

中国沿海省市海洋生态补偿效率评价

石晓然¹,张彩霞¹,殷克东^{1,2,3*} (1.中国海洋大学海洋与大气学院,山东 青岛 266100; 2.中国海洋大学经济学院,山东 青岛 266100; 3.中国海洋大学海洋发展研究院,山东 青岛 266100)

摘要: 本文运用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型、DEA-Malmquist 指数模型、Tobit 模型和标准差椭圆模型,对 2006-2016 年中国 11 个沿海省市的海洋生态补偿效率开展测度和分析,结果显示: 2006-2016 年中国总体海洋生态补偿效率平均值为 0.633,处于中等效率水平,随时间呈“下降-上升-稳定”的趋势;海洋生态技术进步依旧是海洋生态补偿过程中全要素生产率的重要驱动力,但面临一定的技术效率损失;海洋第三产业比重对海洋生态补偿效率值有正向的显著影响,城市化率、进出口总额占比和海洋灾害直接经济损失对海洋生态补偿效率存在显著的负向影响;海洋生态补偿效率的空间聚集性增强,区域不平衡性有所收敛,空间分布格局基本保持稳定。

关键词: 海洋生态补偿; 超效率 SBM 模型; Malmquist 指数; 标准差椭圆; 影响因素

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2020)07-3204-12

Evaluation of Marine ecological compensation efficiency in coastal provinces and cities of China. SHI Xiao-ran¹, ZHANG Cai-xia¹, YIN Ke-dong^{1,2,3*} (1.College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2.School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3.Institute of Marine Development of Ocean University of China, Qingdao 266100, China). *China Environmental Science*, 2020,40(7): 3204~3215

Abstract: In this paper, the marine ecological compensation efficiency of 11 coastal provinces and cities in China from 2006 to 2016 were measured and analysed, which used the super-efficiency SBM model, DEA-Malmquist index model, Tobit model and standard deviation ellipse model. The results showed that from 2006 to 2016, the average compensation efficiency of marine ecology in China was 0.633, which was at the medium level and showed a trend of "descending, rising and stabilizing" over time. The progress of marine ecological technology was still an important driving force for total factor productivity in the process of marine ecological compensation, but it faced a certain loss of technical efficiency. The proportion of marine tertiary industry had a positive and significant impact on the efficiency of marine ecological compensation, while the urbanization rate, the proportion of total import and export and the direct economic loss of marine disasters had a significant negative impact on the efficiency of marine ecological compensation. The spatial aggregation of marine ecological compensation efficiency was enhanced, the regional imbalance was converged, and the spatial distribution pattern was basically stable.

Key words: marine ecological compensation; super efficiency SBM model; Malmquist index; standard deviational ellipse; influence factors

随着海洋经济的快速发展和海洋资源的加速开发,中国近海海洋环境质量逐步恶化^[1],生态承载力持续下降,局部区域海洋环境资源承载力已达极限,海岸带和海洋生态问题愈加突出^[2],海洋生态环境破坏问题逐渐凸显,严重威胁了近海海域和海岸带生态安全,制约了海洋经济的可持续发展^[3]。于是,海洋、海域和海岛等领域的生态补偿的相关理论和政策相继出现,成为中国实现海洋经济与海洋环境相协调和可持续发展的现实选择。

中国政府高度重视海洋生态补偿,随着海洋生态补偿力度的逐渐加大,这些海洋生态补偿的效率如何?是否协调了当地的海洋经济发展和海洋生态环境的改善?海洋生态补偿效率的评价和分析

成为评估海洋生态补偿效果、衡量海洋生态补偿政策水平的必要途径,并能有效提高海洋生态补偿资金的运行效率,为相关单位科学制定海洋生态补偿政策和决策提供智力支持,为建立和完善高效率的海洋生态补偿机制指明方向,为实现全球海洋治理、构建海洋命运共同体和全面贯彻落实海洋强国等奠定坚实后盾。

国内外专家学者关于海洋生态补偿的相关研究主要集中在理论和应用研究方面:郑苗壮等^[4]、李

收稿日期: 2019-11-21

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(14ZDB151);文化名家暨“四个一批”人才资助项目

* 责任作者, 教授, yinkedong@126.com

晓璇等^[5]分别从相关理论基础和补偿要素角度确定了海洋生态补偿的概念和内涵.丘君等^[6]提出在生态系统方法下构建渤海生态补偿机制的初步设想,Jiang 等^[7]阐述了建立海洋生态补偿制度的总体框架和建立系统的海洋生态补偿机制的对策,连娉婷等^[8]确定了填海造地过程中补偿的相关主体和对象.海洋生态补偿标准的制定是海洋生态补偿的重要组成部分,张继伟等^[9]基于环境风险研究了海洋生态补偿标准,肖建红等构建了海岛旅游绿色发展生态补偿标准^[10]并对其区域差异化进行了研究^[11],于志鹏等^[12]估算了海洋保护区的生态补偿标准,Kim 等^[13]利用生境等价分析法估算溢油事件对渔业生境破坏的补偿费用.

按照补偿性质将海洋生态补偿分为海洋生态保护补偿(对海洋生态保护者和建设者产生的外部性收益的补偿)和海洋生态损害补偿(海洋生态损害的责任方对海洋生态系统服务损失的补偿)两类^[4],于冰等^[14]、龚虹波等^[15]从补偿主体、损害程度判别、补偿标准、补偿方式、补偿保障措施等方面探讨了海洋生态损害补偿的研究进展和相关问题,Rao 等^[16]制定了沿海海域生态损害赔偿的 MEDC 框架.综上所述,目前尚未开展对海洋生态补偿效率的研究,不能对海洋生态补偿进行有效的监督、评估和反馈.

在其他类型的生态补偿领域,少数专家开展了生态补偿效率研究的尝试:熊玮等^[17]利用 SBM-DEA 模型对江西的国家重点生态功能区生态补偿效率进行了综合评价;曲超等^[18]采用三阶段 DEA 模型对长江经济带 11 省市国家重点生态功能区生态补偿环境效率水平、变化趋势及其差异性进行评价.由此观知,环境经济政策所涉及的利益群体广泛、相关数据繁杂,缺乏系统的评估模型和方法,且易受人为因素干扰,在研究过程存在较多的问题和困难,尚未建立系统的生态补偿效率评价体系.

本文尝试从“海洋生态补偿效率”角度出发,参考海洋经济效率^[19-20]、海洋经济绿色效率^[21-23]和海洋生态效率^[24-27]的相关研究经验,以中国 11 个沿海地区(省、直辖市、自治区,不含港澳台,下文同)为研究对象,运用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型对中国沿海 11 个省市的海洋生态补偿效率进行了测度,采用 Malmquist 指数测算全要素生产率与海洋生态补偿效率的动态变动关系,并通过 Tobit 模

型对其影响因素进行分析,最后利用标准差椭圆(SDE)方法研究其空间转移特征.本文的贡献在于:第一,测度了 2006~2016 年中国海洋生态补偿效率的总体特征,并从多重角度(发展趋势、有效性、海区区划)精细刻画了其省际分布和动态演化特征;第二,对全要素生产率与海洋生态补偿效率的动态变动关系进行了鉴别和分析;第三,研究了海洋生态补偿效率的影响因素和空间转移特征.

