

2018年海洋科学领域研究热点解析*

张灿影¹, 王金平^{2**}, 高峰², 冯志纲¹, 孔秀³, 王琳¹, 於维樱¹, 马丽丽⁴

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院兰州文献情报中心, 甘肃兰州 730000; 3. 中国科学院深海科学与工程研究所, 海南三亚 572000; 4. 中国科学院武汉文献情报中心, 湖北武汉 430071)

摘要: 2018年海洋科学领域在海洋生物、物理海洋、海洋地质、海洋环境以及海洋技术等方面取得重要的研究进展。本文主要基于2018年国际海洋科学领域的重要科学战略规划、重要科研动态和重要科技文献等, 概括总结2018年海洋科研前沿领域取得的突破性进展, 如海洋微塑料、海洋脱氧、两极冰川变化、大西洋经向翻转环流、厄尔尼诺-南方涛动、珊瑚礁生态系统、废水注入与地震的关系、水产养殖和渔业管理以及海洋新技术研发与应用等, 以期为我国海洋科技研究人员和管理人员提供参考和借鉴。

关键词: 海洋科学 态势发展 研究热点 海洋新技术 研究前沿 战略规划

中图分类号: P73 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2019)03-0291-08

0 引言

海洋占地球表面面积的71%, 其巨大的科学研究潜力和丰富的资源, 吸引着各海洋强国的广泛关注。党的十九大报告明确提出“坚持陆海统筹, 加快建设海洋强国”的重要战略部署, 为加强和改进新形势下的海洋工作指引方向。美国、英国、日本和澳大利亚等国拥有辉煌的海洋开发历史, 是全球最重要的海洋国家, 其海洋政策的动向对全球相关领域有较大影响。2018年全球海洋科研工作者在海洋生物、物理海洋、海洋地质、海洋环境以及海洋技术等方面的研究持续推进, 围绕海洋微塑料污染、全球变暖对海洋的影响、渔业管理和海洋观测探测技术等热点问题, 开展一系列的研究工作, 取得诸多突破。本文主

要以2018年度国际海洋科学领域的重要科学战略规划、重要科研动态和重要科技文献等为对象, 分析概括这些战略规划以及重要研究成果, 加强国际研究前沿动态的了解, 包括前沿研究思路和技术方法, 以期为我国海洋科技研究人员和管理人员提供参考和借鉴。

1 重要规划与战略

1.1 国际组织

为应对日益严峻的塑料污染特别是海洋塑料污染, 2018年1月16日, 欧盟委员会发布《欧洲循环经济中的塑料战略》, 战略提出到2030年欧盟成员国将实现所有塑料包装产品的循环利用, 减少一次性塑料产品消费, 限制在产品中使用微塑料(如在化妆品中

* 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划子项目(2016ASKJ11-ZRW03)和海南省重点研发计划(ZDYF2018189)资助。

【作者简介】

张灿影(1989-), 女, 硕士, 馆员, 主要从事海洋战略情报研究, E-mail: zhangcanying@qdio. ac. cn.

【**通信作者】

王金平(1985-), 男, 副研究馆员, 主要从事海洋战略情报研究, E-mail: wangjp@llas. ac. cn.

【引用本文】

DOI: 10. 13656/j. cnki. gxkx. 20190618. 001

张灿影, 王金平, 高峰, 等. 2018年海洋科学领域研究热点解析[J]. 广西科学, 2019, 26(3): 291-298.

ZHANG C Y, WANG J P, GAO F, et al. Analysis of hotspots in marine science research in 2018 [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(3): 291-298.

添加微塑料),具体举措包括提高塑料回收的经济效益、减少塑料垃圾产生、防治海洋塑料污染、推动投资与创新以及加强国际合作 5 个方面。2018 年 2 月,为明确联合国海洋科学十年可持续发展计划的总体目标及实施要素,联合国教科文组织发表《联合国海洋科学十年可持续发展路线图》指出,海洋科学十年(2021—2030 年)可持续发展计划的总体目标包括:实现开展可持续发展的海洋科学研究所需要的科学知识储备、基础设施建设及广泛合作交流;提供海洋科学发展所需的数据和信息,为海洋科学的《2030 年议程》取得良好进展提供政策支持。4 月 13 日,国际海事组织在伦敦通过减少船舶温室气体排放的初步战略,力争 2050 年温室气体排放总量比 2008 年至少减少 50%,并逐步实现零碳目标。

1.2 美国

为确保美国海洋强国的国际地位,美国有关部门和机构发布一系列规划和报告。5 月 21 日,美国发布《蓝色未来:梳理中美海洋合作的机遇》,通过中美海洋对话确定两国在海洋资源管理和可持续发展方面的合作途径。10 月,美国国家海洋和大气管理局(NOAA)发布升级版的《NOAA 珊瑚礁保护战略规划》,更新后的战略规划列出保护珊瑚礁生态系统的重点事项,包括增强应对气候变化的能力、促进渔业可持续性、减少陆源污染和恢复珊瑚种群。11 月,美国国家科学技术委员会发布题为《美国国家海洋科技发展:未来十年愿景》的报告,确定 2018—2028 年间海洋科技发展的迫切需求与发展机遇,以及未来十年推进美国国家海洋科技发展的目标,包括了解地球系统上的海洋、促进经济繁荣、确保海上安全和保障人类健康。

