

国际海洋科学技术未来战略部署^{*}

高峰¹ 王辉² 王凡² 冯志纲² 陈春^{**1}

(1. 中国科学院西北生态环境资源研究院/中国科学院兰州文献情报中心, 兰州 730000;
2. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要:基于过去十几年相关国际组织和主要海洋国家发布的研究计划、规划和战略研究报告,对国际海洋科学技术未来10~20年的发展部署进行分析。根据报告发布的国家和机构组织重要性以及涉及的科学技术问题,选取10大具有重要影响的海洋科技发展报告进行解读,认为未来海洋科技发展将集中在海洋可持续发展研究、全球变化研究、海洋酸化研究、海洋塑料污染、海洋可再生能源、北极研究、深海大洋探测、技术装备研发等八大海洋科学领域或者问题。

关键词:海洋科学技术;研究计划;海洋暖化;海洋酸化;海洋塑料污染;北极研究

中图分类号:P74 文献标识码:A doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2018.04.006

Future Strategic Deployment of International Marine Science and Technology^{*}

GAO Feng¹ WANG Hui² WANG Fan² FENG Zhigang² CHEN Chun^{**1}

(1. Northwest Institute of Eco-environment & Resources, Chinese Academy of Sciences/
Lanzhou Literature and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;
2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Based on the marine strategic research reports from relevant major international organizations and countries over the past decade, this paper analyzes the development and deployment of marine science and technology in the following 10 to 20 years. According to the importance of the national and institutional organization of the report and the scientific and technological issues involved, 10 major ocean science and technology development reports with important influences are interpreted. In the future, the Marine science and technology development will focus on the marine sustainable development research, global change, ocean acidification, marine plastic pollution, marine renewable energy, arctic research, deep ocean exploration, technology and equipment R&D and other eight major marine science fields or issues.

Key words: marine science and technology; research plan; ocean warming; ocean acidification; marine plastic pollution; arctic research

1 引言

当前,人类面临气候变化、能源枯竭以及食物短缺等诸多挑战。海洋是气候变化的关键,人类

的食物资源有很大一部分来自海洋渔业和水产养殖业,而海洋也蕴含着丰富的矿产资源。进入21世纪以来,海洋科学与技术得到了海洋国家的高度重视和空前发展。有关国际组织和主要海洋国

2018-02-08 收稿,2018-04-09 接受,2018-04-16 网络发表

* 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA11000000)资助

** 通讯作者,E-mail:chenc@llas.ac.cn

家围绕全球海洋变暖、海洋酸化以及塑料污染、北极研究等热点问题,发布了一系列计划、规划和战略研究报告。这些报告规划的时间尺度大都相近,起始时间大致在2010—2015之间,目标时间大致在2020—2030年间。分析解读这些重要研究报告可以了解掌握未来10~20年国际海洋科学与技术发展态势和走向,以及主要海洋国家海洋科学与技术的战略部署,对我国海洋科学技术的发展具有重要意义。本文将基于对有关国际组织以及主要海洋国家近期发布的计划、规划和战略研究报告等的比较分析,以期概括国际海洋科学与技术的未来战略部署。

2 国际组织与欧盟海洋科技部署

2.1 国际组织

有关国际组织在过去的十年中,发布了一系列海洋科技战略研究报告和规划计划,对未来10至20年(2025—2030)的海洋科技发展进行了战略部署。传统的研究计划如国际大洋钻探计划(IODP)、国际大洋中脊计划等还在延续,特别是为了续接2013年告一段落的国际大洋钻探计划,IODP科学委员会于2011年及时将其变更为国际大洋发现计划(IODP),发布《国际大洋发现计划2013—2023实施方案》^[1],对后续工作进行规划,并得到众多参与国家和海洋研究机构的持续支持。中国积极参与了IODP计划,2014年年初,我国主导的IODP第349航次取得重大研究成果,在南海发现世界首例碳酸岩母岩浆向玄武岩连续转化现象;2017年4月,我国科学家主导的IODP第367次航次再次在南海进行大洋钻探,取得丰硕成果^[2]。

2011年,联合国教科文组织(UNESCO)政府间海洋学委员会(IOC)、国际海事组织(IMO)、联

合国粮农组织(FAO)、联合国开发计划署(UNDP)联合发布《海洋与海岸可持续发展蓝图》^[3]报告,提出了十项具体建议,旨在从传统管理模式转变为可持续的海洋管理范式,以便为里约会议20周年峰会(Rio+20)海洋问题提供参考。

2016年5月,国际科学理事会(ICSU)海洋研究科学委员会、国际大地测量和地球物理学联合会(IUGG)海洋物理学协会联合发布由14位国际海洋学专家共同完成的评论报告《海洋的未来:关于G7国家所关注的海洋研究问题的非政府科学见解》^[4],作为国际科学界对2015年10月G7国家科学部长会议所提海洋科学问题的回应。报告对会议所提出的“跨学科研究、海洋环境塑料污染、深海采矿及其生态系统影响、海洋酸化、海洋变暖、海洋低氧、海洋生物多样性损失、海洋生态系统退化”等8个全球重要海洋研究问题进行分析 and 评述,并提出了具体建议和行动。

2017年6月8日,在“世界海洋日”之际,联合国教科文组织(UNESCO)在联合国海洋大会发布题为《全球海洋科学报告:全球海洋科学现状》^[5]的报告,首次对当前世界海洋科学研究情况进行盘点,并主张加大对海洋科学研究的投入,呼吁加强国际科学合作。报告指出:全球海洋科学是“大科学”,是一门交叉学科;研究人员性别比例更平衡;海洋研究支出在世界范围内差异较大;只有少数国家具有开展海洋研究的能力且研究差异较大;以及海洋产出和合作正在加强,海洋数据得到更广泛应用等。