1 研究方法

1.1 研究机理

根据海洋生态补偿的概念^[4].凡是促进海洋生态环境修复或对海洋环境保护有利的经济措施都可以归结为“海洋生态补偿”之中^[28].其目的在于:使海洋资源保持可持续地开发和利用,使海洋经济发展与海洋生态保护达到平衡和协调^[29].中国的生态补偿机制主要由中央和各级政府主导,这与西方国家实施的政府和市场相结合的生态补偿机制有着本质的差异,且绝大多数的生态补偿资金由中央拨款或各级地方政府的财政拨款^[30].因此,在有限的资金、资源和劳动力的投入下的海洋经济和海洋环境的产出效率实现了提升,就意味着海洋生态补偿效果的实现.故海洋生态补偿的投入应包含海洋补偿资金、海洋资源和劳动力三方面,产出应包括促进海洋经济发展的期望产出和海洋生态环境改善的非期望产出(图 1).

海洋生态补偿相关的资金制度包括海域使用金、海洋排污费、海洋倾废费、海洋生态损害赔偿金、海洋生态损失补偿金和海洋生态保护补偿金^[5],鉴于除海域使用金外,其他的海洋生态补偿资金数据较难获得,且考虑到海洋生态补偿政策的导向作用和我国固定资产投资偏好的实际国情,海洋生态保护、损害和损失的相关补偿资金将向有利于海洋生态环境修复和改善的方向流动,并将主要应用于海洋环境治理投资、海洋开发活动的基本建设改造和设备升级(即海洋固定资产投资).因此,本文选取海洋环境污染治理投资额^[30-31](海洋生产总值和环境污染治理投资占国民生产总值比重的乘积)和海洋固定资产投资^[19,22,24](具体采用海洋固定资本存量数据,参考胡晓珍^[22]用各地区的资本存量^[32-33]折算)代表海洋生态补偿资金投入的指标.海洋资源投

入选用累计海域确权使用面积^[23,25];劳动力投入选用涉海从业人员数量^[27,34];产出方面用人均海洋生产总值^[24]反映海洋生态补偿期望的经济产出,用沿海地带工业废水排放量^[27]和污染海域面积反映非期望的海洋环境产出。

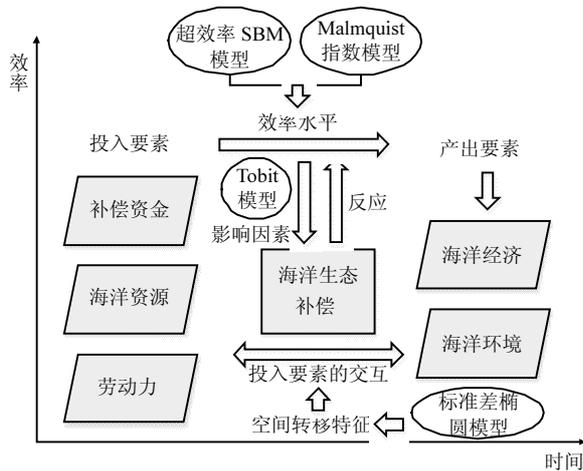


图1 中国海洋生态补偿投入产出效率示意

Fig.1 Input-output efficiency of marine ecological compensation in China

1.2 评价方法

1.2.1 基于非期望产出的超效率 SBM-DEA 模型 数据包络分析(DEA)是美国学者 A.Charnes 和 W.W.Cooper 等人于 1978 年提出的评价效率的重要非参数方法^[35],因海洋生态补偿效率需同时考虑海洋经济和海洋生态环境的影响,结合海洋生态环境产出的非期望性和有效决策单元效率值的比较问题.本文选取基于非期望的超效率 SBM-DEA 模型评价了中国 11 个沿海地区的海洋生态补偿效率.具体公式参见文献[38].

1.2.2 Malmquist 指数模型 Malmquist 指数模型是 Fare 等^[36]基于 DEA 方法提出的,可以用 Malmquist 指数来计算不同时期的全要素生产率,同时使 DEA 模型可以用来分析面板数据^[37],并将其分解为规模效率变化和技术效率变化(包括技术变化和纯技术效率变化)等^[31],可以更好地了解增长余值的构成及其动态变化趋势,成为目前最为常用的测算全要素生产率增长率的非参数模型,广泛应用于经济效率研究和生态效率研究领域.本文利用 Malmquist 指数模型测算海洋生态补偿的全要素生产率,体现各沿海省市海洋生态补偿效率跨时期的

变化情况.具体公式参见文献[37].

1.2.3 Tobit 模型 Tobit 模型又称受限因变量模型,与 DEA 方法的结合已广泛应用于多个领域^[31,37],本文以海洋生态补偿效率值为被解释变量,在去除已算作投入产出的指标的前提下,参考前人研究成果,解释变量确定为:海洋第三产业占海洋 GDP 比重^[25,30](反映了海洋产业结构的优化程度)、单位海洋 GDP 能耗^[24,30](用来表征节能减排力度,能耗越高表示该省份海洋经济发展对能源消耗的依赖性越强,导致污染物排放增加)、城市化率^[24](体现城市发展状况的指标)、海洋科研人数投入^[25](海洋科研人员占涉海从业人员比重)、海洋机构研发经费支出占海洋 GDP 比重^[24](体现了区域内的海洋技术投入)、进出口总额占 GDP 比重^[27](表征对外开放程度)、海洋灾害直接经济损失^[24](体现海洋生态补偿所面临的自然环境),具体公式参见文献[31].

1.2.4 标准差椭圆(SDE) 标准差椭圆充分发挥了 ArcGIS 空间可视化的优势,能够通过长轴、短轴、分布重心以及方位角的变化等形式来精确地描述各地理要素的空间分布特征^[38].标准差椭圆可以反映出对象的总体轮廓和其所主导的方向,它的中心(即重心)表现出其在二维空间分布的相对地理位置;长轴表示出地理要素在总趋势方向上的离散程度,方位角(即长轴的方向,是正北方向与长轴之间做顺时针旋转产生的夹角)反应其在二维空间上分布的主要趋势;长、短轴之比可以体现要素空间分布的形态.通过 ArcGIS 10.0 对相关参数进行求解.具体公式参见文献[38].

本文选取中国 11 个沿海省市,原始数据主要来源于 2006~2017 年《中国环境年鉴》、《中国海洋统计年鉴》、《中国统计年鉴》、各沿海省市统计年鉴、中国近岸海域环境质量公报、相关海区的海洋环境质量公报以及各省份的海洋环境状况公报等,部分指标数据是根据年鉴数据进行综合处理所得。

2 中国海洋生态补偿效率分析

通过计算,得到 2006~2016 年中国 11 个沿海省市的海洋生态补偿效率的计算结果(见表 1).参考马占新^[39]对海洋生态补偿效率的等级进行细分(见表 2).

2.1 总体特征

计算各地区海洋生态补偿效率的平均值、标准差和变异系数(见图 2),得出 2006~2016 年中国海洋生态补偿效率的总体特征:

总体海洋生态补偿效率不高.2006~2016 年效率的平均值为 0.633(即平均标准线),处于中等效率水平;主要原因在于中国海洋生态补偿起步较晚,海洋环境尤其是近岸海域污染严重,虽近年来国家重视修复保护海洋生态环境,但总体的海洋生态补偿效率格局仍处在较低水平.

