

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2022.01.009

广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统 承载力时空耦合研究

宾津佑^{1,2}, 唐小兵³, 白福臣^{1,2}

(1. 广东海洋大学 管理学院, 广东 湛江 524088; 2. 广东海洋大学 广东沿海经济带发展研究院, 广东 湛江 524088;
3. 湖南省社会科学院, 湖南 长沙 410003)

摘 要: 推动海洋资源-环境-经济系统协调联动是提升沿海地区海洋承载力的必要途径, 也是建设海洋强国的重要议题。基于海洋资源-环境-经济系统承载力评价指标体系, 运用极差非零标准化、熵值法、状态空间模型以及耦合协调度函数模型, 对 2008—2018 年广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力时空耦合特征进行比较分析。结果表明: 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统综合承载力指数在时序上呈波动下降态势。其中, 海洋经济系统承载力水平较高且主导效应明显, 相反, 海洋资源系统、环境系统承载力水平相对较低, 长期处于满载状态。各地市承载力水平空间差异较大, 粤西沿海地区的湛江、阳江综合承载力水平最高, 粤东沿海地区的潮州、揭阳综合承载力水平最低。从耦合协调度时序变化来看, 耦合度、协调度呈波动上升态势, 表明海洋资源-环境-经济系统内部相互作用及各子系统间发展的同步性有所强化; 耦合协调类型空间差异显著, 以高耦合、高协调类型为主, 耦合协调度较高的区域主要集中在粤西沿海的阳江、湛江等地区, 东莞、潮州等地区为低值区。

关键词: 海洋复合系统; 海洋承载力; 状态空间模型; 时空耦合; 广东沿海经济带

中图分类号: P748; F205

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2022)01-0082-10

Coupled spatial-temporal coordination among marine resources, environment and economic system carrying capacity in Guangdong Coastal Economic Belt

BIN Jinyou^{1,2}, TANG Xiaobing³, BAI Fuchen^{1,2}

(1. College of Management, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. Guangdong Coastal Economic Belt Development Research Institute, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 3. Hunan Academy of Social Sciences, Changsha 410003, China)

Abstract: Promoting the coordination and linkage of marine resources, environment and economic system is a necessary way to improve the marine carrying capacity of coastal areas, and also a key issue in building the maritime power. Based on the carrying capacity evaluation index system, this paper analyzed coupled spatio-temporal coordination among marine resources, environment and economic system carrying capacity in Guangdong Coastal Economic Belt from 2008 to 2018, by using the non-zero standardization, entropy method, state-space models and the coupled coordination degree function model. The results showed that: the comprehensive carrying capacity index of marine system sustains the fluctuated downward trend. Among them, the carrying capacity level of marine economic system was high and the dominating effect was obvious. On the contrary, the carrying capacity of marine resources and environmental system were relatively low, with a full load state for a

收稿日期: 2021-06-09; 修订日期: 2021-08-04

基金项目: 广东省哲学社会科学规划项目 (GD19YYJ03); 广东沿海经济带发展研究院 2020 年专项 (YJY202002); 广东省教育厅创新强校工程重大项目 (2017WZDXM013); 广东海洋大学教育教学改革项目 (570219035)

作者简介: 宾津佑 (1992—), 硕士, 讲师, 主要从事海洋经济地理、区域经济与区域发展研究。电子邮箱: yours_bin@163.com

通讯作者: 白福臣, 博士, 教授, 主要从事海洋资源经济与可持续发展研究。电子邮箱: windywendydy@126.com

long time. The spatial differences among regions were large, with the highest comprehensive carrying capacity of Zhanjiang and Yangjiang in the west coastal areas of Guangdong Province, and the lowest in Chaozhou and Jieyang in the east coastal areas. From the perspective of time series characteristics, the coupled coordination degree index implied increased interaction and synchronized development among the three carrying capacity subsystems. The spatial differences of coupled coordination types were significant, the high coupled coordination degree were mainly concentrated in Yangjiang and Zhanjiang along the coast of western Guangdong Province, while Dongguan, Chaozhou were low-value areas.

