

基于熵权TOPSIS模型的山东省海岸带生态修复政策效果评价研究

于小芹¹, 马云瑞², 余 静^{1,3}

(1.中国海洋大学 海洋与大气学院, 山东 青岛 266100; 2.国家海洋局北海信息中心, 山东 青岛 266061;
3.中国海洋大学 海洋发展研究院, 山东 青岛 266100)

摘 要: 海岸带生态修复政策效果评价是开展海岸带保护修复的重要课题。通过建立海岸带生态修复政策综合评价指标体系, 采用熵权 TOPSIS 模型对山东省 2009 年至 2018 年海岸带生态修复政策效果进行综合评价。结果表明, 山东省海岸带生态修复政策综合效益呈波动上升趋势。2016 年至 2018 年, 政策干预的效果凸显, 取得了开展蓝色海湾综合整治、系统推进海岸带生态修复的显著成效。通过分析生态环境和经济社会效益发现, 经济社会效益较生态环境效益提升趋势更为明显。同时, 本研究发现现在扩展生态修复资金的来源渠道、修复效果考核评估方面的政策存在缺陷, 提出了促进海岸带生态修复的政策建议, 包括坚持陆海统筹、生态优先和建立常态化评估机制。

关键词: 熵权 TOPSIS 模型; 海岸带生态修复; 政策评价

中图分类号: P748

文献标识码: A

文章编号: 1007-6336(2022)01-0074-06

Evaluation of coastal ecological restoration policy effect based on entropy-weight TOPSIS Model in Shandong province

YU Xiao-qin¹, MA Yun-rui², YU Jing^{1,3}

(1.College of Oceanic and atmospheric Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2.North China Sea data and information Service, SOA, Qingdao 266061, China; 3.Institute of Marine Development of Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: Evaluation on the policies of coastal ecological restoration is an important issue about coastal protection and restoration. The evaluation indicator framework of coastal ecological restoration policy effect was built to evaluate the effect comprehensively by entropy-weight TOPSIS model from 2009 to 2018 in Shandong province. The results showed that the ecological restoration policy effect in Shandong province fluctuations had been rising on the whole, the effect was promoting from 2016 to 2018 sharply, which reflected the remarkable effect of carrying out the Blue Bay Remediation Action and promoting the ecological restoration systematically. By analyzing the ecological restoration policy effect from the perspective of ecological environment and economic social development respectively, it was found that the overall economic and social benefits was improved faster than the ecological environmental benefits. At the same time, defects were found in expanding the source channels of ecological restoration funds and in assessment and evaluation of restoration effects. In this regard, further policy suggestions were put for promotion of coastal ecological restoration, including insisting on land and sea overall planning, giving priority to ecology and establishing a regular

收稿日期: 2020-07-02, 修订日期: 2021-03-12

基金项目: 国家自然科学基金联合基金项目(U1706215), 多重人为压力下莱州湾生态环境的演变趋势和调控原理; 北海分局海洋科技项目(2018B10)

作者简介: 于小芹(1988—), 女, 山东乳山人, 博士研究生, 研究方向为海岸带综合管理, E-mail: yuxiao.qin@163.com

通讯作者: 余 静(1976—), 女, 河南驻马店人, 副教授, 研究方向为海洋空间规划、海洋综合管理, E-mail: by6801@ouc.edu.cn

evaluation mechanism.

Key words: entropy-weight TOPSIS model; coastal ecological restoration; policy evaluation

