科学通报 2026 年 第 71 卷 第 22 期: 5288 ~ 5298
国家自然科学基金委员会地球科学部资助体系布局研究专题 观 点
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

海洋科学学科体系梳理与资助布局研究

吴立新[1], 张亮[2*], 陈朝晖[1], 于志腾[3], 曹知勉[4], 刘鑫[5]

1. 中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室, 青岛 266100
2. 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085
3. 自然资源部第二海洋研究所, 海底科学与划界全国重点实验室, 杭州 310012
4. 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361005
5. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广州 511458
* 联系人, E-mail: zhangliang@nsfc.gov.cn

地球因其“蓝色星球”与“生命绿洲”的独特性在浩瀚星宇中熠熠生辉, 这都源于覆盖地球表面71%的液态圈层——海洋. 海洋不仅是生命的摇篮, 也是维系地球系统稳定运行的重要基石, 还是驱动地球宜居性演化的关键动力[1]. 20世纪80年代, 《地球系统科学》(*Earth System Science*: *A Closer View*)的出版明确提出了地球系统科学的思想和概念. 海洋科学作为地球科学重要分支之一, 其研究范围包括发生在海洋内部、海底岩石圈及与其他圈层界面处的各种物理变化、化学过程、生命活动及地质过程, 本身就具备了跨圈层、广要素、多尺度的复杂系统科学特征[2]. 因此, 海洋系统科学研究将为架构新时代地球系统科学提供新的视角, 也孕育着地球科学新的重大理论突破[3]. 党的十八大报告提出“建设海洋强国”以来, 海洋强国建设已成为推动中国式现代化的有机组成部分和重要战略任务, 关心海洋、认识海洋、经略海洋的需求更为迫切. 基于国家自然科学基金委员会地球科学部开展的学科体系化梳理战略研究和系列研讨, 本文系统梳理了海洋科学与极地科学学科(以下简称海洋学科)的发展脉络, 明确重点领域布局, 研判关键科学问题与未来发展态势, 旨在为国家自然科学基金在海洋领域的前瞻性布局与科学化资助决策提供参考支撑, 进一步提升我国海洋科技创新能力及其在国际海洋科技体系中的影响力、竞争力和话语权.



张亮 博士, 副研究员. 国家自然科学基金委员会地球科学部四处副处长兼海洋地质学与地球物理学项目主任. 主要从事自然科学基金海洋科学与极地科学项目管理和战略研究以及海洋地球物理学研究工作.

1 学科发展简史

1.1 早期探索与学科形成(15~20世纪中叶)

人类对于海洋的探索从远古时代就已开始. 古人以浮筏和舟楫从事简单的捕捞作业和短途航行, 在长期的沿海资源开发和航海活动中不断积累有关潮汐、海浪、风暴等海洋现象的基本认知. 15~16世纪地理大发现及后来的航海活动是现代海洋调查的雏形, 促进了海洋科学的萌芽与发展. 1872~1876年, 英国“挑战者”号开展了一次划时代的环球航行考察, 对三大洋和南极海域进行了系统性、多学科的综合观测, 被认为是现代海洋科学的开端[2], 标志着海洋科学由探索性航行进入针对特定海区开展海洋科考的新阶段. 海洋科考促进了新的海洋现象的发现并积累了大量观测资料, 带动了调查技术的进步和观测方法的革新, 推动了物理海洋学、海洋化学、生物海洋学、海洋地质与地球物理学等二级学科的形成与分化. 此时, 洋中脊的发现与大陆漂移学说、海水主要成分恒定性原理和风生大洋环流理论是这一时期的标志性成果[2,4]. 1942年, Sverdrup等人[5]集结出版了学术巨著《海洋》(*The Oceans*), 标志着海洋科学正式成为多领域交叉的综合性学科.

1.2 技术变革带动观测与理论快速发展(20世纪中后叶)

在第三次科技革命的浪潮下, 新一代电子和信息技术的发展为海洋与极地观测研究提供了重要工具, 例如航空重力

引用格式: 吴立新, 张亮, 陈朝晖, 等. 海洋科学学科体系梳理与资助布局研究. 科学通报, 2026, 71: 5288–5298
Wu L, Zhang L, Chen Z, et al. Research on the layout of ocean science disciplines and funding system (in Chinese). Chin Sci Bull, 2026, 71: 5288–5298, doi: 10.1360/CSB-2025-5855

© 2026《中国科学》杂志社

仪与雷达、声学多普勒流速剖面仪、侧扫声呐、海底深钻、海底地震仪、深潜器、海洋和气象遥感卫星等, 同时也为开展大规模、跨区域的海洋观测研究奠定了基础, 促进了多学科的融合[6]. 相较于早期研究, 新兴技术的迭代与应用驱动了原创性研究成果不断涌现, 使海洋与极地科学在解码地球演化、生命进化以及气候变化等重大科学命题中作出突出贡献: 地磁技术佐证了海底扩张和板块构造理论, 从根本上动摇了基于海陆分布固定的槽台学说在地质学界的统治地位[7,8]; 卫星遥感证实了海洋是涡旋的世界, 颠覆了经典海洋环流理论所认为的海水运动由定常大尺度流动所主导的图景[9,10]; 同位素技术应用证明大洋传送带的存在, 奠定了气候系统低频变化研究的里程碑性认识[11]; 深潜技术的突破促成了海底热液和冷泉生态系统的发现, 为生物海洋学和海洋地球化学研究提供了全新视野[12]; 冰芯钻探技术的成熟使提取跨越数十万年的高分辨率古气候记录成为可能, 首次通过极地冰芯清晰揭示了冰期-间冰期CO_2、CH_4与温度变化的高度协同关系, 推动了米兰科维奇轨道理论在定量层面的检验与完善[13]. 我国的海洋科学研究也在这一时期起步, 在海浪谱、近海流系、海洋沉积和生物多样性、极地科考方面取得了一系列成果[14,15].

1.3 以大科学计划为载体推动海洋命运共同体构建(21世纪)

自20世纪中后期开始, 西方国家几乎主导了海洋科学各个领域的大科学计划, 如深海钻探计划(DSDP)、热带海洋与全球大气计划(TOGA)、世界大洋环流试验(WOCE)和全球海洋通量联合研究计划(JGOFS)等. 这些计划通过系统化、长期化和全球协同的观测研究, 在科学层面显著推进了对板块构造机制、ENSO形成与演变理论、全球大洋环流三维结构以及生物碳泵等关键问题的认识; 在方法论层面, 则确立了在国际协作、观测规范和开放数据共享等方面的大科学研究范式[16~18], 对现代海洋科学的发展产生了深远影响. 然而, 它们在推动学科进步的同时, 也形成了西方国家在领域内的绝对话语权.

