

美国海洋科学技术未来十年发展重点及对我国的启示

李晓敏

(自然资源部第一海洋研究所, 青岛 266061)

摘要: 作为世界第一海洋强国, 第二次世界大战以来美国在海洋科学研究和技术开发方面一直保持着全球领先的优势地位, 其制定的海洋科技发展战略规划对我国相关工作具有重要的启示和借鉴意义。2018 年 11 月, 美国国家科学技术委员会发布了《美国海洋科学与技术: 十年愿景》, 确定了未来十年推进美国海洋科学技术和国家发展的五大目标: 理解地球系统中的海洋、促进经济繁荣、保障海上安全、守护人类健康和发展具有适应能力的沿海社区, 作为未来十年美国发展海洋科学技术的行动纲领。本文通过分析上述目标以及实现这些目标的 101 项科学研究优先事项, 总结了美国海洋科学技术未来十年发展的特点, 并在此基础上对我国未来一段时间内的海洋科学技术发展提出了有关建议。

关键词: 美国; 海洋科学技术; 未来十年海洋科技研究重点; 海洋科技发展战略

中图分类号: P74 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2020.09.001

进入 21 世纪, 海洋愈加成为国际社会关注的焦点, 在全球竞争中的战略地位日趋突出, 世界海洋大国和国际组织纷纷从战略层面进行海洋科技战略谋划布局。美国历来非常重视海洋科技发展战略规划, 实行全面的海洋科技强国战略^[1]。从 20 世纪 50 年代起, 先后出台了一系列海洋科学技术战略规划, 如《全球海洋科学规划》《90 年代海洋学: 确定科技界与联邦政府新型伙伴关系》《1995—2005 年海洋战略发展规划》《21 世纪海洋蓝图》及其实施措施《美国海洋行动计划》等, 这些战略规划为美国海洋科技迅猛发展提供了强有力的政策支撑, 使美国在海洋科学基础研究和技术开发方面都形成了显著的领先优势, 为美国海洋事业的发展与强盛提供了根本的支撑^[2]。

美国可以不受限制地进入大西洋、太平洋、墨西哥湾和加勒比海等地区, 这种便利性增强了美国的国家竞争优势, 推进了海上贸易, 推动了海洋经济向前发展, 继而在国际上展现出实力并维护国家

利益。实现负责任的海洋管理需要海洋科学技术的突破性进展来支撑, 而这有赖于美国的一系列海洋科学技术发展战略, 它们是美国在海洋领域中保持高速发展以及政策连续性的基石。在海洋科学方面, 2007 年发布了《绘制美国未来十年海洋科学路线图: 海洋研究优先计划及实施战略(2007)》^[3], 2013 年发布了《一个海洋国家的科学: 海洋研究优先计划(修订版)》^[4], 2015 年发布了《海洋变化: 2015—2025 海洋科学 10 年计划》^[5], 都是从海洋科学问题的角度进行规划和部署, 侧重于海洋基础研究; 在海洋技术方面, 2011 年发布的《2030 年海洋研究与社会需求的关键基础设施》^[6]报告是一个海洋研究基础设施建设计划, 展示了美国重视海洋技术发展的一面。2018 年 11 月发布的《美国海洋科学与技术: 十年愿景》^[7]报告(以下简称《十年愿景》), 则将海洋科学研究和海洋技术研发并重, 确定了 2018—2028 年间海洋科学技术的迫切研究需求与发展机遇, 提出美国海洋科学技术未

作者简介: 李晓敏(1982—), 女, 工程师, 主要研究方向为海洋科技政策与管理、海岸带高光谱遥感。

收稿日期: 2020-08-21

来十年发展的目标和重点方向。

美国的海洋科技研究方向在很大程度上反映了全球海洋科技发展的战略方向。因此，系统分析美国海洋科技未来十年发展的目标和重点研究方向，总结其发展特点，对我国未来一段时间内海洋科技发展，如正在进行的海洋领域面向 2035 年的中长期科技规划研究等工作具有重要的实践参考价值。本文通过分析美国海洋科学技术未来十年的发展目标以及实现这些目标的科学研究优先事项，总结美国海洋科技未来十年发展的特点，并在此基础上提出对我国的启示和建议。

