

第 1 章

海洋生态环境保护与修复概述

1.1 海洋生态系统保护与海洋强国

海洋生态保护不仅有助于维持海洋资源的可持续利用，保障海洋经济的长期健康发展，也是实现海洋强国战略的关键一环。加强海洋生态保护能够使海洋资源得到更好的利用，推动海洋经济的高质量发展，从而在全球海洋治理中发挥更大的作用。随着中国改革进入深水区，海洋经济已成为国家经济增长的新动力，有效缓解了陆地经济压力，并促进了传统产业的升级及新兴产业的发展。党的十八大以来，中国大力支持海洋新兴产业的发展，增强海洋资源开发能力，致力于建设世界一流港口，推动经济由高速增长向高质量发展转变^[1]。

新兴海洋产业的发展受到特别重视，这些产业以其高技术水平和环境友好性，有助于实现中国经济的高质量发展。同时，海洋旅游业作为海洋经济的重要组成部分，通过展示沿海地区的风土人情和文化特色，吸引了国内外游客，促进了消费增长。例如，海南省利用其区位优势 and 自由贸易港政策，通过提升度假产品质量和推进各类海洋旅游项目，积极发展海洋旅游产业。总的来说，我国海洋事业的制度逐步完善，全民对海洋事业的关注度不断提升，为建设海洋强国提供了战略机遇。中国海洋资源丰富，海岸线绵长，海域国土面积广阔，拥有丰富的矿物资源、化学资源、生物资源和动力资源。此外，中国沿海地区经济基础坚实，从经济特区到各类经济圈的设立，沿海城市的开放和发展为海洋强国的建设提供了成功范例和强大动力^[2]。

1.1.1 海洋生态系统保护促进海洋生态文明发展

海洋生态文明建设是生态文明建设的重要组成部分，是习近平生态文明思想在海洋领域的集中体现，是我国海洋环境治理过程中的创新和发展，其核心要义在于促进和维护人与海洋和谐共生。海洋生态文明是从海洋视野、人与自然界关系角度反映人类文明进步程度的范畴，它同其他文明一样都属于历史范畴，随着人类文明的发展经历着由低级向高级不断演进的过程。我国追求的生态文明，是人类社会与自然界和谐共处、良性互动、持续发展的一种高级形态的文明境界^[3]。这种文明既需要有理论上、战略上的阐述，也需要有实践上的创造。建设海洋强国战略的实施亦是如此，充分体现了海洋发展中建设生态文明的根本要求。

通过行政、法律、经济等多种手段，保护海洋环境和修复生态，以资源节约、环境友好的方式开发使用海域，保持生态系统基本功能，逐步形成有力促进海洋生态文明建设的产

业结构、发展方式和消费模式，实现海洋的和谐、可持续开发利用，才能为海洋强国建设创造资源、生态和环境条件^[4]。可见，把海洋纳入整个生态文明建设，既是实践上也是理论上的重大创新突破。这不仅是对中国特色社会主义理论的完善、丰富和重大发展，也是对全球人类文明形态和文明理念、道路认识的升华，不仅对中国的发展有重大而深远的意义，而且对建设人类文明具有重要贡献。

建设海洋强国，应该把海洋元素与谋求建设强盛国家紧密联系在一起，从而把海洋的重要性放在前所未有的重要位置上^[5]。以更高站位、更远视野拓宽建设强盛现代化国家的发展空间，有利于提升国家的发展能力和文明程度。“建设海洋强国”有着丰富的内涵，有几个非常重要且不可或缺的方面，它们互为条件，相辅相成，构成了海洋强国的基本内容。建设海洋强国是战略目标、任务与重点的统一，体现出以海洋经济建设为中心、以海洋生态文明建设为保障的提升海洋资源开发能力、强化综合管理、推进海洋强国建设的战略思路^[6]。其紧密相联的逻辑结构，清晰反映了海洋强国的内涵及其相互关系。