2.2 欧盟

欧盟作为一个整体,非常重视海洋科技领域的竞争与发展,依托英德法的海洋科技优势引领世界海洋科技发展,在海洋设备制造、深海探测、海洋可再生能源开发方面具有显著优势。欧洲海

洋局(European Marine Board, EMB)发布的《第四次导航未来》^[6]是2001年开始出版的《导航未来》报告系列的延续,为下一个时期的欧洲海洋研究提供了宏伟蓝图,从多个方面阐述了欧洲海洋研究的未来优先研究领域。《欧洲离岸可再生能源路线图》^[7]重点阐述了海上风能、波浪能和潮汐能三大离岸可再生能源的协同增效效益以及发展所面临的机遇与挑战。《欧洲海洋可再生能源——欧洲新能源时代的挑战和机遇》^[8]指出,到2050年,欧洲50%的电力需求将从海洋获得,需要采取措施确保海洋可再生能源纳入欧洲海洋研究议程。欧洲海洋局发布的《潜得更深:21世纪深海研究面临的挑战》^[9]从深海研究现状、相关知识缺口以及未来开发和管理深海资源的一些需求出发,提出未来深海研究的目标与相关关键行动领域。《欧盟深海和海底前沿计划》^[10]则讨论了未来10~15年与深海生态系统、气候变化、地质灾害和海洋资源相关的海洋科学问题,目的是在欧洲范围内提供面向可持续性海洋资源管理的路径,制定海底采样战略,从而提高对深海和海底的认识。

2016年,欧洲海洋局发布《海洋生物技术战略研究及创新路线图》^[11],绘制了欧盟海洋生物技术研究 and 创新发展路线图,是对欧盟2012年提出的“蓝色增长战略”的重要反馈。

3 主要海洋国家海洋科技战略部署

3.1 美国海洋科技战略部署

美国非常重视海洋科技发展战略规划,实行更全面的海洋科技强国战略^[12]。从20世纪80年代起,先后出台了一系列战略规划,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》和《1995—2005年海洋战

略发展规划》等。进入21世纪,美国发布了《21世纪海洋蓝图》、《美国海洋行动计划》等。2007年发布了《规划美国未来十年海洋科学事业:海洋研究优先计划和实施战略》,对美国的海洋科学事业进行了十年规划。

近年来,美国从国家层面和机构层面密集发布了一系列重要战略研究报告和计划规划。2009年1月,美国国家研究理事会海洋研究委员会召开了“海洋学2025”专题研讨会,形成了《海洋学2025——聚焦2025年海洋学发展》^[13]报告。2012年美国国家海洋理事会发布的《国家海洋政策执行计划草案》^[14]在应对海洋、海岸带和五大湖面临的最紧迫的挑战方面,介绍了50多项联邦政府将要采取的行动。2013年,美国国家科技委员会发布的《一个海洋国家的科学:海洋研究优先计划修订版》是对2007年发布的《绘制美国未来十年海洋科学发展路线图》的修订,阐述了美国的海洋研究优先事项应面向国家海洋政策需求,并从海洋科学本身和与海洋相关的社会学两个方面指出了美国海洋研究的优先研究领域。2015年NRC发布的《海洋变化:2015—2025海洋科学10年计划》^[15]系统分析了美国海洋科学的重点突破方向,在此基础上确定出8项优先科学问题,并研判了实现这些优先科学问题的路径,旨在为NSF未来10年的海洋科学资助布局提供重要决策支撑。

以上是从科学问题的角度进行了规划和部署,而2011年9月发布的《2030年海洋研究与社会需求的关键基础设施》^[16]报告则是一个海洋研究基础设施建设计划,针对的是关键基础设施能否满足2030年海洋基础研究需求和解决社会面临的重大问题,展示了美国重视海洋技术发展的一面。在机构层面上,美国国家海洋与大气管理

局(NOAA)发布了《NOAA未来十年战略规划》^[17]、《NOAA北极远景与战略》^[18]、《NOAA海底研究计划(NURP)》^[19]、《NOAA海岸带科学人类因素战略规划》^[20]等,内容涉及海洋科学技术整体发展规划、专项研究计划等,既代表国家行为,也反映了机构本身的发展要求。伍兹霍尔海洋研究所发布的《海洋酸化的20个事实》^[21],是针对海洋酸化问题的重要研究报告,对推动开展海洋酸化研究具有重要影响。

3.2 英国海洋科技战略部署

英国作为老牌海洋强国,在追求海洋科技全面引领的同时,更加注重海洋可再生能源技术和自动探测技术的发展^[22]。20世纪80年代以来,英国开始通过制定海洋科技计划,建立政府、科研机构 and 产业部门联合开发机制,增加科研投入等措施,促进英国海洋科技的长远发展。为了协调海洋研究和海洋战略实施,提高海洋科学的效率,英国成立海洋科学协调委员会。以上措施有效促进了英国海洋研究活动的活跃。

近年来,英国更加重视海洋研究的规划设计,鼓励引导科技力量关注对英国具有战略意义的研究领域。2005年,英国首相布朗提出“建立新的法律框架,以便更好地管理和保护海洋”,标志着英国开始从国家战略层面综合布局海洋开发和研究。2009年,英国发布《英国海洋法》,为其整体海洋经济、海洋研究和保护提供了法律保障。近10年来推出了一系列国家级海洋战略和研究计划,这些计划和规划具有显著的国际视野,致力于“建设世界级的海洋科学”和领导欧洲海洋研究。《英国海洋科学战略2010—2025》^[23]是英国整体海洋科技战略的核心,为英国海洋科技的发展指明了方向。作为英国最重要的海洋研究机构之一,英国国家海洋学中心(NOC)发布了《英国国