1 美国海洋科技未来十年发展的目标和重点方向

《十年愿景》由美国国家科学技术委员会（NSTC）海洋科学技术小组委员会（SOST）编写，充分考虑了美国海洋科研人员、资源管理者、政策制定者、教育工作者以及各种族、国家/地区/地方政府和其他利益相关者的需求，是继《绘制美国未来十年海洋科学路线图：海洋研究优先计划及实施战略（2007）》之后的第二个美国海洋科学十年计划，从继续保持和巩固美国在海洋科

技领域的全球影响力和领导地位这一战略高度出发，确定了未来十年（2018—2028）推进美国海洋科技发展的 5 个目标：理解地球系统中的海洋、促进经济繁荣、保障海上安全、守护人类健康、发展具有适应能力的沿海社区。在 5 个发展目标下提出了 19 个科技目标和 101 项科学研究优先事项（见表 1），作为未来十年推进美国海洋科技事业发展的重点研究方向。它们之中，有一些将产生短期效益，以满足社区、行业、海洋利益相关者和公众的迫切需要；另一些则建立起支撑中长期关键成果的基石。

《十年愿景》还提出了近期的重点工作任务，包括：（1）将大数据方法充分整合到地球系统科学中；（2）提高监测和预测建模能力；（3）改进决策支持工具中的数据集成；（4）支持海洋探测与表征；（5）支持正在进行的研究和技术合作。

2 美国海洋科技十年愿景的特点

《十年愿景》是建立在 2007 年发布的第一个海洋科学十年计划《绘制美国未来十年海洋科学路线图：海洋研究优先计划及实施战略（2007）》基础之上的，具有鲜明的特点。

表 1 《十年愿景》确定的目标和重点研究方向

发展目标	科技目标	重点研究方向
(一) 理解地球系统中的海洋	1. 使研发基础设施现代化	1. 维持已有的关键海洋监测，持续收集时间序列数据，并开展新的海洋观测和发现，为研究、预报和资源管理决策提供持续的信息流 2. 聚焦缺乏基本认知的海洋过程，优先发展新的观测方法，如现代化的研究船队、滑翔机和相关传感器，特别是在被认为对人类健康、安全和海洋生物具有重要意义的区域 3. 确定和扩展针对极端事件的独特过程和位置的观测，加强对深海、近海边界、南半球和关键大陆边缘等全球海洋欠采样区域的观测 4. 支持海-陆、海-气、海-冰、海水-海底等界面处受限环境中的技术开发并提高精度 5. 利用当地水文、地球物理和大气要素数据以及海底地形图，作为观测和建模的边界条件，支撑早期海啸和地震预警系统的发展 6. 扩展 Argo 计划，包括全海深 Argo（Deep Argo）、加湍流传感器的 Argo（ArgoMix）和加生物地球化学传感器的 Argo（BGC Argo）
	2. 利用大数据	7. 发展海洋大数据分析和云计算平台，以识别和预测海洋循环、热和淡水输送、海洋生物地球化学循环、海洋生态系统及其服务以及海平面上升的变化 8. 增加和维持海洋社区获取可用大数据的能力，并加强海洋观测、研究和预报人员之间的互动 9. 加强高性能计算，有效处理和使用大数据分析和组学技术，增强对地球系统中海洋的理解 10. 有效利用和整合最新的技术进展如环境 DNA（eDNA）和其他组学方法进行海洋评估 11. 推进合作平台建设，以整合组学、生物多样性、经济和环境数据库 12. 促进非保密、可发布的数据被地方、区域决策者和公众方便地访问和使用

