

# 海平面上升叠加风暴潮对 2050 年 中国海洋经济的影响研究

张平<sup>1,2</sup>, 孔昊<sup>3,4</sup>, 王代锋<sup>3</sup>, 彭本荣<sup>3</sup>

(1. 国家海洋局海洋发展战略研究所, 北京 100161; 2. 国家领土主权与海洋权益协同创新中心, 湖北 武汉 430072; 3. 厦门大学环境科学研究中心, 福建 厦门 361102; 4. 福建省海岛与海岸带管理技术研究重点实验室, 福建 厦门 361013)

**摘要:** 本研究基于 ArcGIS 的淹没模型与夜光遥感的 GDP 空间化处理结果, 同时结合对 2050 年中国海洋经济增长预测, 评估海平面上升叠加风暴潮三种情景对中国沿海各省市海洋经济的影响效应。模拟结果表明: 海平面上升叠加风暴潮与天文潮的 CHmax-0.3 m 情景下全国海洋经济损失最大, 2050 年损失达到 35444.59 亿元, 占海洋生产总值的 9.39%; 从 2050 年各省海洋经济损失比例来看( CHmax-0.3 m 情景), 辽宁省损失比例最大, 其次为广东省、福建省和广西省; 从各省海洋经济损失的绝对值来看, 在海平面上升 0.3 m 的三种情景下, 广东、辽宁、江苏、山东均为海洋经济损失绝对值最大的四个省份。

**关键词:** 海洋经济; 海平面上升; 风暴潮; 气候变化; 灾害损失

中图分类号: X82; X87 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2017)01-0129-07

DOI:10.13634/j.cnki.mes.2017.01.021

## The impact of sea-level rise superimposed storm surges on China's ocean economy in 2050

ZHANG Ping<sup>1,2</sup>, KONG Hao<sup>3,4</sup>, WANG Dai-feng<sup>3</sup>, PENG Ben-rong<sup>3</sup>

(1. China Institute for Marine Affairs, Beijing 100161, China; 2. Collaborative Innovation Center for Territorial Sovereignty and Maritime Right, Wuhan 430072, China; 3. Xiamen University, Xiamen 361102, China; 4. Fujian Provincial Key Laboratory of Coast and Island Management Technology Study, Xiamen 361013, China)

**Abstract:** To assess the impact of storm surges combined with sea level rise on China's marine economy, this study utilizes the ArcGIS flood model, the results of the spatial visualized GDP mapped through luminous space remote sensing, and the forecast of the growth of China's marine economy by 2050. We assessed three scenarios of the impact of sea level rise combined with the effect of storm surge on the marine economies of China's coastal provinces. The simulation results show: the scenario that sea level rise combined with storm surges and the CHmax-0.3 m astronomical tide causes the biggest loss in 2050, which is 3.544459 trillion yuan, accounting for 9.39% of the total output of the marine economy of China; under the CHmax-0.3 m scenario, in 2050, Liaoning Province has the largest proportion of losses, followed by Guangdong, Guangxi and Fujian; under the three scenarios of 0.3 m sea level rise, Guangdong, Liaoning, Jiangsu, Shandong are the four biggest provinces in terms of marine economic output losses.

**Key words:** marine economy; sea-level rise; storm surge; climate change; losses

过去十年, 中国海洋经济保持快速稳步增长。2015 年全国海洋生产总值达到 64669 亿元, 占国内生产总值的 9.6%<sup>[1]</sup>。2006~2015 年海洋经济年均增长速度达到 13.34%, 高于同期 GDP 增长