家海洋学中心(NOC)中长期战略目标》^[24],为未来发展设置了四个战略优先方向。《英国海洋能源行动计划2010》^[25]为英国的海洋可再生能源发展提供了路线图。此外,《英国东部海岸及海域海洋规划(草案)》^[25]、《全球海洋技术趋势2030》^[26]以及《大科学装置战略路线图》^[27]等也分别从全球、区域以及重点领域对英国未来的海洋科技发展进行了部署。

3.3 日本海洋科技战略部署

日本作为海洋国家,非常重视海洋科技的规划和创新,发布了一系列规划报告,并将海洋科技纳入“依法治国”的轨道^[28]。1968年,日本发布《日本海洋科学技术》,制定了促进日本先进工业技术在海洋领域的拓展应用的相关措施。1990年,日本出台了《海洋开发基本构想及推进海洋开发方针政策的长期展望》,提出以海洋技术为先导,着重开发包括海洋卫星和深潜技术、深海资源开发技术等海洋高新技术,以促进日本的海洋科技创新并提高国际竞争力。1997年日本政府制定《海洋开发推进计划》和《海洋科技发展计划》,计划面向21世纪,提出要发展具有重大科学意义的基础海洋科学、海洋高新技术等,以提高国家竞争力。2007年7月,日本政府颁布了《海洋基本法》。在海洋基本法基础之上,日本内阁于2008年3月18日正式通过《海洋基本计划(2008—2013)》,并于2013年进行了第一次修订,形成《海洋基本计划(2013—2017)》^[29],提出了新的5年海洋政策新指南。在政策强有力的支持下,日本重点推进海洋开发战略计划,推行“海洋强国”战略行动。战略行动突出表现在两个方面:一方面,重视海洋可持续开发利用;另一方面,日本积极主动参与国际海洋事务,并以此为基础构建综合性海洋政策体系。

日本在发展海洋经济时坚持实施可持续发展战略,重视海洋科技开发,加大海洋科技经费投入,同时推进海洋环境保护,开展海洋经济的国际合作与交流,形成了以沿海旅游业、港口及海运业、海洋渔业、海洋油气业为支柱的海洋产业布局。在具体推进过程中,形成了包含科技、教育、环保、公共服务等不同层次的支撑体系,为海洋经济发展提供保障。

3.4 澳大利亚海洋科技战略部署

20世纪90年代以来,为了推进海洋科学的研究,澳大利亚政府于1998年发布了有效期10~15年的《澳大利亚海洋科技计划》,对澳大利亚海洋政策产生较大的影响^[30]。2003年澳大利亚国家海洋办公室(NO)发布了《澳大利亚国家海洋政策——原则与过程》报告,阐述了制定澳大利亚海洋政策的原则,以及围绕这些原则制定的海洋政策。2006年,澳大利亚自然资源管理部长委员会发布《综合海岸带管理国家协作方式——框架与执行计划》,确定了海岸研究的6个研究重点。2013—2015年,澳大利亚政府海洋科学咨询委员会发布的《海洋国家:海洋支持澳大利亚蓝色经济》^[31]、澳大利亚海洋科学研究所发布的《澳

大利亚海洋科学研究所2015—2025年研究计划》^[32],以及澳大利亚中央政府和昆士兰地方政府联合发布的《大堡礁2050年长期可持续发展计划》^[33]对澳大利亚海洋科学未来发展的战略重点进行了部署。

目前,澳大利亚海岸的主要学科研究领域是:主要城市集水区研究、主要工业区及码头水质与污染监测、海岸生态系统模拟研究、主要农业集水区研究、重要海岸浅水栖息地研究、国家土地与水资源的审核及全国范围的河道评估、海岸可持续发展研究、大堡礁世界遗产区水质问题、生物多样性评估、环境的变化与影响、生物活性分子的发现、生物技术创新。

4 十大重要研究报告及其涉及的重要科学问题

4.1 具有重要影响的十大海洋科技报告

根据报告涉及的研究领域和主要科学问题,我们选择以下十大重要海洋科技研究报告进行解读,以期了解国际海洋科技的战略部署和走向。表1给出了十大重要研究报告的发布时间、机构、报告摘要,以及涉及的重要领域和科学问题。

表1 国际十大重要海洋研究报告

Tab.1 The top ten international marine science and technology strategy reports

报告名称(发布年份)	发表机构	报告概要	领域、科学问题、关键词
《海洋与海岸可持续发展蓝图》(2011)	IOC-UNESCO、IMO、FAO、UNDP	该报告的目的是为了促进关于海洋的国际辩论和收集专家意见并分析多项选择提供给里约会议20周年峰会方面参考。报告提出了四个行动和目标;指出海洋对可持续发展的重要性,以及对绿色经济的贡献。	海洋可持续发展; 蓝色经济; 绿色经济
《海洋的未来:关于G7国家所关注的海洋研究问题的非政府科学见解》(2016)	国际科学理事会(ICSU)海洋研究科学委员会、国际大地测量和地球物理学联合会(IUGG)海洋物理学协会联合发布	这是由14位国际海洋学专家共同完成的评论报告。作为国际科学界对2015年10月G7国家科学部长会议所提出的海洋科学问题的回应,报告对这些重要海洋研究问题进行分析 and 评述,并就问题的应对向G7国家提出了具体建议。	海洋塑料污染; 深海生态系统; 海洋酸化; 海洋变暖; 海洋脱氧; 海洋生物多样性损失; 海洋生态系统退化
《全球海洋科学发展报告:全球海洋科学现状》(2017)	联合国教科文组织(UNESCO)	于“世界海洋日”之际,在联合国海洋大会发布,首次对当前世界海洋科学研究情况进行了盘点,并主张加大对海洋科学研究的投入,呼吁加强国际科学合作。	海洋现状;海洋是大科学、交叉学科;海洋科技投入和合作;从事海洋研究的性别比例;海洋政策