续表

发展目标	科技目标	重点研究方向
(一) 理解地球系统中的海洋	3. 开发地球系统模型	13. 提升地球系统模型性能, 包括海洋-海冰-陆地-大气系统中组分间的动态耦合 14. 加强与包括学术界在内的各研究团队的合作, 提高模型的成功率并提供持续的改进和支持 15. 改进生物和生态模型, 促进生物信息分析的发展, 更好地预测压力源对沿海和海洋生态系统的影响 16. 研究定量降水预报和数据同化, 实现更准确的海-陆-天气耦合模拟 17. 增加对海气界面的研究, 更好地了解海洋表面特征(包括传输表面动量的混合过程)和海洋内部之间的关系 18. 在确保数据质量和数据可比性的同时, 将新的监测技术集成到已有的和新的海洋观测系统中, 如美国的综合海洋观测系统(IOOS)、联合国的全球海洋观测系统(GOOS)
	4. 促进研究成果的业务应用	19. 将环境观测预测系统与多用途业务系统整合, 促进大范围海上作业的经济高效、环保和顺利完成 20. 提升全球业务化建模能力, 降低作业人员、设施和设备受灾害性物理环境条件的影响 21. 制定研究计划, 目的是提供更准确、更有效、更长期的全球海洋、大气和海冰预报系统, 为加强飞行安全、航行安全和任务规划提供决策支持 22. 针对共同目标加强机构间合作, 例如在台风季节之前部署无人水下滑翔机, 它可提供更为准确的风暴强度信息, 进而改进台风预报技术, 提高台风预报能力 23. 维持预测预报能力, 例如在北冰洋维持一个漂流浮标网, 收集连续3~5年的天气和海洋观测信息, 为作业人员和科研团队提供现场数据 24. 鼓励公私伙伴合作, 特别是利用知识和资源, 确保海洋研究的成功应用, 避免重复工作, 并加强海洋研究人员和用户之间的交流沟通
	5. 增加国内海洋食品生产	25. 开发与部署用以检测、识别、量化目标和受保护物种的传感器 26. 采用实时数据技术和现代数据管理手段来降低渔业管理的不确定性 27. 利用和发展科学工具和信息, 为水产养殖许可提供清晰明确的路线图, 帮助水产养殖企业申请水产养殖场所, 并获得政府的开发授权 28. 开发和测试保护野生动物遗传多样性的基因方法, 同时允许对养殖贝类等资源进行基因改良, 并利用孵化场为一系列具有商业价值的资源(如软体动物)制定这样的基因选择计划 29. 推进海洋中生物量研究, 以更好地从养殖海藻等资源中生产食品、纤维、生物燃料和其他产品, 并实现技术向产业的转化
	6. 勘探潜在能源	30. 继续绘制美国专属经济区和全球海底地图, 对海洋资源和生境等进行调查和研究, 以提供资源时空覆盖信息, 并对资源的类型、条件和估值情况进行评价 31. 为海洋观测平台开发高效经济的海上发电技术(波浪、甲烷、太阳能、风等) 32. 研究污染物排放(例如溢油、天然渗漏、污染物超负荷)和底栖扰动, 进一步认识它们对沿海社区和运输路线的影响, 并改进处理技术以降低其负面影响 33. 研发新技术来测量沿海和开阔海洋环境中的水下噪声水平和声学条件, 以量化海洋噪声水平的长期趋势, 监测声环境变化及其对水下技术的干扰, 评价人为噪声增加的影响
(二) 促进经济繁荣	7. 评估海洋关键矿产	34. 通过沉积物表征和地球化学信号确定重要深海矿物的位置和性质, 并量化其规模, 以更好地了解资源利用的复杂性和可扩展性 35. 开展基础研究和应用研究, 给出深海采矿对脆弱海洋生态系统的影响, 包括光、热、岩石碎片、水下沉积物羽流、噪声和生物多样性丧失的影响。此类研究应包括深海生物多样性的记录, 并提高深海勘探对环境影响的规模和程度的预报精度 36. 运用调查和差距分析方法对环境敏感区域和重要区域的物理状态进行研究, 以评估当前监测工作和平台的有效性 37. 继续参与和组织全球性活动, 例如SeaBed 2030倡议和国际海底管理局活动, 以进一步认识和保护海洋环境