收稿日期: 2016-05-12, 修订日期: 2016-07-10

作者简介: 张平(1982-)男, 河南漯河人, 助理研究员, 研究方向为海洋经济与海洋管理, E-mail: zhangping@cima.gov.cn

速度,海洋经济已经成为国民经济新的增长点。

海洋生产活动主要分布在海岸带地区,这也是最易受到海平面上升影响的区域。在亚洲,沿海城市的扩张在经济发展和增长中扮演着重要的角色<sup>[2]</sup>,而这些城市在面对海平面上升时候却很脆弱<sup>[3-4]</sup>。现有研究也显示,气候变化对中国沿海地区的影响是显著的,并以负面的、不利的影为主<sup>[5-6]</sup>。由于海岸带区域特殊的地理环境和与人类活动的高度关联性,在全球气候变化的背景下,海平面快速上升的后果可能会被放大<sup>[7-8]</sup>。尤其是海平面上升叠加风暴潮后,将会极大地增加海岸带区域土地利用和经济社会发展的风险状况,严重威胁到海洋经济的可持续发展。为综合评估上述影响,本研究将夜光指数、ArcGIS 淹没分析、海洋经济数值分析相结合,定量评估海平面上升叠加风暴潮不同情景对 2050 年中国海洋经济的影响效应。

## 1 模型与方法

### 1.1 ArcGIS 的淹没模型与 GDP 空间化图层叠加

通过数字高程模型 (DEM) 和海平面上升叠加风暴潮不同情景水位空间数据对区域进行淹没模型建模。其原理为:通过提取近岸陆域高程值和水位值,定义在水位以下是淹没区域,反之不属于淹没范围,并对淹没过程进行模拟,使用 ArcGIS 地统计工具得到淹没范围。

为了解决以行政区为单元的社会经济数据难以表达经济的精细化空间分布,有必要对社会和经济数据进行空间化处理,而最好的解决方法之一就是统计型人文数据展布到一定尺寸的地理格网上,从而做出较高分辨率的社会经济空间化数据,以提高空间分析与评估的准确性<sup>[9]</sup>。夜光遥感对于反映人类社会活动具有独特的能力,被广泛应用于社会经济领域的空间数据挖掘<sup>[10]</sup>。欧盟<sup>[11]</sup>、中国<sup>[12]</sup>、美国<sup>[13]</sup>夜光总量与 GDP/GRP 的回归决定系数达到 0.8~0.9 之间。本文通过提取沿海各省市城镇灯光数据,再将每个行政单元 GDP 数据分别于灯光面积和亮点指数进行相关分析,从而估算出各区域 GDP 值及其空间分布情况<sup>[14]</sup>。

同时利用 ArcGIS 平台所构建的海平面上升叠加风暴潮不同淹没情景图层与基于夜光遥感的 GDP 空间化图层进行叠加,开展海岸带灾害损失

评估。利用 ArcGIS 9.3 的地统计模块,对研究区各行政空间单元受影响的 GDP 进行统计,得到各行政空间单元可能受影响的 GDP 灾损值,即  $LsGDP$ 。

### 1.2 计算海平面上升叠加风暴潮对海洋经济影响

对我国主要海洋产业生产总值的直接影响,可以通过公式(1)进行计算:

$$LsMGDP_{jt} = \sum_{i=1}^I q_i \cdot \frac{LsGDP_{0i}}{GDP_{0i}} \cdot GDP_{0i} (1+r_i)^t$$

$$= \sum_{i=1}^I q_i \cdot LsGDP_{0i} (1+r_i)^t \quad (1)$$

式中:  $LsMGDP_{jt}$  为预测期主要海洋产业生产总值的直接损失;  $q_i$  为主要海洋产业损失转换系数;  $LsGDP_{0i}$  为基于基期预估的  $i$  省淹没区国内生产总值的损失;  $GDP_{0i}$  为基期  $i$  省国内生产总值;  $r_i$  为  $i$  省未来经济增长率。