进入21世纪, 随着综合国力的提升, 我国也开始逐步参与并积极贡献Argo全球海洋观测网、国际大洋发现计划(IODP)、国际耦合模式比较计划(CMIP)、国际海洋生物圈综合研究计划(IMBER)等国际大科学计划. 目前, 我国在Argo计划中的浮标数量位居全球第十, 在Deep Argo观测方面跃居全球第二[19]; 近二十年, 多次执行由中国科学家主导的大洋钻探航次(如IODP 349、IODP 367/368等)[20]. 然而, 海洋的时空广度与复杂性决定了单一国家无法完全满足探索和开发需求, 旧时以西方主导的国际合作模式的缺陷日渐凸显. 国际关系和地缘政治带来的不稳定因素也逐渐向海洋科技领域蔓延. 尽管如此, 以“联合国海洋科学促进可持续发展十年(2021~2030)”(以下简称“海洋十年”)为代表的新一批海洋大科学计划也逆势启航, 正推动海洋科学走向全球海洋治理的新时代[21~23]. 截至目前, 在“海洋十年”框架下, 我国科学家牵头建设有1个协作中心和9项大科学计划, 位列全球第二位[24]. 纵观学科简史, 观测技术进步和大科学计划牵引已成为推动海洋科学进步的“双轮驱动”.

同时, 海洋科学已深度融入人类生产生活实践, 是支撑社会经济可持续发展的重要基石. 当前, 全球约20%~30%的油气产量和至少20%的优质蛋白质供给源自海洋[25]; 基于海洋科学认知突破建立的现代灾害预测预警体系, 显著降低了近20年来因台风、海啸等重大灾害而死亡的人数[26]. 在全球变暖和陆地资源逐渐枯竭的今天, 海洋科学研究正越来越关注与资源、环境和气候等相关的议题, 并与社会经济发展紧密结合, 为人类文明发展作出了巨大贡献.

2 学科发展态势及社会需求

2.1 海洋学科的发展态势

海洋科学历经长期发展, 通过与物理学、化学、生物学等基础学科的深度融合, 逐步形成了物理海洋学、海洋化学、生物海洋学、海洋地质与地球物理学四大传统分支学科. 伴随人类对海洋开发、利用与保护需求的日益增强, 其研究方向又进一步拓展至海陆统筹、资源开发、生态保护、极地治理、防灾减灾等应用领域(图1). 自20世纪中叶以来, 在观测技术革新和大科学计划的推动下, 海洋科学迎来蓬勃发展并进入了崭新阶段, 主要表现为三个发展趋势: (1) 系统化, 即认识海洋的深度与广度发生了变化. 海洋科学的研究对象从近岸、近海拓展到了包括深海大洋、极地的全海域范围; 研究手段从局地、间歇性的考察扩展到了多尺度、全天候、齐要素的持续观测; 研究范式从各学科的“单打独斗”转向强调跨圈层、跨学科、跨尺度的系统性研究[27]. (2) 导向化, 即经略海洋的紧迫性发生了变化. 保障国家权益和人民生命健康成为海洋科学发展的内生动力. 在复杂多变的自然环境和国际局势下, 海洋科学将在拓展新空间、获取新能源、打造新生态、应对新气候等重大需求方面起到关键支撑作用. (3) 全球化, 即经略海洋所需的国际参与度发生了变化. 海洋的复杂程度、时空广度、探索成本、政策实施难度等往往都超出一国之力, 需要凝聚全球资源和智力来实现突破. 因此, 在当前发展态势的驱动下, 新时代海洋科学亟需实现学科体系的深度整合, 推动研究思维与方法学的革新, 以满足人类认识海洋、经略海洋的期许.

2.2 海洋学科的纲领性科学问题

当前海洋学科面临的纲领性科学问题可以归纳为“海洋演化规律、物质能量循环及其与地球系统的互馈”. 海洋系统相较于大气圈缓变, 相较于岩石圈快变, 因而海洋系统的物质能量收支与洋陆格局演化主导了地球从年际、百年际到



图 1 海洋学科体系的梳理逻辑与发展态势
Figure 1 The logical framework for the systematic overview of ocean science and its development trends

百万年际的宜居性变化. 充分认识海洋系统贯穿时空尺度与圈层界限的协同演化过程是进一步经略海洋的逻辑起点.

2.3 我国的国家需求分析

习近平总书记强调, 我国科技事业发展要坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求和面向人民生命健康. 在这一总体框架下, 海洋学科具有突出的综合性、基础性与战略性特征, 是支撑国家长远发展的关键科学领域之一. 海洋覆盖地球表面积的70%以上, 但深远海区域人类实测和系统认知的比例仍不足5%, 是地球表层圈层中认识最为不足、但又最具多尺度变化的复杂系统[28,29]. 当前, 人类正处于由碎片化观测向系统化认知和智能化“数字孪生海洋”演进的关键阶段. 海洋很可能蕴藏着解码地球演化、气候变化及生命起源与演化等前沿科学问题的关键密钥. 加强海洋系统科学研究, 不仅是推动地球系统科学整体突破的内在要求, 也有望提升我国在国际科技前沿竞争中的战略优势.

海洋蕴藏着丰富的能源、矿产和生物资源, 是现代工业体系和战略性新兴产业的重要物质基础. 以能源为例, 海洋油气资源在保障国家能源安全中的地位日益凸显. 2025年我国海洋石油产量约6800万吨, 同比增长约250万吨, 对全国石油增产的贡献接近八成, 已成为油气增储上产的重要支撑力量[30]. 同时, 海洋经济在国民经济中的比重稳步提升, 相关产业生产总值达10.5万亿, 约占国内生产总值的7.8%[31]. 海洋科学研究是实现海洋资源可持续开发、提升资源利用效率、支撑海洋经济高质量发展的基础前提.

我国同时是典型的“海洋地理不利国”, 面临复杂多变的周边海洋环境和高度耦合的自然-社会-安全风险格局. 海洋环境保障、岛礁与海洋空间安全、海上通道安全以及水下关键空间的态势感知能力, 均对海洋科学提出了迫切需求. 海洋过程的多尺度和多圈层耦合特征决定了相关风险具有隐蔽性、突发性和放大效应. 海洋科学在提升海洋环境感知、风险评估和预警能力方面发挥着不可替代的基础支撑作用, 是构建海洋强国的重要保证.

海洋通过食物供给、气候调节和生态服务直接影响人类福祉. 海洋生态系统的退化、酸化、污染和生物多样性下降, 已成为全球共同面临的重大挑战. 同时, 海洋蕴含着丰富的生物活性物质和渔业资源, “蓝色粮仓”和“蓝色药库”在保障食品安全和生物医药创新中的潜力不断显现. 由于海洋具有高度连通性, 区域性环境问题往往具有跨国界传播特征, 更需要以科学认知为基础开展协同治理. 海洋科学已经成为打造健康海洋、促进人与海洋和谐共生、实现全球海洋创新治理的科学基石.

