

# 气候变化对中国海洋经济可持续发展的影响

孔 昊<sup>1,2</sup>, 彭本荣<sup>1</sup>, 刘容子<sup>3</sup>, 张 平<sup>3</sup>

(1. 厦门大学环境科学研究中心 福建 厦门 361102; 2. 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; 3. 国家海洋局海洋发展战略研究所 北京 100161)

**摘 要:** 为评估气候变化及实施减排政策对中国海洋经济的影响, 本文构建了中国海洋经济社会经济核算矩阵 (marine social accounting matrix, MSAM), 并以此为数据基础构建中国海洋经济可计算一般均衡 (computable general equilibrium, CGE) 模型, 并将该模型与气候变化影响模型相结合, 从而实现了从气候变化对自然系统的影响到对经济系统影响的转化。论文设计了实施和不实施温室气体减排两种政策时的可能的 6 种气候变化情景。各情景的模拟分析表明: 海平面上升同时考虑天文潮最高潮位、同时考虑最大台风暴潮和最大天文潮耦合影响两种子情景下, 中国实施减排政策对沿海 GDP 的影响要分别比不实施减排政策低 0.19% 和 0.12%; 海平面上升叠加天文潮、风暴潮 3 种子情景下, 实施减排政策对海洋经济的影响要分别比不实施减排政策低 1.67%、0.72%、0.37%。

**关键词:** 气候变化; 海洋经济; 社会核算矩阵; 可计算一般均衡模型

中图分类号: X196 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2018)01-0116-09

DOI:10.13634/j.cnki.mes.2018.01.018

## Impacts analysis of climate change on China's marine economy

KONG Hao<sup>1,2</sup>, PENG Ben-rong<sup>1</sup>, LIU Rong-zi<sup>3</sup>, ZHANG Ping<sup>3</sup>

(1. Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361102, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Coast and Island Management Technology, Xiamen 361013, China; 3. China Institute of Marine Affairs, Beijing 100161, China)

**Abstract:** In order to evaluate the impacts of climate change and emission mitigation policies on China's marine economy, this paper developed a marine social accounting matrix (MSAM) and marine economy CGE model (MECGE), to reflect the impacts of climate change disasters and climate change policies. Additionally, the MECGE model was combined with climate change model to achieve the conversion from the influence of climate change on natural system to the influence on socioeconomic system. Based on the authoritative research results of climate change, 6 climate change scenarios were designed. The model output showed that the implementing emission mitigation policies scenario would increase China's coastal GDP by 0.19% and 0.12% comparing to the non-use emission mitigation policies under THmax and CHmax sub-scenarios, respectively. While for marine economy, the implementing emission mitigation policies could increase it by 1.67%, 0.72% and 0.37% comparing to non-use emission mitigation policies under THmax, Hmax, CHmax sub-scenarios, respectively. Therefore, the implementation of emission mitigation policies could play a significant role in promoting marine economic growth.

**Key words:** climate change; marine economy; social accounting matrix; computable general equilibrium

收稿日期: 2016-12-12, 修订日期: 2017-04-10

作者简介: 孔 昊 (1988-) 男, 山东济南人, 博士, 主要研究方向为环境资源经济学, E-mail: hayes234@126.com

通讯作者: 彭本荣 (1967-) 男, 教授, 主要研究方向为环境资源经济学, E-mail: bpeng@xmu.edu.cn

近 10 a 来,我国海洋经济已经成为国民经济新的增长点,对拉动全国经济发展起着重要的作用。同时,随着国家海洋强国战略、21 世纪海上丝绸之路战略的部署<sup>[1-2]</sup>,海洋经济的重要程度进一步凸显。然而海洋经济生产活动主要分布的海岸带地区却是生态环境极为脆弱的区域<sup>[3]</sup>。特别是在全球气候变化的背景下,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,气候变化产生的后果可能会被放大,导致其脆弱性愈发明显<sup>[4]</sup>。海水酸化、海温升高、盐度变化会从鱼类生理变化及自然环境变化两个方面对海洋渔业资源、海水养殖与海洋捕捞造成影响<sup>[5-9]</sup>。温度变化、海平面上升、台风等极端灾害事件频发、海岸带侵蚀加剧会导致旅游资源在时空上的重新分配,降低小岛屿作为首选旅游目的地的吸引力<sup>[10-12]</sup>。海平面上升会降低港口码头及仓库的标高,造成受风暴潮淹没的次数增加,港口功能日益减弱<sup>[13]</sup>;另外,减排政策对航运业的冲击更为明显,不仅船舶系统和动力系统、航线系统、经营管理系统等环节也均需要相应改进<sup>[14]</sup>。气候变化对海洋资源开发利用行业也有潜在影响,其中海洋石油天然气作业平台的脆弱性尤其明显<sup>[15]</sup>。

面对气候变化的威胁和严峻的减排压力,我国需要配套一系列可行、有效的政策措施以保障海洋经济乃至整个国民经济的长期稳步增长。在这样的背景下,综合地评估不同气候变化情景下的主要关键风险、以及实施和不实施减排政策对中国海洋经济的影响,可以为应对气候变化、促进海洋经济发展的战略和政策的制定提供科学依据,因而具有十分重要的现实意义。