效率值随时间变化趋势明显.中国总体海洋生态补偿效率在时间上呈现“下降-上升-稳定”的趋势.“十五”期间,国家为加快发展海洋经济,加速开发海洋资源,忽视海洋生态环境破坏;2006 年“十一五”初期,面临资源环境压力,中国政府开展海洋生态补偿的初步探索,但海洋生态环境修复是一个需

较大前期投入且见效缓慢的过程,总体海洋生态补偿效率仍持续下降;2010 年后,海洋生态补偿政策进入密集发布期,海洋生态补偿效率得到一定提升,但仍有较大发展空间.

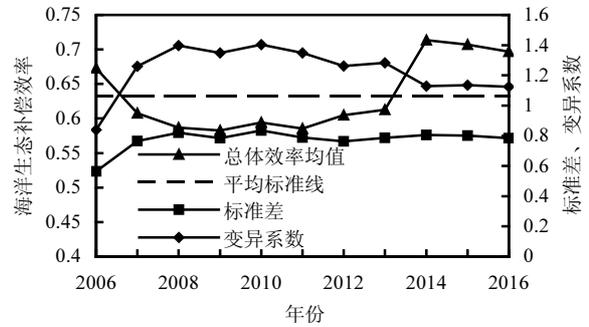


图 2 中国总体海洋生态补偿效率(2006~2016)
Fig.2 The overall marine ecological compensation efficiency in China (2006~2016)

表 1 2006~2016 年中国沿海 11 省市海洋生态补偿效率

Table 1 Marine ecological compensation efficiency of 11 coastal provinces and cities in China from 2006 to 2016

地区	年份											平均值
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
天津	0.138	0.062	0.077	0.126	0.156	0.068	0.105	0.132	1.001	1.014	1.131	0.365
河北	1.008	0.440	0.180	0.130	0.131	0.198	0.329	0.347	0.434	0.355	0.274	0.348
辽宁	0.104	0.014	0.014	0.018	0.017	0.017	0.019	0.027	0.030	0.023	0.023	0.028
上海	1.345	1.340	1.349	1.318	1.299	1.317	1.284	1.287	1.260	1.304	1.330	1.312
江苏	1.015	1.038	1.096	1.093	1.070	1.105	1.106	1.079	1.105	1.125	1.120	1.087
浙江	0.050	0.007	0.005	0.013	0.007	0.018	0.013	0.015	0.012	0.016	0.016	0.016
福建	0.048	0.007	0.027	0.016	0.007	0.004	0.011	0.010	0.013	0.013	0.015	0.016
山东	0.147	0.018	0.017	0.013	0.011	0.014	0.017	0.017	0.027	0.025	0.022	0.030
广东	1.099	1.190	1.183	1.124	1.075	1.073	1.176	1.126	1.157	1.154	1.084	1.131
广西	1.054	0.250	0.050	0.183	0.159	0.219	0.266	0.246	0.224	0.213	0.225	0.281
海南	1.390	2.317	2.457	2.373	2.604	2.408	2.326	2.451	2.587	2.536	2.428	2.353
均值	0.673	0.608	0.587	0.582	0.594	0.586	0.605	0.612	0.714	0.707	0.697	0.633

表 2 海洋生态补偿效率等级划分

Table 2 Classification of marine ecological compensation efficiency

效率	$\rho < 0.1$	$0.1 \leq \rho < 0.3$	$0.3 \leq \rho < 0.6$	$0.6 \leq \rho < 0.8$	$0.8 \leq \rho < 1$	$\rho \geq 1$
等级	绝对无效	基本无效	无效	中等	良好	有效

各个区域效率存在较大差距.综合来看,各沿海省市前期均处在优先发展海洋经济阶段,对海洋生态补偿投入不足,故绝对差异和相对差异均较小;后随着海洋环境保护意识的觉醒,部分地区尝试实施海洋生态补偿,绝对差异和相对差异急剧增大;2010 年来,随着海洋生态补偿的全面推进和补偿力度的加大,各地区差距逐渐缩小,但因海洋经济水平和海洋生态环境保护状况存在差异,故各地区差距仍稳

定在较高的水平.

2.2 海洋生态补偿效率的省际特征

结合表 1 通过变化趋势、有效性和海区区划等不同的视角对海洋生态补偿效率的省际特征进行分析:

2.2.1 变化趋势视角 根据海洋生态补偿效率的变化趋势不同,可将中国 11 个沿海省市划分为上升型、下降型和波动型三类(表 3).

从变化趋势来看,大多数地区的海洋生态补偿效率处于下降趋势,尤其是辽宁、福建和浙江的海洋生态补偿效率常年低于 0.1,处在绝对无效状态.据此判断,中国海洋生态环境恶化的趋势尚未逆转,注重经济增长、忽视生态环境的现象依旧普遍.如辽宁和

河北承受迫切转型和升级压力,福建和山东肩负海洋经济发展重任,其海洋生态补偿效率均较低,海洋生态环境保护经受严重考验.部分海洋环境基础较差的地区开展了海洋生态补偿的实践,但效果差异明显,如上海和广东海洋经济体量大,海洋生态补偿效率仍存在较大的波动;而天津虽海洋环境较差,但通过海洋工程海洋生态损害评估、建立海洋自然保护区等一系列海洋生态补偿制度,取得海洋生态补偿效率的明显提升.海南省作为海洋经济薄弱地区,坚守环境保护的发展底线,实现了海洋经济和海洋环境的协调发展,如在全国范围内首先提出建设生态省,并始终按照“生态立省”、“绿色崛起”思路建设生态岛,使其海洋生态补偿效率得到了稳步提升,海洋经济增长率也始终保持全国领先水平.

表 3 海洋生态补偿效率的变化趋势分类

Table 3 Classification of change trend of marine ecological compensation efficiency

趋势	上升型	下降型	波动型
地区	天津、江苏、海南	河北、辽宁、浙江、福建、山东、广西	上海、广东

2.2.2 有效性视角 根据 DEA 模型对效率的界定^[19]将各地区划分为完全有效地区(上海、江苏、广东和海南)和相对无效地区(除上述省市外,部分或全部处在相对无效状态的地区)两类.计算两类所含地区的各年海洋生态补偿效率均值,具体如图 3 所示:

综合来看,两类地区的效率均值差距较大.完全有效地区的海洋经济基础整体较好,较早关注海洋生态环境的保护和海洋资源的合理开发,如上海 20 世纪初提出的保护和适度开发海洋资源、对污染物入海实行总量控制等政策,江苏和广东 2010 年实施的海洋生态补偿试点,海南坚持的生态岛、旅游岛建设,因此其海洋经济发展和海洋生态环境保护相对较好,海洋生态补偿效率的均值保持波动上升状态.相对无效地区的海洋生态补偿工作虽有一定提升,但其效率还有很大的上升和发展空间:广西和河北的海洋经济基础较差,且海洋产业多为高污染、高排放的类型,海洋生态环境保护投入相对较低;而天津、浙江和辽宁虽海洋经济总量较高,但面临恶劣的海洋生态环境.相对无效地区应借鉴完全有效地区的优秀经验,早日实现海洋生态补偿效率的大幅度

增长.