(续表1)

报告名称(发布年份)	发表机构	报告概要	领域、科学问题、关键词
《国际海洋能源愿景》(2011)	国际海洋执行联盟(OES)	报告预计,到2050年全球的海洋能开发潜力为748GW,到2030年,海洋能源产业将会创造16万个直接就业岗位,减少52亿吨CO ₂ 的排放。指出了海洋能源开发的技术需求和面临的挑战,围绕6个方面提出了16条建议。	海洋能源资源; 海洋能源技术; 海洋能源产业; 海洋环境
《海洋垃圾——一个全球环境问题》(2011)	全球环境基金会(GEF)	该报告简述了以白色污染为代表的海洋垃圾的产生原因及其危害,描述了海洋垃圾的全球化问题,建议各国采取相应措施解决海洋垃圾的全球化问题。	海洋垃圾; 白色污染; 塑料污染
《欧洲海洋生物技术路线图》(2016)	欧盟海洋生物技术欧洲研究区网络计划	报告是为欧洲未来海洋生物技术创新而制定的一个路线图,其前期筹备过程有ERA-MBT项目的许多专家与国际专家咨询组广泛参与,涉及方案研究、在线问卷调查、访谈、利益相关者研讨会、前瞻性研究等多种前期准备工作。	五个主题: 探索海洋环境;海洋生物质生产和加工;海洋生物制品创新和拓展;技术和基础设施保障;政策支持和激励
《一个海洋国家的科学:海洋研究优先计划修订版》(2013)	美国国家科技委员会(NSTC)	该研究计划是2007年发布的《绘制美国未来十年海洋科学发展路线图》升级版,认为美国的海洋研究优先事项应面向国家海洋政策需求,并从海洋科学本身和与海洋相关的社会学两个方面指出了美国海洋研究的优先研究领域。	自然科学研究主题:服务于国家海洋政策;支持国家需求的海洋科学,包括海洋酸化研究和北极环境研究 社会科学研究主题:海洋自然资源 and 人文资源的管理;提高自然灾害和环境灾难的恢复力;海洋运输业务活动及海洋环境
《2030年海洋研究与社会需求的关键基础设施》(2011)	美国国家研究委员会海洋基础设施战略研究组	为了确保关键基础设施能够满足2030年海洋基础研究和解决社会重大问题的需要,美国迫切需要建设一整套的海洋研究基础设施,并制定一项针对未来海洋战略投资的国家计划。美国国家研究委员会海洋基础设施战略研究组在国家和国际评估的基础上,于2011年9月正式发布,确定了在2030年可能处于海洋科学前沿且需要解决的若干重大科学问题,以及为解决这些问题需要规划建设的国家海洋研究基础设施。	围绕气候变化影响、海洋酸化响应、生态系统变化、生物多样性、近海能源生产和渔业可持续发展等领域提出了13个基础问题。 报告指出船舶、卫星遥感、实地观测阵列、和海岸实验基地是海洋科研基础设施的核心,水下滑翔器和水下机器人能够完成远距离和长时间的观测任务。
《英国海洋科学战略2010—2025》(2010)	英国海洋科学合作委员会	该报告是一个战略框架,旨在促进通过政府、企业、非政府组织以及其他部门的力量支持英国海洋科学发展、海洋部门相互合作。报告从英国海洋科学战略的需求、目标、实施以及运行机制等方面对英国2010—2025年的海洋科学战略进行了框架性描述和展望,为未来海洋科学指出发展方向并确定哪些方向需要加强研究并能产生重大成果。	提出3个高级优先领域:理解海洋生态系统的运作机制;对气候变化及与海洋环境之间的相互作用做出响应;维持和提高海洋生态系统的经济利益。 关注5个问题:食品安全问题;能源安全问题;全球变化和海洋酸化问题;经济利益;人类活动。
《海洋酸化的20个事实》(2013)	伍兹霍尔海洋研究所	该报告综合了来自12个国家、47个研究机构的63名科学家的观点。这些事实是近年来海洋酸化研究的概述,表明了海洋酸化的基本证据及相关影响。	由人类排放的CO ₂ 引起;海洋酸化呈下降趋势;酸化影响海洋生物多样性;海洋酸化恢复时间漫长。

当然,除了表1列出的十大重要海洋科技报告外,中国、日本等国家也有一些重要研究报告,如中国科学院2009年发布的《中国至2050年海洋科技路线图》^[34]、国家自然科学基金委员会和中国科学院于2012年联合发布的《未来10年中

国学科发展战略:海洋科学》^[35],日本2007年发布及2013年修订的《海洋基本计划》等也在国际上形成了重要影响。

4.2 重要海洋科学问题

1) 海洋可持续发展研究

由于可持续发展的内涵外延,几乎涉及到当前海洋领域的所有重要研究问题。除《海洋海岸带可持续发展蓝图》、《海洋可持续发展十年提案》等直接涉及可持续发展的报告外,2014年6月的华盛顿海洋大会发布了《“我们的海洋”行动计划》^[36],指出应加强可持续的渔业、海洋污染、海洋酸化和海洋保护等方向的研究;澳大利亚环境部发布了《大堡礁2050年长期可持续性计划》报告,认为大堡礁的环境压力不断增加,未来将重点开展保护和恢复大堡礁长远价值的研究,采取基于生态学观点的可持续开发与利用策略。