人类活动对海洋生态环境造成了一系列影响,如自然岸线退化、生境消失、水质恶化等。随着生态文明理念的深入,人们开始重视退化生态系统的修复工作,出台了涉及海岸线综合整治、控制围填海等不同方面的海岸带生态修复政策。海岸带生态修复政策的全生命周期过程包括政策制定、政策实施、政策评估和政策完善。政策评估能够及时认识政策运行障碍,促进政策优化设计,提高政策的生命力和效益,提高政策效率水平。目前,海洋政策方面的研究主要集中于海洋综合政策^[1-2]、海洋环境保护政策^[3-4]、围填海政策^[5]、海洋环境整治政策^[6-9]、海洋牧场政策^[10]、海洋经济政策^[11]、生态修复政策^[12-13]、海洋保护区政策^[14]和生态补偿政策^[15]。政策评估运用的方法主要有双重差分法^[16-17]、系统动力学方法^[18]等。海岸带生态修复领域的研究大多聚焦于生态修复的效果,如根据生态修复项目实施前、后的实测数据或数值模拟数据,分析生态修复项目所带来的较为直观的环境变化情况。部分学者关注到海岸带生态修复政策脉络发展,但是没有与政策执行效果进行协同分析。政策作为一种行政产品,其生命力就在于执行,执行效果对生态修复效果具有根本的导向作用。通过将政策执行效果的优劣反馈到政策制定和执行模块,能够完善海岸带生态修复政策分析链条,促进后续政策的优化。美国和荷兰的海岸带生态修复实践证明,政策能够系统地指导生态修复项目的布局与实施,极大地影响生态修复效果。美国的海岸带生态修复工作已有60多年的历史。美国国家海洋和大气管理局(NOAA)于1992年正式实施致力于评估、修复和保护海岸带的损害评估及修复计划(Damage Assessment, Remediation, and Restoration Program, DARRP)。通过近30年的实践,美国在湿地、红树林、海滩、生物礁、珊瑚和海草床等修复方面取得了良好的效果,其成功经验之一就是建立了完善的联邦法律及制度体系^[19]。荷兰在1990—1992年制定了3个“海岸政策文件”(coastal policy document),

其目的是治理海岸线的持续侵蚀后退,提出采用填沙替代筑坝的办法对海岸带进行动态保护,并明确了各级政府的管理职能和职责。荷兰政府分别于1995年和2000年,对该海岸带政策进行了两次评估,结论是1990—1992年制定的海岸政策是正确的,通过对海岸带的定期监测和动态保护,有效阻止了海岸线的后退^[20]。本文拟通过熵权TOPSIS模型综合分析山东省海岸带生态修复政策效果,总结政策制定和执行过程中典型经验做法,指出存在的问题,并据此提出合理的政策建议。

山东是海洋大省,全省海岸线长达3345 km,约占全国海岸线长度的六分之一。2018年,山东省海洋生产总值达1.6万亿元,约占全国海洋生产总值的20%。近十年来,山东省在海洋生态补偿、海洋生态红线划定、海洋生态文明建设方面实施了大量与海岸带生态修复相关的举措(图1),在管理体制、资金管理、监测评估方面也出台了很多人保障性措施,促进了海岸带生态修复事业的规范发展。

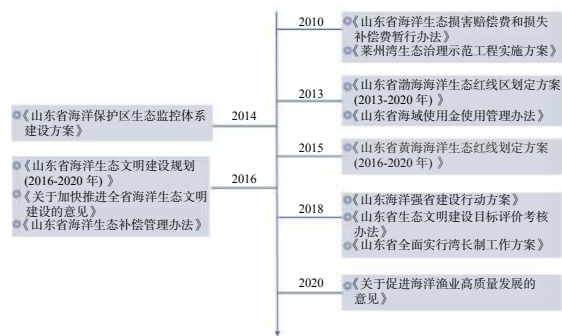


图1 山东省海岸带生态修复政策

Fig. 1 Policies of coastal ecological restoration in Shandong province

1 材料与方法

1.1 海岸带生态修复政策效果评价方法

1.1.1 熵权TOPSIS模型

熵权法是一种能够反映评价指标的离散程度,客观地反映其重要性的一种计算方法。TOPSIS又称为“逼近理想解排序法”,评价最好的对象

是与最优目标的距离最近,而与最劣目标最远,通过确定不同评价单元的正负理想值,从而得出评价单元与最优方案的贴近度。熵权 TOPSIS 模型是采用信息熵的概念,根据指标本身来确定指标权重,然后通过系统工程学多目标系统决策 TOPSIS 分析方法对政策效果进行综合评估,此方法能够克服主观赋权评价方法由于个人因素造成的偏差,因而被广泛应用。

1.1.2 海岸带生态修复政策效果评价模型

(1) 构建标准化矩阵

对于 m 个评价方案, n 个评价指标, a_{ij} 则表示为第 i 个方案中第 j 个指标的数值, 初始矩阵 A 可以用下式表示。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{pmatrix} \quad (1)$$

对指标进行归一化处理, 将指标分为正向(效益型)指标和逆向(成本型)指标, 不同类型的指标按不同的公式处理。

正向(效益型)指标的处理公式为:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij} - \min(a_{ij})}{\max(a_{ij}) - \min(a_{ij})} \quad (2)$$