在研究方法上,国内外已有大量的研究来定量评估气候变化的影响。其中,可计算一般均衡(CGE, Computable General Equilibrium)模型因为能够很好的模拟、描述经济活动,刻画各部门和各经济主体的交互关系,已经逐渐成为气候政策分析领域应用最为广泛的方法。贺菊煌等<sup>[16]</sup>、王灿<sup>[17]</sup>、赖明勇等<sup>[18]</sup>、王克<sup>[19]</sup>、刘宇等<sup>[20]</sup>等国内诸多学者,均基于构建的 CGE 模型探讨了不同减排目标、减排路径对我国社会经济的影响。但是值得注意的是,一方面,国内针对海洋经济影响的定量评估较少,而且还没有研究能够综合性地分析气候变化对海洋经济整体的影响;另一方面,国内 CGE 模型的应用主要集中在全国的减排政策

分析领域,且鲜有研究能够通过结合 CGE 模型与气候变化影响模型来评估气候变化的灾害影响。

因此,基于中国海洋经济的发展情况,借鉴国内外已有研究成果,厦门大学与国家海洋局战略研究所“气候变化对中国海洋经济可持续发展影响研究课题组”构建了中国的海洋经济 CGE 模型(Marine Economy Computable General Equilibrium model, MECGE),并通过 CGE 模型与气候变化模型的结合,以此分析气候变化的关键风险以及气候变化减缓行动(碳减排政策)对中国海洋经济乃至整个沿海经济的影响,不仅有助于提高相关政策决策的科学性,还有助于提升中国海洋经济、环境经济领域的研究水平,具有很强的理论价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 MECGE 模型简介

MECGE 模型<sup>[21]</sup>利用基于通用代数模型系统(GAMS, general algebraic modeling system)的一般均衡数学编程系统开发而成;是一个包含 48 个生产部门(含 13 个主要海洋产业部门)的比较静态区域 CGE 模型。在模型构建过程中,MECGE 并没有试图刻画经济活动的所有关系,而是根据研究目标的需要,力争把握与之相关的经济活动的关键特征,而对关联度较小的模块予以简化处理。为体现海洋经济的生产活动,模型对生产部门、以及对应的商品部门进行细化,共划分出 13 个海洋部门(海洋捕捞、海水养殖、海洋石油业、海洋天然气业、海洋盐业及海洋采矿业、海水产品加工业、海洋化工及生物医药业、海洋船舶制造业、海洋工程建筑业、海洋运输业、滨海旅游业、海洋电力业、其他主要海洋产业);为反映气候变化的灾害影响,模型增加了自然资源账户,并按使用类型划分出 4 种土地要素(农业用地、林业用地、滨海建设用海、其他建设用海)、3 种海域要素(渔业资源、养殖用海、其他用海);为反映碳减排政策的影响,模型共划分出 8 种能源部门(煤炭、石油、天然气、含碳电力、清洁电力、海洋石油、海洋天然气、海洋电力)。另外,模型对国际贸易、最终需求模块进行了简化处理,但该部分可根据其他研究的需要进行细化和拓展。

气候变化造成要素投入的改变是连接气候变化模型和 CGE 模型的关键。气候变化模型可以

模拟得到各气候变化关键风险对海岸带区域渔业资源、社会资本、居民迁移成本、土地/海域利用等要素的影响。通过将这种影响的绝对值转化为相对值(即变化比例),进而将这些要素投入的相对改变作为CGE模型基准情景下均衡状态的外生冲击,而模型运行得到的新的均衡解则为不同气候变化情景下的海洋经济运行情况。

## 1.2 海洋经济社会核算矩阵

社会经济核算矩阵(Social Accounting Matrix, SAM)是在投入产出表基础上构建的一种国民经济核算的表现手段,是对一定时期内一国(或区域)各种经济主体之间交易数额的全面而一致的记录<sup>[21]</sup>。正因为SAM表能够全面的刻画经济系统中生产创造收入、收入引致需求、需求带动生产的经济循环过程,能够体现经济系统各主体的互动关系<sup>[22]</sup>,所以SAM表成为CGE模型确定经济变量初始值,以及进行参数校准最为常用的数据组织形式<sup>[19]</sup>。

本研究的目的是通过构建一个能够反映气候变化灾害影响、气候变化政策影响的海洋经济CGE模型,模拟研究气候变化在不同情景下对我国海洋经济造成的影响,所以需要构建我国海洋经济的社会经济核算矩阵(marine social accounting matrix, MSAM)作为CGE模型的最主要数据基础。

由于沿海省市最新的2012年135生产部门投入产出表尚未全部发布,因此本研究MSAM的核心数据来自2007年版的投入产出表。通过对沿海11省市135部门(144部门)投入产出表合并处理,同时按照建模需求对产业部门拆分、合并,可得到模型运行需要的生产活动、商品、出口和进口等账户的数据。而自然资源数据、税收数据、能源消耗等数据则来源于《中国农业年鉴2008》、《中国林业统计年鉴2008》、《中国渔业统计年鉴2008》、《中国税务年鉴2008》、《中国统计年鉴2008》等等。本研究编制的中国2007年宏观海洋经济社会核算矩阵平衡表见表1所示。