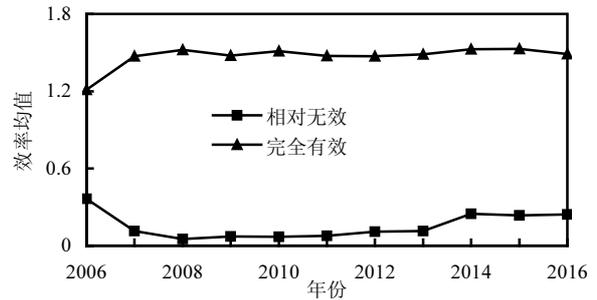


图 3 完全有效和相对无效的海洋生态补偿效率均值

Fig.3 The mean value of completely effective and relatively ineffective efficiency of marine ecological compensation

2.2.3 海区区划视角 为进一步研究海区区划对海洋生态补偿效率的影响,按照中国海洋管理系统目前划分的北海区(辽宁、天津、河北、山东)、东海(江苏、浙江、上海、福建)、南海(广东、广西、海南)三个海区进行分类,并计算三个海区各年的海洋生态补偿效率均值,具体如图 4 所示:

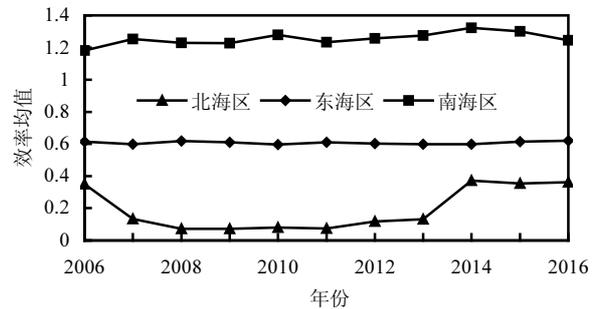


图 4 三个海区的海洋生态补偿效率均值

Fig.4 The mean value of marine ecological compensation efficiency of the three sea areas

从图 4 易知,各行政海区海洋生态补偿效率呈现逐渐收敛的格局,存在不同的特点:东海区的海洋生态补偿效率均值最为稳定,但长江入海口和浙江沿岸的海洋环境污染状况极为严峻,故东海区仍需全面开展海洋生态补偿等海洋环境保护方面的工作.南海区既有海洋环境优良地区(海南、广西),又有海洋经济发达地区(广东),其海洋生态补偿效率整体较高,始终维持在完全有效状态.北海区虽进行了海洋生态补偿的相关探索,如编制全国首个海洋生态功能区划—《辽宁省海洋生态功能区划》、制定山东省海洋生态补偿方面的管理规定等,但其海洋环境起步较差,海洋产业转型升级压力较大,效率

值仍保持在相对较低的水平。

3 Malmquist 指数分析

3.1 总体特征

全要素生产率可衡量全部投入要素的利用效率,通过 Malmquist 指数测算的全要素生产率(图 5)与其分解的变化趋势一致。从变化趋势来看, 2006~2016 年中国海洋生态补偿的全要素生产率和技术进步指数大致经历了两次“下降—上升”波动,且变化吻合度较高,趋势较为一致;而技术效率指数大致经历了两次“上升—下降”波动,与全要素生产率的变化趋势完全相反。中国海洋生态补偿的全要素生产率同时受到技术进步指数变化和技术效率指数的影响,相对来说受技术进步指数的影响较大。

总体来看,2006~2016 年中国海洋生态补偿的全要素生产率的平均值为 1.014 且波动幅度较小,说明中国海洋生态补偿效益大部分时间处在上升趋势,海洋生态环境得到逐步改善,海洋生态补偿效益整体趋势向着良好的方向发展;海洋生态补偿的技术

处于进步状态,且在海洋生态环境整治和海洋污染控制等方面具有政策和技术优势,进步水平成为海洋生态环境改善的主要动力;海洋生态补偿的技术效率处于下降状态,技术效率成为制约海洋生态补偿效益增长的主要因素。实证表明,中国海洋生态补偿效益仍存在较大发展潜力,海洋生态技术进步依旧是中国海洋生态补偿过程中全要素生产率的重要驱动力,但面临一定的技术效率损失。

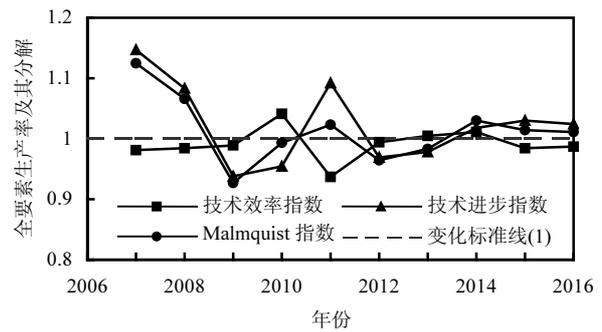


图 5 中国海洋生态补偿全要素生产率的总体特征
Fig.5 The overall characteristics of total factor productivity of marine ecological compensation in China

表 4 2006~2016 年中国各沿海省市海洋生态补偿效率均值、投入冗余及全要素生产率

Table 4 The mean value of marine ecological compensation efficiency, input redundancy and total factor productivity of coastal provinces and cities in China from 2006 to 2016

地区	效率值均值				投入要素冗余率			全要素生产率		
	技术效率	纯技术效率	规模效率	技术进步指数	补偿资金	海洋资源	劳动力	2006~2009	2010~2012	2013~2016
辽宁	1.007	1.005	1.001	1.058	0.161	0.335	0.181	1.017	1.014	1.145
天津	0.959	1.000	0.966	1.025	0.221	0.220	0.133	0.972	1.016	0.987
河北	1.000	0.974	0.999	1.019	0.369	0.851	0.252	1.005	1.004	0.975
山东	0.966	1.000	1.000	1.016	0.000	0.000	0.000	0.973	1.095	0.997
江苏	0.973	1.000	1.000	1.048	0.000	0.000	0.000	1.086	1.039	1.031
上海	1.000	1.010	0.999	1.012	0.282	0.544	0.205	1.068	1.032	0.980
浙江	1.000	0.999	1.006	1.015	0.313	0.547	0.212	1.089	0.962	1.017
福建	1.009	1.000	0.986	1.026	0.158	0.113	0.080	1.015	1.002	1.018
广东	1.005	1.000	1.000	1.014	0.000	0.000	0.000	1.021	1.053	0.994
广西	1.000	1.000	0.959	0.995	0.363	0.427	0.346	0.953	0.938	0.971
海南	0.986	1.000	1.000	1.008	0.000	0.000	0.000	1.393	0.816	1.020
北海区	0.983	0.995	0.992	1.030	0.188	0.352	0.142	0.992	1.032	1.026
东海区	0.996	1.002	0.998	1.025	0.188	0.301	0.124	1.064	1.009	1.011
南海区	0.997	1.000	0.986	1.006	0.121	0.142	0.115	1.122	0.936	0.995
平均	0.991	0.999	0.992	1.021	0.170	0.276	0.128	1.054	0.997	1.012

3.2 省际特征

总结的 11 个沿海省市的海洋生态补偿效益输出值见表 4,可得出各地区的海洋生态补偿效益存在以下特征:

全要素生产率的分解结果。海洋生态补偿中存在

规模不经济的问题,有过度投资、资源闲置的可能;各沿海地区的海洋生态补偿的效益不稳定。从生态经济学的角度看,低水平纯技术效率下的全要素投入产生边际报酬递减现象,导致规模不经济,进而影响技术效率变化指数的提升;而技术进步与外在的创新激

激励机制密切相关,以往海洋生态补偿的方式无法形成对技术进步的诱导机制,制约了技术更新和发展,特别是环境效应主体不明确,使海洋生态补偿参与主体更加忽略了环境保护技术的研发和创新。