鉴于海洋产业布局的一般规律,本报告假设 12 个主要海洋产业平均分布在距离岸线 3 km 的陆地区域以及相邻的海域。根据各主要海洋产业的定义<sup>[15]</sup>,海洋渔业、海洋油气业、海洋矿业、海洋盐业、海洋电力业、海水利用业、海洋船舶工业、海洋工程建筑业、海洋交通运输业、滨海旅游业等对岸线资源、海域资源有较强的依赖性,一般布局在海岸线附近。而这些产业的生产总值在 2013 年占到主要海洋产业总产值的 95.01%。主要海洋产业中剩余的海洋化工业、海洋生物医药业等,尽管不严格依赖于岸线资源、海域资源,但在各沿海省的实际布局中,考虑到原料运输的便利性,也多将这些产业布局在临港区域。因此,本研究在假设海洋经济平均分布在距离岸线 3 km 的陆地区域及其相邻的海域的基础上,相应的  $LsGDP_{0i}$  取值为基于基期预估的  $i$  省离岸 3 km 淹没区国内生产总值的损失;  $q_i$  为预测期主要海洋产业总产值占向陆一侧 3 km 海岸带区域内的 GDP 的比例(见公式 2)。

$$q_i = \frac{MGDP_{j0i} (1+mr_{ji})^t}{GDP_{0i} (1+r_i)^t} \quad (2)$$

式中:  $q_i$  为主要海洋产业损失转换系数;  $MGDP_{j0i} (1+mr_{ji})^t$  为  $i$  省预测期主要海洋产业生产总值,其中  $mr_{ji}$  为主要海洋产业未来增长率;  $GDP_{0i} (1+r_i)^t$  为  $i$  省预测期向陆一侧 3 km 海岸带区域内的国内生产总值。

联立方程 (1) 和方程 (2), 可得到海平面上升叠加风暴潮对主要海洋产业的直接影响:

$$LsMGDP_{jt} = \sum_{i=1}^l \frac{LsGDP_{0i}}{GDP_{0i}} \cdot MGDP_{j0i} (1 + mr_{ji})^t \quad (3)$$

式中:  $LsMGDP_{jt}$  为预测期主要海洋产业生产总值的直接损失;  $LsGDP_{0i}/GDP_{0i}$  代表基期距离岸线 3km 区域淹没损失占 GDP 的比重;  $MGDP_{j0i} (1 + mr_{ji})^t$  为  $i$  省预测期主要海洋产业生产总价值。

对总的海洋经济损失预测, 可参照公式 (4)。海洋相关产业是海洋经济的重要组成部分, 以各种投入产出为联系纽带, 与主要海洋产业构成技术经济联系的上下游产业, 其生产活动直接受到主要海洋产业的影响。因此假设主要海洋产业生产总价值一定幅度的变动会导致海洋相关产业同等幅度的变动, 进一步可推导出主要海洋产业生产总价值一定幅度的变动会导致海洋经济整体同等幅度的变动(公式 4)。

$$LsMGDP_t = \frac{MGDP_0 (1 + mr)^t}{MGDP_0 (1 + mr)^t} \cdot LsMGDP_{jt} \quad (4)$$

式中:  $LsMGDP_t$  为预测期海洋经济总损失;  $LsMGDP_{jt}$  为预测期主要海洋产业直接损失, 公式 (3) 计算可得具体值;  $MGDP_0 (1 + mr)^t$  为预测期海洋生产总价值;  $MGDP_{j0} (1 + mr_j)^t$  为预测期主要海洋产业生产总价值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 海平面上升叠加风暴潮情景设定

根据 IPCC 发布的报告数据<sup>[16]</sup>, 与 1986 ~ 2005 年海平面相比, 2050 年全球平均海平面上升中等信度的区间可能为: 0.17 ~ 0.32 m (RCP 2.6 情景), 0.19 ~ 0.33 m (RCP 4.5 情景), 0.18 ~ 0.32 m (RCP 6.0 情景), 0.22 ~ 0.38 m (RCP 8.5 情景)<sup>①</sup>。考虑到为应对气候变化各国达成的一系列减排措施, RCP 8.5 高排放、化石燃料密集型的情景可以不予考虑。在针对不同减排努力的 RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 6.0 三种情景下, 2050 年全球平均海平面上升中等信度的平均值依次为 0.24 m、0.26 m、0.25 m。而根据国家海洋局发布的《中国海洋平面公报》<sup>[5]</sup>, 1980 年至 2012 年, 中国沿海海平面上升速率为 2.9 mm/a, 高于全球平均 2.0 mm/a 的平均水平(1971 ~ 2010 年的平均值)。因此, 本研究假设相对于 2000 年, 2050 年中国沿海海平面上升 0.30 m。