2.4 我国海洋学科的发展现状

党的十八大以来, 随着我国综合国力、科技投入和对外交流的加强, 国内海洋与极地科学表现出了强劲的发展势头. 我国现有涉海科研机构近两百个, 涉海专职科研人员超过五万人, 已经形成了一支学科方向比较齐全的海洋科技队伍[28]. 海洋领域科研成果的数量快速增长、影响力稳步提升, 2023年我国在海洋科学领域发表的论文数量为世界第一位、TOP 1%高被引论文数量位居第四位[32], 切实体现了国家科技研发投入对科学研究的促进作用.

然而, 我国海洋领域的研究水平相比其他海洋科技强国仍存在一定差距. 在基础研究层面, 受制于起步较晚的历史背景, 我国缺乏对奠基性理论和重大认知突破的实质贡献(见1.2节). 自20世纪80年代以来, 以全球变化为主旋律的地球系统科学研究迅速发展[33], 我国的海洋与气候研究在该领域取

得了一系列进展，但总体上仍以跟踪和深化既有理论为主，尚未在引领学科前沿和提出原创性理论方面形成稳定优势. 近年来，我国在深海领域发展势头较猛，有望形成领跑优势[34~36]. 此外，我国的海洋观测体系建设、数值模式研发以及灾害监测与预警能力仍受到关键技术瓶颈的制约. 例如，高精度温盐深仪(CTD)、声学多普勒流速剖面仪(ADCP)等核心观测装备在传感器性能、长期稳定性和极端环境适应性方面，与国际成熟产品相比仍存在差距，这在一定程度上制约了长期连续观测和高质量数据积累[37]. 在科研队伍方面，缺乏开展跨学科海洋研究的综合性人才；在国际影响力方面，由中国发起或主导的国际大科学计划和大科学工程仍在起步阶段, 国际话语权仍显不足.

近年来，随着海洋领域的国家实验室入列及全国重点实验室重组，我国新的海洋领域国家战略科技力量已经形成，有望在国家主导的各项战略攻关任务中发挥主力军作用. 同时，近年建成和在建的国家重大科技基础设施(“梦想”号大洋钻探船、“奋斗者”号万米载人深潜器、海底科学观测网、冷泉生态系统研究装置等)[38]，也将有力支撑未来海洋科学的发展.

3 学科重点领域与布局方向

面向未来, 国家自然科学基金委员会海洋学科将以“基础研究-国家需求-全球治理”为逻辑主线，以“占领制高点-守住生命线-掌握话语权”为目标牵引，在海洋系统科学、海洋生态与环境、海洋资源与能源、海洋安全与权益以及全球海洋治理等五个领域进行重点布局, 其中海洋系统科学归属“认识海洋”范畴, 而后四者归属“经略海洋”范畴(图2).

3.1 海洋系统科学

自物理海洋学、海洋化学、生物海洋学、海洋地质学与地球物理学四大传统分支学科分化发展后, 如何变“分而治之”为“统而言之”，整合各领域研究成果，串联起海洋系统演化逻辑链，是开展海洋系统科学研究面临的首要问题[27]. 目前，国内外学界均在该问题上进行探索，但重大理论突破的策源地依然在欧美等发达国家. 近年来，美国国家科学、工程和医学科学院(NASEM)、美国海洋与大气管理局(NOAA)等机构，围绕海洋系统变化与预测、海洋碳观测以及大洋钻探等方向，相继布局了面向未来十年的系列优先发展领域与整合研究计划[39~41]. 相比之下，我国当前海洋科学研究的原始创新能力和系统性思维仍显不足. 受限于对全球不同海域长期、立体化综合观测能力的缺乏，我国对海气界面、流固界面等关键圈层界面上的物质循环与能量交换机理认识，整体上仍滞后于欧美海洋科技强国. 但值得指出的是，随着“十二五”“十三五”和“十四五”前期的持续投入，海洋领域诞生了一系列重大科技基础设施和大科学装置，将有效助推我国未来针对跨圈层多尺度海洋系统协同演化的探索.

该重点领域立足海洋系统的复杂性和多样性，旨在通过系统化的科学方法和研究手段，打破学科壁垒、贯通圈层界面，以更加全面的视角“认识海洋”，全方位解析海洋在地球形成与演变、生命起源与进化、人类文明演化中的重要作用. 其纲领性科学问题为“海洋跨圈层联动的物质能量交换机理及其生命环境效应”. 五个子领域设置为: 海洋系统演化与跨圈层互馈、海洋生命过程演化与地球生命起源、海岸带复杂系统演化、极地系统快速变化与全球联动，以及大科学装置牵引下的海洋跨圈层观测、模拟与预测.

上述子领域主要围绕海洋内部过程及其与大气、陆地、海底岩石圈、冰冻圈和生命圈之间的界面过程与相互作用展开, 将重点开展海洋跨尺度动力-生物地球化学耦合及其气候效应，深海流固界面物质交换与资源环境效应，海底深部地球动力过程与多尺度板块运动，海洋生命起源及其与环境



图 2 重点领域布局与内在逻辑. 总体遵循“认识海洋—经略海洋”的逻辑框架, 体现了从基础研究到应用基础研究、从国家需求到国际视野的递进关系

Figure 2 The integrated blueprint of the five key areas and their intrinsic logic. Overall, it follows a logical framework of “understanding the ocean to managing and utilizing the ocean”, reflecting a progressive transition from basic research to use-inspired basic research, and from national needs to an international perspective

的相互作用机制, 海岸带复杂系统演变与临界过程, 极地对全球气候、生态系统和碳源汇格局的影响, 冰冻圈快速变化的立体观测与建模, 冰下科学与海-冰-固耦合过程, 深海跨圈层过程精细化观探测与原位实验, 跨圈层海洋耦合系统的精细化模拟与预测等方面的研究.

3.2 海洋生态与环境

在人类活动和全球气候变化不断加剧的背景下, 全球海洋生态系统面临着巨大压力. 我国的海洋生态环境问题尤其严峻[42~44]. 预估到2050年全球近海富营养化海域占比将达约21%[45], 而当前我国这一比例已达到23%[46]. 我国有害藻华事件呈现频次高、多样化、危害大、时间长的发生态势, 近30年直接经济损失累计超过60亿元, 近海生态系统服务的年损失额约230亿元[47~49]. 我国的红树林、海草床和珊瑚礁退化面积均为国际水平的1.5~2.5倍[50], 严重威胁到生物多样性和海洋生态系统. 此外, 我国还面临生态监测区域有限、体系不全, 对海洋灾害的演变机理不清、预测模型落后等问题.

该重点领域旨在从支撑生态文明和美丽中国建设的角度“经略海洋”, 针对海洋生态环境演变机理不清、预测能力不足、治理技术落后等问题, 着眼海洋生态环境结构与功能的现状评估、演化趋势和可持续路径, 提高海洋生态环境治理能力, 全面提升海洋生态系统服务功能, 为海洋可持续健康发展提供解决方案. 其纲领性科学问题为“海洋生态系统结构与演化及其与社会经济的耦合关联”. 四个子领域设置为: 海洋碳汇与负排放、海洋生物多样性与生态系统稳定性、海洋环境灾害预防与应对、滨海湿地功能修复与海洋生态安全.