各投入要素的冗余率,各投入指标的冗余率均处于较低水平,反映了现阶段中国海洋生态补偿的主要矛盾在于海洋补偿资金消耗大、资源利用效率低和海洋劳动力不足等问题。其中,山东、江苏、广东和海南的投入冗余率为 0,说明其海洋生态补偿的效率始终处于前沿面状态,海洋生态补偿投入产出处于有效状态,投入利用效率较高。

全要素生产率指数变化。从三个不同时期来看,各省份之间的海洋生态补偿的全要素生产率具有不同的变化趋势,主要可以分为持平-上升型(辽宁)、上升-下降型(天津、山东、广东)、持平-下降型(河北)、下降型(江苏、上海)、下降-上升型(浙江、福建、海南、广西),各地区的海洋生态补偿发展水平差异具有区域集中化的特点。从海洋区划视角来看,三个海区的海洋生态补偿的全要素生产率指数均经历了先下降后上升的过程,东海区是海洋生态补偿发展最前沿的地区,各年平均均值均大于 1,北海区为海洋生态补偿的全要素生产率崛起最迅速的地区,南海区的海洋生态补偿的全要素生产率发展则相对滞后。

4 海洋生态补偿效率的影响因素分析

通过 Stata15 进行 Tobit 回归,结果见表 5。从结果可看出:

海洋第三产业比重(X_1)对海洋生态补偿效率值有正向的影响,且影响显著,说明增加海洋第三产业比重会提升海洋生态补偿效率。传统海洋产业的粗放式开发方式造成海洋生态环境的严重破坏,而随着中国海洋第三产业比重的逐年提高,海洋产业结构不断优化,对海洋经济发展和海洋生态环境改善起到了明显的推动作用。

城市化率(X_3)、进出口总额占 GDP 比重(X_6)和海洋灾害直接经济损失(X_7)对海洋生态补偿效率存在显著的负向影响。城市化率是考量城市发展程度的重要指标,过度的追求城市化所带来的资源的浪费以及盲目建设等社会问题,对海洋生态环境有着破坏的风险和不利影响。进出口总额占 GDP 比重代

表的对外开放程度,虽对海洋经济的发展有促进作用,但也可能会因为部分地区承接发达国家高消耗、高污染的海洋产业,加重海洋污染问题的严峻性,不利于海洋生态补偿效率的提高。海洋灾害直接经济损失代表了海洋生态补偿所面临的自然环境,海洋灾害直接损失越高,地区面临的自然环境越恶劣,海洋生态补偿将面临更加严峻的挑战,而海洋灾害带来的破坏严重制约了海洋生态补偿的效率。

表 5 Tobit 模型估计结果
Table 5 The estimation results of Tobit model

变量	系数	标准误差	z	P
X_1	0.026	0.006	4.69	0.000***
X_2	1.064	0.930	1.14	0.253
X_3	-0.015	0.007	-2.09	0.037**
X_4	-0.702	0.557	-1.26	0.207
X_5	-6.1×10^{-5}	0.000	-1.08	0.282
X_6	-0.015	0.000	-3.19	0.001***
$\ln X_7$	-0.015	0.054	-2.64	0.007***
C	0.978	0.583	1.37	0.171

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%显著性水平下显著。

单位海洋 GDP 能耗(X_2)、海洋科研人数投入(X_4),海洋机构研发经费支出占海洋 GDP 比重(X_5)对海洋生态补偿效率的影响不显著。海洋科研涉及的人数投入和研发经费虽逐年递增,但研究期内的影响仍不显著,说明应用到海洋生态补偿过程中的科技成果相对较少,盲目增加海洋研发经费不可取,应重点提升海洋科研人员的素质和研发经费的转化效率。而单位海洋 GDP 能耗代表的海洋环保技术水平和节能减排力度,对海洋生态补偿效率无显著影响,说明目前的节能减排环保力度对当前海洋生态环境修复的效果不理想,对海洋生态补偿效率影响的显著性不强。

5 海洋生态补偿效率的空间转移特征

通过上文可知,2006~2016 年中国 11 个沿海省市的海洋生态补偿效率具有较大的差异,本文利用 ArcGIS10.2 软件中的标准差椭圆方法,得到海洋生态补偿效率的空间分布格局,并绘制出中国沿海地区海洋生态补偿效率的标准差椭圆及重心转移示意图(图 6)。从图 6 可知,2006~2016 年中国 11 个沿海省市的海洋生态补偿效率空间格局表现出明显的演化特征,可概括为先向南偏东移动、后向北偏西移

动,且空间分布呈现先缩小后逐渐增大趋势.以下将从重心移动距离、空间分布形态及长短轴变化范

围、空间分布方位角变化等方面来进一步分析中国海洋生态补偿效率空间差异的动态变化(图 7).

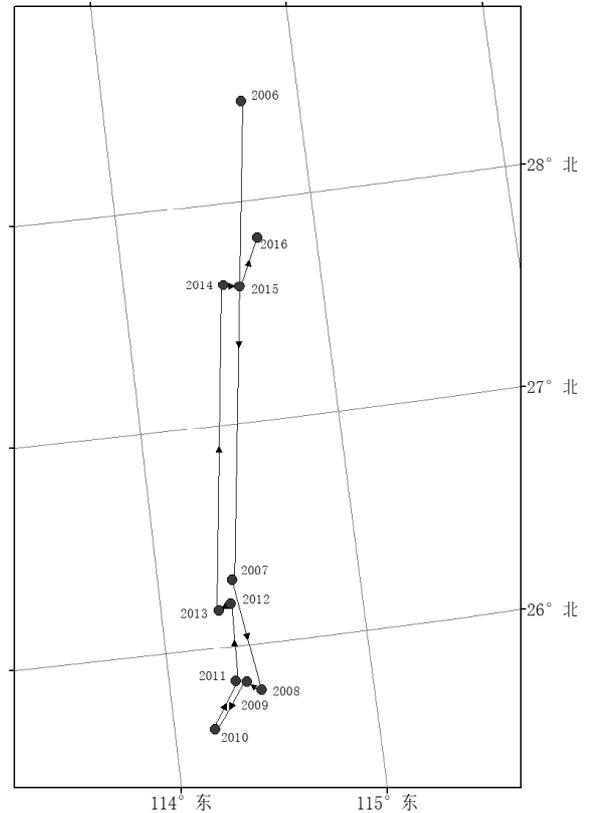
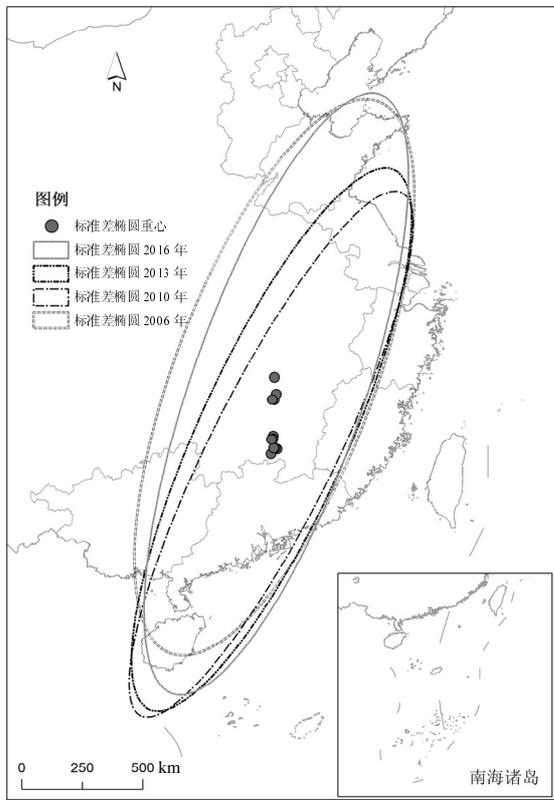