1.1.2 海洋生态系统保护支持海洋经济可持续发展

我国主张的海域面积约为 300 万千米²，拥有超过 1.8 万千米的大陆海岸线和 1.4 万千米的岛屿海岸线，滩涂面积达 3.8 万千米²，岛屿数量超过 1.1 万个^[7]。这些丰富的海洋资源不仅是现代化建设的重要资源库、生态屏障、经济命脉和战略空间，还蕴含着天然气、潮汐能、风能等绿色能源，为陆地资源的可持续利用提供了新的可能性。海洋生物多样性和矿产资源为多个产业提供了原材料；同时，海洋也是淡水资源的重要来源，对人类生存至关重要。

海洋经济的发展催生了滨海旅游、海洋牧场、海上风电、油气开发、船舶制造和海上运输等产业，成为经济增长的新动力，对沿海地区的发展和开放型经济的构建起到了推动作用^[8]。海洋产业作为技术密集型产业，国家对其投入了大量资源进行技术研发和运维，促进了科技创新，为产业转型升级和新兴产业发展提供了支撑，对建设海洋经济强国具有重要意义^[9]。因此，保护海洋生态环境，避免因经济利益而损害生态，推动海洋经济的可持续发展，符合我国和全球的经济需求，也是我们长期的奋斗目标。

海洋生态环境的保护与可持续发展是环境保护的必然选择，也是实现可持续发展的必要途径。自党的十八大以来，我国采取了一系列措施来保护海洋生态环境。自然资源部推动了全国海岸带的综合保护和生态修复，沿海地区将海岸保护作为工作重点，坚持生态优先原则，将可持续发展作为发展的核心。在用地用海过程中，自然资源部采取了多项措施，对处于生态保护红线内的新增填海造地重大项目，要求省级政府同步编制调整方案，并纳入国土空间规划。2022 年，中国在“中国—岛屿国家海洋合作高级别论坛”上发布了《海岛可持续发展倡议》，并在国际上制定了《“海洋十年”中国行动框架》，对全球海洋治理产生了积极影响。这些举措与党的十八大、二十大报告形成了完整的体系，为中国海洋生态环境保护贡献了力量^[10]。

1.1.3 海洋生态系统保护支撑陆海统筹联动管理

海洋与陆地之间存在着密切的相互作用，不断地进行着物质、能量和信息交流。海洋所面临的问题往往源自陆地，同时，海洋的状况也对陆地产生影响。因此，陆海统筹成为构

建海洋生态环境管理体系的核心原则。这一理念强调在追求经济发展的同时，必须考虑到对生态环境的保护，而海洋环境的污染防治和生态修复是实现可持续发展的关键^[11]。在当前背景下，海洋生态系统对于维持全球生态平衡具有极其重要的作用。海洋环境的污染和破坏不仅威胁到海洋生物多样性，也对生态平衡构成了严重的危害。为了应对海洋环境污染导致的生态系统功能退化，必须采取治理措施和修复海洋环境，以减轻或消除污染对海洋生态系统的负面影响。

此外，海洋生态文明建设已经迈入一个新的阶段，即通过高水平的海洋生态环境保护来促进经济社会的高质量发展^[12]。公众对于优质的海洋生态环境和生态产品有着更高的期待，对于海洋生态环境问题的容忍度也在降低。由于海洋生态环境问题的复杂性、流域—河口—近海的连通性及治理主体的多样性，海洋生态环境问题已成为美丽中国和海洋强国建设中最突出的短板。海洋生态环境问题虽然表现在海洋，但其根源在于陆地，因此，实现有效治理和生物多样性保护的关键在于对陆地的系统治理，而非海洋自然生态本身。目前，海洋生态环境保护面临的挑战包括结构性、根源性和趋势性压力尚未得到根本缓解，环境污染和生态退化问题依然严重。美丽中国建设的目标与公众对海洋生态环境的期待之间仍存在明显差距。具体问题包括对陆海统筹环境保护和治理的认识存在片面性，陆海生态环境协同联动的制度机制不健全，以及陆海统筹的科技支撑不足^[13]。为了有效改善近岸海域水质，必须坚持“陆海统筹、以海定陆”的原则。这需要相关地市基于近岸海域水质保护和改善的需求，共同制定入海河流水质达标及提升方案，通过系统规划和统筹联动，减少入海污染通量，从而改善近岸海域水质。