Keywords: marine composite system; marine carrying capacity; state-space models; coupled spatial-temporal coordination; Guangdong Coastal Economic Belt

党的十九大报告明确提出“坚持陆海统筹，加快建设海洋强国”。近年来，中国海洋经济实力稳步提升，海洋生态保护、修复迈出坚实步伐。中国沿海区域以 13.5% 的国土面积，承载了将近一半的总人口，创造了一半以上的经济生产总值^[1]，沿海经济带已成为我国建设海洋强国的战略引擎。海洋强国、向海图强已成为新时期服务国家战略发展需求的重大科学命题。然而，随着海洋资源无序开发、海洋环境污染加剧，人海矛盾日渐突出，海洋经济峰值之虞正在成为现实。

近年来，一系列与海洋承载力相关的战略性、前瞻性理论与实证研究成果不断涌现。国外海洋承载力研究主要集中在海洋渔业承载力、海洋水产养殖承载力、海洋生态系统承载力、海洋环境容量等方面^[2-5]，侧重于单要素对承载力的影响评估，海洋综合承载力研究较少涉及。国内学者们则多从海洋资源环境承载力等角度构建评价指标体系，主要针对海洋单一系统或两两之间互动关系进行研究^[6-8]。有关学者对中国及辽宁沿海经济带的海洋资源环境经济复合系统承载力进行了有益探索^[9-10]，提出海洋复合系统是海洋资源、环境、经济 3 大子系统构成的有机统一体，并将其承载力定义为“在现有海洋资源可支撑水平下、不以牺牲海洋环境为代价，实现海洋经济稳步增长”，海洋承载力内涵由单要素逐渐延伸扩充至多要素相互作用而构成的复合系统，为海洋多元复合系统研究提供了借鉴参考。从研究方法来看，主要有系统动力学、能值分析、集对分析、状态空间模型、模糊综合评价法等方法^[9]。研究区域上，多集中在全国、省域、渤海湾等宏观尺度层面^[11-13]，较少涉及东南沿海地区。研究内容上，主要涉及海洋生态环境承载力、海洋资源承载力、海岸旅游环境承载力、海岸带承载力等领域^[14-16]。鉴于此，基于海洋多元复合系统

承载力及其耦合关系研究仍有待拓展和深化：一是海洋承载力内部运行机制与耦合机理极其复杂，开展相关研究是对海洋可持续发展研究的有益探索；二是广东沿海经济带是我国海洋经济重要增长极，选择其作为海洋复合系统承载力的研究样本具有典型性、代表性；三是能为粤港澳大湾区建设顺利推进提供决策参考。因此，本研究以广东沿海经济带为例，深入探究特定区域资源-环境-经济系统承载力耦合协调发展关系的动态演变过程和内在动因，以期为该区域不断开创海洋强国建设新局面、推动海洋经济高质量发展提供理论支撑和决策依据。

1 研究区概况

广东沿海经济带地处我国东南沿海，为“一带一路”倡议重要枢纽和经略南海前沿主阵地，是我国对外开放重要“窗口”和“示范区”。广东沿海经济带涵盖以珠三角为支撑的粤港澳海洋经济合作圈，以粤东为依托的海西经济圈，以及以粤西为依托的粤桂琼海洋经济圈，海陆战略区位优势明显，人口要素流动活跃，经济活动旺盛。该区域海岸线生态保护和合理开发难度更大，海洋复合系统相互作用机理更为复杂。根据《广东沿海经济带综合发展规划（2017—2030 年）》和相关统计数据资料的可获得性，选取经济带涉及的 14 个沿海地市作为研究单元。广东省大陆海岸线长 4114.3 km，居全国首位。2019 年，广东省海洋生产总值达 2.1 万亿元，占全国海洋生产总值的 23.6%，海洋经济连续 25 年居全国首位，海洋经济增长对地区经济增长贡献率达 22.4%。广东省 14 个沿海地市创造了占全省 82.16% 的经济总量以及全省 91.1% 的进出口总额。近年来，广东省海洋生产总产值稳步增

长,海洋产业结构不断优化,海洋二、三产业比重增速明显加快(图1),海洋新兴产业发展态势向好,海洋资源开发利用从粗放型转变为集约型,海洋环境污染得到高度重视和有效治理。与此同时,沿海经济带一体化进程发展相对滞缓,海洋经济发展不平衡问题突出,海洋资源开发利用层次不高,海洋“家底”亟待摸清,海洋生态环境保护依然任重道远,严重制约着广东沿海经济带海洋资源环境承载力的巩固提升。

