

基于系统动力学的海洋强国建设政策模拟

杜军^{1,2}, 路伟¹, 鄢波^{1,2*}

1. 广东海洋大学管理学院, 湛江 524088

2. 广东沿海经济带发展研究院, 湛江 524088

摘要 为探讨不同政策以及组合政策对海洋强国建设成效的影响, 从生育、科技、经济、环境、教育等方面入手设计了3类16种政策情形, 并构建了海洋强国建设的系统动力学模型进行政策模拟。研究表明, 在延续当前的政策模式下, 中国海洋强国建设水平能够不断提高, 其中经济实力和生态治理板块的指标提升幅度最大。单个政策情形下, 生育政策无法促进海洋强国建设水平的提高, 经济政策与教育政策只能促进部分指标的提升, 科技政策对各板块指标的前期促进效果明显, 后期被教育政策超越。组合政策情形下, 若考虑经济实力、科技竞争力以及资源利用效率的提升, 宜选择科技与教育的政策组合; 在考虑生态治理效果以及海域管理效果时, 更宜选择环境与教育的政策组合; 如果需要考虑快速实现对海域开发利用的需求, 则选择经济与教育的政策组合; 教育政策在实现不同海洋强国建设目标的过程中都具有重要作用。

关键词 海洋强国建设; 系统动力学; 政策模拟

建设海洋强国是中国特色社会主义事业的重要组成部分^[1], 也是顺应国家发展趋势和世界潮流的必然选择。习近平总书记在中共中央政治局第八次集体学习时强调, 要提高海洋资源开发能力,

着力推动海洋经济向质量效益型转变; 要保护海洋生态环境, 着力推动海洋开发方式向循环利用型转变; 要发展海洋科学技术, 着力推动海洋科技向创新引领型转变; 要维护国家海洋权益, 着力推动海

收稿日期: 2022-08-29; 修回日期: 2023-02-09

基金项目: 广东省教育科学“十三五”规划高校哲学社会科学专项(2019GXJK082); 国家社会科学基金重大项目(20&ZD100, 22&ZD126); 广东省教育科学规划高等教育专项(2021GXJK063); 广东省教育厅高等学校科研(特色创新)项目(2022WTSX035)

作者简介: 杜军, 教授, 研究方向为海洋经济管理、工商企业管理, 电子信箱: dujun58@126.com; 鄢波(通信作者), 教授, 研究方向为财务与会计、海洋贸易经济, 电子信箱: obany@163.com

引用格式: 杜军, 路伟, 鄢波. 基于系统动力学的海洋强国建设政策模拟[J]. 科技导报, 2023, 41(7): 127-144; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.07.013

洋维权向统筹兼顾型转变。这“四个转变”深刻阐明了中国发展海洋强国的核心内涵。可见,海洋强国建设是一个复杂的系统工程,涉及经济、人口、生态环境、科技、权益等多个系统,涉及发展海洋经济、保护海洋环境、创新海洋科技、维护海洋权益等一系列任务^[2],因此需要将海洋强国建设的不同维度当作是一个整体,统筹考虑。在2021年全国“两会”政府工作报告中,明确提出要积极拓展海洋经济发展空间^[3]。可见,建设海洋强国事关中华民族的伟大复兴,不仅是中国现在的战略布局前沿^[4],同时也是当前众多学者研究的热点问题。目前的研究主要集中在海洋强国的基本概念、发展模式以及评价策略3个方面。首先,国内学者基于中国海洋战略的历史脉络对海洋强国进行研究^[5],将海洋强国定义为新时代的海洋战略,包含政治、经济、文化、外交、生态等当代领导人丰富的战略思想^[6-7];国外更多是从“海权”思想中演化出海洋强国的相关概念^[8]。对于海洋强国发展模式的研究,主要包括以西班牙、荷兰为代表的小国模式以及以英国、美国为代表的大国模式。小国模式主要依靠地理区位的先发优势进行军事侵略以及殖民扩张来获得短暂的海上霸权地位。而大国模式则是通过自身体制与海洋资源优势在经济上大力发展生产力,军事上建设强大的海军力量以及军事同盟来获得持续的海上霸权地位^[9-12]。当前评价策略大多是围绕某一区域的海洋经济实力、产业竞争力或资源环境承载力等展开,尚未形成成熟的海洋强国综合评价方案,所采用的方法包括灰色关联分析法、熵值法、主成分分析法、综合赋权法等^[13-18]。

关于系统动力学方法的使用,国内研究人员偏重于对海洋平台安全、资源可持续利用、海洋功能区利用效能等领域的研究。其中,海洋平台安全侧重于脆弱性分析以及事故预测^[19];资源可持续利用侧重于对渔业资源、盐业、海洋石油天然气等海洋特色资源承载力的研究^[20-21];海洋功能区侧重于对海洋渔业养殖功能的研究^[22]。国外则更加关注其他因素与海洋经济发展之间的联系,例如分析海洋资源、资本、劳动力、科学技术等因素对海洋发展的影响^[23];通过海洋空间规划实现海洋经济可持续发

展的研究^[24];海洋渔业碳排放与海洋渔业经济发展的关系研究^[25]。

目前关于海洋强国建设的研究表现为2个特点:一是国内许多研究往往局限于海洋强国建设的某一方面,系统性特别是采用系统动力学进行的研究较少。二是关于海洋强国政策的定性方面研究很多,定量研究虽然有一些,但是同时研究多种政策不同作用路径与影响程度的较少。

基于以上研究,本研究认为海洋强国建设的核心内涵体现出了系统论和矛盾论的思想,海洋经济、海洋生态环境、海洋科技等系统不是孤立割裂的,它们相互联系形成一个统一整体,各因素的变动对其他因素及整个系统都将产生影响。因此,有必要采用系统动力学方法进行研究,该方法可以更好地呈现出不同子系统之间的内部相互作用机制,将不同政策作用下海洋强国复杂系统的动态演变过程以及内部各要素的变化规律详细地展现出来,有利于研究不同政策对海洋强国建设成效的影响。根据现有海洋强国建设体系,使用 VENSIM PLE x32 软件构建系统动力学模型来探究驱动中国海洋强国建设的主要政策因素。模型运行的时间范围为2005—2030年,其中2005—2016年为检验期,通过将2005—2016年的运行模拟值与历史值进行对比,可对之前建立的相关参数变量进行调试,以更加贴近真实情况。2017—2030年为预测期,该阶段共设计教育、科技、经济、环境、生育等5类政策作用因子形成3类16种政策情形,在不同政策情形下,对海洋强国建设多方面指标模拟预测数据进行对比,反映不同海洋强国政策对海洋强国建设影响成效的大小,为中国海洋强国建设的政策着力点提供一种参考。

1 海洋强国建设的系统动力学模型构建

1.1 系统边界、评价指标及假设

本研究拟构建的海洋强国系统动力学模型边界包括中国沿海11个省或直辖市及中国管辖海域,系统时间为2005—2030年,以2005年为基准来研究不同政策作用因子下海洋强国建设水平的动

态发展情况。其中,海洋强国建设水平从经济实力、科技竞争力、生态治理、资源利用效率及综合管理能力五大板块衡量评价其成效,理由如下:(1)总结学术界现有的关于海洋强国建设水平的评价指标体系,总体上可分为海洋经济、海洋科技、海洋环境、海洋资源、海洋管理等方面^[26-28]。(2)在国家层面的指导性文件中如党的十八大报告、十九大报告以及《中国海洋发展报告(2020)》中都分别提到了发展海洋经济及科技,提高海洋资源开发能力,保护海洋生态环境,维护国家海洋权益,完善管理体系等内容^[29]。党的十八大代表、原国家海洋局局长刘赐贵^[30]指出,未来国家海洋局将从海洋资源开发、海洋经济发展、海洋科技创新、海洋生态文明建设、海洋权益维护等方面推动海洋强国的建成。(3)考虑到资料的可收集、可获取以及模型构建的关联性与可操作性,选取这些指标作为参考。五大板块中,经济实力以人均海洋生产总值(GOP)、涉海就业者人均海洋生产总值以及海洋第三产业比重指标为代表;科技竞争力以研发人员比重、海洋专利授予量比重指标为代表;生态治理以人均近岸较清洁海域面积、单位废水排放量海洋生产总值及单位工业增加值废水排放量指标为代表;资源利用效率以单位能耗海洋生产总值指标为代表;综合管理能力以累计确权海域面积占总海域比重、单位累计确权海域面积GOP指标为代表。模型主要考虑以下假设:(1)海洋强国建设的成效由经济实力、科技竞争力、生态治理、资源利用、综合管理能力五大板块的相关指标衡量。(2)第二产业仅考虑工业。(3)主要污染来源于工业生产领域,第一和第三产业的单位污染程度相对较小,模拟时忽略。(4)经济持续稳定增长,不存在较大波动。

1.2 数据来源

该系统所需数据主要来自于《中国统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国近岸海域环境质量报告》《中国金融年鉴》《中国海洋经济统计公报》《海域使用管理公报》等。对GOP、工业增加值等经济数据在处理时均以2005年为基准年换算为可比价格。