鉴于海洋的流动性和跨区域传输特性，海洋生态环境保护通常涉及多个责任主体。因此，需要相关省份加强联防联控机制建设，共享海洋环境信息和应急资源，并在重大工程项目环评方面进行会商，共同致力于污染防治、生态保护、风险防范、灾害应急和监督管理等工作，以保护共同的海洋环境。此外，相关省份还需要构建陆海统筹的海洋生态环境管理体系，不断巩固和发挥体制优势，强化制度、机制和政策之间的联动。核心目标是建立陆海统筹的生态环境治理体系和提升治理能力，途径包括巩固机构改革形成的体制优势、加强制度顶层设计、完善联防联控机制和增强政策的宏观引导作用^[14]。

1.2 海洋生态环境保护 and 修复的区别

海洋资源的可持续利用是全球环境议程的核心议题，而海洋生态环境保护与修复是确保海洋资源可持续利用的基石。区分保护和修复概念的异同对帮助理解海洋资源管理的实际应用至关重要。

海洋生态环境保护指的是一系列预防性措施，旨在维护海洋生态系统的健康、稳定和生物多样性^[15]。这些措施包括制定和执行保护法规、建立海洋保护区、推广可持续的海洋资源利用方式及减少污染物排放。保护策略的核心在于防止新的破坏和污染，以保持海洋生态系统的现有状态。其本质一是对“人海”关系的再调适，目的是维护海洋生态系统本身的完整性和弹性，保障海洋生态系统健康，提高海洋保护利用综合效率和效益，最终达到“人海和谐”；二是海洋生态保护修复不能只关注生态空间，还应关注生产、生活空间，海洋生态问题主要缘于人对海洋及其邻近的陆地资源和空间的不合理开发利用；三是海洋生态保护修复的手段是综合的，要达到保护修复的目的，既包括实施具体的保护修复工程技术措施，还应包括严密的管理措施，构建合理的制度体系和运转机制等。

与保护不同，海洋生态环境修复关注的是已经遭受损害或退化的生态系统^[16]。修复工作涉及一系列技术和工程手段，如人工鱼礁建设、海草床和红树林的恢复、受损珊瑚礁的重建及海滩净化等。这些措施旨在恢复受损生态系统的结构和功能，使其尽可能地回到未受干扰前的自然状态。海洋生态保护修复主要是开展海岸带、岛屿两种生态类型的修复。一是污染较重的河口海湾。通过调整陆海开发布局、污染源头治理、生物群落截污、加强污染应急管理 with 处置等手段，控制入海污染，恢复水体水质。二是城市邻近的海岸带。通过综合手段，构筑生态安全屏障，包括恢复生境，提高海洋生产力，恢复海洋的活力，恢复并优化景观格局，提升城市滨海景观资源价值等。

表 1-1 展示了国际上与生态修复相关且常见的术语，这些术语之间可能存在冲突或重叠。为了确保生态系统服务和产品的持续性，可以通过不同形式的人为干预来加速恢复过程。“Restoration”一词被定义为“生态恢复”，意指协助退化的生态系统恢复到未受干扰前的结构和功能状态。这一术语强调生态系统的自我组织和自我恢复能力，要求人类干预的程度较低，目标是使受损的生态系统恢复到未受损时的完整健康状态。“Rehabilitation”则被理解为“生态修复”，指的是通过人工手段使受损的生态系统恢复到较好的状态，不包括生态系统依靠自身力量恢复的情形。修复的目标是部分恢复到生态系统受干扰前的结构和功能，更侧重于人类对受损生态系统的改善，而不一定是恢复到最初的状态^[17]。“Reconstruction”意为“生态重建”，指的是在人类活动导致的退化之后，重新构建原有的自然生态系统，重点在于恢复原有系统的结构和物种多样性。“Replacement”即“生态重置”，旨在建立一个新的生态系统以满足人类需求，新建立的生态环境旨在恢复或超越原有生态环境的水平，而不是追求原始自然状态下的生态系统。