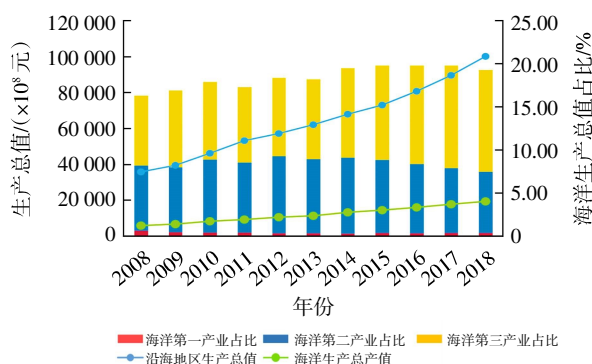


图1 2008—2018年广东省沿海地区海洋生产总值及占GDP比重

2 指标体系构建与研究方法

2.2 指标体系构建

兼顾海洋的开放性、复杂性、系统性等特征,遵循指标构建的科学性、可得性、可行性等原则,基于已有研究^[7,9,12],结合广东沿海经济带区域特征和海洋资源环境状况,构建承载力评价指标体系,共涵盖3个系统层、18个指标层(表1)。其中,海洋资源承载力系统选取海岸线长度、水产品产量、海洋捕捞产量、海水养殖产量、滩涂面积、湿地面积等表征海洋资源状况;海洋环境系统承载力系统考虑到陆域和海洋生态环境系统的关联性,且80%以上海洋污染来自陆地等因素^[17],选取工业废水排放量、二氧化硫排放量、工业烟(粉)尘排放、入海排污口数量等指标表征沿海地区陆源排污入海状况,选取工业固体废物综合利用率、污水处理厂集中处理率、生活垃圾无害化处理率等表征环境污染治理状况,选取生态环境状况指数表征区域生态环境综合质量状况;选取海岸线经济密度、人均地区生产总值、海洋渔业从业人员、渔业经济总产值、海洋捕捞经济总产值、海水养

殖经济总产值、港口货物吞吐量等指标表征海洋经济发展状况。

数据主要来自2009—2019年《中国海洋统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《广东农村统计年鉴》《广东统计年鉴》《广东省土地利用现状数据》《广东省海洋环境质量公报》《广东省生态环境状况指数》,以及《广东海洋经济发展报告(2020)》,并综合各地市统计年鉴、统计公报数据,个别缺失数据采用邻近年份数据补插获得。

表1 海洋资源-环境-经济系统承载力评价指标体系

目标层	系统层	指标层	指标属性
海洋资源-环境-经济复合系统承载力	海洋资源承载力系统	人均海岸线长度/(km·(10 ⁴ 人) ⁻¹)	+
		人均水产品总产量/(t·(10 ⁴ 人) ⁻¹)	+
		海洋捕捞产量/t	+
		人均海水养殖产量/(t·(10 ⁴ 人) ⁻¹)	+
		人均海水养殖面积/(ha·(10 ⁴ 人) ⁻¹)	+
		渔业船舶拥有量/艘	+
		人均沿海滩涂面积/(ha·人 ⁻¹)	+
		人均湿地面积/(ha·人 ⁻¹)	+
		工业废水排放量/(×10 ⁴ t)	-
		工业二氧化硫排放量/t	-
	海洋经济承载力系统	工业烟(粉)尘排放/t	-
		工业固体废物综合利用率/%	+
		污水处理厂集中处理率/%	+
		生活垃圾无害化处理率/%	+
		生态环境状况指数	+
		入海排污口数量/个	-
		海岸线经济密度/(×10 ⁴ 元·km ⁻¹)	+
		人均地区生产总值/(×10 ⁴ 元)	+
	海洋资源承载力系统	海洋渔业从业人员/人	+
		渔业经济总产值/(×10 ⁴ 元)	+
		海洋捕捞经济总产值/(×10 ⁴ 元)	+
		海水养殖经济总产值/(×10 ⁴ 元)	+
	海洋资源承载力系统	港口货物吞吐量/t	+

注:参照《生态环境状况评价技术规范》(HJ 192—2015)中生态环境状况指数指标评价方法进行测度,生态环境状况指数 = 0.35 × 生物丰度指数 + 0.25 × 植被覆盖指数 + 0.15 × 水网密度指数 + 0.15 × (100 - 土地胁迫指数) + 0.10 × (100 - 污染负荷指数) + 环境限制指数。

2.3 研究方法

(1) 数据标准化与熵值权重确定。运用极差标准化处理法对各指标原始数据无量纲化处理,并加入截距项对值域区间进行平移^[18],以消除零值影响。采用熵值法对测度指标客观赋权,旨在避免主观因素干扰,提高评价结果的客观性和可信度,计

算公式为：

$$E_{ij} = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \times \ln P_{ij} \quad (1)$$

$$w_{ij} = (1 - E_{ij}) / \sum_{j=1}^n (1 - E_{ij}) \quad (2)$$

式中， E_{ij} 为第 j 个指标的信息熵； n 为研究期内样本数量，其中， $k=1/\ln(n)$ ， $P_{ij} = x'_{ij}/\sum x'_{ij}$ ； w_{ij} 为第 j 个指标的权重。