2) 全球变化研究

20世纪80年代兴起的全球变化研究至今热度不减,逐渐延伸到海洋研究领域,成为海洋研究领域持续不减的热点问题。全球变化(变暖)不仅在表1中的十大重要研究报告中出现频率最高,而且还有专门的研究报告论述,如美国国家研究理事会发布的《海洋变化:2015—2025海洋科学10年计划》,针对海洋变化进行了海洋科学的十年部署。澳大利亚不定期发布国家海洋气候变化年度报告,如《2012澳大利亚海洋气候变化报告—影响与适应》^[37]。英国一贯把全球变化研究作为海洋科学研究的重中之重,如英国海洋气候变化小组2017年发布的《海洋气候变化的影响:基于十年政策报告的科学经验》^[38]汇总了过去10年英国在海洋气候变化影响方面的各类研究进展,指明了在科学政策领域工作的重要经验教训,提出了确保海洋气候科学继续向最终用户提供有效信息的途径。

3) 海洋酸化研究

海洋酸化问题是一个复杂的多学科问题,涉及领域广泛,研究难度大。伍兹霍尔海洋研究所等机构联合发布了《海洋酸化的20个事实》报

告,综合了来自12个国家、47个研究机构的63名科学家的观点,这些事实是近年来海洋酸化研究的概述,展示了海洋酸化的基本证据及相关影响。美国国家海洋与大气管理局发布的首个《海洋酸化研究计划》^[39]列出了4个方面的主要研究内容:观测预警系统、碳循环模拟、生态系统模拟和数据集成。该计划致力于开展海洋酸化脆弱性评估以及建立长期、高质量的海洋酸化及生态系统响应能力。北极理事会2013年发布了《北极海洋酸化评估:决策者摘要》^[40],指出北极正在酸化,北极酸化对海洋生物和渔业资源具有重要影响。

4) 海洋污染问题(塑料污染)

围绕海洋塑料污染问题,近年来发布了一系列研究报告。自2011年起,联合国环境规划署(UNEP)开始持续关注海洋中的塑料垃圾,尤其是微型塑料,并在2011年年鉴中指出^[41],海洋塑料污染已成为新的令人瞩目的焦点。2014年6月23日,UNEP在首届联合国环境大会上发布的《联合国环境规划署2014年年鉴》和《评估塑料的价值》^[42]报告指出,海洋里的大量塑料垃圾日益威胁到海洋生物的生存,保守估计每年由此造成的经济损失高达130亿美元。英国帝国理工学院的研究人员利用卫星和浮标观测以及表面拖网微生物观测的数据集,模拟了2015—2025年漂浮在海洋表面的微塑料的迁移运输,以评估海洋微塑料的最佳清理位置。结果显示,中国和东南亚地区是最大的塑料垃圾输出地区,最佳的塑料垃圾清除位置主要在中国沿海和印度尼西亚群岛^[43]。欧洲环境政策研究所(IEEP)发布题为《塑料,海洋垃圾和循环经济》^[44]的简报,以促进欧盟制定强有力的政策,将海洋垃圾纳入循环经济议程中,并从生产者责任、产品设计、寻找替代

品、完善立法执法、经济激励、废弃物管理、公众意识等方面提出解决海洋塑料垃圾的十大建议。

5) 海洋可再生能源

《美国海洋水动力可再生能源技术路线图》、欧洲科学基金会的《海洋可再生能源》、英国的《海洋能源行动计划 2010》、英国能源研究中心的《海洋(波浪、潮汐流)可再生能源技术路线图》和《海洋能源战略》等都海洋可再生能源的发展有重要论述。国际可再生能源署(IRENA)2014年8月发布的《海洋能源:技术、专利、部署状况及展望》报告^[45]分析了潮汐能、波浪能和海流能等各种技术的成熟度、技术部署现状和趋势、行业专利活动、市场前景以及海洋能源开发的障碍。报告指出:海洋可再生能源具有很大的开发潜力;相关技术不断向人口稠密的沿海国家扩展;专利技术申请日趋活跃;重点技术包括波浪能转换器、深海洋流设备、海洋热能转换技术以及盐度差技术等。

6) 北极研究

随着全球变暖加快北极海冰的融化,有望打通北冰洋航道,从而引发国际社会对北极地区的关注。布鲁金斯学会2014年4月建议,美国应在强化北极地区海域油气资源管理方面发挥领导作用。美国科学促进会(AAAS)2014年5月在华盛顿召开“科学技术政策论坛”,指出:北极气候的快速变暖使科学家和决策者面临新问题,快速变化的环境对北极地区物种、北极地区居民健康和安全问题都带来巨大挑战,同时也带来潜在的机遇。美国北极研究委员会(USARC)发布两年一次的北极研究报告《2017—2018 北极研究目标及规划》^[46],阐述了2017—2018年北极研究的六大主要目标,包括观测、理解及预测北极环境变化,改善北极地区人类健康,北极能源变革,推

进北极环境建设,探索北极文化及群落的恢复力,加强北极地区的国际合作。2013年,美国国家海洋与大气管理局发布了《北极航道绘图计划》^[47],旨在为改善北极附近日益增加的船舶航行提供支持。北极理事会发布了《北极海洋酸化评估:决策者摘要》和《北极研究2018—2019年计划》,对北极酸化进行了评估,并对未来两年的北极研究进行了规划。

7) 深海大洋研究

随着技术的不断进步,人类不断向深海和远洋推进,以探测未知的海洋,寻求开发深海大洋资源。除了国际综合大洋钻探十年计划、国际大洋中脊计划、Argo等全球性研究计划,多个国家启动了海底网络观测计划,如美国“海王星”海底观测网络计划(NEPTUN)、欧洲海底观测网(ES-ONET)、日本新型实时海底监测网(ARENA)、美国Hobo海底热液观测站、美国新泽西大陆架观测网、美国ORION计划等^[48]。这些计划的实施对深海技术的发展以及深海科学研究的深入具有重要推动作用。欧盟的《潜得更深:21世纪深海研究面临的挑战》、《欧盟深海和海底前沿计划》等指出了深海研究面临的挑战,提供了面向可持续性海洋资源管理的路径,制定海底采样战略,从而提高对深海和海底过程的认识。美国NOAA海底研究计划(NURP)是美国国家海洋与大气管理局为了将先进的海底科考技术应用到大洋、海岸带及五大湖的研究中而启动的一项研究计划。