续表

发展目标	科技目标	重点研究方向
(二) 促进经济 繁荣	8. 平衡经济和生态效益	38. 制定生物和生态系统指标,在认识累积效应、评估所有营养级的海洋资源和生态系统服务对人类影响的整体脆弱性中,确定它们所发挥的作用,特别是考虑基准的变化
		39. 确定评价标准和性能标准,管理者可用其来评估管理策略的有效性
		40. 继续定量监测沿海和开放海域中海洋生物地球化学指标的变化趋势,以表征海洋酸化的变化,评估海平面上升对海洋资源的影响,量化累积效应
		41. 探索“干预”科学和技术,识别和利用物种在变化环境条件中面临退化或死亡威胁时的天生抗性和适应能力
	9. 提升蓝色劳动力	42. 探索可用于海上和港口的低影响、可替代的燃料源,使管理与能效、成本效益和海洋安全保持平衡
		43. 发展和加强可提供无人海事系统认证的专业部门和教育机构间的项目计划。这些项目可使学生能够参加短期培训(如3个月),通过培训他们可以学习航海科学、三维定位、海洋政策、自动控制系统以及无人海事系统各个方面的接口
		44. 共享资源以支持调查和无人系统操作,允许操作员从多机构海洋船队中确定最佳实践,并运用从共同合作中吸取的经验教训
		45. 改善和支持联邦政府、州政府、私营部门与科研院校之间的合作,以成功招聘科研人员和海洋政策专家成为海洋科学工作者,包括联邦政府部分
		46. 支持沿海社区,向他们提供保护沿海资源、保护传统生计和利用未来机会(如海上可再生能源等)所需的最新技能
(三) 保障海上 安全	10. 提高海上情景感知能力	47. 开发和扩展课程,通过正式和非正式的后教育,使学龄前教育者有能力准确地表述海洋科学,并激发学生的兴趣,作为培养未来劳动力的一种手段
		48. 支持海洋观测体系建设,确保为美国各终端用户提供多种多样的感知能力
		49. 维持海洋传感器和自主监测技术,以增强水下和海面全天候数据收集能力,支持地球系统(陆地和海洋)高空间分辨率和近实时预报
		50. 寻求新的方法和/或观测技术,采用分布式生物跟踪传感器网络收集海上环境变量数据
		51. 研发具有低环境影响的廉价遥感器,实现电磁波谱观测;利用集成电子和软材料(导电聚合物)的新兴技术,研发全海深传感器
		52. 建立国家层面的滑翔机协同作业规范和标准,以在沿海地区、强洋流区域和其他漂流浮标不能观测的区域进行现场采样
		53. 发展先进的计算能力,以分析船舶、操作人员、货物和基础设施数据,识别海上异常行为,如非法捕鱼、非法移民、海上走私、跨国海上犯罪活动等,以更好地采取安全应对措施
	11. 了解不断变化的北极	54. 支持泛北极/全球知识活动的整合,包括用于在多时间尺度上改进北极预测的海-冰-气耦合模型
		55. 改进模型,加强对北极天气的预报和预测
		56. 促进研究人员、社区和当地居民的合作网络建设,传播海冰和北极天气系统知识和预测信息
		57. 针对适合北极环境的新型响应技术和方法,支持国内和国际研发活动
	12. 维护和加强海上运输	58. 研究消油剂的使用以及石化产品和其他有害物质的影响,提供更好的溢油应对选择方案,北极土著群落、海洋生物和迁徙海洋哺乳动物的保护方案
		59. 试验通过自动识别系统(AIS)技术传递增强型海洋安全信息,使其在综合船桥系统上显示,以实现海洋安全信息传递现代化
		60. 支持海洋/海事信息共享和网络安全,以在偏远地区部署海上监视和通信
		61. 支持和验证现场检测设备,以检测入境港口的核、化学、疾病、生物和其他威胁
		62. 开发和验证系统,以识别和跟踪未发送所需识别信号(如AIS)的船舶
		63. 检查国家安全与可持续国家和国际贸易间的脆弱性和依赖性(例如稳定的货币价值、安全的船舶运输、可靠的交通和增强的基础设施)
		64. 通过多样化的监测系统改善港口安全(例如使用自主平台,监测海底电缆,改进国家港口和其他通航水道入口处的探测技术,以进行反恐评估和加强海上安全)
		65. 开发船舶检测/规避和低噪声技术,以减少船舶与海洋生物(如鲸鱼)之间的相互作用