1.3 子系统分析

海洋强国系统涉及经济、人口、生态环境、科技等多方面的因素,属于典型的社会经济系统,传统的社会经济系统为3E系统^[31],主要研究能源、经济和环境之间的联系。随着研究的不断深入,更多的耦合系统逐渐出现,系统边界不断扩充。例如,刘开迪等^[32]在研究不同政策对生态文明建设的影响时,将生态文明建设的系统边界定义为经济、生态环境、科技、人口、政策子系统的构成,徐升华等^[33]以经济、科技水平、人力资本、资源、生态企业和居民生活子系统研究鄱阳湖生态经济区。根据对中国海洋强国核心内涵的把握以及研究重点,本研究所构建的海洋强国系统具有3E系统的模型特征,但运行边界已超过传统3E系统本身。因此,在参考现有成果的基础上,将海洋强国系统划分为经济、人口、科技、环境、政策5个子系统,形成以政策子系统为核心,经济、人口、科技、环境等其他4个子系统相互影响的系统化模型。

1) 经济子系统。经济子系统主要研究经济总量、规模、结构与其他子系统的关系。首先,人均GOP会影响沿海省份居民的生活水平,进而影响海洋资源的消耗程度以及环境污染程度。其次,涉海就业者人均GOP以及海洋第三产业比重体现了海洋产业的规模效应及产业结构的优化程度,进而影响GOP的增长。最后,GOP会影响社会投资,进而影响环境质量、居民生活水平、科技水平等要素。

2) 人口子系统。人口子系统主要关注在经济、科技及环境水平既定的情况下,人口数量的变化对其他子系统的影响。首先,人口数量最先影响涉海就业者人数,进而作用于GOP,再对其他要素产生影响。其次,人口数量会影响资源的需求程度,进而影响海域的开发利用,破坏海洋生态环境。最后,沿海地区人口总量与城镇人口数量决定的城镇化水平会进一步影响资源的消耗,同时,人口总量也影响研发人员的比重,进而影响技术水平。

3) 科技子系统。科技子系统对其他系统的影响表现在3个方面。首先,技术水平可以直接促进GOP的增长,从而影响海洋强国建设相关领域指标的建设。其次,技术水平的进步可以减少污染的排

放,改善海洋生态环境质量。最后,科技进步可以提高海洋资源的利用效率,提高生产的绿色水平。

4) 环境子系统。环境子系统对其他子系统的影响主要表现在2个方面。一方面,污染物排放、海域清洁程度、资源利用效率等会影响海洋环境的质量,环境的恶化会造成沿海及海洋环境消耗损失同时制约人口的增长。另一方面,对经济子系统而言环境治理需要环境污染治理投资,这个比例的提高会挤占其他投资的比重。

5) 政策子系统。该子系统主要研究各种政策

对海洋强国建设水平的影响。第一,教育政策会增加教育投入影响海洋类受高等教育者数量进而影响科技水平及海洋类科研人员数量等。第二,科技政策主要影响海洋科研经费的投入。第三,经济政策会影响沿海省份的消费、投资及出口等需求要素,促进生产性投资,提高经济的支撑强度。第四,环境政策通过环境治理保护投资影响污染物的排放以及较清洁海域面积等要素。第五,生育政策则会直接影响人口增长率,进而对其他要素产生影响,相关的政策工具选取依据如表1所示。

表1 海洋强国系统政策工具选取依据

海洋强国政策工具	理论或现实依据
教育政策	依据:刘开迪等 ^[32] 在生态文明建设系统中考虑了教育政策影响因子;2010年12月国家海洋局、教育部、科学技术部、农业部、中国科学院联合印发了《全国海洋人才发展中长期规划纲要》(2010—2020年) 意义:当前中国拥有的海洋类高校除了以海洋命名的综合性院校外,还有200余所开展海洋教育的高等院校,随着国家重视程度的提高,海洋人才培养布局逐步形成,具有重要研究价值
科技政策	依据:张樾樾等 ^[34] 在海洋牧场生态系统中引入海洋科研机构经费投入比例作为科技政策影响因子;2017年5月12日,科技部、国土资源部和国家海洋局联合印发《“十三五”海洋领域科技创新专项规划》 意义:中国坚持科技兴海战略,将科技创新视为推动海洋经济转型,实现海洋经济高质量发展的重要驱动力
经济政策	依据:陆杰华等 ^[35] 考察生产投资水平对渔业生产的影响将投资规模作为调节因子;2017年5月4日,国家发展改革委与国家海洋局印发《全国海洋经济发展“十三五”规划》 意义:经济政策能够为沿海省份海洋类企业的发展提供更多的融资渠道与税收优惠等,是促进海洋经济增长的重要方式
环境政策	依据:周雄勇等在节能减排系统中分析环保政策对减排效果的影响 ^[36] ;2020年4月26日,财政部印发《海洋生态保护修复资金管理办法》 意义:海洋强国涉及开发海洋、利用海洋、保护海洋、管控海洋等方面,海洋环境政策直接作用于保护海洋方面的具体体现
生育政策	依据:陆杰华等在海洋渔业资源系统中引入人口作为政策调控因子 ^[37] ;十八届五中全会提出全面放开二胎政策 意义:第七次人口普查的结果已经公布,尽管放开二胎政策已经实施,但是生育率仍不容乐观,有必要考察积极的生育政策对海洋强国建设的影响

由以上的分析可知,海洋强国系统由5个子系统构成,这5个系统呈现出一种既相互关联又相互制约的关系,正是这种相互作用推动着海洋强国建设水平的提高,为了更好地反映各子系统之间的关系,构造海洋强国系统理论模型如图1所示。

1.4 因果关系

经过对系统结构的分析,运用vensim软件构建中国海洋强国建设的因果关系(图2)。模拟主要考虑沿海省份人口增长、经济发展、技术进步、生态环境质量、海域资源开发等因素,因果关系图中的主要反馈环如下。

1.5 存量流量图与主要方程

根据系统模型相关变量之间的相互关系与作用原理,建立变量间的计算方程,其中代表性方程

如表2所示。根据以上的因果关系图建立海洋强国建设的系统动力学模型,相关存量流量图如图3所示。

表2 海洋强国建设系统模型的主要参数与方程

编号	变量名称	方程	单位
(1)	GOP	INTEG(GOP增加量-GOP损失)	亿元
(2)	GOP增加量	海洋生产总值增长率×DELAY1(海洋生产总值,1)	亿元/a
(3)	GOP损失	GOP×环境消耗对经济损失比率	亿元/a
(4)	第三产业GOP	INTEG(第三产业GOP增加量,8600)	亿元
(5)	沿海地区人口总量	INTEG(人口增加量,53684)	万人
(6)	人口增加量	人口增长率×DELAY1(沿海地区人口总量,1)×生育政策影响因子	万人/a
(7)	涉海就业人数	0.085×沿海地区人口总量-1597.77	万人
(8)	涉海专业专科及以上毕业生人数	INTEG(涉海专业专科及以上毕业生增加量,0.826)	万人
(9)	研发人员数量	0.259×涉海专业专科及以上毕业生人数+0.84945	万人
(10)	海洋专利授予量	INTEG(海洋专利授予量增加量,121)	件
(11)	近岸较清洁海域面积	INTEG(近岸较清洁海域面积增加量,1936.88)	万hm ²
(12)	近岸较清洁海域面积增加量	较清洁海洋面积增加率表函数×DELAY1(近岸较清洁海域面积,1)×环境政策影响因子	万hm ² /a
(13)	废水排放量	INTEG(废水排放量增加量,40.27)	亿t
(14)	累计确权海域面积	INTEG(确权海域面积增加量,95.2)	万hm ²
(15)	人均GOP	GOP/沿海地区人口总量	元/人
(16)	涉海就业者人均GOP	GOP/涉海就业人数	万元/人
(17)	海洋第三产业比重	海洋第三产业GDP/GOP	—
(18)	研发人员比重	研发人员数量/沿海地区人口总量	—
(19)	海洋专利授予量比重	(海洋专利授予量/研发机构专利授予总量表函数)×R&D投入强度	—
(20)	人均近岸较清洁海域面积	近岸较清洁海域面积/沿海地区人口总量	hm ² /人
(21)	单位废水排放量GOP	GOP/废水排放量	元/t
(22)	单位工业增加值废水排放量	废水排放量/工业增加值	t/万元
(23)	单位能耗GOP	GOP/[(能源消费总量×(生活水平影响因子/生产技术影响因子)]	万元/t标准煤
(24)	累计确权面积占总海域面积比重	累计确权海域面积/中国管辖海域总面积	—
(25)	单位累计确权海域面积GOP	GOP/累计确权海域面积	万元/hm ²

注:第(7)个方程的参数由沿海地区人口总量和涉海就业人数2005—2016年数据线性回归后得到;第(9)个方程的参数由涉海专业专科及以上毕业生人数和研发人员2005—2016年数据线性回归后得到。