考虑到天文潮、风暴潮与海平面上升的叠加效应, 本研究在海平面上升 0.3 m 的情景基础上衍生出 3 个子情景, 分别是台风风暴潮 (Hmax-0.3 m)、天文潮最高潮位 (THmax-0.3 m) 和天文潮与风暴潮耦合叠加时的潮位 (CHmax-0.3 m)。

### 2.2 不同情景下沿海地区淹没损失核算

基于上文对主要海洋产业布局假设, 即主要海洋产业均匀分布在向陆一侧 3 km 海岸带区域及其相邻的海域, 利用淹没模型和夜光遥感技术可统计出海平面上升 3 种情景下中国 2012 年沿海离岸 3 km 区域的 GDP 损失。

表 1 海平面上升不同情景下中国 2012 年沿海离岸 3 km 区域 GDP 的损失(单位: 亿元)

Tab. 1 The loss of GDP in 3 km offshore region under different scenarios of sea level rise in 2012

	GDP 损失			离岸 3km 区域内总 GDP
	CHmax-0.3m	THmax-0.3m	Hmax-0.3m	
全国	3247.77	2328.49	2305.67	30032.96
辽宁	756.84	708.09	707.72	3380.50
河北	36.95	35.12	35.12	555.70
天津	32.12	30.34	30.34	588.77
山东	335.99	281.26	281.26	3683.36
江苏	138.11	109.29	115.88	1909.89
上海	153.06	88.31	82.41	2419.28
浙江	191.37	48.02	34.82	2759.69
福建	407.31	248.88	248.43	3786.72
广东	1091.93	678.01	670.35	9709.12
广西	48.43	45.74	43.92	516.21
海南	55.66	55.44	55.44	723.72

### 2.3 不同情景下沿海地区海洋经济损失计算与讨论

#### 2.3.1 海洋经济增长率设定

对中国 GDP 的增长率设定。2015 ~ 2050 年的增长率参照了国务院发展研究中心的报告<sup>[17]</sup>, 即假设中国 GDP 2015 ~ 2020 年平均增速 7.2%, 2020 ~ 2030 年平均增速 5.4%, 2030 ~ 2050 年平均增速 4.5%。

基于上文对中国 GDP 增长率的设定, 同时考虑 2002 ~ 2015 年全国海洋经济与 GDP 名义年增

① RCP 8.5 为 CO<sub>2</sub> 排放参考范围 90 百分位数的高端路径, 其辐射强迫高于 SRES 中高排放 (A2) 情景和化石燃料密集型 (A1F1) 情景。RCP 6 和 RCP 4.5 都为中间稳定路径, 且 RCP 4.5 的优先性大于 RCP 6。RCP 2.6 为比 CO<sub>2</sub> 排放参考范围低 10 百分位数的低端路径, 它与实现 2100 年相对工业革命之前全球平均温升低于 2°C 的目标一致。

长率的比值,估算出全国海洋经济增长率( $mr$ ) (见表1)。再以全国海洋经济增长率为基础,按照一定比例设定各省海洋经济增长率( $mr_i$ )、主要海洋产业增长率( $mr_j$ )。

(1) 计算各省海洋经济增长率( $mr_i$ )

各省海洋经济增长率的设定方法如下:

$$MGDP_0(1+mr)^t = \sum_{i=1}^I MGDP_{i0}(1+mr_i)^t \quad (5)$$

$$\frac{mr_i(i=a)}{mr_i(i=b)} = \frac{mr_{a(2002-2015)}}{mr_{b(2002-2015)}} \quad (6)$$

