

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2019.04.001

# 气候变化与我国海洋灾害风险治理探讨

齐庆华, 蔡榕硕, 颜秀花

(自然资源部第三海洋研究所 海洋环境管理与可持续发展研究中心, 福建 厦门 361005)

**摘 要:** 本文基于观测数据和文献资料, 分析了近几十年来气候变化下我国沿海海平面和海表温度, 以及台风、风暴潮和赤潮等主要致灾因子及灾害损失的变化。结果表明, 近 40 年来, 我国沿海海平面和海表温度显著上升, 上升速率分别为 3.3 mm/a 和 0.016 °C/a, 高于全球平均和我国的历史变化水平, 2017 年中国沿海的海表温度达到了 1960 年有记录以来的最高值, 并且自 2000 年以来, 超强台风、风暴潮和赤潮等致灾事件的发生频次呈显著增加趋势; 气候变化下, 受关键海洋环境要素变迁和超强台风、风暴潮等极端事件的影响, 我国沿海地区暴露度明显加大。随着我国海洋防灾减灾水平的提高, 近 30 年来海洋灾害损失出现下降趋势。值得指出的是, 每年各类海洋灾害总损失仍高达百亿元量级 (年均直接经济损失约 120 亿元), 其中, 2005 年总损失达到最高值, 约 332 亿元, 这与致灾事件的强度以及各致灾事件、灾种的叠加放大效应有密切关系。本文进一步从气候变化综合风险理论角度出发, 结合海岸带及沿海地区致灾因子危险性、承灾体暴露度和脆弱性及其相互作用关系, 分析了气候变化背景下我国沿海地区海洋灾害风险的特征, 探讨了有关海洋灾害的监测、预测预警和风险治理能力建设等若干科学问题, 以期为我国沿海地区社会经济的可持续发展提供科学参考。

**关键词:** 全球气候变化; 海洋灾害; 风险管理; 生态文明; 可持续发展

中图分类号: X43

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2019)04-0361-07

## Discussion on climate change and marine disaster risk governance in the coastal China seas

QI Qing-hua, CAI Rong-shuo, YAN Xiu-hua

(Marine Environmental Management and Sustainable Development Research Center, Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Based on lasted observations and research literatures, the variations of the key environmental hazard elements in the coastal China seas (CCS) such as sea level, sea surface temperature, super typhoons, storm surges and red tides, as well as total economic losses of marine disasters under the climate change in the recent decades was briefly analyzed. The results show that in the past 40 years, sea level and surface temperature in the CCS have increased significantly, with the rate of 3.3 mm/year and 0.016 °C/year, respectively, higher than the global average and the historical mean in the CCS. The record-breaking SST along the coastal China in 2017 was the highest observation since 1960. The frequency of disasters caused by super-typhoons, storm surges and red tides has increased significantly since 2000. Under the influence of changes in the key marine environmental hazards and extreme events such as super typhoons and storm surges, the exposure of the coastal China areas has amplified greatly. With the improvement of marine disaster prevention and reduction measures in the coastal China area, the economic loss of marine disasters has been decreasing in the past 30 years. However, it is worth pointing out that the annual total economic loss of various marine disasters is still as much as 10 billion RMB (about 12 billion RMB of direct

收稿日期: 2019-02-20; 修订日期: 2019-04-08

基金项目: 国家社科基金重大项目 (17ZDA172)。

作者简介: 齐庆华 (1978-), 博士, 副研究员, 主要从事海陆气相互作用与气候和灾害风险评估研究。电子邮箱: qinghuaqi@tio.org.cn。

通讯作者: 蔡榕硕, 博士, 研究员, 主要从事气候变化和海洋环境风险研究。电子邮箱: cairongshuo@tio.org.cn

economic loss per year), of which the total economic loss reached the largest in 2005, about 33.2 billion RMB. This is closely related to the intensity of the disasters and the superposition and amplification effect of multiple disasters. Based on the risk of climate-related impacts from the interaction of climate-related hazard with the exposure and vulnerability of coastal human and natural systems in coastal areas, this paper further analyzes the characteristics of marine disaster risks in the coastal China areas under the background of climate change. And some scientific issues concerning marine disaster monitoring, prediction, early warning and capacity building of marine risk governance are discussed in order to provide scientific reference for the sustainable development of economy and society in the coastal China areas.