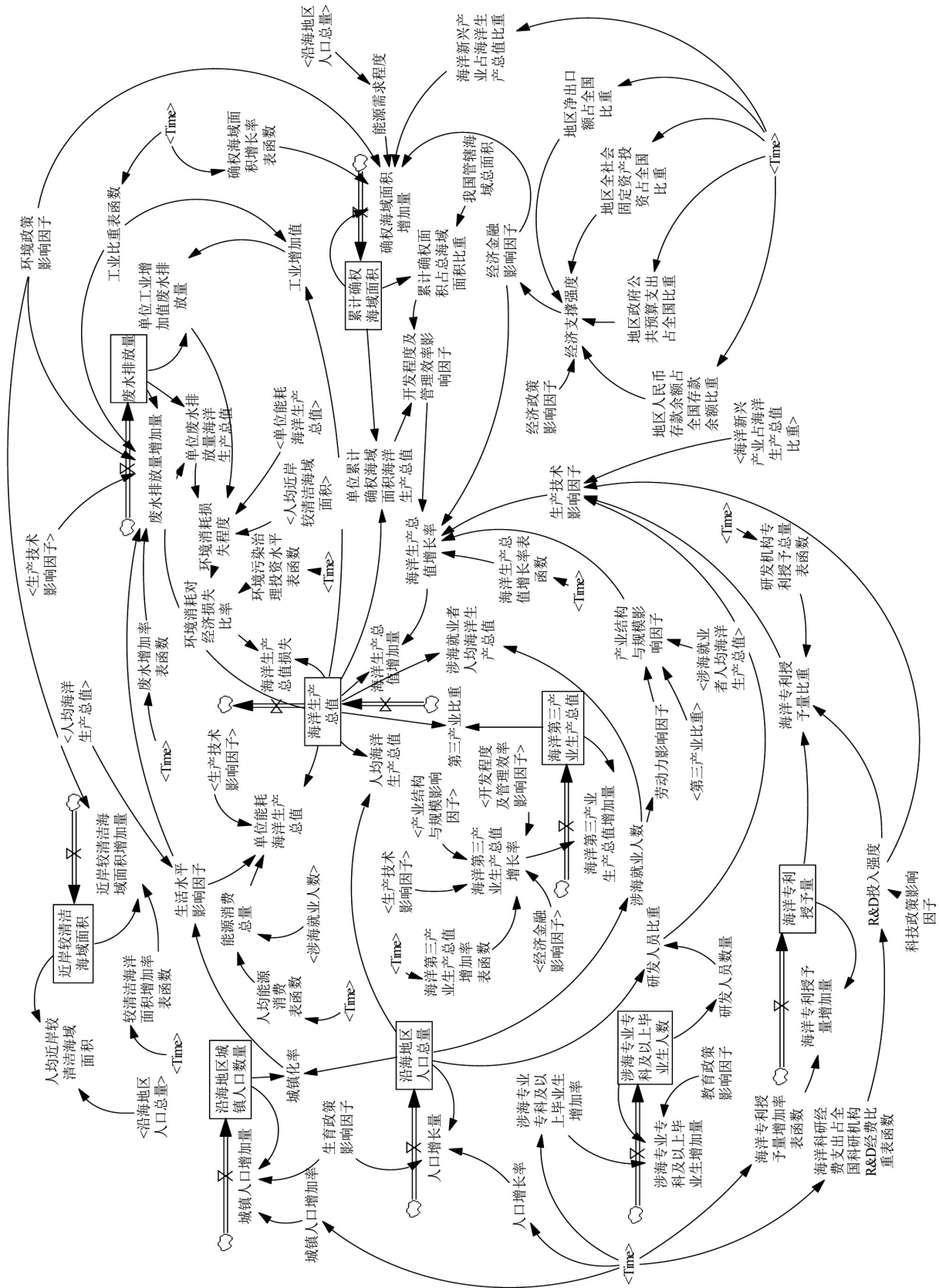


图3 海洋强国建设系统的存量流量

2 模型检验与模拟情形设计

2.1 模型检验

2.1.1 直观及运行检验

在建立模型之前已对中国海洋强国建设系统结构进行了分析,可以避免机制性错误,模型设计具备足够的合理性。且模型参数及方程的重要变量未遗漏,数据来源真实可靠,故通过直观检验。

而运行检验包括结构运行检验与单位检验2个方面,分别用 Model check 和 Units check 工具进行检验均通过了运行检验。

2.1.2 历史检验

历史性检验是指通过比较各变量的模拟值与历史统计数据之间的差异来判断模型的总体预测精度及有效性,具体结果如表3所示。

表3 变量历史检验结果

年份	沿海地区人口总量/万人			GOP/亿元			第三产业 GOP/亿元		
	历史值	模拟值	相对误差	历史值	模拟值	相对误差	历史值	模拟值	相对误差
2005	53684	53684	0.00000	17656	17656	0.00000	8600	8600	0.00000
2006	55457	55457.2	3.6×10^{-6}	20773	20742	-0.00152	9761	9761	-0.00000
2007	55550	55547.4	-0.00005	22867	22437	-0.01879	10901	10803	-0.00899
2008	56214	56210.1	-0.00007	24619	23910	-0.02879	11837	11683	-0.01301
2009	56885	56873.3	-0.00021	26700	25685	-0.03801	12766	12573	-0.01512
2010	57688	57667	-0.00036	30763	29883	-0.0286	14514	14391	-0.00847
2011	58072	58045.8	-0.00045	32762	31575	-0.03624	15476	15356	-0.00775
2012	58463	58433.9	-0.00050	35254	34180	-0.03047	16900	16910	0.00059
2013	58812	58780.4	-0.00054	37645	36609	-0.02751	18625	18739	0.00612
2014	59162	59128.1	-0.00057	41285	40646	-0.01547	21037	21315	0.01331
2015	59526	59489.6	-0.00061	44516	44242	0.00616	23459	23905	0.01903
2016	59994	59954.3	-0.00066	46620	46664	0.00095	25724	26421	0.02710

年份	近岸较清洁海域面积/万 hm^2			废水排放量/亿 t			累计确权海域面积/万 hm^2		
	历史值	模拟值	相对误差	历史值	模拟值	相对误差	历史值	模拟值	相对误差
2005	1936.88	1936.88	0.00000	40.27	40.27	0.00000	95.20	95.20	0.00000
2006	1868.20	1868.30	0.00005	142.61	142.60	-0.00006	112.51	112.52	0.00009
2007	1884.43	1885.03	0.00032	149.70	144.62	-0.03393	129.93	127.83	-0.01616
2008	2122.70	2121.24	-0.00069	146.91	142.07	-0.03295	152.47	148.48	-0.02617
2009	2132.08	2129.58	-0.00117	138.83	134.72	-0.02960	170.31	164.66	-0.03317
2010	1778.25	1777.53	-0.00040	141.38	137.30	-0.02886	189.69	183.07	-0.03490
2011	1855.48	1870.02	0.00784	135.30	131.95	-0.02476	208.28	200.88	-0.03553
2012	2027.97	2035.26	0.00359	128.10	125.28	-0.02201	235.45	227.32	-0.03453
2013	1928.49	1943.54	0.00780	118.91	117.11	-0.01514	270.95	260.97	-0.03683
2014	1990.56	2009.05	0.00929	115.69	114.28	-0.01219	308.36	296.00	-0.04008
2015	2101.31	2117.19	0.00756	110.57	110.08	-0.00443	333.73	320.04	-0.04102
2016	2384.57	2388.01	0.00144	115.06	115.96	0.00782	362.86	349.14	-0.03781

注:累计确权海域面积2007年后在《海洋统计年鉴》以及《海域使用管理公报》上没有公布,只公布新增确权海域面积,故2008年以后的数据按推算处理。

本研究考虑指标和模型特点,共选取沿海地区人口总量、GOP、第三产业 GOP、近岸较清洁海域面积、废水排放量、累计确权海域面积6个变量进行检验,考虑到数据的可获取性,检验初始时间为2005年,终止时间为2016年,各变量的检验结果如

表3所列。结果显示,变量模拟值与历史值之间的相对误差均在 $\pm 5\%$ 以内,系统模拟结果与实际结果基本一致,因此认为模型能够真实地反映海洋强国建设系统的现实运行状况。

2.2 模拟情形设计

表1中明确了在与海洋强国建设有关的众多政策中,选取生育、经济、环境、科技与教育5类代

表性政策,研究其对中国海洋强国建设系统的动态影响,具体情形类型、模式及相应参数设置方案如表4所示。

表4 模拟情形设计及参数设置方案

模拟情形类型	具体模式	代码	参数设置				
			生育政策 影响因子	经济政策 影响因子	环境政策 影响因子	科技政策 影响因子	教育政策 影响因子
基准政策情形	现有政策模式	B	1	1	1	1	1
	生育政策模式	S ₁	2	1	1	1	1
	经济政策模式	S ₂	1	2	1	1	1
	环境政策模式	S ₃	1	1	2	1	1
	科技政策模式	S ₄	1	1	1	2	1
	教育政策模式	S ₅	1	1	1	1	2
组合政策情形	生育与经济双政策模式	D ₁	2	2	1	1	1
	生育与环境双政策模式	D ₂	2	1	2	1	1
	生育与科技双政策模式	D ₃	2	1	1	2	1
	生育与教育双政策模式	D ₄	2	1	1	1	2
	经济与环境双政策模式	D ₅	1	2	2	1	1
	经济与科技双政策模式	D ₆	1	2	1	2	1
	经济与教育双政策模式	D ₇	1	2	1	1	2
	环境与科技双政策模式	D ₈	1	1	2	2	1
	环境与教育双政策模式	D ₉	1	1	2	1	2
	科技与教育双政策模式	D ₁₀	1	1	1	2	2