上述子领域主要围绕海洋生态环境的演化机理、灾害应对与生态修复展开, 涵盖客观认知与主观治理, 将重点开展海洋碳汇和增汇及其与气候变化的互馈机制, 离岸碳捕集、利用与封存技术, 海洋生物多样性的分类、演化与格局形成机理, 海洋生态系统评估与稳定性重塑, 海洋灾害发生及演变规律, 海洋环境灾害监测预警与预测技术, 滨海湿地多界面过程及耦合作用, 湿地韧性与海洋生态演变的耦合机制, 海底地下水排放与水环境安全等方面的研究.

3.3 海洋资源与能源

在海洋资源与能源方面, 我国总体沿着欧美路径追赶. 欧美深海资源勘探和开发工程技术成熟[51,52], 海水淡化设备性能占绝对优势[53], 渔业资源管理和新生物产业发展水平高, 遗传资源挖掘部分种类优于我国[54]. 我国海底采矿系统整体联动特性和环境效应尚不明晰; 富集矿产资源勘探能力不足, 埋藏储量不清[52]; 遗传资源开发信息化程度不高, 资源产业附加值较低[54]; 海水淡化国产核心部件和分离膜与进口产品相比差距明显[53]; 海洋新能源发展刚刚起步, 深海能源高端化、智能化、绿色化装备技术能力不足[30].

该重点领域旨在以筑牢海洋资源与能源安全屏障来“经略海洋”, 为国民经济发展持续注入活力. 针对深海勘探开发能力不足和关键核心装备国产化率低等难题, 着力攻克海洋资源勘测、评估、绿色开发机理及底层科学与技术难题, 构建高效绿色低碳的海洋资源与能源开发体系. 其纲领性科学问题为“海洋资源能源的形成理论、勘查和绿色高效开发机理”. 四个子领域设置为: 海底矿产资源开发、海洋生物资源开发、海水综合利用、海洋能源利用.

上述子领域主要围绕海洋的多种异质资源类型设置, 将重点开展成矿金属跨圈层迁移富集机理及绿色开发, 矿产资源开发环境影响监测与评价, 海洋生物群体资源动态变化规律, 优异海洋生物遗传资源挖掘与育种, 海洋药物与生物制品高效开发与利用, 海水淡化新原理与新技术, 海水战略元素提取与综合利用, 海水制氢, 海洋油气和水合物系统成藏理论与高效开发, 新型海洋能高效转化机制等方面的研究.

3.4 海洋安全与权益

我国深远海自主保障能力弱, 亟需立体化、精细化的海洋安全信息保障体系. 西方发达国家海洋环境保障范围遍及全球, 能够实现高精度、全水深、动力和物理协同保障, 对海洋目标的识别调控能力均远超国内水平[55,56]. 在大陆架划界研究方面, 大陆架深部探测和高精度地形地貌测绘方面与美西方等国家存在差距, 但我国通过自主研发海底探测装备和近底测量系统, 差距正在迅速缩小. 在岛礁研究方面, 美澳等西方国家以岸礁区域为重点, 开展了大量珊瑚礁物种多样性的调查与关键物种的保护[57,58], 而我国相关研究侧重于岛礁的长期演化、近自然生态发展及其支撑保障等研究. 在远海珊瑚礁的大规模生态保护方面国际上并无先例, 我国率先在相关领域取得了重大突破, 处于领先水平.

该重点领域旨在以保障海洋国土空间安全来“经略海洋”, 针对我国海洋环境认知不清, 海洋信息获取能力不足等难题, 着力突破海洋环境保障与海洋目标调控、大陆架属性与划界、岛礁演化与生态恢复的卡脖子问题, 建立“可知、可报、可管、可控”的海洋安全与权益保障体系. 其纲领性科学问题为“海洋环境目标精细感知预测与海洋国土空间演化”. 三个子领域设置为: 海洋环境保障与目标辨识、大陆架地质演化与划界、岛礁演化与生态恢复.

上述子领域主要围绕海域环境安全及重要战略支点设置, 将重点开展海洋环境天基感知机理、方法与技术, 多尺度海洋动力场-物理场耦合及信道时空变化, 海洋目标特征的形成、辨识与调控, 大陆架地质演化, 大陆架划界原理及资源环境效应, 岛礁生态系统和地质演化机理, 岛礁根部深海生态系统, 岛礁生态环境修复技术, 促礁成岛生态技术体系等方面的研究.

3.5 全球海洋治理

“海洋命运共同体”理念是我国为应对全球海洋秩序变革所提出的重要解决方案. 海洋科学和技术的发展则是构建“海洋命运共同体”的重要理论支撑, 是我国参与国际海洋事务的关键科技保障. 当前, 我国在海洋领域的国际影响力较欧美仍显不足, 需要牵头发起组织一系列大科学计划, 引领世界海洋科技的发展. 此外, 我国涉海领域的自然科学与社会科学的分野较为明显, 该模式无法适配海洋科学发展至今所呈现出的复杂性、交叉性和系统性的大科学特征, 与我国所面临的复杂全球海洋治理形势不匹配. 在国际海洋焦点议题讨论与规则制定中, 我国以应对式被动参与为主, 尚欠缺主动设置议题、贡献中国智慧的能力和成果.

该重点领域旨在以全球视角来“经略海洋”, 关心海洋自然系统与人类社会系统的交互和协同发展, 针对全球气候变化、海洋防灾减灾、海陆统筹等全人类关注的重大问题, 提供基于科学的海洋解决方案, 寻求更广范围内的人海和谐, 解决全球性海洋危机, 维护国际海洋秩序, 实现全球海洋的可持续开发与利用. 其纲领性科学问题为“引领国际海洋合作与应对全球性风险的科学体系”. 四个子领域设置为: 全球海洋大数据服务体系构建、海陆统筹与健康海洋、全球变化应对、全球海洋科学引领与深度合作.

上述子领域以数智技术与海洋科学深度融合[59,60]、海洋科学与社会系统协同研究[24,61,62]为总体思路, 将重点开展海洋大数据与全球数字化公共产品, 海洋AI大模型与深蓝大脑, 海洋数字孪生, 陆源污染物的海洋迁移与跨国管控治理, 全球海岸带人地矛盾与统筹管控策略, 海洋气候变化的全球监测与预测, 高风险海洋灾害的发生趋势与应对, 人类社会经济系统与海洋的互馈, 重要全球海洋治理进程的科学支持等方面的研究.

4 科学理念与方法变革

海洋作为高度复杂的非线性巨系统, 对其认识需要从传统的单一要素、单一圈层、单一尺度研究向多要素、多圈层、多尺度耦合研究变革[63], 需要以系统性认知建立贯穿时空尺度与打破圈层界限的海洋科学新范式(图3). 同时, 海洋学科需融通自然科学和社会科学, 形成海洋系统与社会经济系统耦合互馈的新理念.

