树林、盐沼和海草床因碳储量丰富、碳封存效率较高，被视作三大核心蓝碳生态系统[3]。除此之外，蓝碳生态系统还包括其他海洋与沿海生物类群[4]。事实上，蓝碳是一个功能性概念，突出碳汇功能、系统特性和空间位置[5]，其核心区域位于陆海过渡区，在修复和保护沿海生态系统、维护生物多样性、减缓并适应气候变化等方面发挥着关键作用。同时，经济、法律等社会维度的制度构建能够有效引导和规范蓝碳的生态功能，促使人类实现资源安全、环境人权和低碳发展。全球拥有一种或多种沿海蓝碳资源的国家共有 151 个（其中 71 个国家同时拥有三大核心系统）[6]，而岛屿国家因自然地形地貌、社会经济形态、面临的发展挑战和相应管理政策与一般国家存在差异，其蓝碳发展模式也不尽相同。岛屿国家四周环海，有丰富的海洋资源，且往往是海洋生态保护的积极倡导者[7]。它们在蓝碳领域发展迅速，偏好通过“抱团取暖”的方式在气候变化等非传统安全议题上获取制度性话语权。例如，新加坡和斐济致力于推动碳信用合作国际协定，在蓝碳议题上发挥着“逆向领导力”[8]。

1　岛屿国家的一般蓝碳模式

一般来讲，模式是可重复的、有规律的行为或过程，蓝碳模式则是对海洋碳汇功能及其开发利用规律进行研究并加以抽象概括所形成的框架体系。《联合国海洋法公约》（以下简称《公约》）将岛屿定义为“四面环水并在高潮时高于水面的自然形成的陆地区域”。有学者指出，岛屿可以被视为兼具陆地与海洋特征的生态交错带[9]。依托一个或多个岛屿构成的国家，其陆地被水体完全环绕，这种地理意义上的封闭性也造就了相对独立的岛屿生态系统[10]。一些岛屿国家陆地面积狭小，海域面积广阔，导致其土地利用竞争激烈、生产性资产空间集中、对外部融资依赖性强，居民生活也与生态环境直接相关[11]。依赖海洋和沿海生态系统实现可持续发展、经济福祉与生活保障的人类社区对气候变化更为敏感，岛屿国家因此最先受到气候变化带来的严重冲击[12]。更为重要的是，海岛具有岛屿性特征，即岛屿空间与社会过程的交互作用中的关键中介变量[13]，聚焦于规模、资源禀赋、孤立程度、生产能力、对环境和自然灾害的脆弱性及多样性等方面[14]。这些对岛屿国家而言是一把“双刃剑”，既具备海洋的脆弱性特征，也拥有独特的海洋优势。《公约》明确规定了沿海国家和岛屿国家的专属经济区宽度不应超过 200 海里，既维持了军事活动、货物运输的有效海洋通道，又明确了以区域为依据的管理体系[15]。岛屿国家的海洋优势更加明显，而这些优势受制于生态安全，尤其是气候变化可能严重损害沿海生物的生存环境及物种多样性，削弱资源再生能力，进而影响岛屿国家的经济发展甚至政治稳定，使小岛屿的未来备受关注[16]。岛屿国家管辖海域广阔，充分利用海洋碳汇统筹安全与发展需求，是其最为现实的路径选择[17-18]。因此，岛屿国家普遍重视海洋碳汇功能，

包括增强地区认同、建立海洋联盟、设立海洋保护区等治理工具[19]，积极开展多边合作，推动蓝碳发展模式更加成熟。

2 塞舌尔的蓝碳模式

岛屿国家主要分布在南太平洋地区、加勒比海地区、印度洋、非洲西海岸及地中海五大区域，其中，南太平洋和印度洋是小岛屿国家的集中分布区域。相较而言，南太平洋岛国的区域治理规范具有地区特色，较好地平衡了可持续发展与管理、保护海洋及海洋资源之间的关系，在全球海洋治理中处于先行者地位[20]；而印度洋岛国在海域管理和保护方面能力欠缺，更加依赖知识、技术和资金援助，尚未形成独立的蓝色经济发展能力[21]。尽管如此，小岛屿发展中国家仍具有较为相似的社会文化特质，比较强调地区认同和地区治理[22]，生态脆弱敏感，产业结构单一，非常依赖渔业和旅游业。塞舌尔是印度洋岛国，由 115 个岛屿组成，陆地面积约 456 km^2，领海面积约 40 万 km^2，专属经济区面积约 140 万 km^2[23]。该国约半数国土为自然保护区，旅游业和渔业为其两大经济支柱，其中旅游业贡献了 70％以上的国内生产总值，是典型的小岛屿发展中国家[24]。此外，塞舌尔 90％的经济活动、民生和关键基础设施都集中在主岛狭窄、低洼的沿海地区，这些地区通常仅高于海平面 2 ～ 4 m，对气候变化极为敏感[25]。塞舌尔政府高度重视环境保护，如制定并批准《塞舌尔可持续土地管理国家行动计划》，将其纳入《塞舌尔可持续发展战略》，并为该项目寻求长期资金支持[26]。除此之外，塞舌尔也被认为是蓝色经济发展的模范国家，已采取了一系列措施以发挥海洋缓冲气候变化的功能。因此，塞舌尔的蓝碳模式对于岛屿国家的蓝碳模式研究具有普遍指导意义。

2.1 塞舌尔蓝碳模式的理论探索

塞舌尔作为小岛屿国家，长期处于全球格局下的“承压”状态，特殊的国情及国际环境使其构建了一套相对成熟的治理模式，其支撑理论主要概括如下。

2.1.1 小国理论

在理想情况下，国家之间应呈现出一种对称的互动关系，然而在实践中，因国家实力差异显著，往往会形成不对称的关系格局，即小国在与大国的互动中通常处于弱势地位[27]。国际关系理论中长期存在体系偏好和大国偏好，倾向于将大国视为国际格局演变的核心驱动力，而小国的行为、利益诉求及独特作用往往被边缘化，其施动性被严重忽视[28]。当前，国际社会尚未对如何界定小国达成理论共识。一般而言，小国通常是指经济和军事实力较弱、领土和人口规模较小、在国际政治格局中的战略地位和影响力较弱的一类国家，其风险抵御能力较差。综合来看，小国虽然在领土和人口等方面存在先天局限，但也有一些特殊禀赋，包括优势的地理位置、丰富的自然资源、特殊的管理模式等，这些禀赋为小国发挥自身优势、强化国家管理、响应全球治理创造了有利条件。随着和平与发展演变为世界主题，小国面临的传统军事安全威胁逐渐减弱，而环境等非传统安全危机成为不可忽略的挑战，小国因此越来越倾向于在这些领域争取国际话语权。