为探索各政策对海洋强国建设水平的影响,本文拟将模拟情形分为3类情形。第一类为基准政策情形,即延续当前的各项政策不变的发展情形;第二类为单个政策情形,分别增加5类政策的作用力度;第三类为组合政策情形,探究推进海洋强国建设的高效政策组合。这类情形主要考虑到组合政策的数量越多,人力、物资等施行成本投入也越大,因此在考虑国家实施政策投入成本的情况下,该组合政策情形只研究包含2个政策的组合对海洋强国建设的影响。综上,本研究共设定3类16种模拟情形进行模拟。在模拟情形的实现上,本文设置5种政策影响因子,将基准政策情形下各政策因子的初始值均设定为1,代表现有政策的政策力度。在单个政策情形与组合政策情形的调控中,通过将所涉及的政策因子调整为2,表示加大该类政策的作用力度来实现。

3 模拟结果分析

3.1 基准政策情形分析

在保持当前政策不变的条件下,得到基准政策情形B(现有政策模式)下中国海洋强国建设的模拟结果。结果显示,在这一政策情形下中国海洋强国建设的发展情况总体呈现较好态势。在经济实力方面,人均GDP增长较快,由2005年的约3289元/人增至2030年的约22476元/人。2005年涉海就业者人均GDP约为59541元/人,2019年增长约为168500元/人,年均增长约为7783元/人;而此后至2030年这一指标增长为368865元/人,年均增长约为18215元/人,年均增量为2005—2019年的2.34倍左右。海洋第三产业比重在2005—2012年变化不显著,围绕48%左右上下波动,但是从2013年开始至2030年增长速度加快,2030年达到

69.20%,接近发达国家水平,年均增长约1.06%。在科技竞争力方面,2005—2030年海洋科研机构研发人员占沿海11省人口比重有所提高,从2005年的每10万人2名研发人员增长为2030年的每10万人5名左右的研发人员。海洋专利占全国专利授予量比重在2005—2016年之间波动较大,在2017—2030年呈稳定增长趋势,所占比重从约3.74%上升为约11.33%。在生态治理方面,人均近岸较清洁海域面积呈现先较大波动(2005—2020年)后平稳增长(2021—2030年)态势,从0.036 hm²/人升高到0.041 hm²/人,后期保护效果明显。单位废水排放量GDP在2005—2006年有个短暂下降趋势,主要是由于2005年废水排放量仅40.27亿t,而2006年飙升到142.61亿t,从2006年起至2030年该指标稳定上升,由2006年的145.45元/t增长为2030年的1264.37元/t,增长了近8倍。单位工业增加值废水排放量在2005—2006年有一个短暂的上升,原因和上一个指标相同,此后至2030年该指标逐年下降并有趋于平稳的态势,2030年为29.92 t/万元,是2006年的约1/5,环境治理效果明显。在资源利用效率方面,单位能耗GDP逐年递增,由约29.70万元/t标准煤上升到约54.77万元/t标准煤,26年间资源利用效率虽有提高但幅度不大。最后,在综合管理能力方面,累计确权面积占总海域面积比重稳定增长,由2005年的0.32%上升至2030年的约3.20%,提升了近10倍,可见国家对海洋的开发利用越来越重视,强度会越来越大。而单位累计确权海域面积GDP在2005—2030年是呈先下降后缓慢回升的趋势,先从2005年的约185.46万元/hm²减少为2016年的约133.65万元/hm²,之后开始逐年波动总体呈缓慢向好趋势,至2030年该指标为155.60万元/hm²。说明了前期中国对海域的管理主要为粗放式管理,经济效益不好,后期慢慢有所改善。

3.2 单个政策情形分析

分别增加5种政策的作用力度,进行单个政策情形(S_1 生育政策模式、 S_2 经济政策模式、 S_3 环境政策模式、 S_4 科技政策模式、 S_5 教育政策模式)的模拟,探究不同政策影响下中国海洋强国建设的发展趋势,结果如下。

3.2.1 生育政策模式(S_1)

S_1 的模拟结果表明,生育政策模式对于海洋强国建设具有较多的负面影响。在经济实力方面,除了第三产业比重指标外,生育政策模式对于海洋强国建设的促进效果均低于基准情形。人均GDP和涉海就业者人均GDP不断增加,但由于生育政策所带动的人口增速以及间接带动的涉海就业者人口增速大于GDP的增速,故其水平低于基准情形下的同期水平(图4、图5)。改变生育政策影响因子将提高第三产业比重,这一趋势会随时间的推进变得更加显著(图6),这是因为生育政策促进人口增长的同时也会间接加大对环境的消耗程度,使得GDP的损失增加,但是对第三产业GDP的影响不显著。在科技竞争力、生态治理与资源利用效率3个方面,仅加大生育政策作用力度对海洋强国建设的作用效果均会略低于现有政策情形(图7~图12)。综合管理能力方面,由图13可知,在生育政策模式下,累计确权海域面积占总海域比重仅次于经济政策的影响,说明仅加大生育政策影响因子有利于促进海域的开发;但单位累计确权海域GDP又略低于基准情形,呈不断下降的趋势,说明只采用生育政