作为建立在观测基础上的科学, 海洋科学发展史中的每一次里程碑式的跨越都离不开海洋观测探测技术的革新和突破. 未来海洋科学的发展, 应以新体制卫星遥感、大洋钻探与深潜、全球观测网等大科学装置和系统为“数据产生”新引擎, 建立“大气圈-水圈-生物圈-岩石圈-软流圈”跨圈层的观测-探测-原位实验-数值模拟体系, 形成“基础研究-前沿技术-工程应用”的系统链条. 同时, 大数据、人工智能促进海洋科学从传统的知识驱动向数据-知识融合驱动的新型研究范式转变. 需以“海洋大数据-人工智能-数字孪生”为“数据再生”新手段, 为海洋系统科学重大理论创新提供方法学变革和数据支撑.

5 现有团队、平台和人才基础

海洋学科的综合交叉性质决定了我国必须培养一批既有全球视野和国际竞争力, 又有多学科交叉背景, 兼备理论、模拟和观测能力的新型人才. 近年来各涉海机构的海洋人才结构及层次不断完善和增强, 支撑了我国海洋战略建设的科

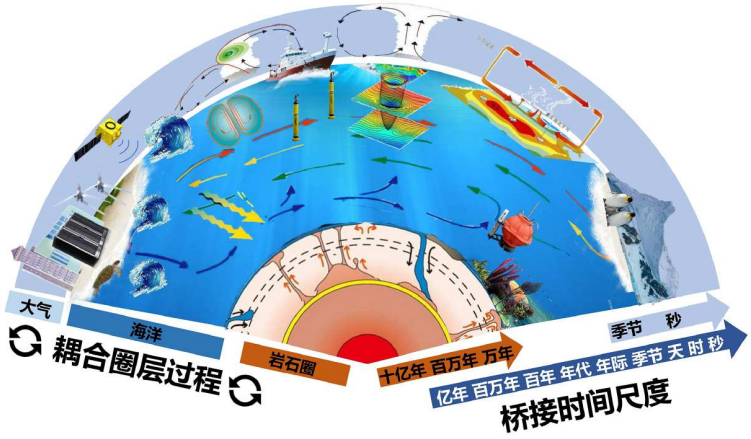


图 3 海洋在地球系统中的重要作用. 海洋与地球系统各圈层在空间上相互毗邻, 其内部发生的多尺度运动在跨圈层的物质能量交换与耦合过程中发挥着关键作用; 同时, 海洋过程的时间谱系在相对缓变的岩石圈与相对快变的大气圈之间形成重要连接, 使其在地球宜居性的多尺度演变中发挥重要调节作用

Figure 3 The vital role of the ocean in the Earth system. The ocean is spatially interconnected with the major spheres of the Earth system, where multiscale processes act as a central mediator of inter-sphere exchanges and coupling of matter and energy. In the temporal domain, the spectral continuum of oceanic multiscale processes links the relatively slowly varying lithosphere with the more rapidly varying atmosphere, thereby exerting a fundamental influence on the multiscale evolution of Earth’s habitability

技力量. 我国的优势在于高层次人才涉及专业面广, 分布于各大高校及科研机构, 基本覆盖了海洋领域的所有重点前沿分支学科. 而主要短板有三方面, 一是跨学科人才仍然缺乏; 二是多数海洋领域人才从事基础研究, 应用型人才占比较少; 三是女性科学家人数偏少.

从重点团队建设来看, 根据获资助的国家自然科学基金项目统计, 目前海洋科学领域已布局有3个重大研究计划、1个卓越研究群体(原基础科学中心)和15个创新研究群体. 近年来, 研究团队年轻化趋势明显, 团队负责人主要集中于45~55岁年龄段, 团队骨干成员50岁以下中青年科研人员占比超过77%, 且比例逐年提升, 50~60岁约占比22%. 同时, 研究团队学科交叉融合更加紧密, 海洋学科内部交叉、与地球科学其他学科交叉趋势上升幅度较大, 与海洋工程技术融合程度提升显著, 逐渐形成一批具有战略思维和国际视野、站在国际海洋科研前沿、引领海洋科技发展方向、在建设“海洋强国”战略任务中发挥关键作用的人才队伍.

在平台建设方面, 我国在海洋领域已形成了由国家实验室、全国重点实验室、省部级重点实验室等组成的梯队化科研平台体系. 其中, 国家实验室重点围绕国家重大海洋战略需求、海洋高质量发展和海洋命运共同体构建中的使命任务, 开展战略性、前瞻性、系统性、颠覆性攻关研究; 数十家全国重点实验室, 领域涵盖海洋地质、海底科学、卫星海洋、河口海岸、海洋生物地球化学、海洋动力-物理环境与智能感知、热带海洋环境与岛礁生态等兼具传统优势与前沿创新的研究方向; 近两百个省部级重点实验室、实验平台、野外观测站、协同创新中心等, 面向特定领域和区域创新发展. 此外, 基金委海洋科学资料共享服务中心、自然资源部信息中心、中国科学院海洋研究所大数据中心等海洋数据共享平台也从多维度支撑和完善了我国海洋科研信息化建设[64,65].

6 未来展望

面向世界科技前沿和国家重大战略需求, 海洋科学需更加突出海洋系统在地球系统演化中的重要作用, 以地球系统科学理念解决海洋重大科学问题, 提供基于海洋的资源开发与全球气候变化应对方案, 以海洋新质生产力赋能高质量发展. 下一步, 基金委海洋学科将根据学科体系梳理成果和地球科学部顶层设计相衔接, 形成海洋科学领域“十五五”优先资助领域, 指导优化学科布局. 同时进一步加强海洋领域的国际合作, 在“海洋十年”“冰冻圈科学行动十年(2025~2034)”“科学促进可持续发展国际十年(2024~2033)”等框架下牵头部署和引领一批国际大科学计划, 提升我国海洋科学的国际影响力、竞争力和话语权.

海洋科学的发展高度依赖稳定、先进的观探测和模拟计算等基础设施. 未来应积极构建更完善的海洋基础设施支撑体系, 加快新型观测平台的研发应用, 推动基金委国家重大科研仪器研制项目布局海洋智能化自主观测装备、深海与极地探测技术, 以及多学科交叉的综合观探测平台; 同时, 着力保障现有观测平台与共享航次计划的稳定运行, 通过优化长期观测网络布局、提升数据共享效能、加强智能运维能力等方式, 持续发挥已有重大科技基础设施的集群效应和平台优势. 在此过程中, 还应积极推动产学研协同创新, 鼓励企业、科研院所联合开展核心技术攻关, 加速实现国产高端海洋装备的自主可控和产业化应用.

围绕海洋强国建设, 还应充分发挥以国家实验室为核心的战略科技力量作用, 践行新型举国体制优势, 推动海洋新质生产力发展. 对“卡脖子”的堵点、难点问题, 应推动交叉性、综合性强的“大兵团”团队开展立体攻关, 协同推动科学、技术与工程的一体化发展. 同时, 应协调推进基地、平台、教育与人才建设, 特别在深海与极地领域, 围绕能源、矿产、生态、空间安全等方向布局若干全国重点实验室, 进一步建设完善深海与极地领域国家实验室体系.