小岛屿国家四面环海，拥有大片海域及丰富的海洋资源，为参与全球治理、供给国际公共产品提供了基础性资源。国际制度是相关规则的集合，在明确国家权力的同时又约束国家权力，小岛屿国家可以积极参与制定国际规则，尤其是在与其息息相关的气候变化领域，小岛屿国家可以阐明优先事项与合理关切，从而提升自身话语权，增强本国的国际影响力。除此之外，小岛屿国家还可以借助大国的资源与能力实现赋能发展，比如，太平洋岛国与大国在《联合国气候变化框架公约》内相互支持，这将有助于实现本国的可持续发展目标[29]。

2.1.2 海洋外交

外交的本质是国家利益的对外延伸，而海洋外交将这一逻辑延伸至海洋空间，是指国际行为体以海洋为载体进行合作、实现国家利益以及海洋治理的活动[30]。长久以来，海洋外交要么被作为一个不言自明的概念来讨论，要么经常与“海军外交”（使用海军力量作为外交工具）和“炮舰外交”（一种基于威慑、国家倾向于采取战争姿态的手段）等更成熟的概念互换使用。尽管没有得到充分定义，海洋外交往往被用作“海洋治理”和“海洋经济”

等概念的延伸[31]。随着科技的发展，海洋外交的内涵和外延也在国际政治经济格局的演变中不断变化。不同国家行为体的海洋外交目标不尽相同：大国开展海洋外交的主要目标是谋求战略主导权，而小岛屿国家和沿海低地国家更多是基于生存的基本需求[32]。

塞舌尔作为一个小岛屿国家，其外交政策比较积极，采取一种特殊的小众策略，如带头发起蓝色经济倡议和强调气候变化带来的不利后果，实则是放弃传统意义上的国际影响力争夺，转而利用当前国际社会的共同关切和关键优先事项来参与全球治理[31]。塞舌尔的海洋外交策略强调和平、友好、尊重国际法和主权原则，改变传统的“实力竞争”范式，将自身定位为“全球海洋治理的关键支点”，聚焦气候变化与蓝色经济，将地理脆弱性转化为治理独特性。这种“以议题换影响力”的策略，为其他小岛屿国家提供了可复制的外交范式。

2.2　塞舌尔蓝碳模式的主要实践

2.2.1　海洋保护区

海洋保护区是沿海国家用来协助管理、保护沿海和海洋生态系统（保护蓝色资本）的基本工具[33]。作为一种基于区域的保护措施，海洋保护区主要通过管理特定区域来保护海洋生物及其栖息地，确保自然资源的可持续利用。一般而言，海洋保护区可分为 4 个保护等级：①完全保护——区域不受采掘或破坏性活动的影响；②高度保护——相关活动对区域的影响应最小；③轻度保护——相关活动对区域产生中度影响；④最低限度保护——相关活动对区域的总体影响较大[34]。提高海洋保护区的蓝碳潜力是减少碳排放的关键因素[35]，其可以直接或间接影响利益相关者（如当地居民、渔民、旅游经营者和沿海居民）的诸多方面。海洋保护区对不同社会群体的影响方向和强度会随时间的推移发生变化，甚至可以影响沿海社区内部的权力动态。那些对资源依赖程度高、适应能力较弱的边缘化群体，如果被排除在决策过程之外，往往会承担不成比例的成本[34]。

海洋保护区大型化已成为国际趋势。当前，全球 89 % 的海洋保护区面积集中于 100 个最大的海洋保护区中，其余 11 % 的海洋保护区面积则分布在 18 000 多个较小的海洋保护区内[36]。在此趋势下，塞舌尔大力推行海洋保护区项目，已建立 16 个海洋保护区，覆盖其专属经济区面积的 26.4 %[37]。这些保护区的设立有效缓解了珊瑚礁白化、生物多样性损失等问题，在应对气候变化方面发挥着重要作用（图 1）。

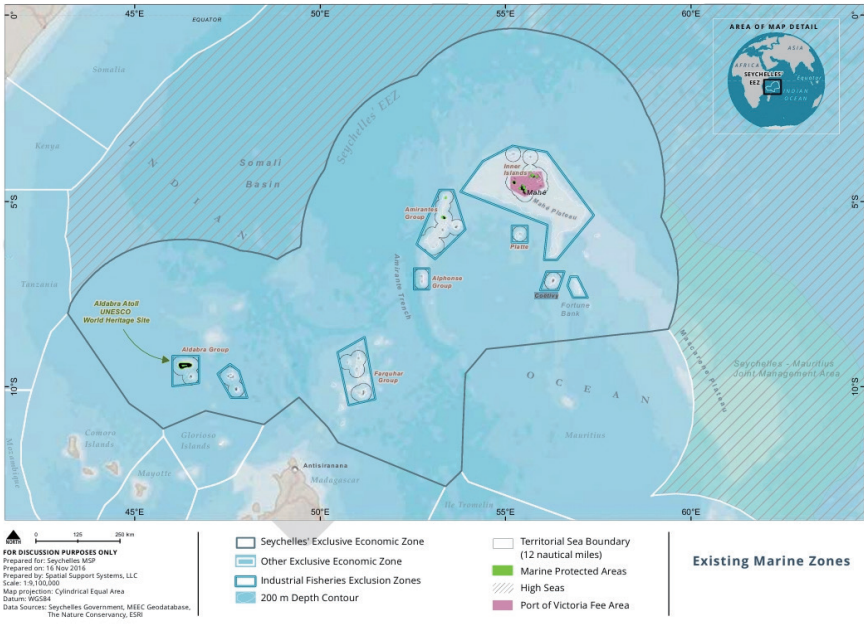

图 1　塞舌尔规划范围内的海洋区[38]

Fig.1　The marine areas within the planning scope of Seychelles

2.2.2 蓝色债券

发展蓝碳面临巨大的资金需求，投资和金融创新是缓解环保资金短缺压力的重要途径[15]。2014 年，塞舌尔提出蓝色债券的设想，并于 2018 年发行了全球首个主权蓝色债券，为扩大海洋保护区、海洋渔业管理提供资金支持[39]。蓝色债券是由政府和国际组织（如世界银行、亚洲开发银行）向投资者发行的，募集资金用于涉海项目的新兴金融工具，资金用途具有海洋导向性[40]。蓝色债券为政府和机构提供新的融资渠道，连接金融资本与海洋保护，主要目的是支持海洋生态系统修复、治理海洋污染、发展可持续海洋产业等具备环境效益的项目，以实现蓝色碳汇与永续发展的双赢。