表 1-1 生态修复相关概念分类

术语 (Term)	内涵 (Connotation)	目标状态 (Target state)	干预程度 (Intervention procedure)
生态恢复 (Restoration)	使退化生态系统回到原始位置或状态的行为，按字面解释需要在该精确位置上绝对复制	恢复原状，即回到原始未受损状态	有限
生态修复 (Rehabilitation)	部分替代生态系统中已减少或丧失的结构或功能特征的行为，以使本地生态系统“启动并再次成为可行的系统”	改善退化生态系统状态，但并不期望达到原始状态	积极
生态重建 (Reconstruction)	在损害非常严重的地方，消除或者扭转所有退化因素，纠正所有生物和非生物损害，同时需要重新引入所有或大部分理想的生物区系	与当地原有生态系统相匹配	完全
生态重置 (Replacement)	用其他地方的生态服务代替那些已经被破坏的服务	建立具有不同于原始或退化的用途或特征的新区域	完全

随着生态文明建设的不断进步，生态修复的概念也逐渐丰富和完善。在国家和地方政府的管理层面及企业开展的生态修复业务，更倾向采用广义上的生态修复概念。这指的是在生态系统退化之后，采取各种必要的措施，在促进生态恢复的基础上，进一步改善生态环境，使其达到可持续利用的状态，包括表 1-1 中的“生态恢复”“生态修复”“生态重建”和“生态重置”^[18]。这种做法不仅依赖生态系统自身的恢复力量，也依赖外部力量来重建和重置受损的生态系统，不仅包括在原地的恢复，也包括在新地点的重建。修复的对象是结构和功能受损的生态系统，修复手段包括化学修复（如污染物的去除）、物理修复（如生境结构的调整）、生物修复（如物种群的种植）及工程技术措施等的优化组合^[19]。

对比来看，海洋生态环境保护 and 海洋生态环境修复是两个密切相关但又有所区别的概念，它们在目标、方法和实施过程中各有侧重。

在目标方面，海洋生态环境保护的目标是预防海洋环境的进一步恶化，保持或改善现有的海洋生态系统健康和生物多样性，侧重于维持和提升海洋生态系统的整体质量和稳定性，防止新的破坏和污染。海洋生态环境修复则是在海洋生态系统已经遭受损害或退化的情况下，采取一系列措施来恢复其原有的结构和功能，更侧重于对已经受损的生态系统进行恢复和重建，使其尽可能地回到未受干扰前的自然状态^[20]。

在方法层面，海洋生态环境保护通常包括制定和执行保护法规、建立海洋保护区、推广可持续发展的海洋资源利用方式、减少污染物排放等预防性措施。海洋生态环境修复则涉及更具体的技术手段，如人工鱼礁建设、海草床和红树林的恢复、受损珊瑚礁的重建、海滩净化等，旨在直接改善受损生态系统的健康状况。

在实施过程中，海洋生态环境保护往往需要长期的努力和社会各方面的参与，包括政府、企业、公众等，以形成持续的保护机制。海洋生态环境修复则通常是项目性的，针对特定的受损区域或生态系统，通过科学规划和实施一系列修复措施，以达到预定的恢复目标。

表 1-2 简洁地概括了海洋生态环境保护 and 修复的主要区别，有助于读者理解两者在目标、方法和实施过程中的不同侧重点。除此之外，海洋生态环境保护 and 海洋生态环境修复之间存在着密切的相互关系，它们共同构成了海洋生态环境管理的完整体系。以下是它们之间的关键联系点。

表 1-2 海洋生态环境保护 and 修复的主要区别

比较维度	海洋生态环境保护	海洋生态环境修复
目标	预防海洋环境恶化，维持和提升海洋生态系统的质量和稳定性	恢复受损或退化的海洋生态系统，使其尽可能回到未受干扰前的自然状态
方法	制定和执行保护法规、建立海洋保护区、推广可持续利用、减少污染物排放等	人工鱼礁建设、海草床和红树林恢复、珊瑚礁重建、海滩净化等具体技术手段
实施过程	需要长期努力和社会各方面参与，形成持续保护机制	通常是项目性工作，针对特定受损区域或生态系统，通过科学规划实施修复措施