此外, 要鼓励“双一流”大学推动大工科领域向海洋方向拓展, 培养海洋领域的高层次“蓝色人才”和“大国工匠”. 在人才汇聚、资源统筹和开放合作等方面给予政策支持, 积极探索创新机制, 畅通跨部门的人才流动渠道, 提升创新体系的整体效能, 全力打造世界海洋人才中心和创新高地. 始终将海洋科技创新视为经略海洋的核心支撑, 立足海洋科技发展前沿, 通过科技创新推动海洋产业集群的能级提升, 塑造我国海洋经济竞争新优势, 高质量发展新动能, 海洋强国建设新宏图.

致谢 感谢国家自然科学基金(42342064)资助. 衷心感谢戴民汉院士、李家彪院士、张偲院士在项目执行及本文撰写过程中的全程指导. 衷心感谢海洋学科体系梳理与资助布局战略研究组及对本次梳理工作提出宝贵意见的专家学者: 冷疏影、王凡、李超伦、许振强、金显仕、李晓明、董昌明、刘东艳、何舜平、程晓、张鑫、林霄沛、唐波、李三忠、陈戈、荆钊、王菊英、刘传周、沙忠利、经志友、汪嘉宁、宋振亚、宋翔洲、陈天宇、曹玲、成里京、邓义楠、董跃、陈奕彤、王嘉祯、刘琰冉、张树峰、袁宁、马行超等(排名不分先后). 衷心感谢国家自然科学基金委员会分管委领导兰玉杰副主任、地球科学部郭正堂主任、姚玉鹏常务副主任及海洋领域全国重点实验室体系布局专家组全体成员为本文提供的重要支持.

推荐阅读文献

1 Zhu R, Hou Z, Guo Z, et al. Summary of “the past, present and future of the habitable Earth: development strategy of Earth science” (in Chinese). Chin Sci Bull, 2021, 66: 4485–4490 [朱日祥, 侯增谦, 郭正堂, 等. 宜居地球的过去、现在与未来——地球科学发展战略概要. 科学通报, 2021, 66: 4485–4490]

2 Feng S Z, Li F Q, Li S J. Introduction to Marine Science (in Chinese). Beijing: Higher Education Press, 1999 [冯士筰, 李凤岐, 李少菁. 海洋科学导论. 北京: 高等教育出版社, 1999]

3 Leng S, Xu X. Optimizing research funding allocation for marine sciences in the new era (in Chinese). Chin Sci Bull, 2021, 66: 193–200 [冷疏影, 许学伟. 优化科学基金资助布局, 迎接海洋科学发展新机遇. 科学通报, 2021, 66: 193–200]

4 Ni G J, Han L M. Progress and prospect of marine scientific research in the world (in Chinese). Pacific J, 2008, 12: 78–84 [倪国江, 韩立民. 世界海洋科学研究进展与前景展望. 太平洋学报, 2008, 12: 78–84]

5 Sverdrup H U, Johnson M W, Fleming R H. The Oceans: Their Physics, Chemistry, and General Biology. New York: Prentice-Hall, 1942

6 Ocean Studies Board of the National Research Council. 50 Years of Ocean Discovery: National Science Foundation 1950−2000. Washington DC: National Academies Press, 2000

7 Guo Z T, Wu H B. On the solid Earth science and Earth system science (in Chinese). Adv Earth Sci, 2004, 5: 699–705 [郭正堂, 吴海斌. 浅谈固体地球科学与地球系统科学. 地球科学进展, 2004, 5: 699–705]

8 Vine F J, Matthews D H. Magnetic anomalies over oceanic ridges. Nature, 1963, 199: 947–949

9 Chelton D B, Schlax M G. Global observations of oceanic Rossby waves. Science, 1996, 272: 234–238

10 Lin M S, He X Q, Jia Y J, et al. Advances in marine satellite remote sensing technology in China (in Chinese). Acta Oceanol Sin, 2019, 41: 99–112 [林明森, 何贤强, 贾永君, 等. 中国海洋卫星遥感技术进展. 海洋学报, 2019, 41: 99–112]

11 Broeker W. The great ocean conveyor. Oceanography, 1991, 4: 79–89

12 Lonsdale P. Clustering of suspension-feeding macrobenthos near abyssal hydrothermal vents at oceanic spreading centers. Deep Sea Res, 1977, 24: 857–863

13 Genthon G, Barnola J M, Raynaud D, et al. Vostok ice core: climatic response to CO_2 and orbital forcing changes over the last climatic cycle. Nature, 1987, 329: 414–418

14 Chen L Z, Lei B. Marine science and technology development over the past 70 years in China (in Chinese). Acta Oceanol Sin, 2019, 41: 3–22 [陈连增, 雷波. 中国海洋科学技术发展70年. 海洋学报, 2019, 41: 3–22]

15 Wei Z X, Zheng Q A, Yang Y Z, et al. Physical oceanography research in China over past 70 years: overview of development history and academic achievements (in Chinese). Acta Oceanol Sin, 2019, 41: 23–64 [魏泽勋, 郑全安, 杨永增, 等. 中国物理海洋学研究70年: 发展历程、学术成就概览. 海洋学报, 2019, 41: 23–64]

16 Ocean Studies Board of the National Research Council. Scientific Ocean Drilling: Accomplishments and Challenges. Washington DC: National Academies Press, 2011

17 Trenberth K E, Branstator G W, Karoly D, et al. Progress during TOGA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. J Geophys Res, 1998, 103: 14291–14324

18 McPhaden M, Connell K, Foltz G, et al. Tropical ocean observations for weather and climate: a decadal overview of the global tropical moored buoy array. Oceanography, 2023, doi: 10.5670/oceanog.2023.211

19 OceanOPS. Global Ocean Observing System Status Report 2025, 2025

20 Wang P X. Ocean drilling and marine geology in China (in Chinese). Mar Geol Quat Geol, 2019, 39: 7–14 [汪品先. 大洋钻探与中国的海洋地质. 海洋地质与第四纪地质, 2019, 39: 7–14]

21 Ryabinin V, Barbière J, Haugan P, et al. The UN decade of ocean science for sustainable development. Front Mar Sci, 2019, 6: 470

22 Guan S, Yu Y, Qiao F L. United Nations decade of ocean science for sustainable development: content and analysis (in Chinese). Acta Oceanol Sin, 2021, 43: 155–164 [管松, 于莹, 乔方利. “联合国海洋科学促进可持续发展十年”: 内容与评述. 海洋学报, 2021, 43: 155–164]

23 Leng S Y, Qiao F L, Zhang L, et al. Key scientific and technical issues for global ocean governance and international cooperation (in Chinese). Bull Natl Nat Sci Found, 2024, 38: 928–933 [冷疏影, 乔方利, 张亮, 等. 全球海洋治理与国际合作的关键科学问题. 中国科学基金, 2024, 38: 928–933]