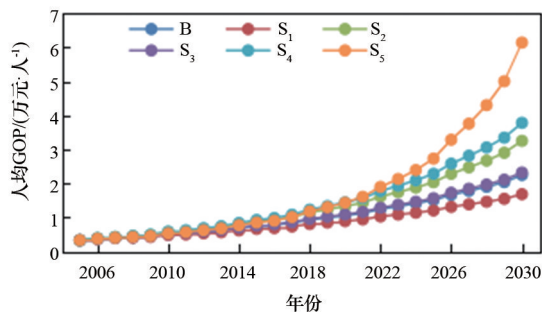


图4 2005—2030年人均GDP

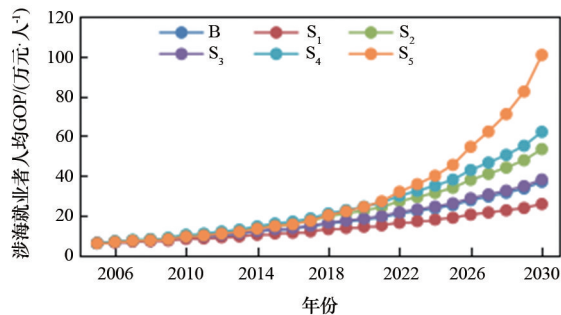


图5 2005—2030年涉海就业者人均GDP

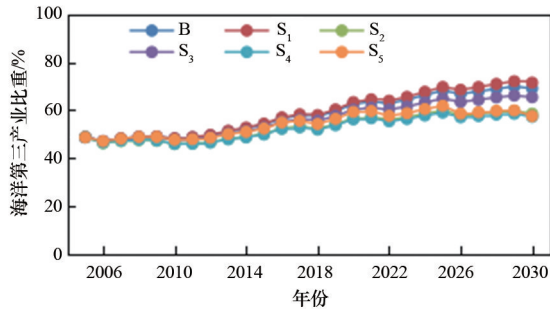


图6 2005—2030年海洋第三产业比重

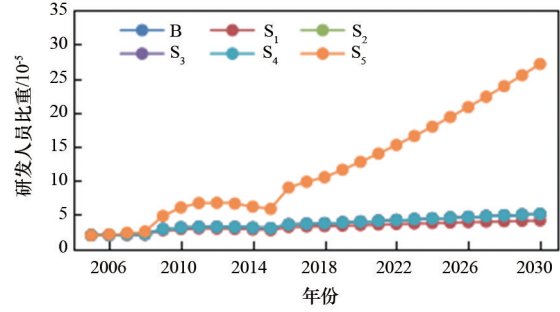


图7 2005—2030年研发人员比重

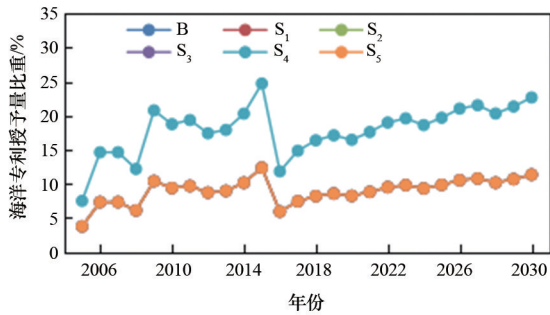


图8 2005—2030年海洋专利授予量比重

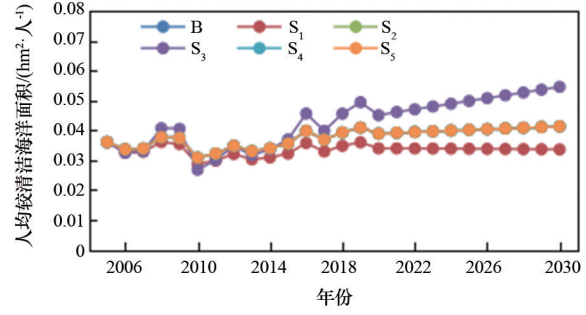


图9 2005—2030年人均近岸较清洁海域面积

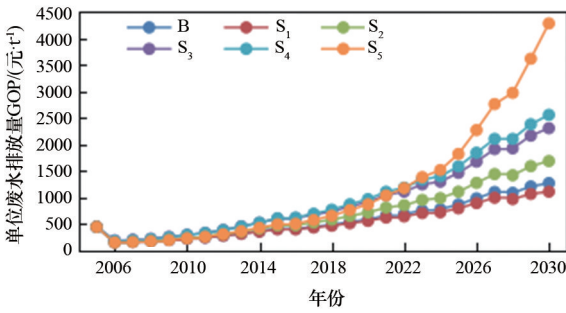


图10 2005—2030年单位废水排放量GOP

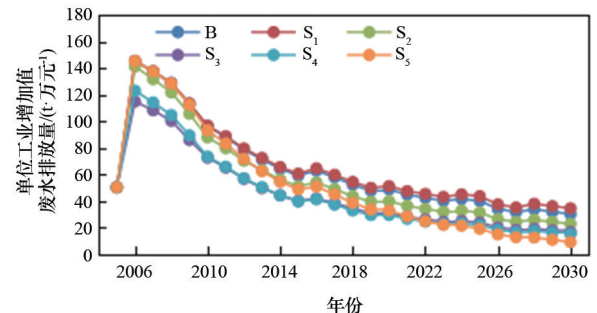


图11 2005—2030年单位工业增加值废水排放量

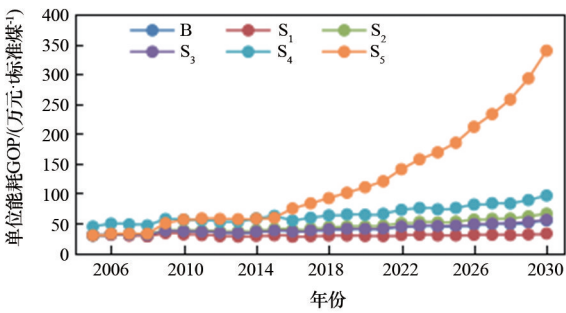


图12 2005—2030年单位能耗GOP

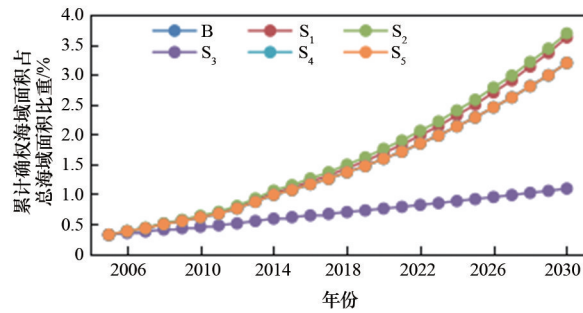


图13 2005—2030年累计确权海域面积
占总海域面积比重

策会增加资源需求,促进海域开发,但生产技术的相对落后会造成海域管理效率的低下。

3.2.2 经济政策模式(S₂)

在经济政策模式下,中国海洋强国建设的各方

面指标均略优于基准情形。在经济实力方面,除海洋第三产业比重外均有所提升(图4~图6)。而第三产业之所以会有所下降,主要是因为经济政策所带动的第三产业GDP的增速低于GDP的增速,这一差距随着时间的推移越来越大。在科技竞争力方面,经济政策的效果不显著(图7、图8)。在生态治理和资源利用效率方面,经济政策模式的表现都略优于现有政策情形,主要是因为经济政策可以在海洋领域引进更多的资金,购买更加先进的设备,一方面促进了GDP的增长,另一方面也提高了资源的利用效率,减少了对环境的损害等(图9~图12)。在综合管理能力方面,经济政策最有利于促进海域的开发,同时更多资金的投入,使海域的管理更加精细,大大增加了海域管理的经济效果(图13、图14)。

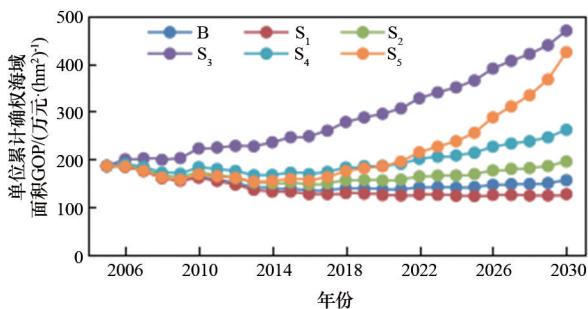


图14 2005—2030年单位累计确权海域面积GDP

3.2.3 环境政策模式(S₃)

由于环境政策影响因子直接作用于生态治理的指标,环境政策模式在改善生态治理的人均较清洁海域面积方面具有明显优势。在该政策下的人均较清洁面积一直领先于其他4种模式,人均较清洁海域面积由2005年的约0.036 hm²/人增加至2030年的约0.055 hm²/人,是生育政策模式的1.62倍,是教育、经济、科技政策的1.32倍(图9)。环境政策对于提高单位废水排放量GDP和单位工业增加值废水排放量也具有较为显著的作用,在2016年及以前领先于其他S类单个政策情形,但自2016年开始,环境政策模式下的单位废水排放量以及单位工业增加值废水排放量开始先后被S₄、S₅的同期水平超越(图10、图11)。此外,环境政策模式显著

降低了累计确权海域面积占总海域的比重,在一定程度上有利于海域的精细化管理(图14),在环境政策模式下,单位累计确权海域面积的GDP是最高的(图13、图14)。总体上看,环境政策模式对于海洋强国建设水平的促进作用表现在2个突出方面:第一,环境政策模式对生态治理指标和综合管理能力指标的提升效果最大,但是对其他类指标的促进效果不显著,其中人均较清洁海域面积与单位累计确权海域面积GDP均高于其他单个政策模式;第二,该模式对单位废水排放量GDP及单位工业增加值废水排放量的作用效果在前期能较快地提升海洋生态治理的效果,但后期动力不足,需要配套相关的措施进一步提高这一效果。

3.2.4 科技政策模式(S₄)

科技政策模式在单个政策模拟情形中的整体表现较佳。在所有政策情形中,科技政策模式对经济实力类指标中的人均GDP以及涉海就业者人均GDP的前期促进作用最大,后期仅次于教育政策模式,2030年S₄模式下中国人均GDP达约3.8万元/人,比S₃下的人均GDP多出约1.5万元/人,比S₂模式下多出约5300元/人(图4)。而且在科技竞争力方面,施加科技政策作用力是单个政策情形中唯一在2030年实现海洋专利占全国专利比重超过20%的情形(图8)。在生态治理方面,除人均较清洁海域面积外,施加科技政策对于单位废水排放量GDP以及单位工业增加值废水排放量的正向促进作用在后期仅次于教育正常模式(图9~图11)。在资源利用方面,科技政策模式下,生产技术水平大大提高,促进了资源利用效率,该模式下单位能耗GDP由2005年的44.25万元/t标准煤增加至2030年的96.25万元/t标准煤,经济转型的效果有所体现(图12)。综合管理能力的相关指标中,科技政策模式对于海域开发程度与基准情形大致相同,但海域管理的效率在前期除环境政策模式外,高于其他单一正常模式,说明科技政策能够较快提高海域综合管理能力,率先实现海域从粗放式到精细化管理的转变,实现海洋经济的转型升级(图13、图14)。

3.2.5 教育政策模式(S₅)

S₅的模拟结果表明,教育政策模式促进海洋强

国建设的一个突出特点表现为:教育政策对于海洋强国建设的正向促进作用在长期上看更加显著,后期的驱动作用相较于初期更加凸显。在经济实力方面,2016年及以前, S_5 下的人均GDP和涉海就业者人均GDP略低于 S_2 (经济)和 S_4 (科技)政策模式的同期水平;自2018年开始教育政策模式的领先优势开始凸显,2030年人均GDP和涉海就业者人均GDP分别达6.1万元/人和100.8万元/人,都超过基准情景B的2倍(图4、图5)。但是,教育政策同科技政策和经济政策一样对产业结构没有明显的促进作用,这可能是因为目前的教育政策和科技政策对不同产业结构的贡献率没有显著的区别,甚至相对于第三产业,这2个政策对于第一二产业的作用效果更明显(图6)。教育政策在科技竞争力方面的影响最为显著,其对于研发人员比重的提升效果十分明显(图7)。教育政策在推动生态治理、资源利用效率和综合管理能力等方面,同样表现为前期发挥作用较缓慢但后期发展较快的特点(图9~图14)。教育政策之所以表现为具有巨大发展潜力的特征是因为在促进经济发展方面具有隐性优势。即在当前中国海洋高端人才紧缺的背景下,施加教育政策作用力度可以在最大程度上增加海洋类研发人员比重,从而在较大程度上提高生产技术影响因子,同时能够最大程度提高海洋经济的的增长,进而促进中国海洋强国建设各方面指标的提高。