互补性：海洋生态环境保护旨在预防海洋生态系统退化和受损，通过制定和执行保护措施，如建立海洋保护区、限制污染物排放等，来维护海洋生态系统的健康和稳定。海洋生态环境修复则是在生态系统已经受损的情况下进行的，通过一系列技术和工程手段，如恢复红树林、重建珊瑚礁等，来修复和重建受损的生态系统^[21]。两者相辅相成，保护措施可以减少对海洋生态系统的压力，从而降低修复的需求；而有效的修复工作又可以增强生态系统的抵抗力，使其更能抵御未来的威胁。

持续性：海洋生态环境保护需要长期的承诺和持续的努力，以确保海洋生态系统的长期健康和可持续性。海洋生态环境修复也不是一次性的活动，而是一个持续的过程，需要定期监测和后续管理，以确保修复成效的持久性和生态系统的持续恢复。

系统性：海洋生态环境保护 and 修复都需要系统性的思考和方法，考虑到海洋生态系统的复杂性和不同组成部分之间的相互依赖关系。保护和修复工作需要跨学科、跨部门的合作，以及政府、企业、社区和国际组织的共同参与^[22]。

动态平衡性：海洋生态环境保护 and 修复需要在经济发展和生态保护之间寻找动态平衡，确保在促进经济发展的同时，不过度牺牲海洋生态系统的健康。这要求政策制定者和执行者在决策过程中充分考虑生态成本和长期影响，采取综合管理措施，实现经济、社会 and 环境的协调发展。

相互促进性：保护工作的有效实施可以为生态系统提供更好的恢复条件，而修复活动的开展又可以增强生态系统的自然恢复能力，提高其对外界干扰的抵抗力^[23]。两者相互促进，共同提升海洋生态系统的整体质量和稳定性。

综上所述，海洋生态环境保护 and 海洋生态环境修复虽然都是为了维护海洋生态系统的健康和可持续发展，但保护更侧重于预防和维持现状，而修复则侧重于对已经受损的生态系统进行恢复和重建^[23]。两者相辅相成，共同支持着海洋生态系统的健康和可持续发展。通过有效结合保护和修复措施，可以更好地应对海洋环境面临的挑战，实现人与自然和谐共生的目标。

1.3 海洋生态系统保护的重要性

1.3.1 海洋生态系统对地球系统稳定至关重要

1.3.1.1 海洋对大气成分调节至关重要

海洋作为地球上最大的生态系统之一，覆盖了地球表面积的 71%，在调节大气成分和稳定全球气候方面发挥着关键作用。首先，海洋是地球上最大的碳汇之一，吸收了人类活动释放到大气中约 25% 的二氧化碳^[24]。通过一系列复杂的生物地球化学过程，如碳酸盐系统，海洋使大气中的二氧化碳含量得到降低，从而帮助缓解全球变暖带来的影响^[25]。此外，海洋微生物通过固氮作用将大气中的氮气转化为可被生物利用的形式，这对维持生态系统的氮循环至关重要，并对全球生物多样性和生产力有深远影响^[26]。

海洋浮游植物通过光合作用，利用阳光、二氧化碳和水产生葡萄糖和氧气。据估计，海洋浮游植物产生的氧气占地球大气中氧气总量的 50%~85%^[27]。这一过程不仅为海洋生态系统提供了能量，也是大气中氧气的主要来源之一。海洋中的氧气循环是一个全球性复杂的物理化学过程，例如，极地的低温海水富含氧气，并向全球深层洋流输送氧气，确保海洋的充氧机制稳定运行。然而，海洋在不同季节和区域的氧气含量也会受到温度和营养物质供应的影响。随着气候变化导致海水温度升高，海水的溶解氧含量降低，可能形成缺氧区域。此外，浮游植物的生长和光合作用受到氮、磷等营养物质的限制，进一步影响了氧气的产生^[28]。

综上，海洋通过吸收二氧化碳、产生氧气和参与氮循环，在大气成分调解中具有不可替代的作用。海洋生态系统的健康与大气成分的稳定密切相关，进而影响全球气候和所有生物的生存环境。因此，保护海洋生态平衡对维持地球系统稳定至关重要。