为保证分省预测后加总的海洋生产总值等于全国经济增长率预测的海洋生产总值,在此用公式(5)进行约束。式中, $MGDP_0(1+mr)^t$ 为预测期全国海洋生产总值, $MGDP_{i0}(1+mr_i)^t$ 为*i*省预测期海洋生产总值。同时,假设各省未来海洋经济增长率的相对大小保持不变,等于2002~2015年的增长率比值( $mr_{a(2002-2015)}/mr_{b(2002-2015)}$ ),如公式(6)所示。联立方程(5)与(6),计算可得到各省海洋经济增长率(表2)。

表2 海洋经济增长率的设定

Tab. 2 The expected growth rate of marine economy

地区	增长率设定		
	2015~2020	2020~2030	2030~2050
全国	7.38%	5.54%	4.61%
辽宁	7.81%	5.30%	4.21%
河北	2.58%	1.75%	1.39%
天津	9.16%	6.21%	4.94%
山东	7.44%	5.05%	4.01%
江苏	11.90%	8.07%	6.41%
上海	3.13%	2.12%	1.69%
浙江	8.62%	5.85%	4.65%
福建	8.68%	5.89%	4.68%
广东	7.69%	5.21%	4.14%
广西	6.76%	4.58%	3.64%
海南	7.04%	4.77%	3.79%

(2) 计算主要海洋产业增长率( $mr_j$ )

主要海洋产业增长率的计算与各省海洋经济增长率的计算方法相同。在全国海洋经济增长率已知的情况下,以全国海洋经济各期生产总值为约束,同时假设主要海洋产业增长率( $mr_j$ )与海洋科技服务业( $mr_T$ )、相关海洋产业增长率( $mr_R$ )

的相对大小保持不变。通过公式(7)、公式(8)计算得解(表3)。其中: $MGDP_J$ 为主要海洋产业总产值; $MGDP_T$ 为海洋科技服务业总产值; $MGDP_R$ 为相关海洋产业总产值。

$$MGDP_0(1+mr)^t = MGDP_J(1+mr_J)^t + MGDP_T(1+mr_T)^t + MGDP_R(1+mr_R)^t \quad (7)$$

$$\frac{mr_J}{mr_T} = \frac{mr_{J(2002-2015)}}{mr_{T(2002-2015)}} \frac{mr_J}{mr_R} = \frac{mr_{J(2002-2015)}}{mr_{R(2002-2015)}} \quad (8)$$

表3 主要海洋产业增长率的设定

Tab. 3 The expected growth rate of the major marine industries

地区	增长率设定		
	2015~2020	2020~2030	2030~2050
全国	7.33%	5.50%	4.58%
辽宁	7.76%	5.26%	4.18%
河北	2.56%	1.74%	1.38%
天津	9.10%	6.17%	4.91%
山东	7.39%	5.01%	3.98%
江苏	11.82%	8.01%	6.37%
上海	3.11%	2.10%	1.68%
浙江	8.56%	5.81%	4.62%
福建	8.62%	5.85%	4.65%
广东	7.64%	5.17%	4.11%
广西	6.71%	4.55%	3.62%
海南	6.99%	4.74%	3.77%

### 2.3.2 估算海平面上升0.3 m不同情景下对海洋经济的影响

在表1沿海各市淹没损失的基础上,利用2.2节公式推导出2050年海平面上升叠加风暴潮对全国及各沿海省市海洋经济的影响(表4)。

从整体的损失情况来看,叠加风暴潮与天文潮的CHmax-0.3 m情景下淹没损失最大,2050年全国海洋经济的损失为35444.59亿元,占海洋生产总值的9.39%;其次为仅考虑最高天文潮的THmax-0.3 m情景,2050年全国海洋经济的损失为25744.87亿元,占海洋生产总值的6.82%;仅考虑最高风暴潮位的Hmax-0.3 m情景损失与THmax-0.3 m情景较为接近,2050年全国海洋经济的损失为25744.81亿元,损失比例也接近6.82%。

表 4 海平面上升不同情景下对 2050 年中国海洋经济的损失核算

Tab. 4 The loss of China's marine economy under different scenarios of sea level rise in 2050