逆向(成本型)指标的处理公式为:

$$b_{ij} = \frac{\max(a_{ij}) - a_{ij}}{\max(a_{ij}) - \min(a_{ij})} \quad (3)$$

得到标准化矩阵

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1j} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{i1} & b_{i2} & \cdots & b_{ij} \end{pmatrix} \quad (4)$$

(2) 确定指标权重

熵权计算公式为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (5)$$

式中: $H_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}$ 叫做信息熵, 其中

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

(3) 确定正、负理想解

计算加权矩阵。

$$R = w_j \times b_{ij} \quad (6)$$

确定正、负理想解 $Z = \min(r_{1j}, r_{2j}, \cdots, r_{mj}); Z =$

$\max(r_{1j}, r_{2j}, \cdots, r_{mj})$ 。

(4) 确定欧式距离

计算距离正、负理想解的欧式距离。

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_i^+ - z_{ij})^2} \quad (7)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_i^- - z_{ij})^2} \quad (8)$$

(5) 确定综合评价指数

定义 d_j 代表第 j 年山东省海岸带生态修复政策评价指数, 数值越接近于 1 代表政策评价效果越优, 反之较劣。公式为:

$$d_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-} \quad (9)$$

1.2 海岸带生态修复政策效果评估指标体系构建

在《海岸线保护与利用管理办法》中, 明确提出海岸线保护与利用管理要与近岸海域、沿海陆域环境管理相衔接, 实现海岸线保护与利用的经济效益、社会效益、生态效益相统一。根据代表性、科学性、可操作性的指标选取原则, 选取生态环境效益、经济社会效益不同层面的指标构建山东省海岸带生态修复政策评估指标体系, 具体如表 1 所示。

数据来源主要包括《海洋年鉴》《中国渔业统计年鉴》《山东省统计年鉴》和《海洋环境质量(状况)公报》等。首先对数据进行预处理, 剔除多重共线性问题。本文采用 SPSS 软件进行了多重共线性分析。分析结果显示方差膨胀系数(VIF)均不超过 10, 故可以认为不存在多重共线性问题。其次利用 MATLAB 软件, 采用熵权法确定指标权重, 结果如表 1 所示。

2 结果与讨论

2.1 海岸带生态修复政策综合效果分析

通过 TOPSIS 模型测算得出 2009 年至 2018 年山东省海岸带生态修复政策效果水平的变化情况(见图 2)。总体而言, 山东省海岸带生态修

表 1 山东省海岸带生态修复政策评估指标体系

Tab.1 Evaluation index system of coastal ecological restoration policy in Shandong province

生态环境效益 评价指标	权重	经济社会效益 评价指标	权重
入海排污口		海洋生产总值占比	0.0413
达标排放率	0.0734	城镇居民人均	
近岸海域水质优良 (一、二类)面积比例	0.0710	可支配收入	0.0275
主要河流		沿海城市	
污染物入海量	0.0631	国内旅游人数	0.1082
海面垃圾		中央支持海洋	
平均密度	0.0541	生态修复资金额	0.0781
海滩垃圾		海洋生态环境	
平均密度	0.0337	监测站位数	0.0652
近海与海岸		生态灾害	
湿地面积	0.0286	造成损失情况	0.0278
海水养殖			
面积	0.0378		
海洋类			
保护区面积	0.0504		
近岸海洋生态			
健康评价指数	0.1735		
底栖生物			
多样性指数	0.0664		

复政策效果呈波动上升趋势, 2016 年之后综合效果上升明显。根据不同年份接近理想值的距离, 可以大致分为 2009—2015 年和 2016—2018 年两个阶段。