图 6 2006~2016 年中国沿海地区海洋生态补偿效率的标准差椭圆及重心转移

Fig.6 The standard deviation ellipse and center of gravity shift of marine ecological compensation efficiency in coastal provinces and cities of China from 2006 to 2016

5.1 空间分布重心变化

2006~2016 年,海洋生态补偿效率重心的南北方向移动明显大于东西方向移动,且效率重心在空间上发生了明显的转折:2006~2010 年效率重心整体呈现向西南方向移动的趋势,其中 2006~2007 年大幅度向西向南方向移动,2008 年重心向东南方向偏移,2009 年略向西北方向偏移,2010 年向西南方向迁移;2011~2016 年效率重心整体呈现向东北方向移动的趋势,其中 2011~2012 年先向东北方向偏移,2013 年略向西南方向偏移,2014 年向东北方向偏移,2015 年略向东偏移,2016 年继续向东北偏移.总体来看,重心移动速度呈现“加快—降低—加快—降低”的过程.

从图 7a 可看出,中国海洋生态补偿效率重心的总位移为 70.41km,其中向东移动 7.9km,向南移动 69.97km.总体呈现向南向东移动的趋势,其中 2007 和 2014 年南北方位移相对较大,说明此期间海洋

生态补偿效率区域不平衡性突出,南北方向差异较大.2015~2016 年效率重心的空间波动范围相对缩小,表明海洋生态补偿效率空间聚集性增强,区域不平衡性有所收敛.

5.2 空间分布形态及长短轴变化

2006~2016 年中国 11 个沿海省市的海洋生态补偿效率空间分布总体呈现缩小趋势,标准差椭圆长轴和短轴均略有缩短.具体可划分为两个阶段:2006~2010 年海洋生态补偿效率的标准差椭圆分布范围逐渐缩小,其中 2006~2008 年椭圆长轴和短轴处于等比例缩小状态,2009~2010 年长短轴变化不大,即中国沿海地区海洋生态补偿效率呈收缩的趋势,表明沿海省市海洋生态补偿效率分布向心力逐渐增强;2011~2016 年分布范围逐渐增大,其中,椭圆长短轴基本处于等比例增大状态,但 2014 年短轴增加比例明显大于长轴,说明中国沿海省市海洋生态补偿效率的空间分布较为分散,空间溢出效应较为明

显,并逐渐向均衡趋势发展.

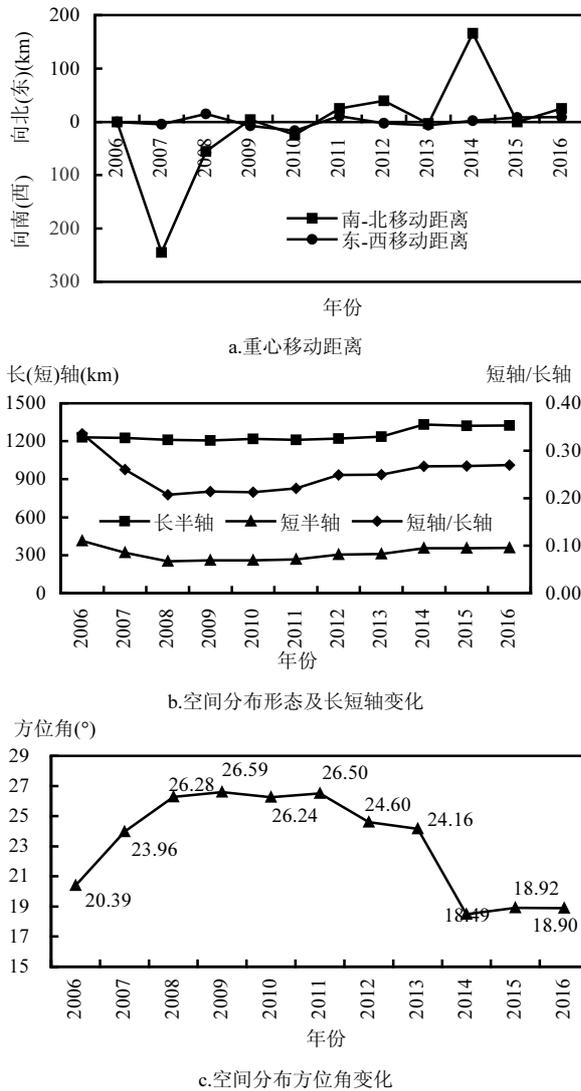


图7 2006~2016年中国沿海省市海洋生态补偿效率重心移动距离及标准差椭圆长短轴变化

Fig.7 The shift distance of center of gravity and standard deviation ellipse long and short axis changes of marine ecological compensation efficiency in coastal provinces and cities of China from 2006 to 2016

5.3 空间分布方位角变化

2006~2016年中国沿海省市的海洋生态补偿效率空间分布方位角呈现先增大后减小然后趋于稳定的过程.具体来看,2006~2009年空间分布方位角大幅增加,2010年略有降低,此时中国沿海省市的海洋生态补偿效率空间分布呈现东北-西南走向,该阶段海洋生态补偿处于萌芽和理论探索阶段,发展重心是海洋经济的速度和规模,忽视了海洋生态环境

的发展;2011年方位角略有增加后,2007~2014年大幅降低,2015~2016年基本稳定在18.9°左右,此时生态效率空间分布格局向西北方向扭转,海洋生态补偿开始进入实践探索和全面实施阶段,并取得了一定的创新性成果,海洋生态补偿效率的空间分布格局基本保持稳定.

6 结论

6.1 中国总体海洋生态补偿效率处于中等偏下的水平,随时间呈现明显的变化趋势;各省市的效率值标准差和变异系数均有所扩大.从变化趋势视角来看,大部分省市的海洋生态补偿效率处于下降过程;从有效性视角来看,完全有效地区和相对无效地区的效率均值差距较大;从海区区划视角来看,东海区的海洋生态补偿效率均值最为稳定,南海区则始终处于相对有效状态,北海区的效率整体较低.

6.2 中国海洋生态补偿的全要素生产率受技术进步指数的影响较大.海洋生态技术进步依旧是海洋生态补偿过程中全要素生产率的重要驱动力,但面临一定的技术效率损失.

6.3 海洋第三产业比重对海洋生态补偿效率值有正向的显著影响,城市化率、进出口总额占GDP比重和海洋灾害直接经济损失对海洋生态补偿效率存在显著的负向影响.

6.4 海洋生态补偿效率空间分布呈现先缩小后逐渐增大趋势;重心先向南偏东移动、后向北偏西移动,南北方位位移明显大于东西方向,移动速度呈现“加快—降低—加快—降低”的过程;标准差椭圆长轴和短轴均略有缩短;方位角先增大后减小然后趋于稳定;海洋生态补偿效率的空间聚集性增强,区域不平衡性有所收敛,空间分布格局基本保持稳定.