表1 中国2007年宏观海洋经济社会核算矩阵平衡表(亿元)

Tab.1 China marine social accounting matrix 2007 (100-million yuan)

	商品	生产活动	要素			机构			资本账户	存货	国内其他地区	国外	合计
			劳动力	资本	自然资源	居民	企业	政府					
			97	98	99-105	106	107	108					
	01-48	49-96						109	110	111	112	113	
商品	01-48	334688.18			52082.15		20015.46	70242.73	5548.15	47501.85	79362.06	609440.59	
生产活动	49-96	495465.32										495465.32	
要素			97										
劳动力	97	62035.64										62035.64	
资本	98	64901.89		10490.81								75392.70	
自然资源	99-105	10490.81										10490.81	
机构													
居民	106		62035.64	1922.79		19453.99	2069.79				1611.34	87093.55	
企业	107			69151.11			5437.39					74588.50	
政府	108	6241.43	23348.80			1725.77	3426.27					34742.27	
资本账户	109					33285.63	51708.25	7219.62			9733.16	-26155.78	
存货	110								5548.15			5548.15	
国内其他地区	111	57235.01										57235.01	
国外	112	50498.83		4318.80								54817.63	
合计	113	609440.59	495465.32	62035.64	75392.70	10490.81	87093.55	74588.50	34742.27	75790.88	5548.15	57235.01	
												54817.63	

注:表中数字代表了相应行或列的账户号,其中商品账户包括48种商品,生产活动账户包括48种生产活动,自然资源账户包括7种不同资源要素

## 2 结果与讨论

### 2.1 情景设置

为评估气候变化对中国海洋经济的影响,本

研究设置1个基准情景和6个模拟情景进行分析。基准情景指不存在气候变化灾害影响、不存在气候变化政策扰动时,2050年我国经济/海洋经济的可能趋势,为分析气候变化的灾害影响、气

候变化政策影响提供比较分析的参照。

模拟情景主要考虑了减排政策影响,海温升高、海水酸化等对渔业资源影响,海平面上升叠加风暴潮导致的沿岸土地淹没、社会资本损失、居民迁移成本增加等几类关键风险。根据 IPCC<sup>[9]</sup> 等权威研究对未来气候变化的预测,设计了实施和不实施温室气体减排两种政策时的可能的 6 种气候变化情景来分析气候变化的影响。即实施减排政策,海平面上升 30 cm 叠加最大台风风暴潮 (Hmax-0.3 m)、叠加最大天文潮 (THmax-0.3 m)、以及最大台风风暴潮和最大天文潮耦合 (CHmax-0.3 m) 3 种子情景;不实施减排政策,海平面上升 60 cm 叠加最大台风风暴潮 (Hmax-0.6 m)、叠加最大天文潮 (THmax-0.6 m)、以及最大

台风风暴潮和最大天文潮耦合 (CHmax-0.6 m) 3 种子情景。

6 个模拟情景中,海平面上升叠加风暴潮的影响数据是基于“海岸带淹没分析模型”<sup>[21]</sup> 的预估结果,不同模拟情景下的关键影响见表 2。海温升高、海水酸化等对渔业资源影响直接参照了 IPCC<sup>[23]</sup> 报告中引用的 Cheung 等<sup>[24]</sup> 的预测结果,设定国际社会开展碳减排行动时,2050 年中国沿海渔业资源损失比例为 10%;全球均不参与减排情景下,2050 年中国沿海渔业资源损失比例将达到 30%。减排目标则基于 2014 年 11 月与美国达成《中美气候变化联合声明》的承诺,同时参照其他相关研究,以 2050 年沿海 11 省市减排 35% 作为实施减排政策 3 种子情景的碳减排约束目标。

表 2 模拟情景设置 (%)

Tab.2 Parameter setting of different climate change scenarios (%)

变量	实施碳减排政策			不实施碳减排政策			
	THmax-0.3 m	Hmax-0.3 m	CHmax-0.3 m	THmax-0.6 m	Hmax-0.6 m	CHmax-0.6 m	
减排目标	-35	-35	-35	0	0	0	
渔业资源	-10	-10	-10	-30	-30	-30	
社会资本	-1.012	-0.645	-1.809	-1.364	-0.866	-2.276	
居民迁移成本	-0.897	-0.560	-1.739	-1.271	-0.758	-2.102	
不同 土地/	耕地	-0.271	-0.122	-0.566	-0.395	-0.189	-0.685
	林地	-0.043	-0.029	-0.080	-0.073	-0.033	-0.096
海域 利用 类型	涉海建设用地	-39.361	-31.641	-46.450	-44.377	-35.300	-48.057
	其它建设用地	-0.286	-0.132	-0.739	-0.462	-0.213	-0.968
	海水养殖用海	-18.227	-13.382	-22.746	-21.445	-14.770	-26.255