1.3 英国

3 月,英国发布《预见未来海洋》报告,从海洋经济发展、海洋环境保护、全球海洋事务合作、海洋科学等 4 个方面分析阐述英国海洋战略的现状和未来需求。7 月,英国自然环境研究理事会(NERC)宣布未来 5 年将投资 2 200 万英镑用于与气候相关的大西洋科学研究项目。11 月 19 日,为应对英国水产养殖面临的战略挑战,英国 NERC、生物技术与科学研究理事会共同发起英国水产养殖计划,共资助 510 万英镑,用于藻类疫苗研发、遗传和育种模式、贝类可持续发展、鳕鱼肾脏疾病免疫、鲑鱼的健壮程度以及它们对疾病的免疫程度等方面的研究。

1.4 其他国家

2018 年 2 月 20 日,日本基金会宣布“海底 2030 项目”全面投入运营,计划于 2030 年完成全球海底深度地图绘制。4 月,澳大利亚科学院和新西兰皇家学会联合发布《发现生物多样性:澳大利亚和新西兰的分类学和生物系统学十年规划(2018—2027)》,报告指出澳大利亚和新西兰大多数的物种还未被发现、命名记录,未来 10 年需要推动分类学和生物系统学的发展,利用新兴技术,发展关键基础设施,满足澳大利亚和新西兰独特的生物多样性需求。5 月,日本《海洋基本计划》发布,将海洋政策重点从海洋资源开发调整为海洋安全保障。6 月,澳大利亚海洋科学研究所(The Australian Institute of Marine Science, AIMS)发布《北部地区海洋科学计划》,以促进澳大利亚北部地区的海洋研究成果能够推广应用。10 月,法国国家研究中心等机构提出应对气候变化的十三项海洋解决方案,方案可以分为 4 个主题:遏制气候变化的致因,如开发可再生的海洋能源或恢复、保护海洋植物以捕获和储存碳;通过建立海洋保护区、减少污染和禁止过度开采资源等方式保护生态系统;通过改变云层或海洋反射率来保护海洋免受太阳辐射的影响;直接操纵物种的生物和生态适应性,例如物种迁移等。

2 重大前沿及突破性进展

2.1 海洋微塑料研究

英国科研人员最早在《科学》杂志上发表关于海洋水体和沉积物中塑料碎片的论文,并首次提出微塑料的概念,其定义为直径小于 5 mm 的塑料纤维、颗粒或者薄膜,又被称作“海洋 PM 2.5”^[1]。海洋微塑料在海洋环境中广泛存在,其来源有两个:一是直接排放至海洋的小颗粒,二是海洋环境中大块塑料分解而成的小颗粒。微塑料的数量日益增多,对生物和生态产生显著影响,澳大利亚格里菲斯大学主导的一项研究表明南极磷虾可将摄入的微塑料(31.5 μm)分解为直径小于 1 μm 的碎片,并将其排出体外^[2]。目前最普遍的塑料微粒是纤维,纤维很容易从地毯和羊毛衣服等普通材料中脱落,并因其体积小所以能被如浮游动物这样的海洋生物摄食。然而,迄今为止很少有研究关注纤维的海洋污染,有研究表明贝类可以消耗微纤维,但目前还不清楚他们消耗速度以及纤维存留时间^[3]。

澳大利亚海洋科学研究所研究人员首次在大堡

礁鳐鱼的肠道中发现 115 种人造垃圾碎屑(包括微塑料纤维), 其中 94% 的碎屑是半合成和天然衍生材料的混合物, 6% 是合成材料。但在幼珊瑚鳐鱼中检测到的微纤维来源目前尚不清楚, 可能包括国内、陆基和船运污水排放, 也可能包括通过海洋或大气运输的国际来源^[4]。

目前关于微塑料的研究往往重点关注受到负面影响的物种, 然而, 为更好地理解生态群落对人类压力的反应, 对那些污染物容忍度高的生物体进行研究同样重要。香港理工大学的一项研究结果显示, 与研究过的其他物种相比, 一定浓度的微塑料对 *Crepidula onyx* 的生长和发育没有影响, 表明这些小侵略者可能会进一步威胁其他耐压性差的海洋生物^[5]。

2.2 海洋脱氧(海洋含氧量下降)研究

气候变化是海洋缺氧的罪魁祸首。自 1950 年以来, 海洋低氧区增加 10 倍多, 贫氧海域扩张 4 倍, 其中某些区域已失去 40% 的氧气。据预测, 随着人口和经济的增长, 在全球持续变暖和向沿海地区增加营养输入的情况下, 脱氧问题在未来几年将更加严重。2018 年 9 月 3—7 日, 来自 33 个国家的 300 多名科学家共同探讨海洋中氧气含量下降(即海洋脱氧)的原因及影响, 并发布《基尔宣言》, 呼吁全球提高对海洋脱氧的关注, 并应迅速采取行动限制海洋污染, 尤其是过度营养输入和决定性的减缓气候变化行动^[6]。