7 建议

7.1 实现海洋生态补偿效率的最大化,消除各沿海省市海洋生态补偿效率的巨大差异,需要继续坚持海洋生态补偿政策.同时应在海洋生态补偿效率分布不均衡的现状下,着眼各地区优势和不足,鼓励各地区政府因地制宜制定差异化的海洋生态补偿政策.加强南海区先进海洋生态补偿先进经验向东海区和北海区的跨区域推广;助力海洋经济和海洋生态环境实现均衡、协调发展,扭转海洋生态补偿效率

持续下降的局面。

7.2 改善海洋生态补偿发展受制于技术进步的现状,需要促进海洋生态补偿的资金投入和技术升级,保持海洋生态补偿效率前沿地区的良好发展态势,加大崛起地区的海洋生态技术进步投入,刺激滞后地区的海洋生态技术转型.以制度创新、技术创新、补偿方式创新等手段,逐步扭转中国海洋经济产业结构单一、海洋环境破坏严重、生态系统退化的严峻局面。

7.3 推动海洋第三产业的显著促进作用,减弱城市化率、进出口和海洋灾害的抑制效果,需要加快沿海地区产业结构优化升级,充分发挥海洋第三产业对海洋可持续发展的推动作用;在城市化进程中加强海洋资源与生态环境保障约束,科学选择符合我国海洋资源与生态环境实际的健康城市化发展道路与模式;应有效甄别外商投资质量,避免引进高污染、高能耗企业,同时充分利用外商投资中的先进生产工艺来推动海洋生态补偿的技术升级;完善各地区海洋灾害风险区划、监测预警和应急保障,降低海洋灾害高发地区的灾害脆弱性,为海洋经济活动和海洋生态环境保护 and 进一步修复提供保障。

7.4 面对海洋生态补偿效率的空间聚集性增强,区域不平衡性有所收敛,空间分布格局基本保持稳定的现状,应加强海洋生态补偿前沿地区的先进经验向滞后地区的跨区域推广,充分发挥效率重心的牵引作用,进一步带动海洋生态补偿效率滞后地区协同发展,如各行政海区可试行开展区域间横向海洋生态补偿,积极推动不同地区、不同省份间的生态补偿资金的横向交流,刺激海洋生态补偿效率滞后地区的政策转型和升级,促进区域间海洋生态补偿的效率分布趋于更加平衡和稳定。

参考文献:

- [1] Qu Qunzhen, Tsai Sang-Bing, Tang Mengxue, et al. Marine ecological environment management based on ecological compensation mechanisms [J]. Sustainability, 2016,8(12):1267.
- [2] Shao C, Guan Y, Chu C, et al. Trends analysis of ecological environment security based on DPSIR Model in the Coastal zone: A survey study in Tianjin, China [J]. International Journal of Environmental Research, 2014,8(3):765-778.
- [3] 国家发展改革委国土开发与地区经济研究所课题组. 地区间建立横向生态补偿制度研究 [J]. 宏观经济研究, 2015,(3):13-23. Research group of institute of land development and regional economy in national development and reform commission. Research on establishing horizontal ecological compensation system among regions [J]. Macroeconomics, 2015(3):13-23.
- [4] 郑苗壮,刘岩,彭本荣. 海洋生态补偿的理论及内涵解析 [J]. 生态环境学报, 2012,21(11):1911-1915. Zheng Miaozhuang, Liu Yan, Peng Benrong, et al. Analysis of marine ecological compensation theory and connotation [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012,21(11):1911-1915.
- [5] 李晓璇,刘大海,刘芳明. 海洋生态补偿概念内涵研究与制度设计 [J]. 海洋环境科学, 2016,35(6):948-953. Li Xiaoxuan, Liu Dahai, Liu Fangming. Research on marine ecological compensation connotation and system design [J]. Marine Environmental Science, 2016,35(6):948-953.
- [6] 丘君,刘容子,赵景柱. 渤海区域生态补偿机制的研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008,(2):60-64. Qiu Jun, Liu Rongzi, Zhao Jingzhu, Deng Hongbing. China population resources and environment [J]. China Population Resources and Environment, 2008,(2):60-64.
- [7] Jiang Yuhuan, Zhang Jiwei, Chen Keliang, et al. Moving towards a systematic marine eco-compensation mechanism in China: Policy, practice and strategy [J]. Ocean and Coastal Management, 2019,169:10-19.
- [8] 连婷婷,陈伟琪. 填海造地海洋生态补偿利益相关方的初步探讨 [J]. 生态经济, 2012,(4):167-171. Lian Pingting, Chen Weiqi. Study on stakeholders of marine eco-compensation of reclaiming land from sea [J]. Ecological Economy, 2012,(4):167-171.
- [9] 张继伟,杨志峰,汤军健. 基于环境风险的海洋生态补偿标准研究 [J]. 海洋环境科学, 2010,29(5):751-757. Zhang Jiwei, Yang Zhifeng, Tang Junjian, Chen Chuhan. Research on marine ecological compensation standard based on environmental risk [J]. Marine Environmental Science, 2010,29(5):751-757.
- [10] 肖建红,王敏,于庆东. 海岛旅游绿色发展生态补偿标准研究——以浙江舟山普陀旅游金三角为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(8):1247-1255. Xiao Jianhong, Wang Min, Yu Qingdong, et al. Study on the ecological compensation standards of green development of island tourism—A case study of putuo golden triangle in Zhoushan islands [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016,25(8):1247-1255.
- [11] 肖建红,王敏,刘娟. 基于生态标签制度的海洋生态产品生态补偿标准区域差异化研究 [J]. 自然资源学报, 2016,31(3):402-412. Xiao Jianhong, Wang Min, Liu Juan, Zhang Ran. Study on the regional difference of eco-compensation standards for the marine ecological products based on marine fisheries' eco-label schemes [J]. Journal of Natural Resources, 2016,31(3):402-412.
- [12] 于志鹏,余静. 海洋保护区生态补偿标准的初步探讨——以厦门海洋珍稀物种国家级自然保护区为例 [J]. 海洋环境科学, 2017, 36(2):202-208. Yu Zhipeng, Yu Jing. Preliminary study on ecological compensation standard of marine reserve: a case of Xiamen Rare Marine Species National Nature Reserve [J]. Marine Environmental Science, 2017, 36(2):202-208.
- [13] Kim Tae-Goun, et al. Natural resource damage assessment for the