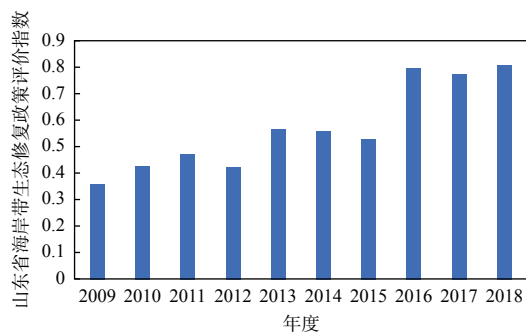


图 2 山东省海岸带生态修复政策效果评价结果

Fig. 2 Evaluation of coastal ecological restoration policy in Shandong province

(1) 2009—2015 年, 海岸带生态修复政策效果整体趋于上升, 综合效果差距不大。从生态修复实际情况来看, 在资金的支持方向、形式和规模上, 2009—2015 年财政部和原国家海洋局先后通过中央分成海域使用金、海岛保护专项资金、中央海岛和海域保护资金等渠道, 陆续安排海域海岛海岸带整治修复保护项目, 对地方实施海岸

带生态修复工程起到了重要的引导作用。该阶段生态修复项目较多, 覆盖区域较广, 单个项目为百万或千万量级, 主要支持海域海岛海岸带综合整治、保护区能力建设等工程。

(2) 2016—2018 年, 海岸带生态修复政策评价效果有较大的提升。2016 年起, 国家开始实施“蓝色海湾”整治项目, 作为《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中的重大海洋工程之一, 主要开展重点海湾综合治理、生态岛礁建设等项目。同时在机构改革后, 理顺了海洋环境整治与生态修复的职能, 确定了山水林田湖草一体化治理的基本思路, 进一步加强了生态修复的整体性、系统性和协同性, 综合修复效果具有较为明显的提升。

2.2 海岸带生态修复政策经济社会效益

由图 3 可以看出, 2009—2013 年经济社会效益还处于较低水平, 主要由于这个阶段海洋经济在国民经济发展中的地位较低。2013 年以后, 海洋经济发展地位日益突出, 特别是 2016 年之后经济效益和社会效益更加明显。生态修复能够带来的经济效益, 一方面是生态修复资金的注入, 刺激了当地的环境整治投资; 另一方面包括修复项目所在地的旅游人员增加, 旅游收入增加, 吸引了项目落户, 海洋产业产值增加。海洋生产总值在地区生产总值比重从 2009 年的 17% 提高到 2018 年的 20%, 海洋经济的重要作用逐渐凸显, 城镇居民人均可支配收入增长了一倍以上, 说明人们生活水平在不断提升, 对优质生态

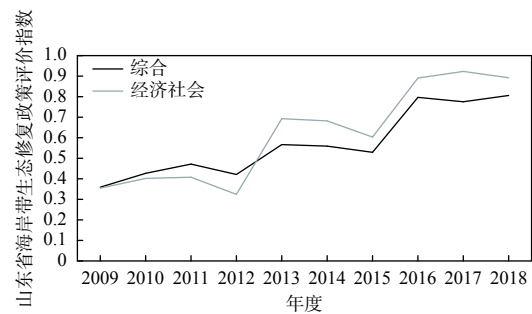


图 3 山东省海岸带生态修复政策评价综合效果与经济社会效果对比

Fig. 3 Comparison of comprehensive effect and economic-social effect of coastal ecological restoration policy evaluation in Shandong province

产品的需求也在不断提高。沿海城市国内旅游人数也从2009年的1.3亿人次提高到2018年的近4亿人次,实现了较大幅度的增长。海域、海岛监管能力及海洋生态监测监管能力有了较大提升。监测站位的数量逐渐增多,监测范围逐渐增大,利用海洋日、环保日等进行海洋防灾减灾教育逐渐受到重视。自2011年海岸带生态修复项目开展以来,全省共建立海洋部门主管的省级以上海洋保护区38处,总面积达到38万公顷。

2.3 海岸带生态修复政策生态环境效益

提升生态功能是海岸带生态修复的首要价值体现。从图4可以看出,2012年之前,生态环境效益较为显著,2013年出现较大跌幅,自2016年起开始快速增长。究其原因,主要是山东省海洋开发利用活动的特点与采取的生态修复政策措施共同作用的结果。山东省海洋传统产业以重化工业为主,沿海经济的同质化问题比较突出。因为港口建设、油气化工等产业大量布局在沿海地区,导致海岸人工化现象严重,自然岸线衰减。近十年来,山东省加强污染防治与海洋生态保护修复,出台了针对性强的海洋强省建设、生态文明建设方案,特别是打好渤海综合治理攻坚战,控制陆源污染、整治海洋环境、清理非法或设置不合理排污口,重点海湾区域综合环境治理方面采取了系列举措。随着我国蓝色海湾整治、海洋生态文明建设的深入,生态环境部门职能的更加聚焦,各地采取积极的措施开展环境整治工作,极大地提升了当地的生态