注:表中数字为海洋经济活动关键要素在不同模拟情景下,相较于基准情景的变化幅度

## 2.2 基准情景模拟

基于模型外生设定的各种参数,使用本文构建的 MECGE 模型,模拟得到的 2050 年中国经济/海洋经济增长和 CO<sub>2</sub> 排放情况,具体见表 3。

基准情景是政策分析的起点,是气候变化影响情景的参照,因此基准情景主要经济指标模拟结果的合理性就决定了模型分析结果的可靠性。本模型模拟的 2050 年中国沿海 11 省市 GDP 为 144.51 万亿元,年均增长率为 5.24%。这一数据与其他模型的模拟结果较为接近,比如国务院发展研究中心<sup>[25]</sup> 预测的 2010~2050 年中国 GDP 年均增长率为 5.27%;美国能源信息管理局<sup>[26]</sup> 预测的中国 2010~2040 年 GDP 年均增长率为

5.70%;TDGE\_CHN 模型<sup>[19]</sup> 预测的中国 2010~2050 年 GDP 年均增长率为 5.21%,均与本模型的结果较为接近。本模型模拟的 2007~2050 年中国主要海洋产业年均增长率为 5.36%,略高于国民经济的增长速度,这与当前海洋经济增长速度略快于总体经济增长速度相吻合。本模型模拟的 2007~2050 年中国沿海 11 省市一次能源消耗量年均增长率为 2.75%,这与美国能源信息管理局<sup>[26]</sup> 预测的 2010~2040 年中国能源消费年均增长率约为 2.60%、国际能源署<sup>[27]</sup> 预测的 2006~2030 年中国能源消费年均增长率约为 3.00%,TDGE\_CHN 模型<sup>[19]</sup> 预测的 2005~2050 年中国能源消费年均增长率 2.89% 等较为接近。本研究

模拟的 2007 ~ 2050 年中国沿海 11 省市 CO<sub>2</sub> 排放年均增长率为 2.32% , 这与美国能源信息管理局<sup>[26]</sup> 预测的 2010 ~ 2040 年中国 2.10% 的 CO<sub>2</sub> 年均排放增长率、TDGE\_CHN 模型<sup>[19]</sup> 预测的 2010 ~ 2050 年中国 2.59% 的 CO<sub>2</sub> 年均排放增长率较

为接近。从以上对比结果来看, 本研究模拟的基期结果与主要研究机构的模拟结果较为接近, MECGE 模型对经济预测趋势的把握与权威预测保持一致。

表3 基准情景模拟结果

Tab.3 Simulation results of baseline scenario

基准情景	2007 年	2050 年
GDP( 亿元)	160777.160	1445074.251
GDP 年均增长率( %)	--	5.239
社会福利指数( 亿元)	--	703123.760
主要海洋产业增加值( 亿元)	10452.180	98467.101
主要海洋产业年均增长率( %)	--	5.355
一次能源国内消耗量( 万吨标准煤)	152010.050	487387.094
能源消费年均增长率( %)	--	2.747
CO <sub>2</sub> 排放量( 万吨)	350538.204	940079.918
CO <sub>2</sub> 排放年均增长率( %)	--	2.321
CO <sub>2</sub> 排放强度( 吨/万元)	2.180	0.651
人均 CO <sub>2</sub> 排放量( 吨/人)	5.624	13.588

### 2.3 不实施减排政策情景模拟

在 THmax-0.6 m、Hmax-0.6 m、CHmax-0.6 m 3 种情景下, 气候变化对研究区的 GDP、主要海洋产业增加值、社会福利影响的模拟结果如表 4 所示。在不实施减排政策情景下, 中国沿海 11 省市 2050 年的 GDP 损失在 1.45% 至 3.21% 之间; 对

海洋经济的影响尤为明显, 主要海洋产业总增加值的损失幅度在 10.66% 至 16.99% 之间, 远大于研究区总体社会经济的损失, 这与海洋经济生产活动的主要分布区域较易受海平面上升影响有密切关系; 基于希克斯等价变动的社会福利指数降低 1.78% 至 3.79%。

表4 不实施减排政策情景的模拟结果

Tab.4 Simulation results of non-use emission mitigation policy scenario

不实施减排政策情景	各情景模拟结果相对基准情景的变化( %)		
	THmax-0.6m	Hmax-0.6m	CHmax-0.6m
GDP	-2.240%	-1.450%	-3.210%
主要海洋产业增加值	-14.731%	-10.663%	-16.987%
海水产品加工业	-3.696%	-2.584%	-4.832%
海洋化工及生物医药业	-1.178%	-0.674%	-1.992%
海洋捕捞	-6.521%	-5.246%	-7.738%
海水养殖	-5.816%	-4.003%	-7.450%
海洋矿业及盐业	15.166%	13.673%	14.778%
海洋工程建筑业	0.048%	0.596%	-0.949%
其他主要海洋产业	-0.097%	0.564%	-1.212%
各海洋产业			
海洋船舶制造业	-23.118%	-17.426%	-25.961%
海洋运输业	-19.414%	-14.016%	-22.177%
滨海旅游业	-20.437%	-14.932%	-23.239%
海洋油气业	-0.773%	-0.420%	-1.498%
海洋电力业	-0.317%	-0.188%	-0.550%
社会福利	-2.697%	-1.776%	-3.790%