地区	未考虑海平面上升的 预测值/亿元	CHmax-0.3 m		THmax-0.3 m		Hmax-0.3 m	
		损失/亿元	比例/(%)	损失/亿元	比例/(%)	损失/亿元	比例/(%)
全国	377574.40	35444.59	9.39	25744.87	6.82	25744.81	6.82
辽宁	25187.63	5639.13	22.39	5275.89	20.95	5273.09	20.94
河北	2861.86	190.31	6.65	180.84	6.32	180.84	6.32
天津	37083.71	2023.26	5.46	1910.84	5.15	1910.85	5.15
山东	55047.17	5021.29	9.12	4203.44	7.64	4203.45	7.64
江苏	88150.61	6374.44	7.23	5044.20	5.72	5348.25	6.07
上海	12770.33	807.92	6.33	466.12	3.65	435.01	3.41
浙江	41816.98	2899.83	6.93	727.60	1.74	527.56	1.26
福建	40083.58	4311.44	10.76	2634.48	6.57	2629.69	6.56
广东	66988.72	7533.84	11.25	4677.98	6.98	4625.14	6.90
广西	3541.16	332.21	9.38	313.77	8.86	301.26	8.51
海南	4042.64	310.91	7.69	309.70	7.66	309.68	7.66

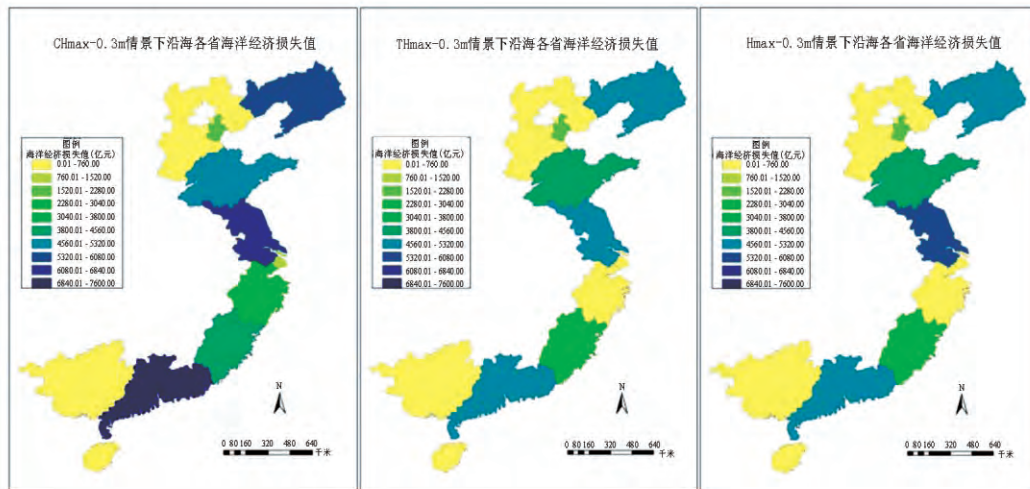


图 1 海平面上升不同情景下 2050 年沿海各省海洋经济损失

Fig. 1 The loss of the coastal provinces' marine economy under different scenarios of sea level rise in 2050

从 2050 年各省海洋经济损失比例来看(图 2) 辽宁省损失比例最大,在 CHmax-0.3 m 情景下损失比例为 22.39%。其次为广东省,在 CHmax-0.3 m 情景下损失比例为 11.25%。损失比例高过全国平均(9.39%)的还有福建省跟广西省,损失比例依次为 10.76%、9.38%。

研究发现,基于 DEM 与不同海平面上升情景下水位数据,辽宁省 3 km 岸线范围内受海平面上升淹没面积比例较高;基于夜光遥感数据,辽宁省 3 km 岸线范围内的经济活动布局密集,上述多原因综合导致辽宁海洋经济易受海平面上升影响,损失比例较高。相对来说,损失比例最小的为天