塞舌尔的蓝色债券倡议是同类倡议中的首创。该项目试图解决海洋环境的可持续利用问题和改善渔业治理[41]，主要以私募方式筹集资金，资金规模达 1 500 万美元。此外，世界银行提供 500 万美元的担保，全球环境基金提供500万美元的优惠贷（利率仅 0.25%，贷款期限长达 40 年），主要用于补贴债券票息的支付，这极大地降低了投资者的投资风险，吸引了美国 Calvert Impact Capital、Nuveen 和 Prudential 三家投资人认购[42]。塞舌尔发行的主权蓝色债券不在交易所进行公开交易，而是通过捐赠和优惠贷款的方式将资金分配给符合一定条件的项目融资方，主要资金由塞舌尔自然保护和气候适应信托基金、塞舌尔开发银行共同管理[43]。尽管塞舌尔蓝色债券的发行规模较小，但因其创新的理念与明确的环境目标，当地社区、社会组织及企业实体受益，也吸引了国际社会的广泛关注和参与。从市场反响来看，蓝色债券的成功发行提升了塞舌尔在国际金融市场的声誉，为后续其他国家发行类似债券提供了范例。不过，目前蓝色债券市场尚处于发展初期，投资者范围相对有限，主要集中在专业投资机构以及部分关注环境、社会和治理的基金。

2.2.3 国际合作

蓝碳作为一项全球性议题，国际层面的合作是蓝碳发展的重要环节[44]。小岛屿国家“陆小海大”的相对优势意味着其在蓝碳合作中存在可置换资源，建立符合蓝碳特点的方法学和国际合作机制，有助于全面发掘蓝碳应对气候变化的潜力[6]。塞舌尔已经与一些国际组织、主权国家建立了战略联盟和全球伙伴关系，以深度参与影响全球治理的政策制定。2020 年，塞舌尔启动与国际自然保护联盟（IUCN）共同管理海洋保护区的项目，由 IUCN 提供技术框架，将其国内专门海域作为蓝碳生态示范区。塞舌尔的蓝碳政策目标与《巴黎协定》《拉姆萨尔公约》等多边环境协定目标，以及联合国可持续发展目标、生态系统恢复十年目标等保持一致[45]。在区域合作层面，塞舌尔作为印度洋委员会的成员，参与了西印度洋区域海洋观测和监控计划，主要目的是与区域内的国家共享情报，共同应对非法、不报告和不管制的捕捞行为，保护碳汇资源[46]。在双边层面，塞舌尔与中国、英国、澳大利亚等国家开展蓝碳合作，如与中国签署《低碳示范区建设实施谅解备忘录》，以提升应对气候变化的能力[47]。

塞舌尔虽然已被认定为高收入国家，但是国内支柱产业直接受制于海洋生态健康水平，这使其在蓝碳合作中形成独特的资金需求特征。塞舌尔将国际社会履行资金和技术援助的承诺作为发展蓝碳的前提条件[6]，与世界银行、全球环境基金等国际金融机构合作设立了蓝碳经济研究专项基金，以持续支持蓝碳生态修复与渔业可持续发展[45]。

3 塞舌尔蓝碳模式的发展挑战和应对策略

3.1 塞舌尔蓝碳模式的发展挑战

气候变化对小岛屿国家这一特定群体造成的损害尤为明显[48]。塞舌尔作为其中一员，其蓝碳发展模式易受气候变化影响[24]，海平面上升导致的海岸侵蚀、珊瑚礁生态系统受损、极端天气频发等[49]都可能阻碍蓝碳项目的实施。不仅如此，塞舌尔开发沿海资源以及通过填海造陆扩大土地面积、拓展城市空间等行为也会产生环境损害风险[38]，反过来影响海洋吸收和储存 CO_2、减缓与适应气候变化功能的发挥。

公众认知是实施 CO_2 封存的关键考虑因素，然而许多国家的公众在这方面的知识和意识仍然很低[50]。塞舌尔拥有丰富的海草和红树林资源，其中海草占

主导地位，与发达的珊瑚礁系统共同构成了极具潜力的蓝碳生态网络。目前，塞舌尔已对红树林形成系统性保护，通过立法与保护区建设，实现了对约85%红树林范围的有效保护，其中就包括被联合国教科文组织列为世界遗产的阿尔达布拉环礁和被列入《拉姆萨尔公约》湿地名录的劳奈港[51]。这在一定程度上导致了国内公众认知的失衡——对红树林生态价值的认知较高，而对占据更大面积的海草及珊瑚礁的蓝碳功能缺乏足够的认知。塞舌尔的蓝碳监测、生态修复管理与蓝碳研究方面的能力有限，在海洋生物多样性、海洋生态系统功能与服务及人类活动影响方面存在知识储备缺口，碳汇建模技术等依赖外部支持。塞舌尔因技术能力不足，缺乏从根本上解决环境损害问题的能力，关于海洋环境保护的项目往往是临时执行的，海洋治理始终处于被动应对状态[52]。从科学管理角度来看，持续开展碳通量（地上与地下）监测与测绘，是维系蓝碳生态系统碳封存功能的核心，有助于投资者做出决策[51]。事实上，塞舌尔的大部分蓝碳资源位于外岛，因远离主岛，面临审批流程复杂、远程作业资金短缺等现实挑战，导致当前蓝碳数据严重不足[32]。此种数据空白进一步加剧了知识断层，制约了塞舌尔蓝碳模式的可持续发展。

3.2　塞舌尔蓝碳保护的具体措施

塞舌尔根据《巴黎协定》更新了国家自主贡献，将基于自然的解决办法列为优先事项，制订海草和红树林生态系统的长期监测计划，并把蓝碳纳入国家温室气体清单，承诺执行海洋空间计划，有效管理专属经济区内30%的海洋保护区[52]。在《巴黎协定》框架下，塞舌尔蓝碳保护的具体措施主要包括立法保障、蓝碳融资、多主体参与和技术支持与能力建设四个方面（表1）。

表 1　塞舌尔蓝碳保护的具体措施

Table 1　Specific measures for blue carbon protection in Seychelles

措施类别	措施描述	具体内容
立法保障	建立国家环境治理框架，完善保护区法律体系，协调陆地与海洋保护政策	核心法律：《国家公园与自然保护法》《野生动物及鸟类保护法》《保护区法》《渔业法》《环境保护法》等 立法规划：将气候变化应对优先事项融入最新立法 填海政策：划定适合填海区域，推进综合沿海区域管理
蓝碳融资	探索多元融资机制，支持蓝碳项目长期可持续发展，覆盖不同规模项目与利益主体	融资机制：蓝色债券、多双边基金、债务—自然互换、私人投资、蓝碳信用交易、保险产品 项目融资：大规模项目采用混合融资，小规模项目依赖慈善捐赠或政府资金
多主体参与	动员政府、社区、私营部门等利益相关者协同参与，强化跨部门协作与公众参与	利益相关者：政府机构、私营企业、地方社区及公民 参与机制：公众参与决策进程，公私合作推动基于自然的海洋综合管理
技术支持与能力建设	构建数据驱动的技术体系，提升本地科研能力，强化公众蓝碳认知	数据与监测：建立数据收集管理系统，利用先进遥感技术评估碳储量 能力建设：开展本地技术培训，构建同行支持网络；将气候与海洋知识纳入教育体系（如塞舌尔大学课程），提升公众蓝碳认知