续表

发展目标	科技目标	重点研究方向
(四) 守护人类 健康	13. 预防和减少塑料污染	66. 建立可靠且可重复的海洋垃圾监测方法, 包括对海洋和淡水系统不同环境空间(如海岸线、海洋表面、水体、海底和生物)中塑料的收集、提取、表征和量化 67. 加强对因海洋过程以及聚合物类型间降解、破碎、生物污染和生物聚集的可变过程而导致的的不同环境空间中海洋垃圾运输和消亡过程的认识 68. 支持研发下一代生物可降解塑料, 减少海洋垃圾对海洋生物和沿海社区的影响 69. 评估微塑料给海产食品和人类带来的风险, 提高对潜在暴露途径、毒理学机制和公共卫生问题的认识 70. 与企业合作, 评估当前(如有必要, 开发新的)创新、经济高效的塑料垃圾收集、回收/再利用和处理技术
	14. 提高海洋污染物和病原体的预测预报能力	71. 改进与人类健康直接相关的化学成分的来源、运输、消亡和降解的预测数值模型 72. 了解人和动物接触水媒病原体、有毒化学品和藻毒素的传播途径, 包括通过饮用水、食物、娱乐用水和气溶胶导致的口腔传播、皮肤接触传播和风媒传播 73. 增强对以下内容的认知: 海洋与大气间化学污染物和营养物质的交换, 海洋变化的影响, 人类健康相关的化学成分对人类健康的影响与否、影响频率和严重程度等 74. 支持生物累积计算建模能力研究, 尤其是对威胁水质和食品安全的污染物(如全氟烷基和聚氟烷基物质)的药物代谢动力学模拟
	15. 防治有害藻华	75. 制定精确评估和减少病原体、富营养化化学品、有毒化学品和藻类毒素的指南、测试方法和快速反应策略 76. 提高组学和生物信息学等新技术在管理计划中的转化能力, 促进人类健康, 保护人类免受有害藻华和其他海洋相关问题的影响 77. 生成数据进行计算模型和数学模型的评估与改进, 开展针对有害藻华和其他已知或正在出现的影响人类健康的威胁的风险评估 78. 记录与有害藻华和其他水质风险有关的人和动物的接触、传染、疾病及死亡 79. 重视公众对监测数据的访问, 创建用户友好型的数据格式, 确保与健康风险相关的参数元数据很容易获得 80. 制定社会经济措施, 估算接触有害藻华和其他海洋相关的人类健康灾害的社会成本, 并与州、地方和部落族群共享这些信息
(五) 发展具有 适应能力 的沿海 社区	16. 发现天然产物	81. 继续负责任地勘探和开发海洋生境和相关物种, 包括细菌、古菌、真菌、微生物和病毒, 从中发现能够改善人类健康和环境的天然产物和过程 82. 致力于研究适用于极端和恶劣海洋环境(如深海)的传感器和采集设备, 以促进扩大可持续的海洋勘探和开发 83. 支持基础设施(如分析方法、计算机数据挖掘技术、生物信息学、超算能力), 来筛选、鉴定和可持续利用有价值的天然产物 84. 掌握增加大型藻类培养的机会, 用作有益藻类生物产品(如食品和生物燃料)的原材料 85. 加快与私营企业和学术界的合作, 支持生物合成装配线和孵化床(即示范项目)以更快地将产品推向市场, 并改进海水养殖技术, 确保为研发提供天然产物
	17. 为自然灾害和天气事件做好准备	86. 进行需求评估, 确定已提供的预测工具和信息的状态, 找出存在的差距, 提升数据和信息提供、集成、展示和传播的能力 87. 支持和传播用于理解和翻译科学的工具, 以在海洋和沿海社区、水上娱乐用户以及那些遭受旱涝灾害的用户中推进基于韧性的方法 88. 确定需求、协调领域和技术转让方法, 开发和实施一套综合海洋天气产品, 以提供早期预警, 并能更好地应对海上灾害性天气条件, 加强水质工作, 在沿海居民未意识到极端天气事件和风暴潮的情况下降低风险 89. 制定和实施有关重大事件的沟通与推广策略、培训工具和媒体关系平台, 传播技术、快速恢复能力和与商业有关的成功故事, 以展示产品和服务, 提高认识, 进行培训教育并实施适应策略