美国罗德岛大学的研究人员发现, 由于气候变化, 低氧区可能会迅速扩大, 导致远洋中层海域生态系统发生重大变化, 即使是轻微的海洋缺氧(氧气水平下降不到 1% 时), 也会对微小浮游动物产生重大影响^[7]。史密森尼环境研究中心研究人员发表在《科学》杂志上一项研究表明, 20 世纪中叶开始, 公海和沿海水域含氧量降低主要是由温室气体排放的增加和沿海水域营养物质排放(农业灌溉、污水排放等)所导致。公海的低氧区已经扩大几百万平方公里, 上百处沿海地区的含氧量已经低至会影响动物的分布、限制动物繁殖并改变重要营养物质的循环^[8]。

波罗的海是世界上最大的低氧区之一, 大部分海洋动物在那里无法生存。这片海域长期以来一直处于低氧状态, 芬兰图尔库大学的一项研究表明, 波罗的海缺氧现象开始于 20 世纪初, 比之前人们认为的要早几十年。人类带来的污染(化肥和污水)是主要原因, 过度的氮磷营养污染可能会导致藻华而进一步加剧沿海地区的氧气消耗, 使该海域缺氧状态长时间不能逆转^[9]。新西兰奥塔戈大学研究人员利用轴同

位素技术估计海洋中的氧含量, 确定数百万年前海洋中脱氧次数, 并发现由高二氧化碳排放量和较高温度造成的营养物质流失可能是缺氧(或称去氧)事件的驱动因素^[10]。也有研究表明, 全球冷却造成的全球海洋缺氧事件导致晚期奥陶纪大规模灭绝或海洋动植物灭绝, 在奥陶纪晚期大规模灭绝期间, 缺氧海底的数量大约增加 15%, 而现代海洋只有不到 0.5% 的海底是缺氧状态(主要是黑海)^[11]。加州大学圣克鲁斯分校研究人员在《自然》杂志发文号召全社会和政府共同行动起来, 采取有效措施扭转含氧量降低的局面, 提出增强公众忧患意识、加强互动的必要性^[12]。

2.3 两极冰川变化研究

自 1992 年以来, 南极冰盖的融化使全球海平面上升 7.6 mm, 其中 2/5 的海平面上升(3.0 mm)发生在过去的 5 年时间内^[13]。20 世纪中期以来船载观测显示南极洲周围海冰总面积呈长期下降趋势, 冰架变薄速度最快的区域位于西南极洲的阿蒙森海(Amundsen)和别林斯高晋海(Bellingshausen), 1994—2012 年损失 10%~18% 的冰架^[14]。西南极冰盖的融化对海洋温度变化高度敏感, 其融化速度会随着深海温度的变化而加快或减慢, 而且变化幅度远比以前认为的要大^[15]。亚利桑那大学的一项新研究表明, 近年来南极冰盖融化速度加快, 到 2100 年, 海平面可能比先前估计的大约 76 cm 多增加 25 cm; 另外, 随着南极冰盖的融化, 大气层变暖将延迟大约十年, 但海平面上升将加速; 再者, 除缓慢变暖和增加海平面外, 南极冰盖的融化将改变降水状况, 比如热带雨带将向北移动^[16]。

德国波茨坦气候影响研究所等机构的研究指出南极洲冰川边缘微小冰层的损失可以加速几百千米外岩石上冰的移动^[17]。美国国家航空航天局(NASA)等机构的新研究指出, 强厄尔尼诺事件会造成南极冰架严重的冰层损失, 而在强拉尼娜现象下则相反^[18]。通过分析 1995—2009 年 5 次主要的冰架崩塌, 澳大利亚南极局研究人员发现最近几十年来风暴驱动的海洋膨胀(Ocean swell)引发南极冰架的灾难性解体, 研究认为将海冰及海浪纳入冰盖模式将有助于科学家在气候变化过程中更准确地预测剩余冰架的发展以及南极冰盖在海平面上升中的贡献^[19]。法国海洋局一项研究表明, 在年际和年代际尺度上, 海浪对近岸海平面变化的影响与冰川融化、海洋的热膨胀同等重要, 海浪的作用可以很大程度上减弱或者增强冰川融化以及海洋热膨胀所造成的近岸海平面