**Keywords:** global change; marine disasters; risk governance; ecological civilization; sustainable development

我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一。灾害种类多、发生频次高、分布地域广和社会影响大是我国自然灾害的基本状况（秦大河，2015；《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会，2015）。其中，全球气候变化背景下海洋灾害的频繁发生严重制约我国东部和沿海发达地区社会经济的可持续发展。海洋灾害是指海洋自然环境异常或激烈变化，导致在海上或海岸发生的对人类生命财产造成损害的自然灾害（国家海洋局，2018a）。气候变化下海洋灾害的影响、未来的关键风险及其治理是海洋环境与生态安全、沿海地区经济社会可持续发展面临的重大课题。党的十八大将生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”的总体布局，开启了中国生态文明建设新的历史征程。其中，加强气候变化下海洋灾害的防控与治理是加快我国海洋生态文明建设的重要任务（IPCC，2013）。气候变化深刻影响着我国自然和社会系统中灾害的发生发展，特别是致灾事件的发生规律、时空特征、致灾强度和影响深度广度出现新特点和新变化，各类灾害的突发性、极端性和难以预见性日显突出，灾害风险将进一步加大（秦大河，2015）。然而，目前对气候变化背景下海洋灾害风险的发生发展规律和变化趋势的认识明显不足，尤其是从多学科交叉的角度，对海洋灾害变化特征和风险格局等关键科学问题的认知还有待进一步提高。

由于灾害风险取决于致灾因子的危险性与承灾体的暴露度和脆弱性的相互作用（IPCC，2013；Hoegh-Guldberg et al，2014），其中，致灾因子是指可能造成生命财产损失、生态系统及环境资源破坏、社会系统混乱的环境变异因子，本文将其分为渐变性的孕灾环境，如海平面上升，以及突变性的致灾事件，如极端高温、台风、风暴潮和强降水

等；暴露度是指自然和社会系统中承灾体受到致灾因子不利影响的范围或数量，而脆弱性则是指承灾体其易受气候变化致灾因子不利影响的倾向或习性，其大小取决于承灾体对致灾因子不利影响的敏感程度以及自身的应对能力；暴露度和脆弱性是随时空尺度的变化而变化的，同时，还取决于经济、社会、人口、体制和管理等因素（秦大河，2015）。因此，灾害风险的有效管理也是开展海洋灾害有效治理的前提。首先需要找出海洋致灾的主要因子，阐明其灾变致险的致灾因子危险性及相关驱动因素，进而评估承灾体的暴露度和脆弱性以及这三者间的相互作用，从而提出并采取降低承灾体的暴露度和脆弱性等措施，达到减少海洋灾害风险和防灾减灾的目的。

为此，本文从分析近几十年来气候变化背景下海洋致灾因子的变化特征入手，选取并分析海平面上升、热带风暴或台风、风暴潮和赤潮等主要因子的变化趋势，进而结合我国海洋环境生态和沿海地区社会经济的暴露度和脆弱性等特征，分析气候变化下我国海洋灾害的变化趋势及其影响未来风险的特征。同时，提出海洋灾害风险治理的若干关键科学问题和措施建议，以期为我国海洋强国和生态文明建设提供科学参考。

## 1 中国海洋主要致灾因子的变化特点

气候变化正在给全球海洋环境、海岸带和沿海地区带来前所未有的威胁。气候变化导致海洋环境出现以水温升高、海平面上升和海洋酸化为主要特征的一系列物理和化学的连锁反应（IPCC，2013；Hoegh-Guldberg et al，2014；蔡榕硕等，2014），同时，气候变化与区域海洋变化之间的协同作用又将进一步加剧气候变化对海洋灾害发生发展的影