24 UN Ocean Decade. Progress of Ocean Decade in China (2021–2025), 2025. https://oceandecade.org/zh/publications/progress-of-ocean-decade-in-china-2021-2025/

25 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. FAO, 2024

26 Bernard E, Titov V. Evolution of tsunami warning systems and products. Phil Trans R Soc A, 2015, 373: 20140371

27 Wu L X, Jing Z, Chen X Y, et al. Marine science in China: current status and future outlooks (in Chinese). Earth Sci Front, 2022, 29: 1–12 [吴立新, 荆钊, 陈显尧, 等. 我国海洋科学发展现状与未来展望. 地学前缘, 2022, 29: 1–12]

28 Project Group of China's Development Strategy Research on Disciplines and Frontier Fields (2021—2035). China's Marine Science Development Strategy Towards 2035 (in Chinese). Beijing: Science Press, 2023 [中国学科及前沿领域发展战略研究(2021—2035)项目组. 中国海洋科学2035发展战略. 北京: 科学出版社, 2023]

29 IOC-UNESCO. Global Ocean Science Report 2022: The Current Status of Ocean Science around the World. Paris: UNESCO Publishing, 2020

30 China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) Energy Economics Institute. China Offshore Energy Report 2025 (in Chinese). Beijing: Petroleum Industry Press, 2025 [中国海油集团能源经济研究院. 中国海洋能源发展报告2025. 北京: 石油工业出版社, 2025]

31 National Development and Reform Commission, Ministry of Natural Resources. China Marine Economy Development Report 2025 (in Chinese), 2025 [国家发展和改革委员会, 自然资源部. 中国海洋经济发展报告2025, 2025]

32 Scientific Metrics Center of the National Science Library, Chinese Academy of Sciences. Analysis of Development Trends in Marine Science SCI Papers (2012–2023) (in Chinese), 2024 [中国科学院文献情报中心科学计量中心. 海洋科学SCI论文发展态势分析 (2012–2023), 2024]

33 Guo Z T. Earth System and Evolution: a future frame of Earth Sciences (in Chinese). Chin Sci Bull, 2019, 64: 882–883 [郭正堂.《地球系统与演变》: 未来地球科学的脉络. 科学通报, 2019, 64: 882–883]

34 Lin J. Research on forward-looking layout of deep-sea scientific and technological innovation (in Chinese). Frontiers, 2025, 23: 66–73 [林间. 深海科技创新前瞻性布局研究. 人民论坛·学术前沿, 2025, 23: 66–73]

35 Xiao X, Zhao W, Song Z, et al. Microbial ecosystems and ecological driving forces in the deepest ocean sediments. Cell, 2025, 188: 1363–1377.e9

36 Peng X, Du M, Gebruk A, et al. Flourishing chemosynthetic life at the greatest depths of hadal trenches. Nature, 2025, 645: 679–685

37 Wang J, Sun J, Liu Y, et al. Research progress and prospect of marine monitoring instruments and equipment in China (in Chinese). Chin J Eng Sci, 2023, 25: 42–52 [王军成, 孙继昌, 刘岩, 等. 我国海洋监测仪器装备发展分析及展望. 中国工程科学, 2023, 25: 42–52]

38 Wei Y H, Zhang T, Wang J P, et al. Situation of global construction of marine large-scale scientific facilities and enlightenment (in Chinese). Sci Technol Rev, 2025, 43: 64–78 [魏艳红, 张涛, 王金平, 等. 全球海洋大科学装置建设现状与启示. 科技导报, 2025, 43: 64–78]

39 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Forecasting the Ocean: The 2025–2035 Decade of Ocean Science. Washington DC: National Academies Press, 2025

40 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Progress and Priorities in Ocean Drilling: In Search of Earth's Past and Future. Washington DC: National Academies Press, 2024

41 Kelly K, Larkin A, Munro D, et al. NOAA Oceanic and Atmospheric Research Ocean Carbon Observing Science Plan FY25 to FY35. NOAA Special Report. Washington DC: NOAA, 2025

42 Dai M, Zhao Y, Chai F, et al. Persistent eutrophication and hypoxia in the coastal ocean. Camb Prisms Coast Futures, 2023, 1: e19

43 Sun X X, Leng S Y, Zhang L, et al. Marine ecosystem health assessment: opportunities, difficulties, and challenges (in Chinese). Oceanol Limnol Sin, 2025, 56: 126–132 [孙晓霞, 冷疏影, 张亮, 等. 海洋生态系统健康评估: 机遇、困难与挑战. 海洋与湖沼, 2025, 56: 126–132]

44 Ministry of Natural Resources. 2024 Bulletin of China's Marine Ecological Early Warning and Monitoring (in Chinese), 2025 [自然资源部. 2024年中国海洋生态预警监测公报, 2025]

45 Intergovernmental Oceanographic Commission. Transboundary Waters Assessment Programme (TWAP). Large Marine Ecosystems: status and Trends; Summary for Policy Makers. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP), 2016

46 Wang Y, Liu D, Xiao W, et al. Coastal eutrophication in China: trend, sources, and ecological effects. Harmful Algae, 2021, 107: 102058

47 Guo H, Ding D W, Lin F A. Characteristics and patterns of red tide in China coastal waters during the last 20 a (in Chinese). Adv Mar Sci, 2015, 33: 547–558 [郭皓, 丁德文, 林凤翱, 等. 近20 a我国近海赤潮特点与发生规律. 海洋科学进展, 2015, 33: 547–558]

48 Yu C R, Liu D Y, Harmful algal blooms in the coastal waters of China: current situation, long-term changes and prevention strategies (in Chinese). Bull Chin Acad Sci, 2016, 31: 1167–1174 [于仁成, 刘东艳. 我国近海藻华灾害现状、演变趋势与应对策略. 中国科学院院刊, 2016, 31: 1167–1174]

49 Yan T, Li X D, Tan Z J, et al. Toxic effects, mechanisms, and ecological impacts of harmful algal blooms in China. Harmful Algae, 2022, 111: 102148

50 Wang L R, Yu H B, Li C T, et al. Progress in marine ecosystem restoration (in Chinese). J Appl Oceanogr, 2018, 37: 435–446 [王丽荣, 于红兵, 李翠田, 等. 海洋生态系统修复研究进展. 应用海洋学学报, 2018, 37: 435–446]

51 Li J B, Wang Y J, Liu L, et al. Current status and prospect of deep-sea mining technology (in Chinese). Sci Technol Foresight, 2022, 1: 92–102 [李家彪, 王叶剑, 刘磊, 等. 深海矿产资源开发技术发展现状与展望. 前瞻科技, 2022, 1: 92–102]

52 Cai P, Feng N. Accelerate the capacity building for deep-sea mining to expand new strategic maritime space (in Chinese). Scitech China, 2025, 11: 44–50 [蔡鹏, 冯妮. 加快深海采矿能力建设拓展海洋战略新空间. 科技中国, 2025, 11: 44–50]