3.2.1　立法保障

作为岛国，塞舌尔有诸多涉及保护区的法律，在这些法律中并未特意区分陆地领土和海洋领土，相关法律主要包括《国家公园与自然保护法》《野生动物及鸟类保护法》《保护区法》《森林保护区法》《国有土地和河流保护区法》《渔业法》《环境保护法》[25]。为确保与《巴黎协定》中增强透明度框架的规定相一致，塞舌尔还准备制定专门立法，涵盖温室气体数据的全面监测与评估、气候减缓以及适应行动，并确定跨机构治理，以尽量减少不同立法之间的冲突。塞舌尔制定了一项包括采砂和疏浚的填海政策，划定适合的填海区域，解决了填海造地方面没有明确的海洋空间规划的问题。与此同时，塞舌尔将气候变化应对优先事项纳入立法，更

新《环境保护法》《矿产法》《环境影响评估条例》等，从而更好地执行综合沿海区域管理的政策，实现气候适应性发展。

3.2.2 蓝碳融资

塞舌尔保护蓝碳资源很大程度上依赖资金支持，目前已经探索了多元融资机制。除蓝色债券之外，还包括多边和双边基金、保险产品、债务—自然互换（与债权国协商，将部分国家债务转换为海洋保护资金）、私人投资、蓝碳信用以及其他创新的融资机制，以激励国内投资，并引导公共和私人来源的资金用于不同的融资阶段。一般而言，大规模的蓝碳项目通常通过混合融资的方式获得资金支持，而小规模项目往往由慈善捐赠筹措经费或争取政府资金投入。阿尔达布拉环礁的红树林保护依赖债务置换后的长期资金，但受新冠疫情的影响，需通过蓝碳信用融资补充资金缺口[45]。中小企业适应气候变化的能力较弱，塞舌尔政府通过资金项目激励这些企业参与气候适应的进程，以实现产业均衡、全面和可持续发展。

3.2.3 多主体参与

基于自然的海洋综合管理需要利益相关者广泛参与，尤其是当地社区的参与。例如，旨在保护海草的项目可以与渔民合作，使渔民在参与监测工作的同时获得更多收入，具有成本效益[51]。塞舌尔注重协调政府机构、私营企业、地方社区与公众等多元主体，动员利益相关方共同参与政策制定与执行进程。除公私合作外，跨部门协调也是实现政府低碳战略的重要保障。塞舌尔通过联动能源与电力、交通、旅游等政府部门，加强对沿海基础设施建设的保护，提高可再生能源的利用效率，以持续增强蓝色经济发展的能力。

3.2.4 技术支持与能力建设

数据是蓝碳技术创新的基础，塞舌尔建立了正式的数据收集和管理系统，整合海洋、气候等多领域的数据，支持基于数据的决策制定和适应性管理。塞舌尔利用相对低成本的技术和分析工具（如卫星或无人机）对蓝碳生态系统进行长期监测，并对红树林进行量化研究。通过将高空间分辨率（50 cm 和 2 m）的卫星图像与 1 500 多个地面实况采样点相结合，成功建立了劳奈港拉姆萨尔湿地内 7 种红树林物种的特定分布模型，从而准确估算出红树林覆盖面积及碳储存量（表 2）[45]。

表 2 塞舌尔红树林遥感研究数据

Table 2 Data of remote sensing research on mangroves in Seychelles

名称	详细内容
核心数据来源	高空间分辨率卫星影像（50 cm 和 2 m）+ 超过 1 500 个地面实况采样点
分析工具	卫星或无人机
研究区域	塞舌尔劳奈港拉姆萨尔湿地
研究成果	成功建立 7 种红树林物种的特定分布模型
应用价值	可用于准确估算劳奈港区域内红树林覆盖面积，并评估其碳储量

塞舌尔积极投资本地蓝碳技术，为相关专业人员提供技能培训，以构建完善的同行支持网络。其还将气候相关内容融入教育体系，在塞舌尔大学及其他教育机构的课程中增加气候和海洋相关知识，以提高公众对蓝碳功能的认识。

4 塞舌尔蓝碳模式对我国的启示

塞舌尔蓝碳模式以保护海洋生态系统为核心，倡导多主体共治的制度创新、技术创新和模式创新，并将蓝碳生态系统保护与经济发展相结合，具有重要的参考价值。我国拥有 1 万多个海岛，塞舌尔蓝碳模式为我国蓝碳保护，尤其是岛屿地区的蓝碳保护与开发提供了多维启示。

4.1 强化蓝碳科学认知

科学认知是指对相关知识的系统性理解，当社会或生态条件发生突然变化时，知识的影响变得尤为明显[53]。气候和海洋制度之间的互动依赖于国家和非国家行为者可获得的知识[54]。发挥蓝碳减缓与适应气候变化的功能，需要以科学知识与其他类型的知识（包括本土知识与价值体系）为双重基石。海洋具备全球流动性，蓝碳相关的知识框架超越了以国家为中心的传统制度范畴。随着国际社会将蓝碳适应气候变化的结果与可持续发展目标相结

合，对本土知识的有效利用成为破解治理困境的关键[55]。“土著社区”及其居民有可持续管理生态系统的能力，具备独特的地方文化认知，能够弥补科学模型应对区域差异的客观局限。我国虽不使用“土著社区”表述，但沿海地区的传统认识，特别是与海洋资源有关的地方性知识与国际社会的“土著民族”知识体系有很多相似之处[56]，因此，需重视红树林等蓝碳生态系统的传统修复技术、海洋生物的可持续捕捞方式，以及应对风暴潮等海洋灾害的本土策略，以避免外来技术与本地生态环境不适配。这不仅尊重了沿海社区的文化传承，更通过将地方的独特经验纳入治理框架，增强了蓝碳生态系统的恢复能力。