上升趋势^[20]。

2.4 大西洋经向翻转环流(AMOC)研究

2005年英国国家海洋研究中心科学家提出AMOC有明显减弱的迹象^[21],而由于人类活动导致的气候变暖,环流可能会再次进入脆弱阶段。英国伦敦大学一项研究表明,北大西洋海域的深对流早在1850年左右开始下降,可能是因为“小冰河时期”北极冰层融化生成的淡水的流入,导致海洋环流减弱。由于二氧化碳的持续过量排放,预计未来气候将继续变暖,冰层将继续融化^[22]。波茨坦气候影响研究所研究人员对全球气候模式和海表温度数据集进行分析,认为AMOC在20世纪中叶左右开始减弱,其速度比原速度下降15%,在冬季和春季表现最为明显,并导致北大西洋部分海域表面温度下降,以及墨西哥湾平均气流的轻微偏北移动^[23]。美国得克萨斯大学奥斯汀分校研究人员发现大西洋洋流变化与陆地降水之间存在关联性,并且这种关联性已经存在数千年,这一重要发现将有助于科学家认识和理解地球历史气候过程控制要素将如何影响现在和未来的气候^[24]。华盛顿大学和中国海洋大学的新研究发现,这种减弱不是由全球变暖引起的,而是大西洋环流自身数十年周期的一部分,而这将影响未来几十年的气温^[25]。

2.5 厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)

厄尔尼诺南方涛动(ENSO)是太平洋赤道地区的信风和海洋表面温度的不规则周期性变化。韩国浦项科技大学领导的一项研究表明,大西洋海表温度的变化可以提前一年多预测厄尔尼诺和拉尼娜这样的极端气候变化^[26]。韩国釜山国立大学通过分析导致厄尔尼诺事件发生变化的关键机制,发现东太平洋厄尔尼诺事件的特点,其回归时间为3~7年,而中太平洋事件往往平均2~3年发生一次,回归时间的不同取决于大气和海洋相互作用的剧烈程度^[27]。

中国海洋大学一项研究发现温室效应下的东部型厄尔尼诺-南方涛动(EP-El Niño)的变率增加,而EP-El Niño事件发生时,强烈的海温变暖会导致美国西南部、厄瓜多尔和秘鲁东北部的干旱以及西太平洋周边地区的干旱。极端情况下,还会导致东太平洋海洋生物的大量死亡,太平洋及其以外珊瑚的大量白化,以及热带辐合带和南太平洋辐合带向赤道移动,并导致太平洋一些区域发生灾难性的洪水而其他区域却严重干旱^[28]。

2.6 珊瑚礁生态系统研究

珊瑚礁是地球上最多样化的生态系统之一,有着巨大的文化、生态和经济价值,在保护海岸线免受海浪和风暴的破坏方面发挥着重要作用,同时也为许多海洋生物提供栖息地和避难所,然而珊瑚礁面临着多重压力,包括海平面上升、营养机制的改变、海洋酸化以及海洋温度的升高。海洋酸化影响珊瑚礁的整个生态系统,而不仅仅是单个的生物或物种^[29],而且随着海水pH值的下降,珊瑚钙化空间中的碳酸盐离子浓度也会下降,因此在pH值较低的海水中,珊瑚的骨骼更薄,更容易受到海浪冲击和侵蚀的影响^[30],但有一些珊瑚能够通过自我调节含钙量对抗海洋酸化的影响^[31]。美国加州大学欧文分校生态学家在Nature发文指出浅水海岸生态系统中的海洋植物和海藻可以通过光合作用降低周围环境的酸度,因此维持原生海水植被可以部分削弱二氧化碳水平升高引起的、对海水pH值比较敏感的珊瑚礁的酸化效应^[32]。

全球珊瑚礁受海洋温度升高的威胁,是导致珊瑚白化的主要原因。之前有学者认为深海珊瑚比浅水珊瑚更安全,不会受到海洋变暖的影响,但加州大学圣迭戈分校的一项研究表明,即使在深海中,珊瑚偶尔也会暴露在变暖的海水中,而仅靠海洋表面测量数据可能无法准确预测深海珊瑚承受的热力强度^[33],这对长期以来深海珊瑚可以作为海洋生物的避难所的观点提出质疑^[34]。珊瑚白化摧毁大片珊瑚礁,且现在发生的概率是40年前的5倍,但有研究表明在有更高频温度变化的区域(即白天水温升高,夜间下降),珊瑚礁不容易发生白化。每天温度的变化会使珊瑚在热应激事件发生时变得更强、更有抵抗力,这些珊瑚的存在可能为珊瑚礁恢复提供可能^[35]。

弗吉尼亚海洋研究所研究人员通过使用尖端的基因组技术来研究海洋变暖和酸化对珊瑚的影响和其共生藻类的影响是否会有所不同,结果表明共生藻类比其珊瑚宿主有更强的应对气候变化能力^[36]。研究预测,未来珊瑚将对温度的波动更加敏感,并加剧其偶然死亡率,但大堡礁整体珊瑚种群将成功地适应变暖,并至少再生存一个世纪。研究呼吁相关部门出台管理策略,减小自然界干预珊瑚礁珊瑚遗传多样性的可能,增加珊瑚存活概率^[37]。