响, 并使其产生新的变化特征和趋势。

### 1.1 中国海洋关键环境要素的气候变化特征及影响

IPCC 第五次气候变化评估报告结果表明, 气候变化导致全球海洋变暖、冰川融化、海平面上升和海洋酸化的程度正在持续加强 (IPCC, 2013)。其中, 海表温度和海平面变化既是海洋环境与生物生态变化的重要气候指标和关键因子, 也是海洋灾害重要的孕灾环境要素 (秦大河, 2015; 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会, 2015)。基于国家海洋观测网测站资料 (李琰等, 2018) 的分析发现, 全球变暖背景下中国近海尤其是沿海海表温度呈现显著的波动上升趋势 (见图 1), 上升速率约为  $0.016\text{ }^{\circ}\text{C/a}$ , 高于全球海洋平均水平 ( $0.011\text{ }^{\circ}\text{C/a}$ ) (IPCC, 2013)。观测显示, 2017 年中国沿海海表温度是 1960 年有记录以来的最高值, 海表温度极端高值排名前 5 的年份依次是 2017 年、2015 年、2016 年、2002 年和 1998 年。研究表明, 海水温度升高引起的海洋环境的变迁会严重影响海洋生态系统和生物多样性, 如海洋地理等温线的改变 (蔡榕硕等, 2018) 将影响海洋物种的组成和地理分布以及海洋生态系统的服务功能 (徐兆礼, 2006; 卢振彬等, 2002; 张学敏等, 2005; 张晓龙等, 2005), 并引起赤潮、绿潮等生态灾害的频发 (Ma et al, 2009; Cai et al, 2016), 造成重大的海洋经济损失。

海平面上升主要是由气候变暖导致的海水增温膨胀、陆源冰川和极地冰盖融化等因素造成 (IPCC, 2013)。中国海平面公报显示 (国家海洋局, 2018b), 中国沿海海水变暖的同时, 海平面的变化总体呈波动上升趋势。分析表明, 1980–2017 年, 中国沿海海平面上升速率为  $3.3\text{ mm/a}$ , 高于历史变化速率水平, 同时也高于全球平均水平 ( $3.2\text{ mm/a}$ ) (IPCC, 2013)。2017 年中国沿海海平面较常年高  $58\text{ mm}$ 。中国沿海近六年的海平面均处于 30 多年来的最高位, 从高到低排名前 5 位的年份依次是 2016 年、2012 年、2014 年、2017 年和 2013 年, 见图 1。海平面上升是一种缓变性致灾影响因子, 其长期累积效应不仅导致海水入侵淹没沿海低洼地带、破坏生态环境, 而且导致风暴潮等灾害加重 (国家海洋局, 2018b; 齐庆华等, 2017a)。气候变暖背景下海平面的上升及影响正引起全球沿海国家的密切关注 (IPCC, 2013; Hoegh-Guldberg et al, 2014)。

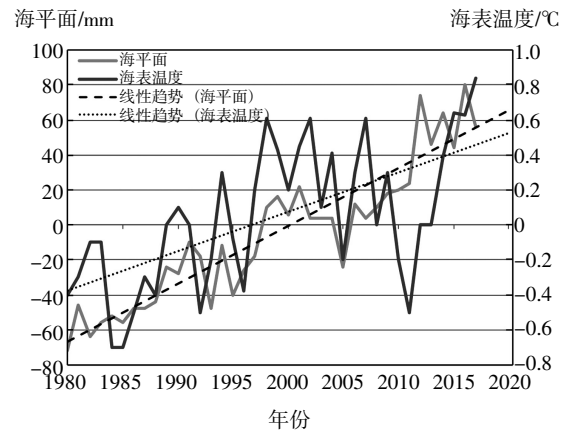


图 1 近 40 年来我国沿海海表温度和海平面异常变化  
(注:数据取自原国家海洋局;异常(距平值)的变化基于 1981–2010 年的气候平均值分析)

### 1.2 气候变化下中国海岸带和沿海地区的暴露度和脆弱性特征

我国拥有广袤的管辖海域、丰富的海洋资源和漫长的海岸线, 全国约 13.6% 的国土面积在沿海地区, 但聚集了全国 70% 以上的大城市和一半以上的人口, 创造了 60% 以上的社会财富, 对全国社会经济发展和文明进程起着主导作用 (于保华等, 2006)。中国海岸地区承载了众多的基于陆地和海洋的人类开发利用活动。近几十年来, 随着沿海地区社会经济的高度发展, 人口不断向沿海地区聚集, 社会财富快速累积, 这使得沿海地区面对气候变化和海平面上升以及台风、风暴潮等极端事件发生时具有更高的暴露度和脆弱性。因此, 当沿海地区自然和社会系统承灾体的暴露度越大时, 即可能受到致灾因子不利影响的范围越大或数量越多, 且承灾体对致灾因子不利影响的敏感程度越高或应对能力越弱时, 灾害风险也就越高, 致灾的程度也将愈为严重。历史数据分析均表明, 近几十年来, 我国近海海平面上升和海洋变暖趋势显著, 且极端事件增多 (Cai et al, 2017; Tan et al, 2018), 可以预见气候变化背景下未来海平面上升和海洋暖化等引发的各种海洋灾害影响, 将使得沿海地区自然和社会系统面对海平面上升和海洋变暖, 以及极端高温、超强台风、风暴潮和强降水等极端事件的暴露度呈现增加的趋势; 换言之, 上述致灾事件发生时的影响范围和承灾体在空间上的交集也将愈大, 这使得沿海地区面临海平面上升和极端事件带来的风险也越大 (蔡榕硕等, 2017)。