知识提供者并不会对政策产生直接影响，往往通过多种途径为政策决策者提供意见和建议，有利于决策者以当地视角解决当地优先事项[55]。我国应强化两种蓝碳知识的科学认知，通过大众传媒、社交媒体等途径科普蓝碳知识，如以纪录片、专题报道等形式呈现沿海渔民“红树林护岸”“鱼礁养护”等传统实践的生态原理。同时，需要定期公布蓝碳科研进展，通过政府官网、学术平台等渠道发布年度科研报告，使公众更为直观地了解蓝碳保护的科学进程。将蓝碳保护纳入教育体系是长效之举，包括将蓝碳知识编写进教材，开设专业实践课程，既加强了对保护蓝碳生态系统的宣传教育，增强了公众的环保意识，又最大限度地保证了利益相关者参与决策，通过知识互补养护蓝碳资源。

4.2　开发蓝碳新兴技术

科技创新是提升海洋捕捉、利用与封存 CO_2 的功能以及应对全球气候变化的前沿路径[57]。蓝碳生态系统是海洋固碳的重要载体，因此，我们需要依据不同类型的蓝碳系统探索相应的技术解决方案，以实现蓝碳的精准观测和科学评估。随着多源遥感数据与机器学习技术的结合应用领域越来越广泛，我国可利用成熟的星载高光谱遥感、合成孔径雷达和激光雷达数据，提高对蓝碳的观测能力[58]。将这些数据与机器学习深度结合，还可进一步释放技术潜力。例如，长时间序列的遥感数据结合机器学习算法，可快速反演不同季节、不同气候条件下的蓝碳储量变化[59]，为生态保护决策提供实时数据支撑。强化无人机技术在蓝碳领域的应用，如无人机配备光学传感器将蓝碳监测扩展至水下，可优化样本量并降低沿海蓝碳生态系统的调查监测和核查成本[60]。

目前，我国的滨海湿地涡度通量监测站点数量相对于陆地生态系统较稀少，应针对红树林、盐沼及海草床三大典型生态系统，建立滨海蓝碳涡度通量监测网络，对滨海蓝碳进行长期、连续的监测，为遥感反演和模型预测提供数据积累[61]，以更准确地了解蓝碳生态系统的固碳机制和变化规律。与此同时，集成不同的知识系统来促进数据整合与共享至关重要，这一过程能提高蓝碳数据的完整性、可访问性和可靠性。借助人工智能与云计算技术的协同，可高效集成数据，为开发与验证蓝碳项目成果提供更精准的技术支持[62]。我国应聚焦蓝碳生态系统，构建“技术驱动型”的研究体系和“智能化监测”的管理体系，通过加强技术在蓝碳保护与修复中的应用，指导基层部门精准实施修复干预，以技术赋能蓝碳科研与开发，充分发挥新质生产力的优势作用，从而更好地推动海洋可持续发展。

4.3　完善蓝碳金融体系

蓝碳项目往往涉及高昂的前期投入和技术成本，需借助兼具成本效益、环境保护和可持续发展的蓝色金融体系提供经济支持，从而实现“碳汇价值—资本流动”的良性循环。蓝碳金融旨在通过金融工具和机制，促进海洋生态系统中蓝色碳汇的保护、管理和价值实现[63]，涵盖蓝色债券、蓝色资产托管、蓝碳基金、蓝碳保险等。目前，我国的蓝碳金融体系尚待完善，后续需要丰富蓝碳融资模式来吸引国内外社会资本，主要包括公共部门通过提供贷款贴息、税收减免、优惠利率等方式补贴蓝色项目，还可建立蓝碳风险补偿基金，对社会投资因自然灾害、政策调整等不可抗力导致的损失给予补偿。公共部门的多元补贴政策组合，能够大幅降低投资风险，从而撬动私人资金保护蓝碳资源。

碳交易是碳排放实体通过支付资金来获得碳排放额度的机制，其核心在于将碳排放行为转化为可量化、可交易的经济标的，通过经济收益激励碳减

排[64]。具体而言，直接受益者通过蓝碳保护和修复行为产生信用点，而相关机构和单位通过购买这些信用点来履行减排义务[65]。我国可引导多元主体直接参与蓝碳市场，如强制航运等相关涉海行业按碳排放比例购买蓝碳信用，并设定差异化购买比例，对碳排放强度超过行业平均水平的企业提高购买比例。拓宽个人自愿参与蓝碳交易的渠道需依托数字化平台，如开发集“项目展示—信用认购—进度追踪—权益兑换”于一体的蓝碳认购应用程序及微信小程序，鼓励个人认购碎片化蓝碳项目。金融工具创新是提升蓝碳市场流动性的关键支撑，可在现有的现货交易基础上，推出蓝碳期货、期权等衍生产品，为投资者提供风险对冲与价值发现工具，激活资金流动性。碳交易在为我国创造可持续收入的同时，也推动了温室气体减排，是支撑蓝碳保护的重要市场化手段。

4.4 构建蓝碳保护政策体系

蓝碳保护政策体系是海洋生态价值的制度表达，也是发挥海洋减缓和适应气候变化功能、保护生物多样性和实现可持续发展的集体意识[64]。蓝碳政策框架通过明确蓝碳保护目标，强化问责机制，规范利益相关者参与，协调不同主体的多元利益，能够有效增强社会凝聚力和韧性。对于我国而言，首先，要探索蓝碳立法的路径，明确将蓝碳保护纳入《生态环境法典（草案）》的立法内容，制定蓝碳利用与保护的专门立法，明晰蓝碳所有权、使用权等，系统规制蓝碳监测、生态修复、碳汇核算、市场交易、收益分配等，避免陷入“保护者无收益”的产权困境。其次，支持建立蓝碳项目“负面清单”，针对不同岛屿情况划定蓝碳生态敏感区，并禁止在相关区域开发碳汇，从源头上遏制“生态换碳汇”的短视行为。再次，简化蓝碳项目许可程序，量化交易目标，降低社会资本投入的合规成本。最后，设立蓝碳技术创新基金，培养兼具生态学、金融学、法学知识的复合型人才，为蓝碳发展提供资金和人才支持。总体而言，若认同碳汇具有整合我国生态环境法律体系的根本性变革的作用，则可以考虑以蓝碳为核心重塑我国相关法律体系。

与此同时，蓝碳保护政策体系需要与国际接轨，构建“风险联防—规则融合”的全球蓝碳治理框架。我国应依托现有框架积极开展跨国蓝碳合作，如国际零碳岛屿联盟就是一种有益的尝试[66]。同时，我国可借助大国影响力，依托技术积累、资金实力与国际合作经验，联合小岛屿发展中国家共同开展蓝碳增汇示范性项目，如滨海湿地及红树林保护修复项目、生态渔业养殖增汇项目等[67]，积极转变我国在全球气候治理和海洋治理中的角色，利用“小而美”的项目发挥大国引领作用。在规则融合方面，我国需协调国内的蓝碳计量标准、生态修复标准和环境影响评价标准，与国际相关指标接轨，这样既能确保我国蓝碳保护实践的科学性与规范性，又能提升蓝碳碳汇的国际认可度，推动蓝碳的国内保护利用与全球治理协同增效。