2.7 废水注入与地震的关系研究

水力压裂是油气开采最常用的生产方法,通过压裂技术使得油气产量快速增长的同时,更多的废水被回注到地下^[38]。压裂本身通常不会引发地震,而压

裂过程中废水注入则会增加地震活动的风险,在短时间内大量注入废水,当其临近应力断层临界时,可能会引起持久的地震活动^[39]。弗吉尼亚理工学院暨州立大学的研究人员通过地震和地下水模拟分析发现,经历过地震的地点与大规模废水注入地点在时空上紧密相关,年平均注入井位置是地震活动增加的预测指标,为减少大地震的风险,需要大规模减少废水注入量^[40]。

阿卜杜拉国王科技大学研究人员基于对水力压力废水注入与诱发地震之间关系的模拟,认为废水注入引发地震的大小不仅取决于注入流体的体积,还取决于存储在附近断层上的能量。其研究结果可通过量化地震在废水注入点之外能够传播的距离,从而预测诱发地震的最大震级及范围^[41]。

英国布里斯托大学领衔的研究小组基于贝叶斯网络方法,并结合美国地质调查局(USGS)的注入井记录和地震数据,对过去6年废水的注入体积、深度、位置以及地质特征间的关系进行详细分析,结果发现废水注入的深度与地震矩释放量密切相关,注井越远离结晶基底,地震矩释放越小,将注入深度限制在距离结晶基底200~500 m内,可将年度地震矩释放量降低1.4~2.8倍,该项研究可以使监管行为在地震效应方面得到合理的量化评估^[42]。

2.8 水产养殖和渔业管理

加州大学圣巴巴拉分校研究人员发现,随着水温上升,沿海国家的总体水产养殖生产潜力会随着时间的推移而下降。该研究特别关注3种变化的海洋条件:海洋表面温度、海洋酸化以及藻类的变化^[43]。该研究的第一作者发表的另一项研究也表明,如果当前的水产养殖和农业在未来保持不变,那么到2050年,野生饲料鱼的数量很可能会被过度捕捞,因此需要合理地改变水产养殖和农业生产以避免出现该情形。该研究团队首次尝试预测水产养殖和畜牧业对草鱼的需求,同时提出维持健康、稳定的野生鱼类种群生长所需的措施^[44]。美国弗吉尼亚大学和加州大学尔湾分校的一项研究结果表明,全球气温持续升高,到2300年世界渔业产量平均会下降20%,西太平洋大部分地区的渔业产量下降50%以上,而北大西洋的渔业产量将下降近60%^[45]。美国罗格斯大学等机构的研究结果显示,气候变化正在推动海洋物种向极地方向转移。如果按照目前的温室气体排放速度,到2100年,70多个国家将在其水域中看到新的鱼类种群,而两个邻国之间高价值物种分布的潜在变化可能

对渔业管理构成挑战^[46]。

目前,渔业活动覆盖全球至少55%的海洋,但非持续性的捕鱼模式已经耗尽世界各地沿海的渔业资源,给许多沿海和岛屿地区的粮食安全和文化特性造成威胁。戴尔豪斯大学等机构的研究结果表明,在公海的捕鱼船队对世界海产品供应的贡献不到3%。这一发现违背公海渔业对粮食安全至关重要的共同主张^[47]。利用卫星跟踪、机器学习和自动识别等跟踪技术,全球渔业观测站(Global Fishing Watch)的研究人员揭示全球渔业活动范围,该结果将有助于改善有关人员对世界海洋的管理^[48]。加州大学圣芭芭拉分校的一项研究发现停止过度捕捞会促进许多濒危物种的种群恢复,这些濒危物种大多数为商业捕捞中被误捕到的鱼类和其他海洋生物^[49]。

2.9 海洋新技术研发与应用

英国国家海洋研究中心(NOC)的创新型海洋机器人(ecoSUB)在苏格兰北部的奥克尼群岛完成试验任务。这种新型微型水下机器人试验的完成能有效帮助了解海洋自主水下系统的能力,将有可能改变海事领域的数据收集现状^[50]。另外,该中心发明的一款新型深海滑翔机(Deep glider),能够承受海洋最深处相当于600个大气压的压力,且可保持6个月以上的续航能力,可以测量海水温度、盐度、浮游植物丰度等参数^[51]。德国GEOMAR的研究人员通过数据管理,首次基于人工智能(AI)技术,开发出一套全新的、用于海底图像分析的全自动工作系统,该系统可以使潜水机器人或自主潜水器在深海中独立进行测量,并可科学地评估大量高精度海底图像数据,具有一定系统性和可持续性^[52]。英国新建的极地科考船“RRS Sir David Attenborough”下水并进入下一阶段的建造工作,该船是英国政府近30年来建造的最先进的极地科考船^[53]。美国国家航空航天局NASA成功发射一颗测冰卫星(ICESat-2),是同类中最先进的激光卫星,可测量极地高度的变化,计算其对全球海平面和气候变化的潜在影响,借助该卫星技术美国首次成功获得全球冰云分布图,从而填补一直以来无法直接探测冰云的科学空白^[54]。美国夏威夷大学和蒙特利湾水族馆研究所的科学家首次在海洋中部署远程自主式水下航行器(LRAUV),用于收集水温、化学及叶绿素等相关信息(微观藻类的指标)^[55]。加州大学圣地亚哥分校和伯克利分校的科学家们研发一种新型鳗鱼幼虫状机器人,该研究的关键创新点是使用鳗鱼机器人周边的盐水来产生驱