3.3 组合政策情形分析

根据2.2的设计,组合政策情形共分为10种($D_1 \sim D_{10}$)。出于对模型完整性与海洋强国建设子系统特征的考虑,选择从经济实力、科技竞争力、生态治理、资源利用效率、综合管理能力五大板块衡量中国海洋强国建设的成效,从这一视角分析不同政策组合的模拟结果。

3.3.1 不同政策组合对经济实力的影响

从经济总量上看,10种组合政策情形($D_1 \sim D_{10}$)中,模拟情形 D_7 (经济与教育双政策模式)、 D_{10} (科技与教育双政策模式)对人均GDP增加的推动效果最明显,位于第一梯队。其中,科技与教育双政策的模式对人均GDP增加的幅度最大,由2005年的3289元/人增至2030年的约95700元/人,增加近

30倍;经济与教育双政策模式的表现位列第二位,该情形下2030年的人均GDP约为8.5万元/人,与情景 D_{10} 的水平较为接近。位于第二梯队的模拟情形 D_6 (经济与科技双模式)和 D_9 (环境与教育双模式)对于人均GDP的增加同样具有较好的推动作用,但作用力度明显小于情形 D_7 和 D_{10} 。到2030年,这2种政策组合的人均GDP模拟值均没有超过6.1万元/人(图15)。

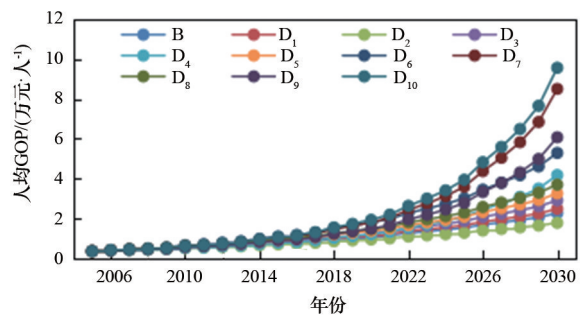


图15 2005—2030年人均GDP

从经济规模上看,梯队分布基本与经济总量相同,但比经济总量差别更显著(图15、图16)。位于第一梯队的仍是模拟情形 D_7 (经济与教育双政策模式)、 D_{10} (科技与教育双政策模式),这2种组合对于涉海就业者人均GDP的推动作用最大。至2030年,模拟值分别达到了约140万元/人和157万元/人。而 D_6 (经济与科技双模式)和 D_9 (环境与教育双模式)相比于前2种组合对涉海就业者人均GDP的促进作用较小,均未超过100万元/人。其他政策组合效果最差,均未超过70万元/人,其中, D_2 (生育与环境双政策模式)甚至达不到基准情形的效果,说明要提高涉海就业者GDP,必须依靠经济政策、科技政策或教育政策的刺激。

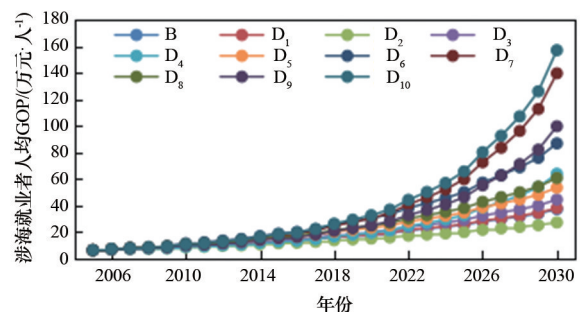


图16 2005—2030年涉海就业者人均GDP

从产业结构上看,所有的政策模式均未能到达基准政策情形的水平,其中D₂(生育与环境双政策模式)与基准情形的产业结构最为接近,从之前的分析可知,这主要是因为生育政策与环境政策对产业结构的影响不大,而其他政策组合都涉及到经济、科技与教育等政策,因而不能明显促进产业结构的优化(图17)。

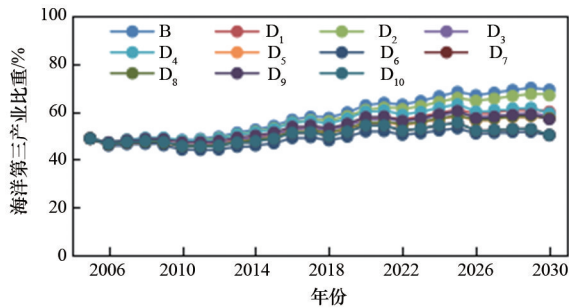


图17 2005—2030年海洋第三产业比重

3.3.2 不同政策组合对科技竞争力的影响

从研发人员投入角度分析,除生育政策外,其他3种政策与教育政策搭配,都能最大程度提高研发人员的比重,使其在2030年达到每1万人约3名海洋类研发人员的水平。而D₄(生育与教育双政策模式)略低于以上3种组合的原因是生育政策提高了沿海地区人口的总量,相对而言,降低了研发人员的比重。其他政策组合中,D₅(经济与环境双政策模式)、D₆(经济与科技双政策模式)、D₈(环境与科技双政策模式)对该指标的提升不大,与基准情形基本持平,其他的如D₁(生育与经济双政策模式)、D₂(生育与环境双政策模式)、D₃(生育与科技双政策模式)甚至有负面的作用(图18)。从海洋专利产出的角度分析,所有政策组合中,包括科技政策的政策组合最有利于海洋专利授予量比重的

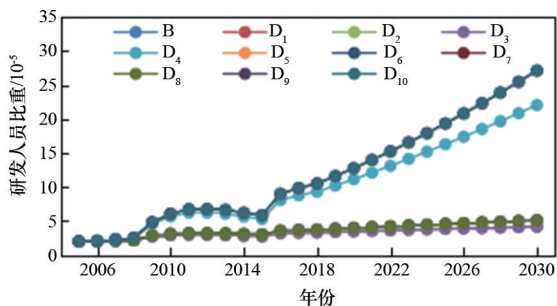


图18 2005—2030年研发人员比重

提高,其他政策组合则与现有政策效果相同(图19)。可见,对于海洋强国建设科技竞争力的提升主要依靠教育政策和科技政策。

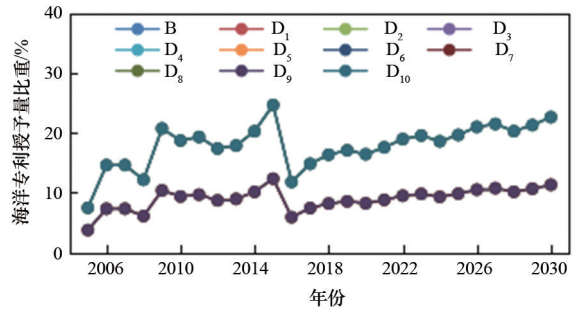


图19 2005—2030年海洋专利授予量比重

3.3.3 不同政策组合对生态治理的影响

从海域环境保护上看,10种组合政策情形(D₁~D₁₀)对于人均较清洁海域面积和单位废水排放量GOP的影响表现为在模拟的前期阶段(2005—2015年)差距较小,差距自2016年开始逐渐显现。从图20可知,至2030年,组合政策模式明显分为3种趋势。模拟情形D₅(经济与环境双政策模式)、D₈(环境与科技双政策模式)和D₉(环境与教育双政策模式)位于第一梯队,使人均近岸较清洁海域面积从2005年的0.036 hm²/人增至0.055 hm²/人。而D₂、D₆、D₇、D₁₀这4种政策组合位于第二梯队,对该指标的影响不大。第三梯队的D₁、D₃、D₄则不利于海域环境的保护,可见,该指标更多地依赖于环境政策本身。

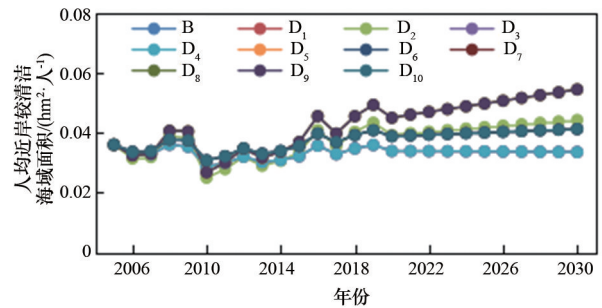


图20 2005—2030年人均近岸较清洁海域面积

从单位废水排放量GOP的角度看(图21),所有的政策组合都具有较好的促进作用,其中前期(2005—2022年)效果最好的政策组合是D₈(环境与科技政策双模式),但之后逐渐被D₁₀(科技与教