5 结语

海洋有强大的碳吸收和储存能力，蓝碳是通过海洋和沿海生态系统捕获和储存 CO_2 的过程，具有恢复和保护海洋生态系统、维护生物多样性、减缓并适应气候变化的重要价值。岛屿国家受特殊的地理环境和紧迫的生存危机驱动，亟须发挥蓝碳功能，其形成的蓝碳模式为保护全球海洋碳汇提供了丰富经验。塞舌尔是典型的小岛屿发展中国家，其经济发展以旅游业和渔业为主，受气候变化影响较大。因此，塞舌尔通过大规模设立海洋保护区、发行蓝色债券、开展国际合作等措施最大限度地发挥海洋的碳汇功能。在实践中，塞舌尔蓝碳模式仍面临生态环境威胁、公众对蓝碳认知不够全面、蓝碳技术局限等现实困境。为应对这些困境，其在国内从立法保障、蓝碳融资、多主体参与和技术支持与能力建设四个方面积极采取措施。塞舌尔蓝碳模式除注重生态环境保护外，更通过多主体共治的制度创新、技术创新和模式创新，将蓝碳保护与经济发展相结合，这一实践可以为我国的蓝碳治理提供多方面的启示与借鉴。

参考文献（References）：

[1] NELLEMANN C，CORCORAN E，DUARTE C M，et al. Blue carbon，a rapid response assessment [M]. United Nations Environment Programme，GRID，2009.

[2] CHRISTIANSON A B，CABRÉ A，BERNAL B，et al. The promise of blue carbon climate solutions：where the science supports ocean-climate policy[J]. Frontiers in Marine Science，2022，9：851448.

[3] LOVELOCK C E，DUARTE C M. Dimensions of blue carbon and emerging perspectives[J]. Biology Letters，2019，15(3)：20180781.

[4] IPCC. Climate change 2022−impacts，adaptation and vulnerability：working group Ⅱ contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M/OL]. [2025-06-09]. https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009325844/type/book.

[5] 魏震昊，孙国茂，姚中杰. 自愿减排机制下海洋碳汇交易的双重效益与影响因素[J]. 中国人口·资源与环境，2024，34(4)：48-59.
WEI Zhenhao，SUN Guomao，YAO Zhongjie. Dual benefits and influencing factors of ocean carbon sink trading under the voluntary emission reduction mechanism[J]. China Population，Resources and Environment，2024，34(4)：48-59.

[6] 胡斌. 蓝碳开发议题演进、国际实践与路径优化[J]. 中国国土资源经济，2023，36(6)：59-67.
HU Bin. Topic evolution，international practice and path optimization of blue carbon development[J]. Natural Resource Economics of China，2023，36(6)：59-67.

[7] 姜玉环，张继伟. 小岛屿国家在 BBNJ 国际造法中的作用及前景[J]. 武大国际法评论，2023，7(6)：120-136.
JIANG Yuhuan，ZHANG Jiwei. Roles and prospects of small island states in BBNJ international legislation[J]. Wuhan University International Law Review，2023，7(6)：120-136.

[8] 李骏，宋昱洋. 小岛屿国家联盟在国际气候谈判中的“逆向领导力”成因分析[J]. 气候变化研究进展，2023，19(6)：799-809.
LI Jun，SONG Yuyang. A causal analysis of the AOSIS reverse leadership in international climate negotiations[J]. Climate Change Research，2023，19(6)：799-809.

[9] R. GILLIS J. Not continents in miniature：islands as ecotones[J]. Island Studies Journal，2014，9(1)：155-166.

[10] 林积泉，邹伟，姜佳，等. 海岛旅游开发生态影响及保护对策研究[J]. 环境科学与管理，2017，42(2)：168-173.
LIN Jiquan，ZOU Wei，JIANG Jia，et al. Ecological impact of island tourism development and countermeasures[J]. Environmental Science and Management，2017，42(2)：168-173.

[11] PELLING M，UITTO J I. Small island developing states：natural disaster vulnerability and global change[J]. Global Environmental Change Part B：Environmental Hazards，2001，3(2)：49-62.

[12] DENG Y，ZHANG H，PRATAP A，et al. Integrating climate change into global ocean governance：the ITLOS advisory opinion on the specific obligations of state parties to the United Nations Convention on the Law of the Sea[J]. Journal of Island and Marine Studies，2024，1(1)：110011.

[13] 杨文才，刘玄宇，刘云刚. 从孤岛、岛群到岛海综合体：关系转向下的岛屿研究进展[J]. 自然资源学报，2025，40(5)：1244-1260.
YANG Wencai，LIU Xuanyu，LIU Yungang. From insularity，archipelago to aquapelago：research progress on island studies under the relational turn[J]. Journal of Natural Resources，2025，40(5)：1244-1260.

[14] KOTHARI U，WILKINSON R. Global change，small island state response：restructuring and the perpetuation of uncertainty in Mauritius and Seychelles[J]. Journal of International Development，2013，25(1)：92-107.

[15] 詹妮弗·西尔弗，丽莎·坎贝尔，李光辉. 保护、开发与蓝色边疆：塞舌尔共和国为保护海洋和适应气候而采取的债务重组计划[J]. 国际社会科学杂志(中文版)，2020，37(1)：39-57.
SILVER J，CAMPBELL L，LI Guanghui. Protection，development and blue frontier：debt restructuring plan adopted by the Republic of Seychelles to protect the ocean and adapt to climate change[J]. International Social Science Journal，2020，37(1)：39-57.

[16] ARIFIN Z，JOELIANINGSIH J，DENG Y，et al. Small island futures：a conference report on the pathways to resilience and development[J]. Marine Policy，2024，167：106266.

[17] 王胜. 碳中和背景下岛屿经济体的蓝碳发展逻辑与路径[J]. 南海学刊，2022，8(5)：9-16.
WANG Sheng. The logic and path of blue carbon development in island economies in the context of carbon neutrality[J]. The

Journal of South China Sea Studies，2022，8(5)：9-16.

[18] DENG Y，ČUKA A，FU Y，et al. Multiple paths towards Eco islands and blue development：conference report[J]. Marine Policy，2023，149：105526.