(2) 状态空间模型。该模型适用于描述承载力要素间的相互作用关系，已被广泛采用，且借助该模型能够有效判定承载力处于可载、满载、超载等状态类型。因此，本文运用基于欧式几何空间算法的状态空间模型定量测度各系统承载力状况^[19]，将资源轴、环境轴、经济轴作为三维状态空间轴以表征海洋承载力各系统要素间的关系，计算公式为：

$$MCC = |M| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_{ij} x_{ir})^2} \quad (3)$$

$$MCC' = |M'| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_{ij} \bar{x}_{ir})^2} \quad (4)$$

式中， MCC 、 MCC' 分别为海洋承载力实际指数值和理想指数值； $|M|$ 、 $|M'|$ 分别为实际和理想状态下承载力有向矢量的模； x_{ir} 、 $\bar{x}_{ir}$ 分别为现实和理想状态下三维状态空间坐标值。根据 MCC 、 MCC' 之比确定海洋资源-环境-经济复合系统承载力水平状况，计算公式为：

$$Z_i^* = \frac{MCC}{MCC'} \quad (5)$$

式中， Z_i^* 为海洋承载力综合指数。将其划分为三大类别：若 $Z_i^* > 1$ ，表明承载力水平较高，为可载类型；若 $1 - r \leq Z_i^* \leq 1 + r$ ，表明承载力为中等水平，即处于满载或可接受状态，参考已有研究将容差 r 设置为 0.1^[20,21]；若 $Z_i^* < 1$ ，表明承载力较低，为超载类型。

(3) 耦合协调度函数。本文借助耦合协调度函数模型定量描述广东沿海经济带海洋资源-环境-经济三大复合系统承载力的协调联动关系^[22]，计算公式为：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (6)$$

$$C = \left\{ \frac{u_1 + u_2 + u_3}{[(u_1 + u_2 + u_3)/3]^3} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

$$T = \alpha u_1 + \beta u_2 + \gamma u_3 \quad (8)$$

式中， D 为协调度，以判定各子系统间协同发展效应， D 取值越大，协同效应越优； C 为耦合度，以测度各子系统间的相互作用强度， $C \in [0, 1]$ ， C 取值越大，耦合程度越优； u_1 、 u_2 、 u_3 分别为海洋资源、环境、经济各分维度系统承载力； T 为发展度，即三大子系统的综合评价指数； α 、 β 、 γ 分别为各子系统权重，借鉴已有研究，将 α 、 β 、 γ 均取为 1/3。运用中值分段法^[23,24]，按照 (0.00, 0.30]、(0.30, 0.50]、(0.50, 0.80]、(0.80, 1.00] 进行区间取值，将海洋资源-环境-经济系统承载力耦合度、协调度指数值划分为低度、中度、高度、极度 4 种耦合阶段和协调类型。

3 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力时空特征分析

3.1 时序变化特征

从海洋系统承载力均值变化趋势来看，2008—2018 年广东沿海经济带海洋复合系统综合承载力及各分维度指数均保持相对稳定，并以波动下降为主（图 2）。对比各分维度指数均值来看，海洋经济承载力 (u_3) > 海洋资源承载力 (u_1) > 海洋环境承载力 (u_2)，可以看出海洋经济承载力在综合承载力中占主导地位。

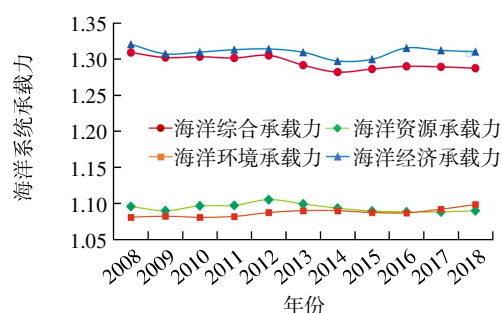


图2 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力时序变化

海洋综合承载力。海洋系统综合承载力指数呈波动下降变化趋势，由 2008 年的 1.3090 降至 2018 年的 1.2873，表明广东沿海经济带海洋综合承载力虽处于可载状态，但整体水平有所下降。其中，“十一五”时期（2008—2010 年）综合承载力指数由 1.3090 下降至 1.3033；“十二五”期间（2011—

2015 年), 综合承载力指数由 2011 年的 1.3015 增至 2012 年的 1.3051, 2012 年后逐渐下降至 2014 年的 1.2820, 2015 年稍有回升增至 1.2862, 总体呈波动下降态势, 该趋势与 2012 年后我国总体宏观经济形势相一致, 发展趋势放缓; 进入“十三五”时期 (2016—2018 年), 总体呈稳中趋缓发展态势。