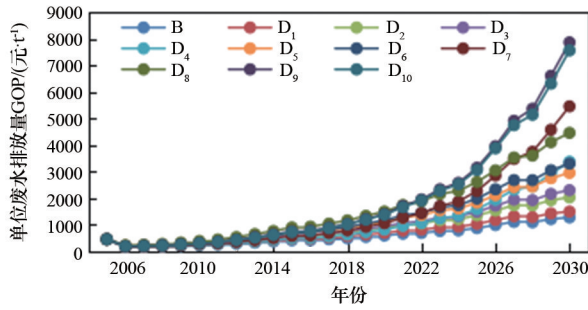


图 21 2005—2030年单位废水排放量GDP

育双政策模式)、D₉(环境与教育双政策模式)以及D₇(经济与教育双政策模式)超过并拉开。而D₁到D₆虽然有一定的推动作用,但与前面的政策组合相比效果较差。

从环境治理角度看(图22),所有的政策组合在2006年前后达到峰值,且此时的模拟情形的效果差距是最大的,从2007年起,整体上的差距逐渐减小。其中,D₈(环境与科技双政策模式)在前期(2005—2022年)对于推动单位工业增加值废水排放量减少最有效,在后期(2023—2030年)则是D₇、D₉、D₁₀效果更好,其他的政策组合作用力度较小。

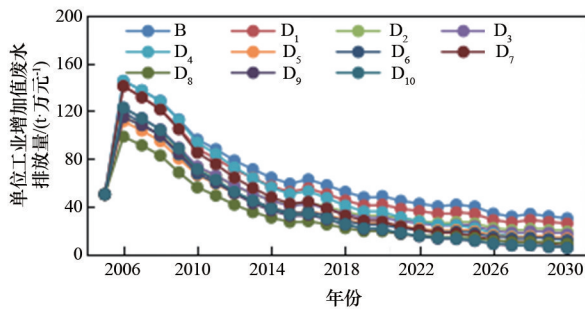


图 22 2005—2030年单位工业增加值废水排放量

3.3.4 不同政策组合对资源利用效率的影响

10种组合政策模拟情形对于资源利用效率板块的模拟结果显示,从2005—2030年,D₁₀(科技与教育双政策模式)在最大程度上提高了单位能耗GDP,其次为D₇(经济与教育双政策模式)。除基准情景外,效果最差的为D₁、D₂。在2015之前,10种D类情形在资源利用效率板块的作用水平较为接近。2015年,增长最快的D₁₀对应的单位能耗GDP水平是增长最慢的D₂的2.9倍。自2016年开始,不同政策组合对这2个指标的影响的差距明显变大,

2030年为止,D₁₀中的单位能耗GDP已经是D₂组合的近14倍(图23)。

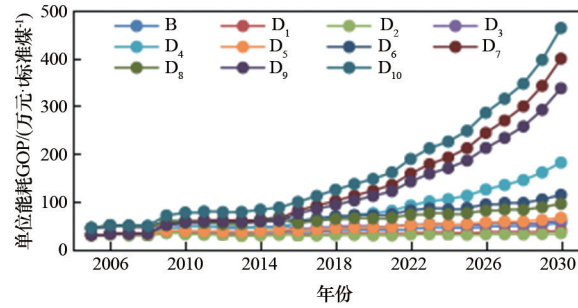


图 23 2005—2030年单位能耗GDP

3.3.5 不同政策组合对综合管理能力的影响

从海域开发利用程度的角度分析,这10类组合政策(D₁~D₁₀)中,模拟情景D₁(生育与经济双政策模式)、D₃(生育与科技双政策模式)、D₄(生育与教育双政策模式)、D₆(经济与科技双政策模式)、D₇(经济与教育双政策模式)对累计确权海域面积占总海域比重增加的推动作用较大。其中,生育与经济双政策的组合在最大程度上增加了这一指标,由2005年的0.32%增至2030年的4.22%左右,增加了12倍多;其他几种政策组合(D₃、D₄、D₆、D₇)虽然对该指标的作用力度较小,但至2030年都达到了3.6%以上。D₁₀(科技与教育双政策模式)对于海域开发的影响程度不大,与基准情形大致相同。最后4种组合D₂(生育与环境双政策模式)、D₅(经济与环境双政策模式)、D₈(环境与科技双政策模式)及D₉(环境与教育双政策模式)对于累计确权海域占总海域面积比重指标的增长都具有抑制作用,这些组合都具有一个特点,即与环境政策相互组合,可见,环境政策在抑制海域开发上成效显著(图24)。

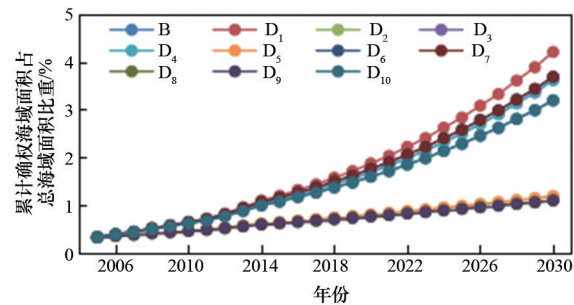


图 24 2005—2030年累计确权海域面积占总海域面积比重

从管理效果的角度分析,所有的政策组合都能或多或少地促进累计确权海域面积GOP的增长,其中效果最好的2种政策组合是 D_8 (环境与科技双政策模式)及 D_9 (环境与教育双政策模式),在前期(2005—2019年) D_8 的政策效果优于 D_9 ,而在后期(2020—2030年) D_9 渐渐超过了 D_8 ,可见科技政策相比于教育政策能更快促进海域的技术化,精细化管理。但在后期进一步的提升较乏力,而教育政策虽然在前期看不到很大的效果,但随着海洋类研发人才的增加,在后期能对海域进行更加专业化的规划管理,提高海域的GOP贡献率。此外, D_{10} (科技与教育双政策模式)的潜力也很大,在2030年以后有可能超过 D_8 甚至 D_9 ,最大程度提高单位累计确权海域面积GOP。其他政策组合($D_1 \sim D_7$)相对而言作用力度不大,也没有发展潜力。至2030年,这些政策组合均未超过600万元/ hm^2 (图25)。

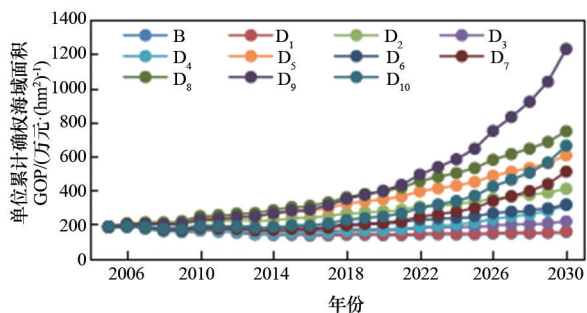


图25 2005—2030年单位累计确权海域面积GOP

4 结论

对影响中国海洋强国建设的主要影响因素之间的反馈机制进行系统分析,建立了海洋强国建设的系统动力学模型;根据各项政策的不同作用路径与效果,设计了3类共16种模拟情形,模拟不同政策或组合政策下中国海洋强国建设水平的动态变化情况,研究结论如下。

1) 基准政策情形的模拟结果表明,在延续当前的政策模式下,中国海洋强国建设水平各项指标能够实现不断提高。在经济实力板块,在2005—2030的模拟区间代表性指标人均GOP增加了近7倍,第三产业比重大幅度提升实现了海洋产业结构

的优化。在科技竞争力板块,研发人员比重提升较小,而海洋专利比重提升较大。在生态治理板块,人均较清洁海域面积有所增加,从 $0.036 \text{ hm}^2/\text{人}$ 增加到 $0.041 \text{ hm}^2/\text{人}$ 。单位废水排放量GOP以及单位工业增加值废水排放量变化较大,前者增长了近8倍,后者减少为原来的1/5。在资源利用效率板块,单位能耗GOP逐年递增但幅度不大。在综合管理能力板块,累计确权面积占总海域面积比重稳定增长,提升幅度较大。单位累计确权海域面积GOP指标逐渐改善,管理效果好转。

2) 单个政策情形的模拟结果表明,在生育、经济、环境、科技与教育5种政策模式中,生育政策模式对海洋强国建设的促进作用低于基准政策情形,说明仅依靠人口要素难以促进海洋强国各项指标的提升;经济政策模式除科技竞争力方面外,其他板块大部分指标均优于基准政策情形,其中,经济政策模式最能推动海域的开发利用,但在经济实力、生态治理、资源利用效率以及海域管理效果方面次于科技和教育政策模式;环境政策模式对于生态治理板块各项指标的整体提升效果最好,但不利于推动海域开发,直接促进GOP的增长,所以其他板块的指标不如经济、科技与教育政策模式。科技政策在前期对于海洋强国建设五大板块的促进效果比较直观,最有利于海洋强国建设各项指标的提升,随着中国这些年已经在海洋科技领域有所投入与开发,这方面的潜力有所降低;教育政策模式直接影响研发人员比重指标,能够促进科技竞争力的迅速提升,在中国当前海洋类高端人才匮乏的背景下,这一政策模式在后期表现出巨大的潜力,对于5个板块的大部分指标都超过了科技政策模式,最大幅度推动了中国海洋强国的建设。