[19] 陈洪桥. 太平洋岛国区域海洋治理探析[J]. 战略决策研究，2017，8(4)：3-17.
CHEN Hongqiao. Exploration on regional ocean governance in the Pacific island countries[J]. Journal of Strategy and Decision-Making，2017，8(4)：3-17.

[20] 梁甲瑞，曲升. 全球海洋治理视域下的南太平洋地区海洋治理[J]. 太平洋学报，2018，26(4)：48-64.
LIANG Jiarui，QU Sheng. Ocean governance of the South Pacific region in the perspective of global ocean governance[J]. Pacific Journal，2018，26(4)：48-64.

[21] 李艳芳. 海洋经济与产业转型：蓝色增长如何驱动印度洋地区经济发展[J]. 印度洋经济体研究，2025(3)：124-148.
LI Yanfang. Marine economy and industrial transformation：how blue growth drives economic development in the Indian Ocean region[J]. Indian Ocean Economic and Political Review，2025(3)：124-148.

[22] 巴士奇，陈瑛，姚宇阳，等. 地理学视域下国内学界对小岛屿发展中国家研究的进展与展望[J]. 人文地理，2024，39(3)：13-24.
BA Shiqi，CHEN Ying，YAO Yuyang，et al. Research progress and prospects of domestic academic circles on small island developing states from the perspective of geography[J]. Human Geography，2024，39(3)：13-24.

[23] 外交部. 塞舌尔国家概况[EB/OL]. [2025-06-09]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678428/1206x0_678430/.
Ministry of Foreign Affairs. Seychelles country profile[EB/OL]. [2025-06-09]. https://www.mfa.gov.cn/web/gjhdq_676201/gj_676203/fz_677316/1206_678428/1206x0_678430/.

[24] International Monetary Fund. Seychelles：climate change policy assessment[EB/OL]. [2025-06-22]. https://elibrary.imf.org/openurl?genre=journal&issn=1934-7685&volume=2017&issue=162.

[25] TECHERA E J. Protected area law in Seychelles：legal complexity in a micro-jurisdiction[J]. The International Journal of Marine and Coastal Law，2019，34(4)：698-730.

[26] UNDP/GEF. Capacity building for sustainable land management in Seychelles[R]. 2012.

[27] 李兴，耿捷. “不对称关注”视域下的小国外交：理论建构与中国方略[J]. 社会科学，2022(1)：38-50.
LI Xing，GENG Jie. Small-state diplomacy from the perspective of asymmetric attention：theoretical construction and China’s strategy[J]. Journal of Social Sciences，2022(1)：38-50.

[28] 李泽. 小国的大国外交：理论与实践[J]. 云大地区研究，2023(1)：1-24.
LI Ze. The foreign policy of small states towards great power：theory and practice[J]. Yunnan University Area Studies，2023(1)：1-24.

[29] 徐秀军，田旭. 全球治理时代小国构建国际话语权的逻辑：以太平洋岛国为例[J]. 当代亚太，2019(2)：95-125.
XU Xiujun，TIAN Xu. The logic of constructing international discursive power of small states in the era of global governance：the case of Pacific island states[J]. Journal of Contemporary Asia-Pacific Studies，2019(2)：95-125.

[30] ISLAM M S. Maritime diplomacy and regional cooperation mechanisms：insights from the Black Sea and Bay of Bengal[EB/OL]. [2025-10-13]. https://www.researchgate.net/publication/381290979_Maritime_Diplomacy_and_Regional_Cooperation_Mechanisms_Insights_from_the_Black_Sea_and_Bay_of_Bengal.

[31] OTTO L. Exploring maritime diplomacy of small island developing states in Africa：cases of Mauritius and Seychelles[J]. Journal of the Indian Ocean Region，2022，18(2)：133-148.

[32] 余敏友，倪瑶. 新时代中国海洋外交：政策内涵与实践路径[J]. 国际问题研究，2024(1)：37-52.
YU Minyou，NI Yao. China’s maritime diplomacy in the new era：connotations and practices[J]. International Studies，2024(1)：37-52.

[33] CZIESIELSKI M J，DUARTE C M，AALISMAIL N，et al. Investing in blue natural capital to secure a future for the Red Sea ecosystems[J]. Frontiers in Marine Science，2021，7：603722.

[34] GRORUD-COLVERT K，SULLIVAN-STACK J，ROBERTS C，et al. The MPA guide：a framework to achieve global goals for the ocean[J]. Science，2021，373(6560)：eabf0861.

[35] PANG S，ABDUL MAJID M，PERERA H A C C，et al. A systematic review and global trends on blue carbon and sustainable

development：a bibliometric study from 2012 to 2023[J]. Sustainability，2024，16(6)：2473.

[36] Marine Conservation Institute. The marine protection Atlas[EB/OL]. [2025-06-09]. https://mpatlas.org/.

[37] WIOMSA. WIO MPA outlook report：marine protected areas and the Seychelles[EB/OL]. [2025-06-09]. https://www.wiomsa.org/news/wio-mpa-outlook-report-marine-protected-areas-and-the-seychelles/.

[38] Seychelles blue economy：strategic policy framework and roadmap charting the future(2018-2030)[EB/OL]. [2025-06-22].http：//seychellesconsulate.org.hk/download/Blue_Economy_Road_Map.pdf.

[39] 褚晓琳，余亮. 基于生态系统的美国墨西哥湾海洋综合管理研究[J]. 海洋湖沼通报，2023，45(5)：200-207.
CHU Xiaolin，YU Liang. Study on integrated marine management in the Gulf of Mexico based on ecosystem[J]. Transactions of Oceanology and Limnology，2023，45(5)：200-207.

[40] 李仁真，戴悦. 蓝色债券的目标、原则与发展建议[J]. 环境保护，2021，49(15)：48-52.
LI Renzhen，DAI Yue. Objectives，principles and development suggestions of blue bond[J]. Environmental Protection，2021，49(15)：48-52.

[41] CHRIST H J，WHITE R，HOOD L，et al. A baseline for the blue economy：catch and effort history in the Republic of Seychelles' domestic fisheries[J]. Frontiers in Marine Science，2020，7：269.

[42] World Bank. Seychelles achieves world first with sovereign blue bond[EB/OL]. [2025-06-09]. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/10/29/seychelles-achieves-world-first-with-sovereign-blue-bond.

[43] 司徒韵莹，彭语涵. 蓝色债券发展现状与展望[J]. 金融纵横，2021(12)：16-26.
SITU Yunying，PENG Yuhan. Development status and prospects of blue bonds[J]. Financial Perspectives Journal，2021(12)：16-26.

[44] 赵鹏，胡学东. 国际蓝碳合作发展与中国的选择[J]. 海洋通报，2019，38(6)：613-619.
ZHAO Peng，HU Xuedong. International blue carbon cooperation and China's choice[J]. Marine Science Bulletin，2019，38(6)：613-619.