1.3.1.2 海洋对全球水循环至关重要

海洋在全球水循环中扮演着核心角色。水蒸气从海洋表面蒸发，进入大气层，冷却凝结成云，并以雨、雪、露、霜等形式返回地表，完成水循环的完整周期。在热带地区，强烈的太阳辐射使海洋表面水温升高，形成能量盈余，推动暖流从赤道流向高纬度地区，同时冷流从高纬度地区流向低纬度地区，形成大尺度的海洋环流。这种热量和水汽的输送，重新分配了能量，调节了全球气候，并为陆地淡水资源提供了补给^[29]。

此外，海洋生物通过生理活动，如光合作用和呼吸作用，参与到水和碳的循环中，进一步影响水循环的动态过程。人类活动，如城市化和污染，导致河流流量减少、水质恶化，从而威胁海洋水资源和生态平衡^[30-31]。这些变化对渔业、旅游业和航运等依赖海洋的行业也有潜在影响。渔业资源的丰富程度受到海洋温度和盐度的影响，与水循环紧密相关。

综上，海洋不仅为全球水循环提供了丰富的水源，还通过热量交换和气候调节等功能影响着水循环的整体动态。保护海洋环境，维持海洋生态平衡，对于全球水循环的稳定和人类社会的可持续发展具有重要意义。

1.3.1.3 海洋对全球气候稳定至关重要

海洋是地球气候系统的重要组成部分，强烈影响气候的形成和变化。大部分太阳辐射被海洋吸收，由于海洋拥有巨大质量和高比热容，它成为地球最大的能量储存器之一。海洋的热惯性使得海表温度变化较小，从而能够缓冲和调节大气温度变化^[32]。如果全球 100 米厚的表层海水降温 1°C，那么所释放的热量将足以使全球大气增温 60°C，这充分展示出海洋拥有强大的调温能力。

海洋还孕育了如厄尔尼诺事件和拉尼娜事件、台风等极端气候现象，对全球或区域气候异常和气象灾害有显著影响。例如，北大西洋暖流使北欧地区气候温和，而东亚和南亚的季风气候对农业生产至关重要。洋流系统在海陆之间传递热量，塑造了地球的气候格局，如新几内亚沿岸的潜流和棉兰老潜流，以及南北半球和各大洋之间海水的交换，对全球气候有着显著的影响^[33]。

综上所述，海洋通过调节大气中的水分输送和热量动力学过程，维持了全球气候的稳定性。加强对海洋的生态保护与研究，提高对海洋过程的认识，对于应对全球气候变化和保障未来可持续发展具有重要意义。

1.3.2 海洋生态系统对全球生物多样性保护至关重要

1.3.2.1 海洋生态保护对全球生物多样性保护有突出价值

海洋是全球生物多样性的主要储存库之一，已知物种超 25 万种，且尚有更多物种待发现。海洋生物多样性与可持续发展的经济、社会和环境三大支柱密切相关，对地球健康运转和人类福祉至关重要。海洋生物多样性对可持续发展的重要性在《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标中得到体现^[34]。可持续发展目标 14 明确指出，保护和可持续利用海洋、海域和海洋资源对实现可持续发展具有重要意义，海洋生物多样性直接影响着全球经济增长、粮食安全和人类生计^[35]。

然而，海洋生物多样性正面临多重威胁，如过度捕捞、栖息地丧失、气候变化和环境污染。全球约 33% 的鱼类资源被列为过度捕捞^[36]，20%~50% 的蓝碳生态系统已经消失或退化^[37]。此外，全球变暖和海洋酸化改变了鱼类资源的分布，预计将导致海洋净初级产量减少 3%~10%，鱼类生物量减少 3%~25%^[38]。环境污染，如富营养化、缺氧和塑料垃圾，也加剧了海洋生态系统的压力^[39]。海岸带生态系统的生物多样性下降和渔业资源衰退，预示着海洋生态系统存在潜在的不可逆变化^[40]。因此，科学评估和量化生态系统的承载力与韧性成为解决这些问题的关键。