8) 技术装备研发

海洋技术是海洋国家勘探开发海洋资源、确保国家海洋经济可持续发展的重要手段,是海洋科学研究深入发展的关键因素。随着人类向深海大洋的进军,对海洋技术的发展需求越来越强

烈,从海洋钻探船、科学考察船、水下机器人、滑翔机,到开发利用离岸风能、波浪能、潮汐能等的技术。纵观国际组织和主要海洋国家的战略部署,海洋技术的发展贯穿始终。美国的《2030年海洋研究与社会需求的关键基础设施》在对2030年的海洋研究需求调研基础上进行了关键基础设施的规划;英国发布的《大科学装置战略路线图》不仅针对英国本身,也扩展到欧盟范围,而《全球海洋技术趋势2030》报告,分析了商业运输、海军和海洋健康方面的未来技术发展趋势。

5 我国未来海洋科技发展的方向

以上从近期发布的海洋研究计划规划和战略研究报告等出发,对国际海洋科学技术研究的部署进行了分析概括,以期对我国未来海洋科学研究提供背景材料和借鉴。综合看来,海洋暖化、海洋酸化、海洋塑料污染都是海洋环境在近期以及未来若干年的三大重要海洋科学问题,三个问题相互联系、相互作用;而深海研究、北极研究、海洋可再生能源研究则是国际上海洋科技战略部署的三个重要领域,将引起新一轮的海洋科技竞争;海洋可持续发展研究和技术装备研发是推动海洋科技持续发展的两个基础性课题,各个国家都把这两个问题置于十分重要的位置。

作为海洋大国的中国,党的十七大以来提出了海洋强国战略,十九大报告中进一步明确了“坚持陆海统筹,加快建设海洋强国”,而海洋科技的创新发展是海洋强国的根本保证。有关部门也发布了一系列重要海洋科技发展战略研究报告,如《中国至2050年海洋科技发展路线图》、《未来10年中国学科发展战略:海洋科学》,为我国未来十至三十年的海洋科技发展进行了预测和规划,在相关关键领域和关键科学问题上进行了前瞻布局。随着对海洋科技领域投入的逐年

增加,我国海洋科技近年来取得了快速发展和突破性进展,我国海洋科技正在逐步实现从跟跑向并跑乃至部分领域领跑的转变,海洋科技在海洋强国战略中的支撑作用越来越显著。为此,我国未来海洋科技发展应从多个方面进行部署。

5.1 聚焦近海环境问题,加强海洋可持续发展研究部署

2017年6月联合国海洋大会的召开,不仅发布了全球海洋科学发展现状报告,还提议将2021—2030确定为海洋可持续发展的十年。澳大利亚环境部发布的《大堡礁2050年长期可持续性计划》报告将采取基于生态学观点的可持续开发与利用策略。2015年9月,联合国发布《改变我们的世界——联合国2030可持续发展议程》,确定了由17个目标和169个具体指标组成的2030年可持续发展目标(SDGs),其中SDG14为涉海目标。基于此,建议围绕联合国2030年可持续发展目标和海洋可持续发展十年提议,加强支撑我国海洋可持续发展的海洋科学研究部署,组织研究力量进行联合国2030可持续发展目标中海洋目标的数据监测和科学评估工作。

5.2 围绕全球重大海洋问题,部署综合性国际研究计划

全球性海洋环境问题对促进海洋可持续发展具有长远战略意义。海洋暖化、海洋酸化、海洋塑料污染、海洋低氧等问题不仅继续成为年度海洋科学领域关注的焦点,而且也必将成为未来若干年的关键科学问题。我国在全球变化中海洋作用以及海洋变化方面进行了较多的部署和投入,但在海洋酸化和海洋塑料污染方面的研究部署不足,研究成果影响较小。另外,中国海陆架宽广、海洋经济发展迅猛、海洋环境问题突出,开展“健康海洋”研究具有示范性。建议围绕上

述国际性海洋环境问题,主动部署,聚焦国内研究力量,推出以我为主的国际性研究计划。

5.3 加强北极研究部署,拓展我国在北极地区的影响力

近年来各国对北极海洋研究进行了密集部署,使北极持续成为海洋研究的年度焦点。我国作为北极事务观察国,在北极的影响力越来越大,在北极研究方面也具有扎实基础。2018年1月26日,国务院新闻办公室发表《中国的北极政策》白皮书指出,中国是北极事务的重要利益攸关方,在地缘上是“近北极国家”,是陆上最接近北极圈的国家之一,北极的自然状况及其变化对中国的气候系统和生态环境有着直接的影响,进而关系到中国在农业、林业、渔业、海洋等领域的经济利益。未来几年是部署北极研究的关键期,因此,需要集中国内研究优势,进行跨部门、跨领域的合作,在北极建设研究机构和观测站,同时,围绕北极问题实施综合性的重大国际研究计划。

5.4 发展先进海洋技术,支持深海大洋科学考察和研究

随着海洋技术的创新发展,向深海和远洋进军将是未来几年的重点方向。努力提高深海远海的探测考察能力,是建设海洋强国的重要战略保障。加强海洋重大设备装备建设、构建综合性海洋信息平台、发展多源数据融合技术、完善仪器和数据的标准化和共享机制是我国海洋科技领域未来几年的艰巨任务,必将产生重大突破和深远影响。

同时,各国对海底资源和海洋可再生能源研究的持续投入,必将迎来相关技术的重大突破进展,届时将改变全球资源能源格局。

参考文献

[1] IODP. The International Ocean Discovery Program

Science Plan for 2013-2023 [EB/OL]. 2011-06. <http://www.iodp.org/science-plan/112-high-resolution-pdf-version/file>.