对各海洋产业来说,海洋船舶制造业、海洋运输业、滨海旅游业是受气候变化影响最为严重的海洋产业,三者的损失均在 20.00% 左右;考虑到这 3 种产业的增加值在基准情景下占到主要海洋产业总增加值的 70% 以上,因此可以说气候变化对该 3 种海洋产业的影响是导致海洋经济损失远大于研究区 GDP 损失的最主要原因。损失幅度紧排其后的为海洋捕捞业,损失幅度在 5.25% 至 7.74% 之间;海水养殖业损失幅度在 4.00% 至 7.45% 之间;海水产品加工业损失幅度在 2.58% 至 4.82% 之间。相较于对绝大多数海洋产业的负面影响,气候变化会导致海洋矿业及盐业增加值较大幅度增长,产生这一现象的主要原因在于经济活动间的传导机制,而并非气候变化的直接影响。

针对于气候变化各关键风险(渔业资源损失、社会资本损失、居民迁移成本增加、各土地/海域利用类型变化)的影响效应,此处以极端情景(CHmax-0.6 m)为例进行分析。由图 1、图 2、图 3 最右一列可以看出,土地/海域供给的变化对沿海经济特别是海洋经济的影响最为明显。在 CHmax-0.6 m 情景下,仅考虑土地/海域供给单一

要素的变化会导致沿海 GDP 损失 1.43%,该影响占到气候变化总影响效应的 43.33%;导致社会福利损失 1.82%,占气候变化总影响效应的 46.77%。同样在仅考虑土地/海域供给单一要素的变化时,主要海洋产业增加值总和减少 15.60%,占到气候变化总影响效应的 89.30%;导致这一结果的原因,在于滨海建设用地受海平面上升淹没损失最为严重,直接影响到主要依附滨海建设用地开展生产活动的海洋经济。

2.4 实施减排政策情景模拟

在 THmax-0.3 m、Hmax-0.3 m、CHmax-0.3 m 3 种情景下,减排政策以及气候变化各关键风险对研究区的 GDP、主要海洋产业增加值、社会福利影响的模拟结果如表 5 所示。在 2050 年中国实施 35% 的碳减排目标且海平面上升 30 cm 的情景下,中国沿海 11 省市 2050 年的 GDP 损失在 1.48% 至 3.09% 之间;对海洋经济的影响尤为明显,主要海洋产业总增加值的损失幅度在 9.94% 至 16.62% 之间,远大于研究区总体社会经济的损失;基于希克斯等价变动的社会福利指数降低 2.10% 至 4.23%。

表 5 实施减排政策情景的模拟结果

Tab. 5 Simulation results of using emission mitigation policy scenario

实施减排政策情景	各情景模拟结果相对基准情景的变化/(%)		
	THmax-0.3m	Hmax-0.3m	CHmax-0.3m
GDP	-2.048	-1.483	-3.089
主要海洋产业增加值	-13.056	-9.936	-16.624
海水产品加工业	-2.914	-2.097	-4.229
海洋化工及生物医药业	-2.556	-2.216	-3.331
海洋捕捞	-3.626	-2.665	-5.166
海水养殖	-4.274	-2.951	-6.162
各海洋产业			
海洋矿业及盐业	9.779	8.230	10.151
海洋工程建筑业	-0.028	0.296	-0.974
其他主要海洋产业	-0.553	-0.176	-1.674
海洋船舶制造业	-20.067	-15.623	-24.865
海洋运输业	-16.135	-12.011	-20.690
滨海旅游业	-17.107	-12.830	-21.810
海洋油气业	-8.928	-8.705	-9.535
海洋电力业	4.091	4.177	3.891
社会福利	-3.369	-2.708	-4.550

对各海洋产业来说,海洋船舶制造业、海洋运输业、滨海旅游业是受气候变化影响最为严重的海洋产业,这与不实施减排政策情景的模拟结果

类似;其中海洋船舶制造业损失幅度在 15.62% 至 24.87% 之间,海洋运输业损失幅度在 12.01% 至 20.69% 之间,滨海旅游业损失幅度在 12.83%

至 21.81% 之间。损失幅度紧排其后的为海洋油气业, 损失幅度在 8.71% 至 9.54% 之间, 主要是由碳税政策降低含碳能源需求导致的。损失幅度紧排其后的为海水养殖业, 损失幅度在 2.95% 至 6.16% 之间; 海洋捕捞损失幅度在 2.67% 至 5.17% 之间。另外, 得益于对含碳能源的替代效应, 海洋电力业增长趋势明显, 增幅在 3.89% 至 4.18% 之间。