动电力。在未来的工作中,研究人员计划为鳗鱼机器人造一个头部来容纳一套传感器^[56]。

3 展望

本文主要概括 2018 年国际组织和重要海洋国家发布的海洋领域相关战略和规划,以及国际海洋科学研究人员围绕海洋领域重要问题进行的研究。从文中可以看出,国际组织和海洋强国都十分重视海洋健康问题,提出一系列举措以推动海洋可持续发展,应对气候变化对海洋生态系统造成的影响,并强调了国际合作的重要性。海洋微塑料已广泛存在于海洋中,影响着从浮游动物到大型动物的所有海洋生物的方方面面,包括觅食机制、生长环境和营养水平等。另外,持续的海洋脱氧现象正迅速蔓延,并对海洋生物、海洋生态系统和沿海社区构成威胁。海洋微塑料污染和海洋脱氧等问题已成为人类亟待应对解决的全球性重大海洋环境问题,引起科研人员极大关注,国际组织和主要国家也发布相关战略计划旨在进一步加强海洋污染治理和海洋环境保护。另外,气候变暖导致南极冰盖融化,加速海平面上升同样受到高度关注。受全球气候变化的影响,海水升温和海洋酸化已成为当今不争的事实,海洋变暖导致沿海国家的总体水产养殖生产潜力下降,海洋酸化和海洋变暖致使珊瑚礁严重退化、生态功能降低、生物丰富度和生产能力下降等问题也是近年来各国政府、海洋研究机构和学者的研究热点。海洋科考船和深潜器等是开展海洋研究必不可少的基础设施,2018 年海洋研究强国英国、美国和德国新研发的海洋技术手段得到应用,未来将进一步帮助研究人员开展更深入的海洋科学研究。

参考文献

- [1] THOMPSON R C, OLSEN Y, MITCHELL R P, et al. Lost at sea: Where is all the plastic? [J]. *Science*, 2004, 304(5672): 838.
- [2] DAWSON A L, KAWAGUCHI S, KING C K, et al. Turning microplastics into nanoplastics through digestive fragmentation by Antarctic krill [J]. *Nature Communications*, 2018, 9: 1001.
- [3] WOODS M N, STACK M E, FIELDS D M, et al. Microplastic fiber uptake, ingestion, and egestion rates in the blue mussel (*Mytilus edulis*) [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2018, 137: 638-645.
- [4] KROON F J, MOTTI C E, JENSEN L H, et al. Classification of marine microdebris: A review and case study on fish from the Great Barrier Reef, Australia [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8(1): 16422.
- [5] LO H K A, CHAN K Y K. Negative effects of microplastic exposure on growth and development of *Crepidula onyx* [J]. *Environmental Pollution*, 2018, 233: 588-595.
- [6] GEOMAR. The ocean is losing its breath [EB/OL]. [2018-01-04]. https://www.geomar.de/uploads/media/Kiel_declaration_fin_02.pdf.
- [7] WISHNER K F, SEIBEL B A, ROMAN C, et al. Ocean deoxygenation and zooplankton: Very small oxygen differences matter [J]. *Science Advances*, 2018, 4(12): eaau5180.
- [8] BREITBURG D, LEVIN L, OSCHLIES A, et al. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters [J]. *Science*, 2018, 359(6371): eaa7240. DOI: 10.1126/science.aam7240.
- [9] JOKINEN S A, VIRTASALO J J, JILBERT T, et al. A 1500-year multiproxy record of coastal hypoxia from the northern Baltic Sea indicates unprecedented deoxygenation over the 20th century [J]. *Biogeosciences*, 2018, 15: 3975-4001.
- [10] CLARKSON M O, STIRLING C H, JENKYN H C, et al. Uranium isotope evidence for two episodes of deoxygenation during Oceanic Anoxic Event 2 [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(12): 2918-2923.
- [11] BARTLETT R, ELRICK M, WHEELY J R, et al. Abrupt global - ocean anoxia during the Late Ordovician-early Silurian detected using uranium isotopes of marine carbonates [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(23): 5896-5901.
- [12] WITZE A. 3D ocean map tracks ecosystems in unprecedented detail [J]. *Nature*, 2017, 541: 10-11.
- [13] SHEPHERD A, IVINS E R, RIGNOT E, et al. Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017 [J]. *Nature*, 2018, 558: 219-222.
- [14] SHEPHERD A, FRICKER H A, FARRELL S L. Trends and connections across the Antarctic cryosphere [J]. *Nature*, 2018, 558(7709): 223-232.
- [15] JENKINS A, SHOOSMITH D, DUTRIEUX P, et al. West Antarctic Ice Sheet retreat in the Amundsen Sea driven by decadal oceanic variability [J]. *Nature Geoscience*, 2018, 11: 733-738.
- [16] BRONSELAER B, WINTON M, GRIFFIES S M, et al. Change in future climate due to Antarctic meltwater [J]. *Nature*, 2018, 564: 53-58.
- [17] REESE R, GUDMUNDSSON G H, LEVERMANN A, et al. The far reach of ice-shelf thinning in Antarctica [J]. *Nature Climate Change*, 2018, 8: 53-57.
- [18] PAOLO F S, PADMAN L, FRICKER H A, et al. Response of Pacific-sector Antarctic ice shelves to the El Niño/Southern Oscillation [J]. *Nature Geoscience*, 2018, 11: 217.
- [19] MASSOM R A, SCAMBOS T A, BENNETTS L G, et al. Antarctic ice shelf disintegration triggered by sea