预计到21世纪中叶,我国沿海海平面将上升12~19 mm,全国海岸带地区受其影响的范围将达到 $8.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中江苏省海岸带受到可能影响的范围最大(国家海洋局,2018a)。由于台风主要集中在登陆我国海岸线的中部地带,因此,华南、华中和华东地区是台风灾害的高暴露区。受登陆台风影响严重的地区还有台湾东部、福建至广东雷州半岛和海南东部等地的沿海。台湾东部沿海和浙江沿海部分地区是台风平均强度最大的地区。此外,华南和东部地区的台风强度有增强趋势,该区域的台风灾害风险可能更明显(秦大河,2015)。对中国沿海地区的脆弱性评估表明,台风影响的高脆弱区主要分布在江苏省、山东省的大部分地区和广东、福建、浙江、河北的沿海区域(牛海燕等,2011)。根据风暴潮增水可能淹没的范围大小,中国沿海形成了三大高暴露区,分别是珠江三角洲、长江三角洲和长江以北的海湾和沿海地区。在海平面上升的影响下,风暴潮增水可能淹没的土地面积占全国沿海被淹土地的82%,且随着风暴潮水位高度的不同,被淹土地的面积比例显著增加(王康发生等,2011)。风暴潮高脆弱性区域主要在长江口以南的东南沿海地区,特别是广东、浙江与福建三省(谭丽荣等,2011)。

此外,海洋生态系统的地理分布与气候变化密切相关(蔡榕硕等,2018),除了气候变化引起的升温之外,气候变化也通过海洋灾害影响生物、生态系统的地理分布。因此,随着海洋致灾事件影响范围的扩大和频率的增加,也将加大海洋生态系统的暴露度。例如,中国海洋渔业和养殖主要集中在近岸浅水海域,近海渔业捕捞量占捕捞总量的90%以上(金显仕等,2015),气候变化已对海洋生物,尤其是重要、敏感、脆弱的海洋鱼类以及养殖业产生明显影响,同时,气候变化造成的海平面上升、极端高海温和海洋灾害等极端事件突发频发也已经对滨海湿地、珊瑚礁等关键海洋生境和生态系统产生了严重影响(余克服等,2004;王丽荣等,2018;国家海洋局海洋发展战略研究组,2014;蔡榕硕等,2015)。由此可见,气候变化对我国海洋环境和生态系统的影响不断加重,我国海岸带和沿海地区已成为受气候变化和海洋灾害影响的主要脆弱区(国家海洋局,2018a;蔡榕硕等,2015)。简言之,气候变化背景下,中国沿海和海

岸地区社会经济和生态资源等对海洋灾害的暴露度呈现明显加大趋势。特别是受全球气候变化的影响,中国海岸带和沿海地区环境、灾害、生态和资源等问题相互共存、相互影响,将表现出明显的系统性、区域性和复合性特征,而海洋致灾事件影响下中国海洋生态和环境暴露度以及脆弱性规模和类型等方面也会发生深刻变化。因此,气候变化下近岸海洋生态环境压力持续增大已成为建设海洋强国的制约性问题,也使得海洋生态文明建设的艰巨性、复杂性和紧迫性更加凸显。