针对于减排政策以及气候变化各关键风险(渔业资源损失、社会资本损失、居民迁移成本增加、各土地/海域利用类型变化)的影响效应, 此处同样以极端情景(CHmax-0.3 m)为例进行分析。由图 1、图 2、图 3 右侧倒数第二列可以看出, 土地/海域供给的变化对沿海经济特别是海洋经济的影响最为明显。在 CHmax-0.3 m 情景下, 仅考虑土地/海域供给单一要素的变化会导致沿海 GDP 损失 1.31%, 该影响占到减排政策及气候变化总影响效应的 41.30%; 导致社会福利损失 1.68%, 占该情景总影响效应的 35.99%。同样在仅考虑土地/海域供给单一要素的变化时, 主要海洋产业增加值总和减少 14.80%, 占到该情景总影响效应的 85.86%。减排政策的影响也较为明显。从总的影响程度看, 减排政策导致的 0.34% 的 GDP 损失占到该情景总影响效应的 10.82%; 导致的 0.96% 的海洋经济损失占到该情景总影响效应的 5.58%。另外, 减排政策对社会福利的影响比重相对较大, 占到社会福利总损失的 28.01%。

## 2.5 两种情景的比较

上文已对实施和不实施减排政策两种情景的具体影响进行了分析。本节将分别从对 GDP 影响、海洋经济影响、社会福利影响三个方面, 比较这两种基本情景; 从而能够探讨气候变化背景下, 减排政策的实施对社会经济/海洋经济等指标的利弊影响。

### (1) 对研究区 GDP 的影响比较

由图 1 可以看出, 在天文潮最高潮位情景(THmax)、最大台风暴潮和最大天文潮耦合情景(CHmax)两种子情景下, 不实施减排政策造成的研究区 GDP 损失(分别为 2.24%、3.21%)要大于实施减排政策的影响(分别为 2.05%、3.09%)。这是因为在这两种子情景下, 减排政策导致的 0.34% 的 GDP 损失要小于因气候变化

影响减弱而导致 GDP 损失减少的部分。其中, 在 THmax-0.3 m 子情景下, 减弱后的气候变化各关键风险导致的 GDP 损失(不考虑减排影响)要比 THmax-0.6 m 子情景的损失少了 0.53%; 在 CHmax-0.3 m 子情景下, 气候变化导致的 GDP 损失(不考虑减排影响)要比 CHmax-0.6 m 子情景的损失少了 0.46%。具体来说, 气候变化影响减弱(或者说减排政策的实施)会减少渔业资源的损失、降低居民迁移成本、减少社会资本损失以及减少土地的淹没损失。在 THmax 子情景下, 因土地淹没损失面积减少导致的 GDP 损失减少占 GDP 总损失减少幅度的 41.79%; 其次为居民迁移成本的降低, 对 GDP 损失减少的贡献为 36.85%; 其次为社会资本损失的减少, 对 GDP 损失减少的贡献为 20.61%。在 CHmax 子情景下, 各气候变化关键风险的改善对 GDP 损失减少的贡献依次为迁移成本降低、社会资本损失的减少以及土地淹没损失面积的减少, 相应的贡献率依次为 41.27%、32.52%、25.34%。

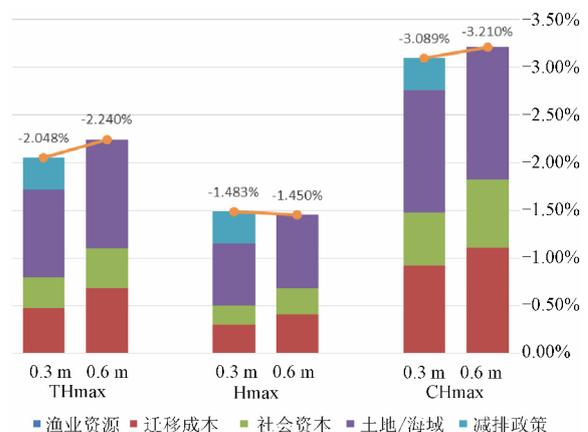


图 1 不同气候变化情景对研究区 GDP 的影响比较

Fig. 1 Comparative impacts on coastal GDP under different scenarios

而在叠加最大台风暴潮情景(Hmax)下, 减排政策带来的 GDP 损失幅度减少难以抵消其对经济的负面影响。此时, 不实施减排会导致 GDP 损失 1.45%; 而实施减排却会导致 GDP 损失 1.48%, 比不实施减排情景高出 0.03 个百分点。

总的来说, 在海平面上升, 同时考虑天文潮最高潮位影响(THmax)、同时考虑最大台风暴潮和最大天文潮耦合影响(CHmax)两种情景下, 中国实施减排政策对沿海 GDP 的影响要分别比不实施减排政策的影响低 0.19% 和 0.12%; 因此, 在

这两种子情景下 2050 年 35% 的碳减排目标对研究区经济增长有积极的作用。

(2) 对研究区海洋经济的影响比较

由图 2 可以看出,在天文潮最高潮位情景 ( THmax)、最大台风暴潮情景( Hmax) 以及最大台风暴潮和最大天文潮耦合情景( CHmax) 3 种子情景下,不实施减排政策造成的研究区海洋经济损失(分别为 14.73%、10.66%、16.99%) 均大于实施减排政策时的影响(分别为 13.06%、9.94%、16.62%)。与上文解释相同,这是因为减排政策导致的海洋经济损失要小于因气候变化影响减弱而导致海洋经济损失减少的部分。因此可以说,气候变化背景下 2050 年中国 35% 的碳减排目标对研究区海洋经济增长有积极的作用。