- Hebei Spirit oil spill: An application of Habitat Equivalency Analysis [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2017,121(1/2):183-191.
- [14] 于冰,胡求光.海洋生态损害补偿研究综述 [J]. *生态学报*, 2018,38(19):6826-6834.
Yu Bing, Hu Qiuguang. Review on compensation for marine ecological damage [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018,38(19):6826-6834.
- [15] 龚虹波,冯佰香.海洋生态损害补偿研究综述 [J]. *浙江社会科学*, 2017,(3):18-26,155-156.
Gong Hongbo, Feng Baixiang. A review on compensation of marine ecological damage [J]. *Zhejiang Social Sciences*, 2017,(3):18-26, 155-156.
- [16] Huanhuan Rao, Chenchen Lin, Hao Kong, et al. Ecological damage compensation for coastal sea area uses [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 38:149-158.
- [17] 熊玮,郑鹏,赵园妹.江西重点生态功能区生态补偿的绩效评价与改进策略——基于SBM-DEA模型的分析 [J]. *企业经济*, 2018, (12):34-40.
Xiong Wei, Zheng Peng, Zhao Yuanmei. Performance evaluation and improvement strategy of ecological compensation in key ecological function areas of Jiangxi province—An analysis based on SBM-DEA model [J]. *Enterprise Economy*, 2018,(12):34-40.
- [18] 曲超,刘桂环,吴文俊.长江经济带国家重点生态功能区生态补偿环境效率评价 [J]. *环境科学研究*, 2020,33(2):471-477.
Qu Chao, Liu Guihuan, Wu Wenjun, Wang Jinnan. Environmental efficiency evaluation of ecological compensation for national key ecological functional zones in the Yangtze River economic belt [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2020,33(2):471-477.
- [19] 邹玮,孙才志,覃雄合.基于Bootstrap-DEA模型环渤海地区海洋经济效率空间演化与影响因素分析 [J]. *地理科学*, 2017,37(6): 859-867.
Zou Wei, Sun Caizhi, Qin Xionghe. Spatial evolution of marine economic efficiency and its influential factors in Bohai Sea Ring Area based on Bootstrap-DEA model [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(6):859-867.
- [20] 赵林,张宇硕,吴迪.考虑非期望产出的中国省际海洋经济效率测度及时空特征 [J]. *地理科学*, 2016,36(5):671-680.
Zhao Lin, Zhang Yushuo, Wu Di, et al. Marine economic efficiency and spatio-temporal characteristics of inter-province based on undesirable outputs in China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5):671-680.
- [21] 秦曼,刘阳,程传周.中国海洋产业生态化水平综合评价 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2018,28(9):102-111.
Qin Man, Liu Yang, Cheng Chuanzhou. Comprehensive evaluation of marine industrial ecologization in China [J]. *China Population Resources and Environment*, 2018,28(9):102-111.
- [22] 胡晓珍.中国海洋经济绿色全要素生产率区域增长差异及收敛性分析 [J]. *统计与决策*, 2018,34(17):137-140.
Hu Xiaozhen. Analysis on regional growth differences and convergence of green total factor productivity in Marine economy of China [J]. *Statistics & Decision*, 2018,34(17):137-140.
- [23] 吴淑娟,罗少玉,肖健华.中国海洋经济绿色效率的测量及其影响因素 [J]. *工业技术经济*, 2015,(11):105-112.
Wu Shujuan, Luo Shaoyu, Xiao Jianhua. On the evaluation of Chinese marine economy green efficiency and its acting factors [J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2015,(11):105-112.
- [24] 盖美,展亚荣.中国沿海省区海洋生态效率空间格局演化及影响因素分析 [J]. *地理科学*, 2019,39(4):616-625.
Gai Mei, Zhan Yarong. Spatial evolution of marine ecological efficiency and its influential factors in China coastal regions. *Scientia Geographica Sinica*, 2019,39(4):616-625.
- [25] 王晓慧.海域开发生态效率测度及提升对策研究——以浙江省为例 [J]. *华东经济管理*, 2018,32(11):22-29.
Wang Xiaohui. A study on ecological efficiency measurement and promoting countermeasures of marine utilization—A case of Zhejiang Province [J]. *East China Economic Management*, 2018,32(11):22-29.
- [26] 胡求光,余璇.中国海洋生态效率评估及时空差异——基于数据包络法的分析 [J]. *社会科学*, 2018,(1):18-28.
Hu Qiuguang, Yu Xuan. Spatial-temporal differences of marine eco-efficiency in China based on DEA [J]. *Journal of Social Sciences*, 2018,(1):18-28.
- [27] 狄乾斌,梁倩颖.中国海洋生态效率时空分异及其与海洋产业结构响应关系识别 [J]. *地理科学*, 2018,38(10):1606-1615.
Di Qianbin, Liang Qianying. Spatio-temporal difference of marine eco-efficiency and identification of its response relationship with marine industrial structure in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2018,38(10):1606-1615.
- [28] 包特力根白乙.国内海洋生态补偿研究述评 [J]. *海洋开发与管理*, 2017,34(5):3-8.
Bao Teligenbaiyi. Review and the extended research on China's marine ecological compensation policies [J]. *Ocean Development and Management*, 2017,34(5):3-8.
- [29] 毛显强,钟瑜,张胜.生态补偿的理论探讨 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2002,(4):40-43.
Mao Xianqiang, Zhong Yu, Zhang Sheng. Conception, Theory and mechanism of eco-compensation [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2002,(4):40-43.
- [30] 李洪伟,任盈盈,陶敏.中国环境治理投资效率评价及其收敛性分析 [J]. *生态经济*, 2019,35(4):179-184.
Li Hongwei, Ren Yingying, Tao Wei. Efficiency evaluation and convergence analysis of environmental governance in China [J]. *Ecological Economy*, 2019,35(4):179-184.
- [31] 马晓君,李煜东,王常欣.约束条件下中国循环经济发展中的生态效率——基于优化的超效率SBM-Malmquist-Tobit模型 [J]. *中国环境科学*, 2018,38(9):3584-3593.
Ma Xiaojun, Li Yidong, Wang Changxin, Yu Yuanbo. Ecological efficiency in the development of circular economy of China under hard constraints based on an optimal super efficiency SBM-Malmquist-Tobit model [J]. *China Environmental Science*, 2018,38(9):3584-3593.
- [32] Young A. Gold into base metals: Productivity growth in the people's republic of China during the reform period [R]. Beijing: National Bureau of Economic Research, 2000.
- [33] 张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952~2000 [J]. *经济研究*, 2004,(10):35-44.
Zhang Jun, Wu Guiying, Zhang Jipeng. The estimation of China's

- provincial capital stock: 1952–2000 [J]. *Economic Research Journal*, 2004,(10):35–44.
- [34] 盖美,朱静敏,孙才志.中国沿海地区海洋经济效率时空演化及影响因素分析 [J]. *资源科学*, 2018,40(10):1966–1979.
- Gai Mei, Zhu Jingmin, Sun Caizhi, Sun Kang. Spatio-temporal evolution and influencing factors of marine economic efficiency in coastal areas of China [J]. *Resources Science*, 2018,40(10):1966–1979.
- [35] 魏权龄.评价相对有效性的数据包络分析模型—DEA 和网络 DEA [M]. 北京:中国人民大学出版社, 2012.
- Wei Quanling. Evaluation of the relative effectiveness of the data envelopment analysis model-DEA and network DEA [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2012.
- [36] Farer, Grosskopf S, Norrism, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries [J]. *American Economic Review*, 1994,84(1):66–83.
- [37] 孙金岭,朱沛宇.基于 SBM–Malmquist–Tobit 的“一带一路”重点省份绿色经济效率评价及影响因素分析 [J]. *科技管理研究*, 2019, 39(12):230–237.
- Sun Jinling, Zhu Peiyu. Evaluation of “Belt And Road” provinces’ green economic efficiency and analysis of influencing factors based on SBM–Malmquist–Tobit [J]. *Science and Technology Management Research*, 2019,39(12):230–237.
- [38] 盖美,马丽.中国海洋资源效率时空演化及其驱动因素 [J]. *资源开发与市场*, 2019,35(3):318–323.
- Gai Mei, Ma Li. Analysis on spatial and temporal pattern and the driving forces of Chinese marine resource efficiency [J]. *Resource Development & Market*, 2019,35(3):318–323.
- [39] 马占新.数据包络分析模型与方法 [M]. 北京:科学出版社, 2010.
- Ma Zhanxin. Model and Method of Data Envelopment Analysis [M]. Beijing: Science Press, 2010.

作者简介: 石晓然(1986–),女,河北石家庄人,博士,主要从事海洋经济、海洋资源与权益综合管理研究.发表论文 3 篇.