53 Wang R H, Shi Z, Wang C P, et al. The current situation and development of seawater desalination in China (in Chinese). Technol Water Treat, 2025, 51: 63–69 [王锐浩, 师卓, 汪程鹏, 等. 中国海水淡化现状与发展. 水处理技术, 2025, 51: 63–69]

54 Wang N, Shao C W, Liu Z H, et al. Strategic study on the safety of aquatic germplasm resource utilization in China (in Chinese). Prog Fish Sci, 2025, 46: 11–20 [王娜, 邵长伟, 刘志鸿, 等. 我国水产种质资源利用安全战略研究. 渔业科学进展, 2025, 46: 11–20]
55 Zhang S W, Han D M, Dou S R, et al. Research on the development of meteorology and oceanography support of the US Navy (in Chinese). Ship Sci Technol, 2024, 46: 184–189 [张思维, 韩冬梅, 窦松然, 等. 美国海军海洋环境信息化保障系统发展研究. 舰船科学技术, 2024, 46: 184–189]
56 Liu D H. Characteristics and reflections on marine environmental support in the new era (in Chinese). Scitech China, 2020, 6: 18–21 [刘东华. 新时代海洋环境保障特点与思考. 科技中国, 2020, 6: 18–21]
57 Hughes T P, Anderson K D, Connolly S R, et al. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. Science, 2018, 359: 80–83
58 Great Barrier Reef Marine Park Authority. Great Barrier Reef Outlook Report 2024, 2024
59 Qian C, Huang B, Yang X, et al. Data science for oceanography: from small data to big data. Big Earth Data, 2022, 6: 236–250
60 Chen G, Yang J, Huang B, et al. Toward digital twin of the ocean: from digitalization to cloning. Intell Mar Technol Syst, 2023, 1: 3
61 Campbell L M, Gray N J, Fairbanks L, et al. Global oceans governance: new and emerging issues. Annu Rev Environ Resour, 2016, 41: 517–543
62 Brodie Rudolph T, Ruckelshaus M, Swilling M, et al. A transition to sustainable ocean governance. Nat Commun, 2020, 11: 3600
63 Leng S, Zhu S, Li W, et al. Towards a comprehensive development of the Marine Science: a reflection from the spatial perspective (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 3167–3183 [冷疏影, 朱晟君, 李薇, 等. 从“空间”视角看海洋科学综合发展新趋势. 科学通报, 2018, 63: 3167–3183]
64 Leng S Y, Su T Y, Zhang L. Practice and reflections on open sharing of marine scientific data (in Chinese). Chin Sci Bull, 2023, 68: 2239–2249 [冷疏影, 苏天赟, 张亮. 海洋科学数据开放共享实践与思考. 科学通报, 2023, 68: 2239–2249]
65 Ren H P, Li Y F, Zhang B, et al. Construction of Marine Scientific Data Collection and Sharing Platform (in Chinese). Front Data Comput, 2024, 6: 92–98 [任焕萍, 李一凡, 张斌, 等. 海洋科学数据汇聚共享服务平台建设. 数据与计算发展前沿, 2024, 6: 92–98]

Summary for “海洋科学学科体系梳理与资助布局研究”

Research on the layout of ocean science disciplines and funding system

Lixin Wu[1], Liang Zhang[2*], Zhaohui Chen[1], Zhiteng Yu[3], Zhimian Cao[4] & Xin Liu[5]

[1] *Physical Oceanography Laboratory, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China*
[2] *Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China*
[3] *State Key Laboratory of Submarine Geoscience, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China*
[4] *College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
[5] *Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China*
* Corresponding author, E-mail: zhangliang@nsfc.gov.cn

The ocean is the cradle of life, a treasure trove of resources, and a critical hub for the development of new productive forces. It is also a source of major scientific discoveries. Ocean science, as a major branch of Earth science, encompasses the study of physical variability, chemical processes, biological activity, and geological processes occurring within the ocean interior, the seafloor lithosphere, and at interfaces with other Earth system components. It is inherently a highly integrated and interdisciplinary field and is closely tied to the rise of great powers and plays a pivotal role in addressing and managing global crises. Building upon strategic studies and a series of workshops conducted by the Department of Earth Sciences of the National Natural Science Foundation of China (NSFC) on disciplinary systematization, this paper systematically reviews the development trajectory of ocean and polar sciences, identifies priority research domains, and assesses key scientific questions and future development trends. The aim is to provide scientific support for forward-looking funding strategies and decision-making in ocean science, and to further enhance China’s capacity for marine scientific innovation, as well as its influence, competitiveness, and leadership in the global marine science community.

Currently, the ocean science exhibits trends of “systematization”, “guidance-driven development” and “globalization”. To meet the demands of expanding the frontiers of knowledge, safeguarding maritime territorial security, building ecological civilization, ensuring economic vitality, and fostering a maritime community with a shared future, the future development of marine science should prioritize accelerating the construction of a disciplinary system for ocean systems science. This also includes building a robust barrier to safeguard maritime security and interests, promoting the sustainable development of marine ecosystems and environments, preserving the lifelines of marine resources and energy, and embodying the historical mission and responsibilities of a major power to achieve a new framework for global ocean governance. Accordingly, future disciplinary planning of ocean sciences within the NSFC will prioritize five key domains: ocean system science, marine security and maritime rights and interests, marine ecology and environment, marine resources and energy, and global ocean governance.

At present, the overarching scientific questions confronting ocean science can be summarized as “the mechanisms governing ocean evolution, the cycling of matter and energy, and their feedbacks with the Earth system”. In essence, the ocean spatially connects the major spheres of the Earth system, where processes across multiple scales act as critical intermediaries in material and energy exchanges as well as in cross-sphere coupling. Temporally, the ocean with its variabilities exhibits a continuous spectrum that links the slowly evolving lithosphere with the rapidly varying atmosphere, thereby exerting a fundamental influence on the multi-scale evolution of Earth’s habitability.

Furthermore, this paper advocates a paradigm revolution in both scientific philosophy and methodology. Conceptually, understanding the ocean requires establishing a new paradigm of collaborative evolution that spans temporal and spatial scales and transcends sphere boundaries. This involves developing new concepts of coupling and feedbacks between ocean systems and socio-economic systems. Leveraging large-scale scientific facilities as tools for “data generation” and integrating marine big data, artificial intelligence, and digital twins as means of “data regeneration” will provide methodological innovations and informational support for groundbreaking theoretical advancements.

Efforts should also focus on organizing and leading international mega-science initiatives under China’s leadership to significantly enhance the nation’s international influence in marine scientific research. This will bolster our capability to safeguard national security and meet socio-economic development needs, providing vital scientific and technological support for building a maritime power and contributing to the construction of a community with a shared future for humanity.

ocean science, overview of discipline, history of ocean science, integrated ocean system science, strategy research

doi: 10.1360/CSB-2025-5855