环境水平。以渤海综合治理攻坚战为例,通过陆源污染治理和海域污染治理,近岸海域水质优良(一、二类)面积比例从2009年的74%上升到2018年的89%,近岸海域水质持续改善。主要河流COD入海量有较大幅度下降,海面垃圾平均密度、海滩垃圾平均密度整体呈下降趋势,2016年开始开展的“蓝色海湾”综合整治行动,进行了大量的环境整治类工作,主要包括近岸构筑物及海堤拆除、港池清淤、陆域养殖和岸滩垃圾清理等。海洋类保护区面积稳步提升,近岸海洋生态健康评价指数趋于稳定。

2.4 海岸带生态修复过程存在的问题

2.4.1 陆源污染压力仍然较为严重

陆源统筹是解决海洋生态环境问题的关键,开展海岸带生态修复需要统筹解决陆地和海洋问题,目前来看,点源、非点源等陆源污染压力持续保持高压态势。同时海洋资源环境约束加剧、滨海湿地减少、海洋垃圾污染问题逐步显现,防灾减灾能力有待提高。

2.4.2 生态修复资金缺口较大,影响修复效果

海岸带生态修复具有公益属性,提高生态系统服务功能,须在海岸带生态修复的质和量上同时下功夫。既要在质量上提高海岸线的修复成效,也要从生态系统完整性出发注重量的积累,达到规模效应,对受损岸线进行较大范围修复。从政策设计上,虽然很早就提出了利用生态修复市场化手段,建立多元化生态修复资金投入机制,但是目前的实践中不难发现,政策落地较为困难,缺乏可操作性的具体手段、措施和路径,致使海岸带生态修复资金困境仍然存在。

2.4.3 生态优先的首要地位在具体实践中有待巩固

通过前文的分析,我们也可以看出,近年来的生态修复工作,对经济社会发展的影响明显高于生态环境效益,这一部分取决于生态修复资金投入普遍增高,带动地区经济发展、提高当地生活水平,而且生态环境效益具有一定的滞后性。值得注意的是,从2010年实施的海域、海岛和海岸带整治修复项目到2016年实行的“蓝色海湾”整治项目,作为实施主体的当地政府或企业,在加强常规性修复后的环境监测、建立海岸带养护管理常态化机制方面稍显欠缺。

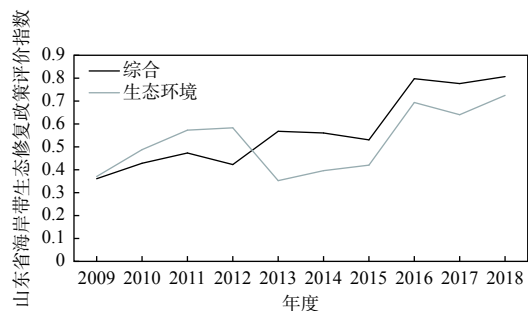


图4 山东省海岸带生态修复政策评价综合效果与生态环境效果对比

Fig. 4 Comparison of comprehensive effect and ecological-environmental effect of coastal ecological restoration policy evaluation in Shandong province

2.5 加强山东省海岸带生态修复政策建议

2.5.1 坚持陆海统筹,继续加大环境综合整治力度

坚持以改善海洋生态环境质量为导向,坚持陆海统筹、以海定陆,全面推进陆、岸、海污染综合防治,同时对不同海区的治理模式和成效进行综合分析,充分借鉴典型区域的先进经验,促进沿海区域海岸带生态修复工作协同系统开展。

2.5.2 坚持生态优先,持续支持海岸带生态修复项目

做好海岸带生态修复项目库的动态管理工作,从项目储备、遴选、立项、过程管理、验收、示范等全链条管理,科学布局海岸带生态修复项目,对于符合功能区划、生态环境明显恶化的海岸线进行优先修复。同时积极吸取陆地资源生态修复典型经验,比如废弃矿山生态修复与旅游开发紧密融合、地方政府PPP开发利用模式等,拓展海岸带生态修复资金来源渠道,促使生态修复项目能够得到持续支持。建立生态修复项目与项目资金相关联机制,对海岸带生态修复项目完成情况进行考核评估,对完成质量较高、效益较好的地区进行优先支持。