- ice loss and ocean swell [J]. *Nature*, 2018, 558: 383-389.
- [20] MELET A, MEYSSIGNAC B, ALMAR R, et al. Under-estimated wave contribution to coastal sea-level rise [J]. *Nature Climate Change*, 2018, 8: 234-239.
- [21] BRYDEN H L, LONGWORTH H R, CUNNINGHAM S A. Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25°N [J]. *Nature*, 2005, 438(7068): 655-657.
- [22] THORNALLEY D J R, OPPO D W, ORTEGA P, et al. Anomalous weak Labrador Sea convection and Atlantic overturning during the past 150 years [J]. *Nature*, 2018, 556: 227-230.
- [23] CAESAR L, RAHMSTORF S, ROBINSON A, et al. Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation [J]. *Nature*, 2018, 556(7700): 191-196.
- [24] THIRUMALAI K, QUINN T M, OKUMURA Y, et al. Pronounced centennial-scale Atlantic Ocean climate variability correlated with Western Hemisphere hydroclimate [J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 392.
- [25] CHEN X, TUNG K-K. Global surface warming enhanced by weak Atlantic overturning circulation [J]. *Nature*, 2018, 559(7714): 387-391.
- [26] PARK J P, KUG J S, LI T, et al. Predicting El Niño beyond 1-year lead: Effect of the western hemisphere warm pool [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 14957. DOI: 10.1038/s41598-018-33191-7.
- [27] TIMMERMANN A, AN S I, KUG J S, et al. El Niño-Southern Oscillation complexity [J]. *Nature*, 2018, 559(7715): 535-545.
- [28] CAI W J, WANG G J, DEWITTE B, et al. Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming [J]. *Nature*, 2018, 564: 201-206.
- [29] MCQUAID J B, KUSTKA A B, OBORNIK M, et al. Carbonate-sensitive phytoferritin controls high-affinity iron uptake in diatoms [J]. *Nature*, 2018, 555(7697): 534-537.
- [30] MOLLICA N R, GUO W, COHEN A L, et al. Ocean acidification affects coral growth by reducing skeletal density [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(8): 1754-1759.
- [31] DECARLO T M, COMEAU S, CORNWALL C E, et al. Coral resistance to ocean acidification linked to increased calcium at the site of calcification [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2018, 285(1878): 20180564.
- [32] SILBINGER N J, SORTE C J B. Biophysical feedbacks mediate carbonate chemistry in coastal ecosystems across spatiotemporal gradients [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 796. DOI: 10.1038/s41598-017-18736-6.
- [33] SCHRAMEK T A, COLIN P L, MERRIFIELD M A, et al. Depth-dependent thermal stress around corals in the tropical Pacific Ocean [J]. *Geophysical Research Letters*, 2018, 45(18): 9739-9747.
- [34] REARDON S. Hurricane Maria's wrath leaves clues to coral reefs' future [J]. *Nature*, 2018, 560: 421-422. DOI: 10.1038/d41586-018-06014-y.
- [35] SAFAIE A, SILBINGER N J, MCCLANAHAN T R, et al. High frequency temperature variability reduces the risk of coral bleaching [J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 1671.
- [36] RIVEST E B, KELLY M W, DEBIASSE M B, et al. Host and symbionts in pocillopora damicornis larvae display different transcriptomic responses to ocean acidification and warming [J]. *Frontiers in Marine Science*, 2018, 5: 186.
- [37] MATZ M V, TREML E A, AGLYAMOVA G V, et al. Potential and limits for rapid genetic adaptation to warming in a Great Barrier Reef coral [J]. *PLOS Genetics*, 2018, 14(4): e1007220.
- [38] SCHULTZ R, ATKINSON G, EATON D W, et al. Hydraulic fracturing volume is associated with induced earthquake productivity in the Duvernay play [J]. *Science*, 2018, 359(6373): 304-308.
- [39] OGWARI P O, DESHON H R, HORNBACH M J. The dallas-fort worth airport earthquake sequence: Seismicity beyond injection period [J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2018, 123(1): 553-563.
- [40] POLLYEA R M, MOHAMMADI N, TAYLOR J E, et al. Geospatial analysis of Oklahoma (USA) earthquakes (2011-2016): Quantifying the limits of regional-scale earthquake mitigation measures [J]. *Geology*, 2018, 46(3): 215-218.
- [41] GALIS M, AMPUERO J P, MAI P M, et al. Induced seismicity provides insight into why earthquake ruptures stop [J]. *Science Advances*, 2017, 3: eaap7528.
- [42] HINCKS T, ASPINALL W, COOKE R, et al. Oklahoma's induced seismicity strongly linked to wastewater injection depth [J]. *Science*, 2018, 359(6381): 1251-1255.
- [43] FROEHLICH H E, GENTRY R R, HALPERN B S. Global change in marine aquaculture production potential under climate change [J]. *Nature Ecology and Evolution*, 2018, 2: 1745-1750.
- [44] FROEHLICH H E, JACOBSEN N S, ESSINGTON T E, et al. Avoiding the ecological limits of forage fish for fed aquaculture [J]. *Nature Sustainability*, 2018, 1(6): 298-303.
- [45] MOORE J K, FU W, PRIMEAU F, et al. Sustained climate warming drives declining marine biological productivity [J]. *Science*, 2018, 359(6380): 1139-1143.
- [46] PINSKY M L, REYGONDEAU G, CADDELL R, et al. Preparing ocean governance for species on the move [J]. *Science*, 2018, 360(6394): 1189-1191.
- [47] SCHILLER L, BAILEY M, JACQUET J, et al. High seas fisheries play a negligible role in addressing global food security [J]. *Science Advances*, 2018, 4(8): eaat8351.
- [48] KROODSMA D A, MAYORGA J, HOCHBERG T, et