续表

发展目标	科技目标	重点研究方向
(五) 发展具有适应能力的沿海社区	18. 降低风险和脆弱性	90. 审查社区主导的韧性规划，该规划利用行业和利益相关者的经验、关切和需求，并将他们的观点与传统科学支持的公共部门规划工作结合起来
		91. 识别和记录基准条件（如生物物理、经济、生态、社会和文化条件）和生物物理指标，用于评估环境和自然灾害、灾难性事件、累积效应以及社区脆弱性和韧性
		92. 研究沿岸环境灾害（包括气候变化和海平面上升）怎样从不同角度影响美国社区（如经济、生态、社会和文化），给某些特定人群带来有关金融和社会脆弱性的问题
		93. 理解、描述并尽可能量化社会脆弱性以及影响那些依靠并从事沿海和海洋资源活动的社区韧性的因素
		94. 评估未来条件和环境变化如何与灾害和灾难性事件相互作用，怎样影响社区脆弱性、韧性和连续性
		95. 描述和评估关键驱动因素对社区和经济韧性的影响（如规划和建设法律、法规、条例、规程和措施的存在/不存在、应用情况、一致性、合规性和有效性；激励机制的壁垒和有效性，以及现有的人口社会经济条件）
	19. 授予地方和区域决策权	96. 研究海洋酸化和其他海洋变化的风险，因为它们与高危人群、粮食安全以及人道主义危机的影响有关
		97. 调查针对社区各个部分设定的特定项目或概念（如按照年龄、性别、职业、收入和教育等人口特征）的激励措施和成功采用情况；确定并告知行动有关的特定激励和约束措施的决策者，以进一步提高社区恢复和适应能力
		98. 评估社区对环境变化现有和潜在的适应对策，以掌握哪些因素能最有效地减轻影响，哪些因素在采纳那些适应对策中最为重要
		99. 发展能力以将研究成果和文化相关产品交付给所有处于危险中的社区（如翻译科学术语、评估和沟通风险）
		100. 确定提升社区能力的方法和激励措施，有效地评估和提高社区的韧性，以适应其自身的具体需要和目标
		101. 开发观测和监测系统、工具和交付机制来评估情景，并在考虑情景概率的情况下，在社会、生态、文化、经济健康和福利方面做出更好的决策

2.1 强调海洋科学技术在国家发展中的重要作用

美国可以不受限制地进入大西洋和太平洋、墨西哥湾以及北极等地区，这种区位优势促进了美国的经济繁荣，但同时也使其易受海洋极端事件影响，海上安全和人类健康受到威胁。美国政府深知海洋科学技术在促进经济发展、保障国家安全和守护人类健康中的重要作用，因此《十年愿景》特别强调海洋科学技术在国家发展中的重要作用，旨在通过促进创新和投资海洋基础研究与技术看发，利用海洋科学技术突破性进展来实现负责任的海洋管理，进而促进经济繁荣、保障海上安全、守护人类健康并建设具有适应能力的沿海社区，使美国在日益复杂的全球海洋环境中保持竞争优势。

2.2 强调从地球系统整体的角度研究海洋

海洋是地球上的主要物理特征，通过吸收、保留和运输热量、水和碳来驱动全球气候，同时通过水以及溶解物和颗粒物等物质从陆到海的流动与陆

地系统相连接。海洋面临着多种多样复杂而紧迫的问题，且很多海洋过程与现象的发生相互间密切相关，《十年愿景》强调海洋不能再被孤立地研究，而必须被视为动态地球系统的一部分，综合考虑海洋、陆地、冰和大气之间的联系以及人类的作用，从地球系统整体的角度，通过多学科交叉融合来研究海洋过程与现象，解决海洋问题，推动海洋科技发展，进而更好地理解过去、观测现在、预测未来。