综上所述,对气候变化下海洋致灾因子的发生发展以及沿海地区社会经济、生态资源的暴露度和脆弱性认识的不足,将会给海洋灾害治理,尤其是海洋灾害风险的预估和灾害的预测预警带来极大的困难。相反,如果能在海洋灾害应对中深入认识沿海地区自然和社会系统,如海洋生态和渔业资源等的暴露度和脆弱性,并充分考虑承灾体暴露度和脆弱性的相互关系和变化,积极采取降低承灾体暴露度和敏感性的措施,提高承灾体应对致灾事件的能力,减小其脆弱性,则能显著减少灾害的发生和经济社会的损失。例如,2016~2018年沿海地区破纪录的极端高温事件频繁出现(李琰等,2018;Tan et al, 2018)。其中,2018年8月,辽宁多地发生了持续的极端高温事件,局部地区最高气温甚至突破了 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,渤海破纪录的极端高温事件使得大面积海参养殖遭到毁灭性打击,造成了巨大的经济损失。然而,值得注意的是,此次极端高温事件侵袭带来的损失,主要发生在“池养海参”或“棚养海参”中,这种海参养殖池水深一般在2~3 m,海水升温快,流动性差,水池水体一周持续高温(温度超 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),因此,“池养海参”面对极端高温事件具有相当高的暴露度,在本次极端高温的袭击下大面积死亡。而采用“底播养殖”的海参却没有受到太大的影响,这是因为“底播海参”养殖方式面对极端高温事件的暴露度相对要低得多,养殖海参仍处于相对较低的海温中。此外,如能建立针对此类海水养殖业极端高温事件的早期预警系统,则有利于人们提早对“池养海参”采取降温措施,降低暴露度和敏感性,就能有效提高其应对防御极端高温事件的能力,从而避免大面积的损失。

### 1.3 气候变化下我国主要海洋灾害变化特征及其影响和风险

当前,影响我国沿海社会经济最严重的海洋致灾事件当属热带风暴或台风、风暴潮等极端事件,而赤潮或绿潮则是对海洋生物生态影响最严重的生态灾害。数据显示,上述主要致灾事件发生频次呈上升趋势,特别是2000年以来,超强台风(风速达到或大于 $51.0\text{ m/s}$ )、风暴潮和赤潮3种致灾事件的发生频次显著增加(见图2a),同时其演变也受到年际、年代际变率的调控,这均与全球变化和区域气候变率密切关联(齐庆华等,2017b)。从各类海洋灾害损失来看,近30年来,灾害总体损失呈明显下降趋势,这与我国海洋灾害风险管理水平的提高不无关系,但年灾害损失仍高达百亿元量级(年均直接经济损失约120亿元),例如,除1996/1997年海洋灾害损失较高外,2005年损失达到最高约计332亿元(图2b)。此外,影响严重的海洋灾害,如台风和风暴潮,均与致灾事件的强度以及各致灾事件、灾种的叠加放大效应有关(秦大河,2015)。

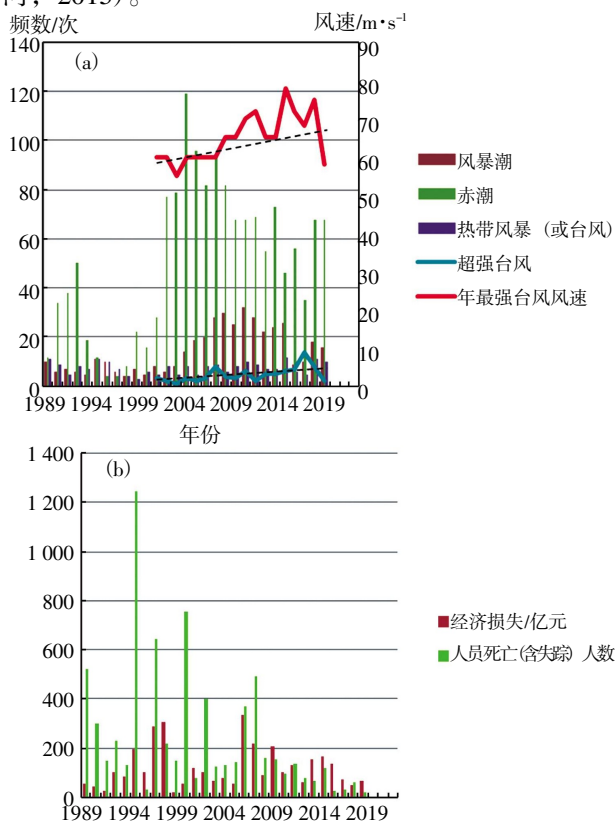


图2 近30年来影响我国沿海的热带风暴(或台风)、风暴潮和赤潮致灾事件频次及海洋灾害总体经济损失  
(数据来源:国家海洋局,2018a)