综上所述，海洋生态环境保护对于维护全球生物多样性保护和实现可持续发展至关重要。国际社会需要采取有效措施，保护海洋资源，确保海洋生态系统的稳定健康与可持续发展。

1.3.2.2 海洋生态保护对全球生物连通性保护至关重要

海洋生态系统的连通性通过水文、生物、地质和地球化学过程将不同生态系统联系在一起，从而确保物种遗传多样性和生态功能稳定性^[41-42]。洋流就像海水运动的高速公路^[43]，在全球范围内输送营养物质和生物幼体，维持生物多样性。例如，洋流通过扩散海洋生物的

幼体,促进基因交换和种群的补充,提高海洋生态系统的生产力和适应能力^[44]。营养物质的运输,包括物理方式(如水体运动)、化学方式(如碳氮循环)和生物方式(如生物迁移和食物链),为不同生境斑块提供了多样化的营养物质,促进了生物种群的生长、繁殖和环境适应能力^[45]。例如,墨西哥湾的大鳞油鲱通过洄游将初级生产力从河口转移至海湾。红树林通过蟹类等生物的浮游幼体将有机物质输出到大洋,增加了营养物质的生物传输。营养物质的富集区通过营养循环形成,为生态系统提供了更多样化的营养物质,增加了生态系统的稳定性。

生物迁徙也是维持生态连通性的重要体现。海洋植物,如红树林和海草通过繁殖体在不同区域传播,从而在空间上保持生态连通性。海洋动物,如珊瑚礁鱼类因个体发育需求,在不同栖息环境间迁移,以确保获得充足的食物来源、降低被捕食的风险,并增加浮游幼体的扩布概率和存活概率^[46]。这种连通性对于鱼类种群的补充至关重要,尤其是鱼类产卵场和孵育场之间的联系,使得仔稚鱼在不同生命阶段通过迁移对海洋鱼类种群的补充量做出重要贡献。物种迁徙还会影响种群分布和物种存续能力,进而对生态系统的稳定性产生深远影响^[47]。

海洋中的高级生物,如金枪鱼、鲨鱼、棱皮龟和蓝鲸等,都是典型迁徙性物种。它们的长距离迁徙跨越国家管辖水域和公海水域,在公海海域与专属经济区之间建立了高度的连通性。迁徙活动不仅促进了种群的遗传交流,还维持了食物链的稳定性,对保护海洋物种多样性和维护生态平衡具有重要意义。此外,海狮、海豹和信天翁等具有重要保护意义的物种,也在广阔海域形成了复杂的生态连通网络。

生物释放的化学物质也在陆地和海洋生态系统连通性中起到重要作用。这些化学物质通过水体或大气传输到其他生态系统中,促进了陆地和海洋生态系统之间的交流和相互作用。例如,陆地植物释放的挥发性有机物质吸引授粉昆虫,从而间接影响海洋的生物行为和生态系统结构^[48]。

局部海域群落连通性的变化会直接影响区域物种的丰度和多样性,对维持生态系统健康具有重要意义。生物体迁移扩散、营养物质传输和空间结构影响着生态系统的结构与功能,共同塑造了生态系统的功能和稳定性。多元化物种通过迁徙、桥梁物种和化学通信等方式,促进了陆地与海洋生态系统之间的能量和物质传递,维持了生态平衡。然而,人类活动和自然因素干扰威胁着陆地和海洋生态系统连通性。因此,保护和恢复生物多样性,加强国际合作,制定综合保护政策,是维持生态连通性的关键和实现全球生态系统可持续发展的关键^[49]。

1.3.3 海洋生态系统保护对双碳目标实现至关重要

海洋生态系统保护在维护海洋健康、生物多样性及实现全球“双碳”目标(碳达峰和碳中和)具有至关重要的作用。作为地球上最大的碳汇,海洋吸收了约30%的人类活动产生的CO₂,形成了“蓝色碳库”^[50]。这一碳库的形成主要依赖多种关键过程,包括海—气交换、沉积作用、陆源输入及与邻近大洋的碳迁移。碳在海洋中以溶解无机碳(DIC)、溶解有机碳(DOC)、颗粒有机碳(POC)及生物量等多种形式存在,构成了复杂的海洋碳循环^[51]。