津市,损失比例为 5.46%。这与天津市区位条件及经济布局有密切关系。一方面,天津市的海岸地形、海域水文条件决定了其相对不易受到海平面上升即使叠加了风暴潮之后的影响;另一方面,在潜在淹没区内分布的海洋产业相对较少。

通过对比各省三种情景下的淹没数据(图 1、图 2),可以发现河北、天津、海南三省的淹没损失在三种假定情景下变动极小,这是由各海区的风暴潮增水位和天文潮增水位相差不大,而且数字高程也相差不大造成的。与之相反,上海、浙江、福建、广东四省市的淹没损失在三种假定情景下变动显著,特别是在 CHmax-0.3 m 情景与其他两

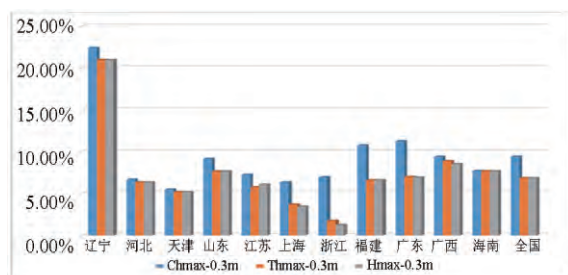


图2 各省海洋经济损失比例的比较

Fig. 2 Comparison for the loss percent of marine economy in coastal provinces

种情景进行比较时,其中,上海的损失在435.01亿元至807.92亿元之间,相应的损失比例为3.41%至6.33%;浙江的损失在527.56亿元至2899.83亿元之间,相应的损失比例为1.26%至6.93%;福建省的损失在2629.69亿元至4311.44亿元之间,相应的损失比例为6.56%至10.76%;广东省的淹没损失在4625.14亿元至7533.84亿元之间,相应的损失比例为6.90%至11.25%。造成这一现象的本质与前文一样,是因为这些区域在天文潮和风暴潮耦合叠加时产生了更高的水位,而其海岸带地区的地形特点导致其海洋生产活动较容易受到水位上升的影响。

从2050年各省海洋经济损失的绝对值来看(图1)。在CHmax-0.3m情景下,广东省损失值最大,损失值为7533.84亿元,占到该情景下全国总损失的21.26%;江苏省损失6374.44亿元排在第二位,占全国总损失的17.98%;辽宁省损失排在第三位,损失值为5639.13亿元,占全国总损失的15.91%;山东省损失排在第四位,为5021.29亿元,占全国总损失的14.17%。在THmax-0.3m情景下,辽宁省损失最大,损失值达到5275.89亿元,占该情景下总损失的20.49%;其余依次为江苏省损失5044.20亿元,广东省损失4677.98亿元,山东省损失4203.44亿元。在Hmax-0.3m情景下,江苏省损失值最大,达到5348.25亿元,占该情景全国总损失的20.77%;其余依次为辽宁省损失5273.09亿元,广东省损失4625.14亿元,山东省损失4203.45亿元。但总的来看,在海平面上升0.3m的3种情景下,由于广东省、辽宁省、江苏省、山东省均为海洋经济损失绝对值最大的四个省份。

### 3 结论与建议

由上文分析结果可以发现,海平面上升对

2050年中国海洋经济的影响是巨大的,尤其是海平面上升叠加风暴潮与天文潮的CHmax-0.3m情景下淹没损失最大。从2050年各省海洋经济损失比例来看,辽宁省损失比例最大,在CHmax-0.3m情景下损失比例超过20%,其次为广东省。从各省海洋经济损失的绝对值来看,在CHmax-0.3m情景下,广东省损失值最大,损失值超过7000亿元。海洋经济损失比例的高低与海平面上升导致3km岸线范围淹没面积、3km岸线范围内海洋经济活动密集程度有关;损失绝对值大小与近岸淹没范围、产业空间布局和地区海洋经济总量有关。