特别应指出的是,在全球气候变化的背景下,海洋成灾机理、发生发展规律、时空格局和致损程度均呈现出新的特点,致灾事件的突发性、极端性(频发、群发和强度加大等)、难以预见性日益突出。同时,结合全球变化下我国区域海洋气候环境变迁,以及沿海地区社会经济和生态资源等承灾体的暴露度和脆弱性增加,海洋灾害的风险也进一步加大。如,风暴潮是由强烈大气扰动如台风、热带气旋、温带气旋等引起的海面异常升高现象。随着工业化与城镇化发展,由于气候变化下海平面上升和天文大潮(抬高风暴潮基面)、气旋强度增强等负面因素的叠加效应,沿海地区将面临更加严酷的风暴潮灾害风险的挑战。此外,海岸带和沿海地区由于其特殊的地理环境与人类活动的重要关联,气候变化产生的灾害影响很可能被放大。然而,气候变化影响目前尚未系统全面纳入灾害风险评估体系(蔡榕硕等,2017)。

## 2 关于我国海洋灾害治理的若干关键科学问题和措施建议

气候变化对海洋环境和生态系统等诸多方面已经产生不同程度的影响,特别是海洋致灾事件的发生对生物生境、生态系统的功能及服务、物种分布格局、捕捞和养殖以及沿海工程建设等均具有严重的负面影响。因此,本文试图针对气候变化下海洋致灾事件的历史演变,包括渐变、突变等变率特征,未来风险评估等,提出以下有待深入研究和解决的科学问题及对策建议。概述如下:

### (1) 健全海洋环境立体化监测、观测体系

现有监测系统观测的手段相对滞后,观测资料稀缺,观测资料质量与均一性不高。尤其是针对海岸带与海洋环境要素和生态系统的观测,在监测要素和内容多样化、高时空分辨率、覆盖率和三维立体化程度,以及连续性和系统性等方面仍不能充分满足海洋防灾减灾的需要,亟待加强海洋灾害监测立体化观测网络,提高观测精度,为早期预警和防范提供重要基础资料。

此外,值得重视的是,推进监测、观测数据的共享是开展海洋灾害有效治理和防灾减灾的重要前提。

### (2) 提高海洋灾害机理和早期预警研究

目前,气候变化与我国海洋灾害成灾机理关系的预测理论仍有待深入研究,包括对影响海洋灾害

预测预报的关键物理过程和机制研究,如,对海平面上升和海温变化趋势的评估还主要依赖数理统计模型,利用海气耦合模式对海洋灾害进行预测的能力和评估技术不足,气候变化区域响应、预测和影响以及海洋灾害变化趋势和风险等相关领域的分析评估和研究能力也亟待加强。

(3) 创新海洋灾害风险评估与区划的技术和方法体系

基于海洋和大气等多学科的交叉研究,需加强海岸带和沿海地区的综合风险评估,完善沿海地区的风险区划工作。为此,在不同气候变化情景模式预估方面,需充分考虑海平面上升与台风、风暴潮叠加放大的致灾作用,以及气候变化和人类活动的胁迫影响;同时,综合承灾体的暴露度和脆弱性因素,确定致灾事件影响的风险性和承灾体的可恢复性。其次,基于海洋气候和海洋灾害观测与预报成果,建立海洋灾害风险评估与区划的新技术与方法,特别是需要开展联合致灾、巨灾机理以及孕灾环境的研究,以提高气候变化下海洋灾害风险评估的能力。

此外,还应加强海洋灾害过程,如灾前和灾后现状和现场调查,灾情报送与信息管理等,为海洋灾害与风险评估提供基础数据,为沿海重点地区和重要工程建设应对海洋灾害提供支撑和保障。

(4) 加强海洋领域适应气候变化和应对海洋灾害的能力建设

加快推进海洋灾害风险管理、应急管理和恢复重建等体系建设。在加深对气候变化下海洋灾害与风险新特点和趋势变化的认识基础上,制定和规范海洋灾害应急预案,特别是响应程序和组织管理以及协同联动机制,提高海洋灾害和应对能力,为有效应对海洋灾害提供制度保障。加强防灾减灾宣传教育、应急演练,提高全社会海洋灾害风险意识,最大程度减少海洋灾害造成的损失,以保障人民生命和财产安全。