2.3 注重发展海洋新技术、建设现代化的海洋研究基础设施

无论是2007年发布的《绘制美国未来十年海洋科学路线图：海洋研究优先计划及实施战略（2007）》，还是2013年发布的《一个海洋国家的科学：海洋研究优先计划（修订版）》，都是从海洋科学角度进行规划和部署，侧重于海洋基础研究；而《十年愿景》更加注重发展海洋新技术，101个重点研究方向中有45项为优先发展的海洋技术，

它们是实现美国海洋科技未来十年发展 5 个目标的基石。海洋可能是一个恶劣的、不利的和危险的环境,进入海洋一直是海洋研究的一个根本性难题,海洋研究基础设施对于一个国家在海洋科学中的领导地位至关重要。最先进的海洋研究基础设施支撑着美国海洋科学研究和技术发展,为美国提供了特有的竞争力。各种无人水下、水面和空中航行器以及人工智能等创新技术正改变着海洋研究方式,迅速扩大和提高了研究海域的可进入性;同时,未来海洋研究还必须依赖先进的实验室、水下通信网络、高性能计算能力以及分析和管理大数据的能力等。

2.4 重视“蓝色”教育,着力建立一支强大的“蓝色”劳动力队伍

一支训练有素、多元化、充满活力的“蓝色”劳动力队伍,使国家能够应对未来的海洋挑战,长期以来一直被视为一个国家的优先发展事项。美国在全球海洋科学研究和技术创新方面的领先地位,有赖于这样一支强大的“蓝色”劳动力队伍,他们熟练掌握大数据分析、计算模型以及海洋仪器设备操作和维护等,可确保美国利用其强大的知识库来保持其在海洋科学与技术领域的竞争优势,加强“蓝色”经济发展,促进国家繁荣。

3 有关启示与建议

美国是海洋大国、海洋强国,海洋对于美国人民生计、经济繁荣和国家安全至关重要,其海洋科技以服务于国家发展为核心;中国是世界上重要的海洋大国,正在稳步向世界海洋强国迈进,目前正处于制定海洋领域面向 2035 年的中长期科技规划战略部署的关键时期,美国海洋科学技术未来十年的发展重点对于我国具有很好的启示作用。参考美国海洋科技未来十年的发展特点,结合我国海洋科技发展现状和实际需求,得到的启示和建议如下:

(1) 持续支持海洋基础研究和技术研发,科学理解地球系统中的海洋。

“理解地球系统中的海洋”是海洋科技发展的首要目标,也是实现其他目标的基础。目前人类已调查的海洋不到全球海洋的 15%,我国则更低,应对海洋基础研究和技术研发进行持续支持和长期投入,加强对海洋过程与现象、极端事件过程、特殊区域等的长时序观测,实现海洋技术装备的国产

化,提升海洋仪器设备的性能和可靠性、稳定性,提高海洋数据获取、分析和管理的水平,推动数据的标准化集成和有效共享,利用大数据改变对地球系统中海洋的理解,进而增强对全球海洋的基本认识;同时,加强自然科学和社会科学的交叉融合,将人类维度纳入到海洋科学技术中,确保对地球系统的整体理解,全面地解决海洋面临的复杂而紧迫的问题。

(2) 注重平衡海洋经济和生态效益,突出海洋科学技术在社会可持续发展中的作用。

健康、高产、耐受力强的海洋,对于增强海洋安全、保证生活质量、降低灾害风险具有重要作用,因此在使用海洋资源时必须注重平衡短期收益和长期目标,建立基于生态系统的海洋管理体系,实现海洋资源可持续利用;同时,打造一支强大的“蓝色”劳动力队伍,持续推进海洋科学研究和技术进步,提高有害藻华等海洋灾害、溢油等海上突发事件、微塑料等新兴污染物的应急监测预警与防治处置能力,增强海洋国防和海上执法安全能力,壮大“蓝色”经济,进而推动社会可持续发展。