[45] BLUE CARBON LAB. Seychelles' blue carbon roadmap[R/OL]. [2025-06-09]. https://www.bluecarbonlab.org/wp-content/uploads/2022/09/SeychellesBlueCarbonRoadmap_Report_202209.pdf.

[46] BYARUHANGA C，ADAMOU L. Seychelles：the island nation with a novel way to tackle climate change[EB/OL]. [2025-06-22]. https://www.nation.sc/articles/2787/seychelles-the-island-nation-with-a-novel-way-to-tackle-climate-change.

[47] 李昕蕾，管玉瑶. 全球清洁能源转型中的能源国际正义及中国角色[J]. 东北亚论坛，2024，33(6)：93-109.
LI Xinlei，GUAN Yuyao. International energy justice and China's role in the global clean energy transtion[J]. Northeast Asia Forum，2024，33(6)：93-109.

[48] 曹俊金. 全球气候法律体系的变迁逻辑[J]. 国际法研究，2025(2)：27-50.
CAO Junjin. The changing logic of global climate legal system[J]. Chinese Review of International Law，2025(2)：27-50.

[49] 伍维模，刘世权，赵汝东，等. 小岛屿发展中国家面临的气候变化挑战和应对策略：以塞舌尔共和国为例[J]. 科技通报，2016，32(4)：48-54.
WU Weimo，LIU Shiquan，ZHAO Rudong，et al. Challenge and adaptive strategy for small island developing states responding to climate change：the case of Republic of Seychelles[J]. Bulletin of Science and Technology，2016，32(4)：48-54.

[50] HILSER H，HIRALDO L，MOREAU C，et al. Public engagement and collaboration for carbon dioxide removal：lessons from a project in the Dominican Republic[J]. Frontiers in Climate，2024，6：1290999.

[51] BENNETT M，MARCH A，RAGUAIN J，et al. Blueprint for blue carbon：lessons from Seychelles for small island states[J]. Oceans，2024，5(1)：81-108.

[52] Republic of Seychelles. Seychelles updated nationally determined contributions submission under the Paris Agreement[EB/OL]. [2025-10-13]. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Seychelles%20-%20NDC_Jul30th%202021%20_Final.pdf.

[53] SPIJKERS J，BOONSTRA W J. Environmental change and social conflict：the northeast Atlantic mackerel dispute[J]. Regional Environmental Change，2017，17(6)：1835-1851.

[54] DOBUSH B J，GALLO N D，GUERRA M，et al. A new way forward for ocean-climate policy as reflected in the UNFCCC ocean and climate change dialogue submissions[J]. Climate Policy，2022，22(2)：254-271.

[55] CONTRERAS C，THOMAS S. The role of local knowledge in the governance of blue carbon[J]. Journal of the Indian Ocean Region，2019，15(2)：213-234.

[56] 李保平，薛达元.《生物多样性公约》中“土著和地方社区”术语在中国的适用性和评价指标体系[J]. 生物多样性，2021，29(2)：193-199.
LI Baoping，XUE Dayuan. Applicability and evaluation index system of the term “indigenous and local communities” of the Convention on Biological Diversity in China[J]. Biodiversity Science，2021，29(2)：193-199.

[57] LI Q，HAN Y，LIU X，et al. Hydrate as a by-product in CO_2 leakage during the long-term sub-seabed sequestration and its role in preventing further leakage[J]. Environmental Science and Pollution Research，2022，29(51)：77737-77754.

[58] 康濒月，李佳旭，宁园力，等. 机器学习在量化滨海蓝碳储量研究中的应用进展[J]. 生态学报，2025，45(10)：5075-5089.
KANG Binyue，LI Jiaxu，NING Yuanli，et al. Progress in machine learning for quantifying coastal blue carbon[J]. Acta Ecologica Sinica，2025，45(10)：5075-5089.

[59] 陈鹏，厉运周，赵志刚，等. 海洋水色遥感机器学习模型应用现状及定标与真实性检验 AI 模型展望[J]. 海洋与湖沼，2025，56(1)：3-24.
CHEN Peng，LI Yunzhou，ZHAO Zhigang，et al. Current application of ocean color remote sensing machine learning models and prospects for calibration and validation[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica，2025，56(1)：3-24.

[60] 刘大海，李萍. 蓝碳金融发展政策环境回顾、分析与展望[J]. 海洋开发与管理，2024，41(11)：10-16.
LIU Dahai，LI Ping. Review，analysis and prospect of blue carbon finance development policy environment[J]. Ocean Development and Management，2024，41(11)：10-16.

[61] 王继龙，于贵瑞，丁虎，等. 滨海蓝碳评估现状：理论、方法及碳减排增汇途径[J]. 中国科学：地球科学，2025，55(5)：1458-1473.
WANG Jilong，YU Guirui，DING Hu，et al. Current status of coastal blue carbon assessment：theory，methods，and carbon sequestration pathways[J]. Scientia Sinica(Terrae)，2025，55(5)：1458-1473.

[62] MACREADIE P I，ROBERTSON A I，SPINKS B，et al. Operationalizing marketable blue carbon[J]. One Earth，2022，5(5)：485-492.

[63] 胡晓喆，单红军. “双碳”背景下我国蓝碳金融体系规制检视及调适路径[J]. 山东社会科学，2025(2)：110-117.
HU Xiaozhe，SHAN Hongjun. Regulatory review and adaptation path of Chinese blue carbon financial system under the background of “dual carbon”[J]. Shandong Social Sciences，2025(2)：110-117.

[64] GANDHI E，FRANCIS A，HISHMI J H. Blue carbon as a potent strategy in the pathway to achieve net zero[J/OL]. [2025-06-09]. https://doi.org/10.1177/09722629241285987.

[65] HE L，YE S，ZHAO G，et al. Research progress on blue carbon management in coastal wetland ecotones[J]. Geology in China，2023，50(3)：777-794.

[66] 冯翠翠，龚语嫣，叶观琼，等. 全球海岸带国家蓝碳资源价值与类型研究[J]. 应用海洋学学报，2024，43(1)：1-11.
FENG Cuicui，GONG Yuyan，YE Guanqiong，et al. Value accounting and type analysis of coastal blue carbon resources in the world coastal countries[J]. Journal of Applied Oceanography，2024，43(1)：1-11.

[67] 王胜. 加强蓝碳国际合作的重大意义及其实践路径[J]. 当代世界，2023(11)：61-65.
WANG Sheng. Significance of and approaches to international cooperation for blue carbon[J]. Contemporary World，2023(11)：61-65.