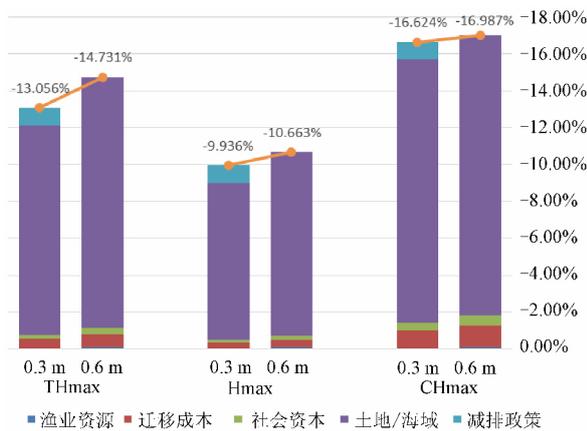


图 2 不同气候变化情景对研究区海洋经济的影响比较  
Fig.2 Comparative impacts on marine economy under different scenarios

从对各海洋产业的影响比较来看(以 CHmax 情景为例),实施减排政策情景对海洋油气业的负面影响最为严重,海洋油气业由损失 1.498% 到损失 9.535%,净减少 8.087%。减排政策情景对海洋电力业发展最为有利,海洋电力业由损失 0.550% 到增长 3.891%,净增加 4.441%,这主要是因为减排政策降低了对传统化石能源的需求,进而促进了海洋电力这种清洁能源的发展。另外,受益于减排政策情景海洋产业主要还包括滨海旅游业、交通运输业、海洋船舶制造业等。

从各气候变化关键风险的改善对海洋经济损失减少的贡献来看,三种情景一致体现出:减排政策实施导致的土地淹没损失面积减少是海洋经济总损失减少的最主要原因,对海洋经济损失减少的贡献在 69.38% 至 85.94% 之间。

(3) 对研究区社会福利的影响比较

图 3 为不同气候变化情景对研究区社会福利的影响比较。由图可以看出,在天文潮最高潮位情景( THmax)、最大台风暴潮情景( Hmax) 以及最大台风暴潮和最大天文潮耦合情景( CHmax) 3 种子情景下,不实施减排政策造成的研究区社会福利损失(分别为 2.30%、1.78%、3.79%) 均明显小于实施减排政策的影响(分别为 3.37%、2.71%、4.55%)。这是因为尽管碳减排政策能够减少气候变化各关键风险造成的社会福利损失,但是碳减排政策自身导致的社会福利损失要明显大于其带来的社会福利损失减少的收益。

因此,单从对研究区社会福利影响的角度看,2050 年中国 35% 的碳减排目标对研究区社会福利水平有明显的负面作用。

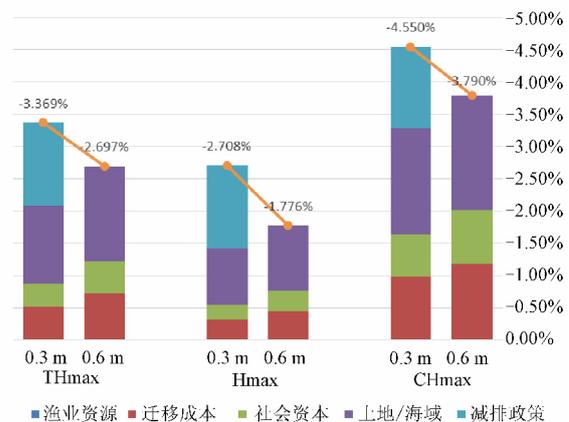


图 3 不同气候变化情景对研究区社会福利的影响比较  
Fig.3 Comparative impacts on coastal social welfare under different scenarios

3 结 论

(1) 本文利用构建的 MECGE 模型分析了 6 种气候变化情景对 2050 年中国海洋经济乃至整个沿海经济造成的影响。模型定量分析结果表明,海平面上升叠加风暴潮导致的沿岸土地淹没、社会资本损失、居民迁移成本增加,海温升高、海水酸化等导致的渔业资源损失以及为减缓气候变化而实施的减排政策,会对 2050 年中国沿海社会经济造成严重影响,对海洋经济的影响尤为明显,其中海洋船舶制造业、海洋运输业、滨海旅游业是受气候变化影响最为严重的海洋产业。

(2) 实施和不实施减排政策两种情景的比较

分析表明,在海平面上升,同时考虑天文潮最高潮位影响(THmax)、同时考虑最大台风暴潮和最大天文潮耦合影响(CHmax)两种子情景下,中国实施减排政策对沿海GDP的影响要分别比不实施减排政策的影响低0.19%和0.12%;因此可以说,在这两种子情景下,2050年35%的碳减排目标对研究区经济增长有积极的作用。对于研究区海洋经济来说,THmax、Hmax、CHmax 3种子情景下,实施减排政策对海洋经济的影响要分别比不实施减排政策的影响低1.67%、0.72%、0.37%;因此实施减排政策对研究区海洋经济增长有积极的作用。而各天文潮、风暴潮子情景下,减排政策实施对研究区社会福利水平均有明显的负面作用。