充分考虑气候变化和海洋灾害影响,在海洋灾害评估和区划工作基础上,加强气候变化与海洋致灾事件对海岸带及沿海地区的影响和适应性等问题的研究,以及海洋生态系统的保护和恢复技术的研发。开展气候变化下沿海湿地和海洋生态环境的保护和修复工作,特别是红树林、珊瑚礁以及沿海湿地的保护和恢复技术,以降低海岸带生态系统的脆弱性。

### 3 结语

本文围绕气候变化下关键海洋环境要素变迁,海洋主要致灾因子的变化特征和影响,综合海岸带和沿海地区承灾体的暴露度和脆弱性特征,分析了海洋灾害风险的变化趋势,提出了海洋灾害风险研究的若干科学问题和建议,以期为深入认识海洋领域应对气候变化,特别是海洋灾害风险治理提供必要的科学参考。主要结论如下:

(1) 气候变化影响下,近40年来我国沿海海平面和海表温度显著升高,上升速率高于全球平均和我国的历史变化水平。其中,2017年中国沿海的海表温度达到了1960年有记录以来的最高值;并且,气候变化下海洋环境的渐变性可能会对海洋灾害的突发、频发以及强度的变化产生明显的影响。自2000年以来,超强台风、风暴潮和赤潮等致灾事件的发生频次显著增加,这对海洋灾害风险管理带来新的更大挑战。

(2) 近30年来,虽然我国沿海地区面对海平面和海温上升、台风、风暴潮等极端事件的暴露度趋于增加,但随着我国海洋防灾减灾水平的提高,海洋灾害总体损失出现下降趋势;不过值得注意的是,年灾害损失仍高达百亿元量级(年均直接经济损失约120亿元),其中,2005年损失达到最高,约332亿元,这与致灾事件的强度以及各致灾事件、灾种的叠加放大效应有密切关系。

(3) 气候变化下主要海洋致灾事件趋强趋多,并且,随着社会经济的快速发展,我国海岸带和沿海地区的海洋灾害风险将更加复杂多变,特别是各灾种联合致灾和巨灾的影响,使得灾害风险不断加大。在海洋灾害预测预警方面应进一步研发和引进新的预测模型,应特别考虑将气候变化、海平面上升和人类活动等的影响纳入海洋灾害与风险模型研究。但是,海洋灾害归因的复杂性、高分辨率资料不足,以及监测观测缺乏共享等制约着海洋灾害预测预警能力的提高。

(4) 未来海洋灾害风险格局存在极大的不确定性,加强海洋灾害与风险评估和区划是提高我国海洋灾害风险治理水平的重要基础。由于全球变化背景下海平面上升的影响,台风、风暴潮等多致灾因子的叠加放大效应,使得致灾因子的影响更具多样

性, 并且, 承灾体的暴露度和脆弱性存在动态变化特点。因此, 需要基于致灾因子的危险性、多承灾体暴露度和脆弱性的动态变化, 完善海洋灾害风险的评估和区划方法, 包括多致灾因子—多承灾体综合风险评估及空间区划, 并定期更新相关评估和规划成果。

此外, 提高应对和减缓海洋灾害的能力是海洋灾害风险治理的重要内容。同时, 基于海洋灾害风险的有效评估, 还应不断加强对海洋灾害风险的防御能力, 包括人工干预减缓灾害风险、降低灾害损失的新方法和新举措, 加强工程建设的灾害防御标准, 以及加强对生态系统的保护与修复等降低承灾体暴露度和脆弱性的适应措施。总之, 海洋灾害研究具有极端重要性, 海洋灾害与风险防治治理异常复杂, 相关工作仍有待进一步系统深入。