[2] 人民网. 我国科学家主导的第三次南海大洋钻探“上半场”圆满结束[EB/OL]. 2017-04-10. http://www.sohu.com/a/132993611_114731.

The People's network. First Half of the Third Exploration of the South China Sea Led by Chinese Scientists Came to a Successful Conclusion [EB/OL]. 2017-04-10. http://www.sohu.com/a/132993611_114731.

[3] IOC/UNESCO, IMO, FAO, UNDP. A Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability [EB/OL]. 2011-09-14. <http://www.eea.europa.eu/publications/europes-environment-aoa>.

[4] WILLIAMSON P, SMYTHE-WRIGHT D, BURKILL P. Future of the Ocean and Its Seas: A Non-governmental Scientific Perspective on Seven Marine Research Issues of G7 Interest [EB/OL]. 2015-10. <http://www.icsu.org/news-centre/news/pdf/Report%20to%20G7%20Mins%20on%20FOSs.pdf>.

[5] UNESCO. Global Ocean Science Report: The Current Status of Ocean Science around the World [EB/OL]. 2017-06-14. <https://oceanconference.un.org/>.

[6] European Marine Board. Navigating the Future IV [EB/OL]. 2013-06. <http://www.marineboard.eu/science-strategy-publications>.

[7] ORECCA. EU offshore Renewable Energy Roadmap [EB/OL]. 2011-09-01. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/ORECCA-2011.pdf>.

[8] European Science Foundation. Marine Renewable

- Energy: Research Challenges and Opportunities for a New Energy Era in Europe [EB/OL]. 2010-10-15. <http://www.esf.org/research-areas/marine-sciences/marine-board-vision-groups/renewable-ocean-energy.html>.
- [9] European Marine Board. Delving Deeper [EB/OL]. 2015-09-02. <http://www.marineboard.eu/science-strategy-publications>.
- [10] ACHIM K, ANGELO C, MIQUEL C, et al. The Deep-Sea and Sub-Seafloor Frontier project [EB/OL]. 2009. <http://www.deep-sea-frontier.eu/upload/Downloads/DS3F%20White%20Paper.pdf>.
- [11] ERA-MBT. The Marine Biotechnology Research and Innovation Roadmap [EB/OL]. 2016-10-12. <http://www.marinebiotech.eu/news-and-events/era-news/marine-biotechnology-research-and-innovation-roadmap-has-been-launched>.
- [12] 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.
- GAO Feng, WANG Jinping, TANG Tianbo. Analysis on the Ocean Development Strategy of the Main Marine-countries in the World [J]. WORLD SCI-TECH R&D, 2009, 31(5): 973-976.
- [13] National Research Council. Oceanography in 2025 [EB/OL]. 2009-01-08. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12627.
- [14] National Ocean Council. Draft National Ocean Policy Implementation Plan [EB/OL]. 2010-06-19. <https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/oceans/policy>.
- [15] NRC. Sea Change: 2015-2025 Decadal Survey of Ocean Sciences [EB/OL]. 2015-05-11. <http://nas-sites.org/dsos2015/files/2015/01/NSF-Response-to-Sea-Change-Report.pdf>.
- [16] National Research Council. Critical Infrastructure for Ocean Research and Societal Needs in 2030 [EB/OL]. 2011. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13081.
- [17] NOAA. NOAA's Next-Generation Strategic Plan Version 4.0 [EB/OL]. 2010-12. <http://www.ppi.noaa.gov/NGSP2/plan.html>.
- [18] NOAA. NOAA's Arctic Vision & Strategy [EB/OL]. 2011-02. http://www.arctic.noaa.gov/docs/NOAAArctic_V_S_2011.pdf.
- [19] NOAA. NOAA Undersea Research Program, NURP [EB/OL]. 2005-04-01. <http://www.nurp.noaa.gov/>.
- [20] NOAA. National Centers for Coastal Ocean Science Human Dimensions Strategic Plan FY 2009-2014 [EB/OL]. 2007. <http://coastalscience.noaa.gov/human/strategy/NCCOSHDPan.pdf>.
- [21] WHOI. 20 Facts About Ocean Acidification [EB/OL]. 2013-11. <http://www.whoi.edu/fileserv-er.do?id=165564&pt=2&p=150429>.
- [22] 王金平, 张志强, 高峰, 等. 英国海洋科技计划重点布局及对我国的启示 [J]. 地球科学进展, 2014, 29(7): 865-873.
- WANG Jinping, ZHANG Zhiqiang, GAO Feng, et al. The Key Layout of UK Marine Science and Technology Plan and Some Implications for China [J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(7): 865-873.
- [23] Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK. UK Marine Science Strategy [EB/OL]. 2010-01-01. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-marine-science-strategy>