(3) 采取有效的适应和减缓措施可以有效减轻气候变化带来的不利影响,对实现我国经济/海洋经济的可持续发展战略具有十分重要的作用。除了开展积极地减排行动,建立适应气候变化的科技支撑系统、强化沿海防潮设施的建设等适应措施,还可以通过优化海洋产业布局 and 产业发展重点来适应气候变化的影响,具体包括: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、海洋电力等高附加值,且受气候变化影响幅度较小的海洋产业的发展;提高海洋矿业及盐业、海洋化工业、海洋船舶制造业、海洋运输业等高耗能海洋部门的能源利用效率、改变其能源需求结构;促进海洋能源产业的发展等等。

(4) 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;同时由于一般均衡的影响效应,减排政策不能作为一项孤立的政策予以考虑,在设定减排目标的同时,要充分兼顾经济、社会福利等多重目标。

#### 参考文献:

- [1] 郑崇伟,李崇银,杨艳,等.巴基斯坦瓜达尔港的风能资源评估[J].厦门大学学报:自然科学版,2016,55(2):210-215.
- [2] 郑崇伟,李崇银.中国南海岛礁建设:风力发电、海浪发电[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2015,45(9):7-14.
- [3] 储金龙,高抒,徐建刚.海岸带脆弱性评估方法研究进展[J].海洋通报,2005,24(3):80-87.
- [4] 王宁,张利权,袁琳,等.气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展[J].生态学报,2012,32(7):2248-2258.
- [5] NISSLING A, LARSSON R, VALLIN L, et al. Assessment of egg and larval viability in cod, *Gadus morhua*: methods and results from an experimental study [J]. Fisheries Research, 1998, 38(2): 169-186.
- [6] ROESSING J M, WOODLEY C M, CECH J JR, et al. Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2004, 14(2): 251-275.
- [7] HUNT B P V, PAKHOMOV E A, HOSIE G W, et al. Pteropods in southern ocean ecosystems [J]. Progress in Oceanography, 2008, 78(3): 193-221.
- [8] 刘允芬.气候变化对我国沿海渔业生产影响的评价[J].中国农业气象,2000,21(4):1-5.
- [9] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers [R]. Cambridge: IPCC, 2013.
- [10] MCLNNEK L, WALSH K J E, PITTOCK A B. Impact of sea-level rise and storm surges on coastal resorts [R]. A Report for CSIRO Tourism Research, 2000.
- [11] AMELUNG B, NICHOLLS S, VINER D. Implications of global climate change for tourism flows and seasonality [J]. Journal of Travel Research, 2007, 45(3): 285-296.
- [12] NURSE K, NILES K, RAMPHAL S, et al. Climate change policies and tourism competitiveness in small island developing states [R]. NCRR Swiss Climate Research Conference on the International Dimensions of Climate Policies, 2009.
- [13] 中国科学院地学部.海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策[M].北京:科学出版社,1994.
- [14] 刘先成.我国航运业低碳绿色发展研究[D].大连:大连海事大学,2012.
- [15] 蔡荣硕,齐庆华.气候变化与全球海洋:影响、适应和脆弱性评估之解读[J].气候变化研究进展,2014,10(3):185-190.
- [16] 贺菊煌,沈可挺,徐嵩龄.碳税与二氧化碳减排的CGE模型[J].数量经济技术经济研究,2002,19(10):39-47.
- [17] 王灿,陈吉宁,邹骥.基于CGE模型的CO<sub>2</sub>减排对中国经济的影响[J].清华大学学报:自然科学版,2005,45(12):1621-1624.
- [18] 赖明勇,肖皓,陈雯,等.不同环节燃油税征收的动态一般均衡分析与政策选择[J].世界经济,2008(11):65-76.
- [19] 王克.基于CGE的技术变化模拟及其在气候政策分析中的应用[M].北京:中国环境科学出版社,2011.
- [20] 刘宇,蔡松峰,张其仔.2025年、2030年和2040年中国二氧化碳排放达峰的经济影响—基于动态GTAP-E模型[J].管理评论,2014,26(12):3-9.
- [21] 邓祥征.环境CGE模型及应用[M].北京:科学出版社,2011.
- [22] 梁伟.基于CGE模型的环境税“双重红利”研究—以山东省为例[D].天津:天津大学,2013.
- [23] IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Summary for Policymakers [R]. Cambridge: IPCC, 2014.
- [24] CHEUNG W L, LAM V W Y, SARMIENTO J L, et al. Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change [J]. Global Change Biology, 2010, 16(1): 24-35.
- [25] 冯飞,周凤起,王庆一.国家能源战略的基本构想[R].北京:国务院发展研究中心,中国发展高层论坛,2003.
- [26] EIA (Energy Information Administration). International Energy Outlook 2013 [R]. EIA, 2013.
- [27] IEA (International Energy Agency). World Energy Outlook 2008 [R]. IEA, 2008.