海洋经济损失的直接原因是气候变化导致的海平面上升。因此有必要采取有效的适应措施和减缓措施减少这种损失的增加。

#### 研究建议:

(1) 加强气候变化影响监测、预测等方面的研究,建立适应气候变化的科技支撑系统。中国地域辽阔,各区域的气候条件及未来可能的气候变化影响差异很大,需要加强对各区域特别是海洋产业集聚区的影响研究,从而为有效的适应手段的制定提供科学支撑。

(2) 强化沿海防潮设施的建设。海平面上升叠加最高天文潮、风暴潮对海岸带的淹没影响最为严重,因此需要提高防潮设施的设计标准,以应对极端海平面上升情景的影响。以广东、江苏、辽宁为代表的珠三角区域、长三角区域、环渤海区域海洋经济损失较大,该区域的防护需格外加强。

(3) 加强对台风、风暴潮的监测和预警能力。沿海区域是人口及经济活动最为密集的区域。海平面上升叠加台风、风暴潮会带来巨大的灾害性影响,而完善的灾害监测和预警能力能够有效地降低灾害损失的影响。

(4) 优化海洋产业布局 and 产业发展重点。气候变化导致交通基础设施损毁、滩涂养殖面积减少、滨海建设用地损失。因此需要对现有海洋产业布局 and 产业发展重点进行优化,具体包括:发展高纬度远洋捕捞业;加强海水养殖特别是滩涂养殖的灾害预防工作;优化港口码头、滨海旅游设施的布局,增强其对海平面上升的适应能力;鼓励海洋化工、海洋生物医药等高附加值,且受气候变化影响较小的海洋产业的发展。

(5) 开展积极的减排行动,并推动全球碳减

排协议的达成。减排政策的实施能够有效地降低气候变化导致的海洋经济损失。不同的减排目标与减排路径的选择,对社会经济影响的差异是巨大的,我国应从经济、社会福利、减排等多角度制定系统性、整体性、科学性的减排政策框架。

#### 参考文献:

- [1] 国家海洋局. 2015年中国海洋经济统计公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2016.
- [2] WELLER C E, PAUL C, DAVID D. Globalization, growth, and poverty: building an inclusive world economy [J]. *Eastern Economic Journal* 2005(1): 153-155.
- [3] HANSON S, NICHOLLS R, RANGER N, et al. A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes [J]. *Climatic Change* 2011, 104(1): 89-111.
- [4] SETO K C. Exploring the dynamics of migration to mega-delta cities in Asia and Africa: contemporary drivers and future scenarios [J]. *Global Environmental Change* 2011 21(S1): S94-S107.
- [5] 国家海洋局. 2014年中国海平面公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2015.
- [6] 气候变化对沿海地区海平面的影响及适应性对策研究技术报告[R]. 北京, 1995: 20-23.
- [7] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 94-114.
- [8] IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 11-13.
- [9] 国家海洋局战略研究所, 厦门大学. 气候变化对我国海洋经济的影响[R]. 北京: 国家海洋局, 2016: 33-34.
- [10] 李德仁, 李熙. 论夜光遥感数据挖掘[J]. *测绘学报* 2015 44(6): 591-601.
- [11] DOLL C N H, MULLER J P, MORLEY J G. Mapping regional-economic activity from night-time light satellite imagery [J]. *Ecological Economics* 2006 57(1): 75-92.
- [12] LI X, XU H M, CHEN X L, et al. Potential of NPP-VIIRS night-time light imagery for modeling the regional economy of China [J]. *Remote Sensing* 2013 5(6): 3057-3081.
- [13] FORBES D J. Multi-scale analysis of the relationship between economics statistics and DMSP-OLS night light images [J]. *GIScience & Remote Sensing* 2013 50(5): 483-499.
- [14] 林琛琛. 不同海平面上升情景模拟下海岸带灾害损失评估—以长三角地区为例[D]. 厦门: 厦门大学, 2014.
- [15] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴-2011 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 56.
- [16] IPCC. Summary for policymakers. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [17] 中国21世纪议程: 中国21世纪人口、环境与发展白皮书 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.