- 2010-to-2025.
- [24] NOC. 2010. Taking the Lead-The Strategic Priorities of the National Oceanography Centre [EB/OL]. <http://noc.ac.uk/.content/downloads/2013/Taking-the-Lead.pdf>.
- [25] Marine Management Organisation, UK. Draft East Inshore and East Offshore Marine Plans [EB/OL]. 2013-07-16. http://www.marinemanagement.org.uk/marineplanning/areas/documents/east_draftplans.pdf.
- [26] Qineti Q, Lloyd's Register, the University of Southampton. Global Marine Technology Trends 2030 [EB/OL]. 2017-08. https://cdn.southampton.ac.uk/assets/imported/transforms/content-block/Useful Downloads _ Download/F9AFACCCB8B444559D4212E140D886AF/68481%20Global%20Marine%20Technology%20Trends%20Autonomous%20Systems_FINAL_SINGLE_PAGE.pdf.
- [27] Research Councils UK. The Draft 2010 RCUK Large Facilities Roadmap [EB/OL]. 2010-7. <http://www.rcuk.ac.uk/cmsweb/downloads/rcuk/publications/Draft2010LFRoadmapforconsultation.pdf>.
- [28] 陈春, 高峰, 鲁景亮, 等. 日本海洋科技战略计划与重点研究布局及其对我国的启示 [J]. 地球科学进展, 2016, 31 (12): 1237-1244.
CHEN Chun, GAO Feng, LU Jingliang, et al. Analysis on Marine Science and Technology Strategy and Key Layout of Japan and the Inspirations to China [J]. Advances in Earth Science, 2016, 31 (12): 1247-1254.
- [29] 日本首相官邸综合海洋制作本部. 海洋基本計画 [EB/OL]. 2013-04-26. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/130426kihonkeikaku.pdf>.
- [30] 薛桂芳. 澳大利亚海洋战略研究 [M]. 北京: 时事出版社, 2016.
XUE Guifang. Maritime Strategy Of Australia [M]. Beijing: Current Affairs Press, 2016.
- [31] Oceans Policy Science Advisory Group. Marine Nation 2025: Marine Science to Support Australia's Blue Economy [EB/OL]. 2013-03-01. https://www.aims.gov.au/documents/30301/550211/Marine+Nation+2025_web.pdf.
- [32] AIMS. AIMS Strategic Plan 2015-25 [EB/OL]. 2015. <https://www.aims.gov.au/documents/30301/0/AIMS+Strategic+Plan+2015-2025>.
- [33] Australian Government Department of the Environment. Reef 2050 Long-term Sustainability Plan [EB/OL]. 2015-03-22. <http://www.gbrmpa.gov.au/managing-the-reef/reef-2050>.
- [34] 中国科学院海洋领域战略研究组. 中国至 2050 年海洋科技发展路线图 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
Chinese Academy of Sciences. Marine Science & Technology in China: A Roadmap to 2050 [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [35] 国家自然科学基金委员会, 中国科学院. 未来 10 年中国学科发展战略: 海洋科学 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
National Natural Sciences Foundation Commette & Chinese Academy of Sciences. The Developmant Strategy of Chinese Sciences in Next Decade in China: Ocean Sciences [M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [36] U. S. Department of State. Our Ocean Action Plan

- [EB/OL]. 2014-06-17. http://www.cmts.gov/downloads/US_ocean_action_plan.pdf.
- [37] 科技部. 澳大利亚发布海洋气候变化报告 2012 [EB/OL]. 2012-09-03. http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201209/t20120903_96500.htm. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Australia issued Marine Climate Change in Australia 2012 [EB/OL]. 2012-09-03. http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/201209/t20120903_96500.htm.
- [38] MCCIP. Marine Climate Change Impacts-10 Years' Experience of Science to Policy Reporting [EB/OL]. 2017. <http://www.mccip.org.uk/media/1770/mccip-report-card-2017-final-artwork-spreads.pdf>.
- [39] NOAA. NOAA Ocean Acidification Program Project [EB/OL]. 2011-05-01. <https://oceanacidification.noaa.gov/WhoWeAre.aspx>.
- [40] Arctic Monitoring and Assessment Programme. AMAP Arctic Ocean Acidification Assessment: Summary for Policy-makers [EB/OL]. 2013-05-13. <https://www.iaea.org/ocean-acidification/download/Resources/Audience/Policy%20makers/AOA-PolicySummary.pdf>.
- [41] UNEP. UNEP Annual Report 2011 [EB/OL]. 2012-02. <http://staging.unep.org/annualreport/2011/>.
- [42] UNEP. 2014. UNEP Report: Plastic Pollution Threatens the Marine Environment [EB/OL]. 2014-06-24. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9238/-Valuing%20plastic;%20the%20business%20case%20for%20measuring,%20managing%20and%20disclosing%20plastic%20use%20in%20the%20consumer%20goods%20industry-2014Executive%20Summary%20-%20Chinese-new..pdf?sequence=9&isAllowed=y>.
- [43] IOP. Modeling Marine Surface Microplastic Transport to Assess Optimal Removal Locations [EB/OL]. 2016-11-01. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/1/014006>
- [44] Institute European Environmental Policy. Plastics, Marine Litter and the Circular Economy [EB/OL]. 2016-10-24. <https://ieep.eu/publications/natural-resources-and-waste/resource-use/2016/10/plastics-marine-litter-and-the-circular-economy>.
- [45] IRENA. Ocean Energy: Technology Readiness, Patents, Deployment Status and Outlook [EB/OL]. 2014-08. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Ocean_Energy_report_2014.pdf.
- [46] US ARCTIC. Report on the Goals and Objectives for Arctic Research 2017-2018 [EB/OL]. 2017-03-03. https://storage.googleapis.com/arcticgov-static/publications/goals/usarc_goals_2017-2018_version_2.pdf.
- [47] NOAA. U. S. Arctic Nautical Charting Plan [EB/OL]. 2013-02-15. <https://nauticalcharts.noaa.gov/publications/docs/arctic-nautical-charting-plan.pdf>.
- [48] 陈鹰, 杨灿军, 陶春辉, 等. 海底观测系统 [M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- CHEN Ying, YANG Canjun, TAO Chunhui, et al. Deep Sea Observatory System [M]. Beijing: Ocean Press, 2006.