### 参 考 文 献

- Cai R S, Tan H J, Kontoyiannis H, 2017. Robust surface warming in off-shore China seas and its relationship to the East Asian Monsoon wind field and ocean forcing on inter-decadal timescales. *Journal of Climate*, 30(22): 8987–9005.
- Cai R S, Tan H J, Qi Q, 2016. Impacts of and adaptation to inter-decadal marine climate change in coastal China seas. *International Journal of Climatology*, 36(11): 3770–3780.
- Hoegh-Guldberg O, Cai R S, Poloczanska E, et al, 2014. The ocean// Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. U K and New York, USA: Cambridge University Press: 1655–1731.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basic Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.
- Ma Z, Xu Z, Zhou J, 2009. Effect of global warming on the distribution of *Lucifer intermedius* and *L. hanseni* (Decapoda) in the Changjiang estuary. *Progress in Natural Science: Materials International*, 19(10): 1389–1395.
- Tan H J, 2018. What caused the record-breaking warming in East China Seas during August 2016?. *Atmospheric Science Letters*, 19(10): 1–8.
- 蔡榕硕, 付迪, 2018. 全球变暖背景下中国东部气候变迁及其对物候的影响. *大气科学*, 42(4): 729–740.
- 蔡榕硕, 李本霞, 方伟华, 等, 2017. 中国海岸带和沿海地区全球变化综合风险研究. *中国基础科学*, (6): 24–29.
- 蔡榕硕, 齐庆华, 2014. 气候变化与全球海洋: 影响、适应和脆弱性评估之解读. *气候变化研究进展*, 10(3): 185–190.
- 蔡榕硕, 齐庆华, 谭红建, 2015. 气候变化与亚太海洋区域: 影响·适应·风险管理. *应用海洋学学报*, 34(1): 141–149.
- 陈杰, 胡澜, 2018. 中国特色社会主义生态文明建设的实现路径. *学理论*, (1): 19–21.
- 国家海洋局, 2018a. 1989–2017 年中国海洋灾害公报. <http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyzhgb/>
- 国家海洋局, 2018b. 2017 年中国海平面公报. [http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghpmgb/201804/t20180423\\_61104.html](http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghpmgb/201804/t20180423_61104.html)
- 国家海洋局海洋发展战略研究课题组, 2014. 中国海洋发展报告 (2014). 北京: 海洋出版社.
- 金显仕, 窦硕增, 单秀娟, 等, 2015. 我国近海渔业资源可持续产出基础研究热点问题. *渔业科学进展*, 36(1): 124–131.
- 李琰, 范文静, 骆敬新, 等, 2018. 2017 年中国近海海温和气温气候特征分析. *海洋通报*, 37(3): 296–302.
- 卢振彬, 戴泉水, 2002. 台湾海峡及其邻近海域渔业资源生产力和最大持续产量. *中国水产科学*, 9(1): 28–32.
- 牛海燕, 刘敏, 陆敏, 等, 2011. 中国沿海地区近 20 年台风灾害风险评估. *地理科学*, (6): 764–768.
- 齐庆华, 蔡榕硕, 2017a. 21 世纪海上丝绸之路海表温度异常与气候变率的相关性初探. *海洋开发与管理*, 34(4): 41–49.
- 齐庆华, 蔡榕硕, 2017b. 21 世纪海上丝绸之路海洋环境的气候变化与风暴灾害风险探析. *海洋开发与管理*, 34(5): 67–75.
- 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会, 2015. 第三次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社.
- 秦大河, 2015. 中国极端天气气候事件和灾害风险管理与适应国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2015.
- 谭丽荣, 陈珂, 王军, 等, 2011. 近 20 年来沿海地区风暴潮灾害脆弱性评价. *地理科学*, (9): 1111–1117.
- 王康发生, 尹占娥, 殷杰, 2011. 海平面上升背景下中国沿海台风风暴潮脆弱性分析. *热带海洋学报*, 30(6): 31–36.
- 王丽荣, 于红兵, 李翠田, 等, 2018. 海洋生态系统修复研究进展. *应用海洋学学报*, 37(3): 435–446.
- 徐兆礼, 2006. 东亚强真哲水蚤种群生态特征. *生态学报*, 26(4): 1151–1158.
- 于保华, 李宜良, 姜丽, 2006. 21 世纪中国城市海洋灾害防御战略研究. *华南地震*, 26(1): 67–75.
- 余克服, 蒋明星, 程志强, 等, 2004. 涠洲岛 42 年来海面温度变化及其对珊瑚礁的影响. *应用生态学报*, 15(3): 506–510.
- 张晓龙, 李培英, 李萍, 等, 2005. 中国滨海湿地研究现状与展望. *海洋科学进展*, 23(1): 87–95.
- 张学敏, 商少平, 张彩云, 等, 2005. 闽南—台湾浅滩渔场海表温度对鲈鳕鱼类群聚资源年际变动的初探. *海洋通报*, 24(4): 91–96.

(本文编辑: 王少朋)