- al, Tracking the global footprint of fisheries [J]. *Science*, 2018, 359(6378):904-908.
- [49] BURGESS M G, MCDERMOTT G R, OWASHI B, et al. Protecting marine mammals, turtles, and birds by rebuilding global fisheries [J]. *Science*, 2018, 359(6381):1255-1258.
- [50] National Oceanography Centre. Royal navy supports successful trials of new underwater micro-robots [EB/OL]. [2018-11-28]. <http://noc.ac.uk/news/royal-navy-supports-successful-trials-new-underwater-micro-robots>.
- [51] National Oceanography Centre. New deepglider ocean robot successfully trialled off southwest UK [EB/OL]. [2018-09-21]. <http://noc.ac.uk/news/new-deepglider-ocean-robot-successfully-trialled-southwest-uk>.
- [52] SCHOENING T, KÖSER K, GREINERT J. An acquisition, curation and management workflow for sustainable, terabyte-scale marine image analysis [J]. *Scientific Data*, 2018, 5:180181.
- [53] Launch of the RRS Sir David Attenborough hull into River Mersey [EB/OL]. [2018-06-11]. <https://nerc.ukri.org/press/releases/2018/28-ship/>.
- [54] Scripps Institution of Oceanography. Around the pier: NASA launches world's most advanced ice-measuring satellite into orbit [EB/OL]. [2018-10-04]. <https://scripps.ucsd.edu/news/around-pier-nasa-launches-worlds-most-advanced-ice-measuring-satellite-orbit>.
- [55] Monterey Bay Aquarium Research Institute. Self-driving robots collect water samples to create snapshots of ocean microbes [EB/OL]. [2018-03-08]. <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/03/180308085547.htm>.
- [56] CHRISTIANSON C, GOLDBERG N N, DEHEYN D D, et al. Translucent soft robots driven by frameless fluid electrode dielectric elastomer actuators [J]. *Science Robotics*, 2018, 3(17):eaat1893.

Analysis of Hotspots in Marine Science Research in 2018

ZHANG Canying¹, WANG Jinping², GAO Feng², FENG Zhigang¹, KONG Xiu³,
WANG Lin¹, YU Weiying¹, MA Lili⁴

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong, 266071, China; 2. Lanzhou Literature and Information Center of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu, 730000, China; 3. Institute of Deep-sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya, Hainan, 572000, China; 4. Wuhan Literature and Information Center of Chinese Academy of Sciences, Wuhan, Hubei, 430071, China)

Abstract: In 2018, the marine science field made important research progress in marine biology, physical oceanography, marine geology, marine environment and marine technology. Based on the important scientific strategic planning, important scientific research trends and important scientific and technological literatures in the field of international marine science in 2018, this article summarized the breakthrough progress in the frontier field of marine scientific research in 2018, including marine micro-plastics, ocean de-oxidation, polar glacier changes, Atlantic meridional overturning circulation, El Niño-southern oscillation, coral reef ecosystems, the relationship between wastewater injection and earthquakes, aquaculture and fisheries management, and the development and application of new marine technologies, so as to provide reference for researchers and managers of marine science and technology in our country.

Key words: marine science, development trend, research hotspot, new marine technology, research front, strategic planning

责任编辑:米慧芝