海洋碳循环的储碳机制包括水体溶解泵(solubility pump, SP)、碳酸盐泵(carbonate pump, CP)、生物碳泵(biological pump, BP)和微型生物碳泵(microbial carbon pump,

MCP)^[52]。这些机制共同作用，促进了海洋中碳的长期封存。其中，海洋生物泵通过浮游植物的光合作用，将无机碳转化为颗粒有机碳，并通过生物过程，如沉降和摄食打包沉降，将其从海表层输送至深海，实现长期碳封存。研究表明，若生物泵活动受阻，大气中 CO₂ 的浓度将显著上升，进一步加剧气候变暖^[53]。

海洋生态系统的健康是维持海洋碳汇的关键。然而，人类活动导致的海洋生态系统破坏，如海洋酸化和过度捕捞，不仅降低了海洋对大气中 CO₂ 的封存能力，还可能导致已储存碳被释放^[54]。因此，保护和恢复海洋生态系统，如红树林和海草床，对于减少温室气体排放、提高海洋对碳的吸收和储存能力至关重要^[55]。这些海洋生态系统通过光合作用吸收大量的 CO₂，并将其长期储存在植被和土壤中。同时，沉积作用能够进一步将碳封存于沉积物中，形成长期碳汇，从而显著减缓温室气体的积累速度。

尽管如此，海洋生态系统依然正在面临来自气候变化、海洋污染和生物多样性丧失的多重压力^[56]。要实现“双碳”目标，需要采取综合措施，包括减少温室气体排放、控制海洋污染、恢复受损的海洋栖息地及合理管理渔业资源。这些措施不仅有助于保护海洋生态系统，还能增强其对气候变化的适应能力，为实现全球碳中和目标提供重要支撑。

1.3.4 海洋生态系统保护对粮食安全至关重要

海洋生态系统保护对全球粮食安全至关重要。海洋是高质量蛋白质和其他营养元素的重要来源，为海洋生物（如鱼类、贝类和海洋植物）提供了丰富的食物资源^[57]。在科学管理和合理利用的基础上，海洋资源不仅可以提高国家粮食自给率，还能增强全球粮食生产的稳定性和韧性。保护海洋生态系统，维持生物多样性，有助于分散粮食生产风险。当某一物种的数量减少时，其他物种可以作为替代来源，从而保障粮食供应的持续性。同时，海洋食物资源的多样性还有助于稳定市场价格和供应，缓解价格波动带来的影响，并促进市场竞争，提高市场效率^[58]。

随着中国经济的持续增长和社会消费结构的升级，居民对水产品的需求不断增加。充分利用中国超过 120 万千米²的可养殖海域，所生产的优质蛋白可以与 18 亿公顷^①耕地产出相媲美。这不仅能够减少对进口水产品的依赖，缓解贸易逆差，还能通过水产品替代部分主粮需求，从而减少对陆地农业资源的消耗，增强国家粮食安全保障^[59]。目前，中国海洋水产品生产量居世界首位，海水养殖产量约占全球产量的 70%，海洋捕捞量约占全球捕捞量的 17%。近年来，尽管近海渔业资源衰退，但海水养殖规模持续增长，其年均增速超过种植业，成为国家粮食安全的重要保障。

海洋水产品对改善国民健康和营养状况的贡献同样不可忽视。海洋水产品富含蛋白质、脂肪、维生素和矿物质，尤其是其中的高度不饱和脂肪酸和脂溶性维生素 A、D，不仅能够满足居民对优质蛋白的需求，还对维持心脑血管健康、提升免疫力具有重要作用。2012 年的数据显示，中国沿海海洋生态系统提供的可食用动物源性蛋白质数量相当于全国草地畜牧业提供的动物源性蛋白质的 1.5 倍^[60]。海洋水产品还通过减少对陆地养殖饲料作物的种植需求，提高了耕地和淡水资源的利用效率^[61]。据估算，生产等量陆源动物蛋白所需要的土地和水量分别相当于中国耕地面积的 1/7 和农业用水总量的 1/5，这充分体现了海水产品在提

① 1 公顷=100 千米²。