3) 组合政策情形模拟结果表明,若侧重于经济实力的总量及规模、科技竞争力以及资源利用效率的提高,则科技与教育双政策模式最优。若在提高海洋强国建设水平的同时考虑实现一直稳定增长的生态治理效果以及海域管理效果,则应选择环境与教育双政策模式;若目的是追求加快对海域的开发利用并综合考虑其他板块建设水平相对提高,则应选择经济与教育双政策模式。

综上所述,在5类政策单独发挥作用时,生育政策不能显著推动海洋强国建设水平的提高;经济政策与环境政策均有各自的优势板块,但不能够全方位推动海洋强国建设的发展。科技政策对于海洋强国建设的各项指标前期效果明显,但后期逐渐被教育政策超越;教育政策对于海洋强国建设五大板块指标的提升均具有较大的潜力空间,但在前期效果不明显。在分析组合政策对海洋强国建设的影响时,科技与教育的政策组合能够在最大程度上提高经济实力的总量及规模、科技竞争力以及资源利用效率。在考虑生态治理效果以及海域管理效果时,更宜选择环境与教育的政策组合。如果需要考虑快速实现对海域开发利用的需求,则选择经济与教育的政策组合。可见,不论是在单个政策情形还是在组合政策情形下,教育政策对于推动海洋强国建设水平各项指标的提升都是必不可少的,是提高中国海洋强国建设水平的重要政策手段。

参考文献(References)

- [1] 习近平在中共中央政治局第八次集体学习时强调 进一步关心海洋认识海洋经略海洋 推动海洋强国建设不断取得新成就[EB/OL]. (2013-07-31)[2021-06-17]. <http://cpc.people.com.cn/shipin/n/2013/0731/c243284-223996-56.html>.
- [2] 沈满洪,余璇.习近平建设海洋强国重要论述研究[J].浙江大学学报(人文社会科学版),2018,48(6):5-17.
- [3] 十三届全国人大四次会议《政府工作报告》[EB/OL]. (2021-03-12)[2021-06-17]. http://www.gov.cn/premier/2021-03/12/content_5592671.htm.
- [4] 赵义冰.守护好开发好蓝色国土加快建设海洋强国正当其时[N].人民日报,2020-9-11(9).
- [5] 廖民生,刘洋.新中国成立以来国家海洋战略的发展脉络与理论演变初探[J].太平洋学报,2019,27(12):88-97.
- [6] 张根福,魏斌.习近平海洋强国战略思想探析[J].思想理论教育导刊,2018(5):33-39.
- [7] 徐萍.新时代中国海洋维权理念与实践[J].国际问题研究,2020(6):1-22.
- [8] Alfred T M. The influence of sea power upon history, 1660-1783[M]. New York: Dover Publications, 1988.
- [9] 高兰.海权发展模式研究与中国海权理论构建[J].亚太安全与海洋研究,2019(5):29-48.
- [10] 陈韶阳,郑清予.美国海洋思维剖析及对中国海洋强国建设的启示[J].太平洋学报,2021,29(4):53-65.
- [11] Gregg L L. John Adams on the drafting of the Treaty Plan of 1776[J]. Diplomatic History, 1978, 2(3): 313-320.
- [12] Cicin-Sain B, Knecht R W. The problem of governance of U.S. ocean resources and the new exclusive economic zone[J]. Ocean Development & International Law, 1985, 15(3): 289-320.
- [13] 郑珍远,刘婧,李悦.基于熵值法的东海区海洋产业综合评价研究[J].华东经济管理,2019,33(9):97-102.
- [14] Zhang Q. Regional marine economic development and gray prediction based on comprehensive evaluation system[J]. Journal of Coastal Research, 2020, 112(suppl 1): 191-194.
- [15] 孙倩,路波,索安宁,等.基于综合赋权法的海洋资源环境承载力综合评价研究——以长江经济带邻近海域为例[J].海洋环境科学,2018,37(4):570-578.
- [16] Du Y W, Li B Y, Quan X J. Construction and application of DPPD model for evaluating marine resources and environment carrying capacity in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 252: 119655.
- [17] 冯瑞敏,杜军,鄢波.广东省海洋产业竞争力评价与提升对策研究——基于海洋经济综合试验区建设视角[J].生态经济,2016,32(12):104-109.
- [18] Su Y M. Measurement and evaluation of economic benefits of marine industry: A grey correlation-based analysis [J]. Journal of Coastal Research, 2020, 106(suppl 1): 77-80.
- [19] 姜盛玉,陈国明,李新宏,等.基于系统动力学的海洋平台安全脆弱性分析[J].中国安全生产科学技术,2019,15(5):49-54.
- [20] 于谨凯,林逢珠,单春红.海洋不可再生资源可持续开发的系统动力学机制研究——以海洋石油资源为例[J].太平洋学报,2010,18(9):83-89.
- [21] 宋南奇,王诺,魏了,等.基于系统动力学方法的渤海海洋资源可持续利用状态研究[J].海洋湖沼通报,2013(4):154-162.
- [22] 高延铭,周玲,曲鹏,等.基于系统动力学的海洋功能区利用效能评估方法研究[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2011(4):15-20.
- [23] Li H X, Xue W X. Research on the construction of marine development framework model and the mechanism of dynamic elements based on system dynamics[J]. Journal of Coastal Research, 2020, 108(Suppl 1): 131-134.
- [24] Vermeulen-Miltz E, Clifford-Holmes J K, Scharler U M, et al. A system dynamics model to support marine spa-

- tial planning in Algoa Bay, South Africa[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2023, 160: 105601.
- [25] Chen X, Di Q, Hou Z, et al. Measurement of carbon emissions from marine fisheries and system dynamics simulation analysis: China's northern marine economic zone case[J]. *Marine Policy*, 2022, 145: 105279.
- [26] 金永明. 中国建设海洋强国的路径及保障制度[J]. *毛泽东邓小平理论研究*, 2013(2): 81-85.
- [27] 同春芬, 韩栋. 建设海洋强国背景下海洋社会管理创新模式研究[J]. *上海行政学院学报*, 2013, 14(5): 62-70.
- [28] 刘笑阳. 中国海洋强国的战略评估与框架设计[J]. *社会科学*, 2016(3): 19-29.
- [29] 自然资源部海洋发展战略研究所课题组. 中国海洋发展报告(2020)[M]. 北京: 海洋出版社, 2020.
- [30] 任沁沁. 刘赐贵: 十八大报告首提“海洋强国”具有重要意义 [EB/OL]. (2012-11-10) [2023-02-03]. http://www.gov.cn/jrzq/2012-11/10/content_2261970.htm.
- [31] 李文超, 田立新, 贺丹. 经济—能源—环境可持续发展
- 的系统动力学研究——以中国为例[J]. *系统科学学报*, 2014, 22(3): 54-57.
- [32] 刘开迪, 杨多贵, 王光辉, 等. 基于系统动力学的生态文明建设政策模拟与仿真研究[J]. *中国管理科学*, 2020, 28(8): 209-220.
- [33] 徐升华, 吴丹. 基于系统动力学的鄱阳湖生态产业集群“产业—经济—资源”系统模拟分析[J]. *资源科学*, 2016, 38(5): 871-887.
- [34] 张樾樾, 刘鹏. 中国海洋牧场生态系统优化的政策仿真与模拟[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(12): 168-176.
- [35] 陆杰华, 王广州, 李建新, 等. 人口、消费、技术模式变化对我国海洋渔业生产影响的实证研究——以浙江舟山渔场为例[J]. *人口与经济*, 2003(3): 1-7.
- [36] 周雄勇, 许志端, 郝永勤. 中国节能减排系统动力学模型及政策优化仿真[J]. *系统工程理论与实践*, 2018, 38(6): 1422-1444.
- [37] 陆杰华, 蔡文媚, 李建新, 等. 我国人口与海洋渔业资源系统仿真模型的构建[J]. *人口与经济*, 2002(3): 3-9.

Policy simulation for marine power construction based on system dynamics

DU Jun^{1,2}, LU Wei¹, YAN Bo^{1,2*}

1. Management School of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

2. Guangdong Coastal Economic Belt Development Research Institute, Zhanjiang 524088, China

Abstract To explore the impact of different policies and combined policies on the construction effect of maritime power, this paper designs three types of 16 policy situations from the aspects of fertility, science and technology, economy, environment and education. Then a system dynamics model for the construction of maritime power is constructed to simulate the policy. The results shows that under the current policy model the construction level of China's marine power can be continuously improved and that both indicators of economic strength and ecological governance have the largest increase. In the case of a single policy, fertility policy cannot improve the construction level of marine power while economic policy or education policy can only promote the improvement of some indicators. Science and technology policy has a significant effect on early promotion of indicators in each sector and is surpassed by education policy in the later period. In the case of combined policies, if economic strength, technological competitiveness and resource utilization efficiency are concerned, then policy combination of science and technology and education should be selected. It is better to choose policy combination of environment and education when considering the effect of ecological governance and sea area management. For rapid development and utilization of sea areas the policy mix of economy and education should be selected. Finally, education policy plays an important role in achieving different goals of the marine power construction.

Keywords marine power construction; system dynamics; policy simulation ●



(责任编辑 王志敏)