紧紧围绕服务于海洋经济发展、海洋防灾减灾和海洋权益维护等的国家需求,科学合理地确定我国海洋科学研究和技术研发的优先方向。例如:在海洋预报方面,发展海洋大数据分析和云计算平台,研发全球和区域大气-海洋-海冰-陆地全耦合预报系统,在北极区域将海冰范围、面积、厚度和体积的季节演变所涉及的物理过程、相互作用和反馈结合起来,在多时间尺度上改进北极预测的海-冰-气耦合模型等;在海洋防灾减灾方面,研究海洋环境变化与灾害和灾难性事件的相互作用机制,研发沿海社区精细化风险识别与评估技术,构建面向多灾种、事件链的多尺度综合风险管理技术体系,运用大数据、人工智能、云计算等数字技术改进海洋防灾减灾决策支持工具中的数据集成和分析,进而提升沿海社区的避险防灾和应急响应能力。

(3) 加强多部门多层次协同合作,促进海洋研发成果的产业化和业务应用。

将海洋研发成果应用于业务工作、商业化或其他用途,是推进海洋科学技术发展的基础,并有利于促进经济繁荣、保障海上安全、守护人类健康和建设具有适应性的沿海社区。实施这样的研究理念

需要多部门多层次的协同合作，美国有效的跨部门协同是其海洋管理体制的重要特征，例如：通过部门间的合作，实现在台风季节前部署水下滑翔机，滑翔机可提供更为准确的风暴强度，进而改进台风预报技术，提高台风预报能力。我国的海洋事务更为复杂，协同合作机制的有效性对于海洋综合管理的整体性效果具有重要影响，应加强跨部门协同，包括政府内部横向跨部门协同、政府内部纵向上下级跨部门协同以及政府与企业等部门的跨部门协同，更好地促进海洋相关技术从实验室转移到市场、投入到业务应用，扩大用户对关键技术进展的可及性。■

参考文献：

- [1] 高峰，王金平，汤天波．世界主要海洋国家海洋发展战略分析[J]．世界科技研究与发展，2009，31（5）：973-976.
- [2] 倪国江，文艳．美国海洋科技发展的推进因素及对我国的启示[J]．海洋开发与管理，2009，26（6）：29-34.
- [3] NSTC. Charting the course for ocean science in the United States for the next decade: an ocean research priorities plan and implementation strategy[EB/OL]. [2020-07-01]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/ostp/nstc/docsreports/archives/Charting-the-Course-for-Ocean-Science-in-the-United-States-for-the-Next-Decade.pdf>.
- [4] Ocean Leadership. Science for an ocean nation: an update of the ocean research priorities plan[EB/OL]. [2020-07-01]. <http://www.oceanleadership.org/2013/science-for-an-ocean-nation-update-of-the-ocean-research-priorities-plan/>.
- [5] NRC. Sea change: 2015-2025 decadal survey of ocean sciences[EB/OL]. [2020-07-01]. <https://www.nap.edu/catalog/21655/sea-change-2015-2025-decadal-survey-of-ocean-sciences>.
- [6] National Research Council. Critical infrastructure for ocean research and societal needs in 2030[EB/OL]. [2020-07-01]. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13081.
- [7] NSTC. Science and technology for America's oceans: a decadal vision[EB/OL]. [2020-07-01]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/11/Science-and-Technology-for-Americas-Oceans-A-Decadal-Vision.pdf>.

Priorities of Ocean Science and Technology Development in the United States in the Coming Decade and Its Implication for China

LI Xiao-min

(First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Qingdao, 266061)

Abstract: As the first marine power in the world, the United States has always maintained a leading position in ocean scientific research and technological development since World War II. The ocean science and technology development strategic plan formulated has valuable reference for China on the related research. In November 2018, the National Science and Technology Council (NSTC) released Science and Technology for America's Oceans: A Decadal Vision which identifies five goals to advance the U.S. ocean S&T for the decade 2018-2028: Understanding the ocean in the earth system, promoting economic prosperity, ensuring maritime security, safeguarding human health, and developing resilient coastal communities. They are the action plan for the ocean S&T development in the United States in the coming decade. Through analyzing above five goals and 101 research priorities to achieve those goals, the characteristics of the U.S. ocean S&T development in the coming decade were summarized, and some suggestions were put forward in consideration of China's actual situation.

Key words: the U.S.; ocean science and technology; research priorities of ocean science and technology in the coming decade; ocean science and technology development strategy