2.5.3 建立海岸带生态修复政策实施效果评估分析的常态化机制

实施中期评估与长期评估相结合,定期常规评估与不定期随机评估相结合的手段,不仅对海岸带生态修复项目的实施进度和效果进行评估,还应更加关注政策目标的实现程度、政策措施落实程度的评价,保障海岸带生态修复政策的落实,为后期政策修订完善提供科学依据。

3 结论

(1)利用熵权TOPSIS模型选取了生态环境效益、经济社会效益不同层面的16个指标,评价结果显示,山东省海岸带生态修复政策综合效益在2016年之后有较大幅度提高,体现了开展蓝色海湾综合整治、生态修复系统推进的显著成效。同时研究发现,经济社会效益较生态环境效益提升更为明显。

(2)山东省在扩展生态修复资金来源渠道、

修复效果考核评估方面具有一定的政策缺陷,对此提出进一步科学促进海岸带生态修复的政策建议,包括坚持陆海统筹、生态优先和建立常态化的评估机制。

参考文献:

- [1] 张海柱. 政府工作报告中的海洋政策演变——对1954—2015年国务院政府工作报告的内容分析[J]. *上海行政学院学报*, 2016, 17(3): 105-111.
- [2] 钟秀明. 海洋政策评估的问题及其完善途径研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
- [3] 许阳, 王琪, 孔德意. 我国海洋环境保护政策的历史演进与结构特征——基于政策文本的量化分析[J]. *上海行政学院学报*, 2016, 17(4): 81-91.
- [4] 白纪元. 基于海洋生态环境保护的管理政策研究[J]. *农村经济与科技*, 2019, 30(2): 4-5.
- [5] 王琪, 田莹莹. 我国围填海管控的政策演进、现实困境及优化措施[J]. *环境保护*, 2019, 47(7): 26-32.
- [6] 王刚, 毛杨. 海洋环境治理的注意力变迁: 基于政策内容与社会网络的分析[J]. *中国海洋大学学报: 社会科学版*, 2019(1): 29-37.
- [7] 周莹. 广东省海洋环境政策绩效评价研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014.
- [8] 李宁. 我国海洋环境陆源污染治理的政策实施研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [9] 王琪, 何广顺. 海洋环境治理的政策选择[J]. *海洋通报*, 2004, 23(3): 73-80.
- [10] QIN M, YUE C X, DU Y W. Evolution of China's marine ranching policy based on the perspective of policy tools[J]. *Marine Policy*, 2020, 117: 103941.
- [11] SU M, YANG Y. Evolution of district marine policies in China: the case of Shandong Province[J]. *Marine Policy*, 2018, 89: 124-131.
- [12] 马广州. 美国密西西比河三角洲生态恢复的政策及措施[J]. *中国水利*, 2008(1): 57-58.
- [13] 胡锋. 美国生态保护与修复政策考察及其启示[J]. *林业与生态*, 2019(3): 18-20.
- [14] HU W J, LIU J, MA Z Y, et al. China's marine protected area system: evolution, challenges, and new prospects[J]. *Marine Policy*, 2020, 115: 103780.
- [15] 周丽旋, 于锡军, 宋巍巍, 等. 基于逻辑框架法和成功度评价的生态补偿政策评估与动态调整研究[J]. *中国环境管理*, 2018, 10(4): 81-87.
- [16] 石华军, 楚尔鸣. 政策效果评估的双重差分方法[J]. *统计与决策*, 2017(17): 80-83.
- [17] 胡日东, 林明裕. 双重差分方法的研究动态及其在公共政策评估中的应用[J]. *财经智库*, 2018, 3(3): 84-111.
- [18] 阮雅婕, 司晓悦, 宋丽滢, 等. 基于系统动力学的“单独二胎”政策仿真研究[J]. *人口学刊*, 2015, 37(5): 5-17.
- [19] 蒋成竹, 吴林强, 徐晶晶, 等. 美国海岸带自然资源与生态损害评估及修复工作对中国的启示[J]. *地质通报*, 2019, 38(11): 1912-1919.
- [20] 何起祥, 赵洪伟, 刘健. 荷兰海岸带综合治理[J]. *海洋地质动态*, 2002, 18(8): 29-33.