海洋资源承载力。海洋资源承载力指数呈先增后降态势, 取值范围为 1.0880~1.1050, 表明海洋资源系统承载力处于中等水平, 大体呈满载状态。“十一五”期间, 海洋资源开发利用水平偏低, 海洋调查勘探和开发程度不足, 以粗放型的传统开发利用方式为主, 该时期海洋资源承载力整体较高; “十二五”和“十三五”期间, 在海洋资源开发强度增大的同时, 海洋资源承载力负荷也在不断增加, 亟待盘活海洋资源, 提升利用效率, 变资源为产业, 兼顾环境保护与经济发展。

海洋环境承载力。海洋环境系统承载力指数稳中有升, 取值范围为 1.0820~1.0982, 表明海洋环境系统承载力处于中等水平, 即满载状态。整体来看, 大致可分为三个阶段: “十一五”期间, 海洋资源无序开发, 多以牺牲环境为代价, 环境保护意识薄弱, 海洋环境承载力水平整体偏低; “十二五”期间, 海洋环境承载力水平相对稳定, 相关职能部门开始重视海洋环境保护并采取有效治理手段; “十三五”期间, 随着海洋强国建设加快推进, 《广东沿海经济带综合发展规划 (2017—2030 年)》等纲领性文件出台实施, 沿海经济带高质量发展被提升到了前所未有的高度, 加之近年来海洋污染治理取得突破性进展, 海洋保护与开发逐渐由粗放型向绿色集约型转变。

海洋经济承载力。海洋经济承载力指数总体呈波动变化态势, 取值范围为 1.2973~1.3206, 可见海洋经济承载力水平整体较高。“十一五”期间, 海洋经济承载力指数由 2008 年的 1.3206 下降至 1.3096, 分析判断主要是受到 2008 年金融危机负面影响, 海洋产业及相关行业发展受到波及; “十二五”期间则有所回升, 与国家大力倡导“建设海洋强国”、发展海洋经济密不可分; “十三五”期间, 政府重视打造高效海洋科技创新体系, 营造良好的海洋产业发展环境, 积极推进海洋经济开放协同发展, 海洋经济发展势头明显好转。

3.2 空间分布特征

根据公式(3)—(5), 分别计算 2008 年、2018 年广东沿海经济带各地市承载力指数, 按照承载力等级划分标准和中值法, 借助 ArcGIS 软件绘制广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力空间格局分布图 (图 3)。

海洋综合承载力。研究期内湛江、阳江、惠州、潮州、江门、汕头、揭阳等 7 个地级市海洋系统综合承载力水平明显提升, 其余地级市承载力则有所下降。空间分布上, 2008—2018 年海洋综合承载力类型分布基本维持稳定, 高值区由大到小依次分布在湛江、阳江、广州、珠海、汕尾、深圳、中山、江门等区域, 区域综合承载力指数均大于 1.1, 为可载状态类型; 中值区仅茂名市处于满载状态类型; 低值区由大到小依次为汕头、惠州、东莞、潮州、揭阳 5 市, 综合承载力指数值均小于 0.9, 处于较低水平, 即海洋资源-环境-经济系统处于超载状态。

海洋资源承载力。阳江、湛江海洋资源系统承载力水平最优, 珠海、汕尾紧随其后, 均为可载状态。阳江、湛江海洋捕捞、海水养殖、水产品总量、人均海岸线等指标均居全省前列; 珠海作为珠三角地区海洋面积最大、岸线最长的地级市, 海洋资源禀赋条件较好; 汕尾海岸线长度占全省的 9%, 但人口总数仅占全省的 3%, 人均海洋资源明显高于其他区域; 中值区仅茂名市处于满载状态; 低值区主要分布在珠三角的惠州、中山、广州、深圳、东莞 5 市以及粤东的汕潮揭地区, 处于超载状态, 为广东省主要的海洋资源开发负荷区。珠三角地区海洋资源承载力水平普遍偏低, 除了受限于海洋资源禀赋外, 人口集聚使得人均海洋资源占有量较小也是重要原因, 而汕潮揭地区主要是由于区域分工体系不完善、产业布局不合理等原因降低了海洋资源利用效率。

海洋环境承载力。研究期内珠海、汕头、阳江等 3 个地级市始终处于高值区, 该类型区域陆源污染直排入海相对较少, 加之固体废弃物综合利用率、污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率较高, 通过制定并严格执行海洋环境保护、海洋功能区划等政策, 使得海洋环境系统承载力水平普遍较高; 中山、揭阳、潮州由高值区转变为中值区; 惠州、汕尾、深圳由中值区发展为高值区; 广州、江

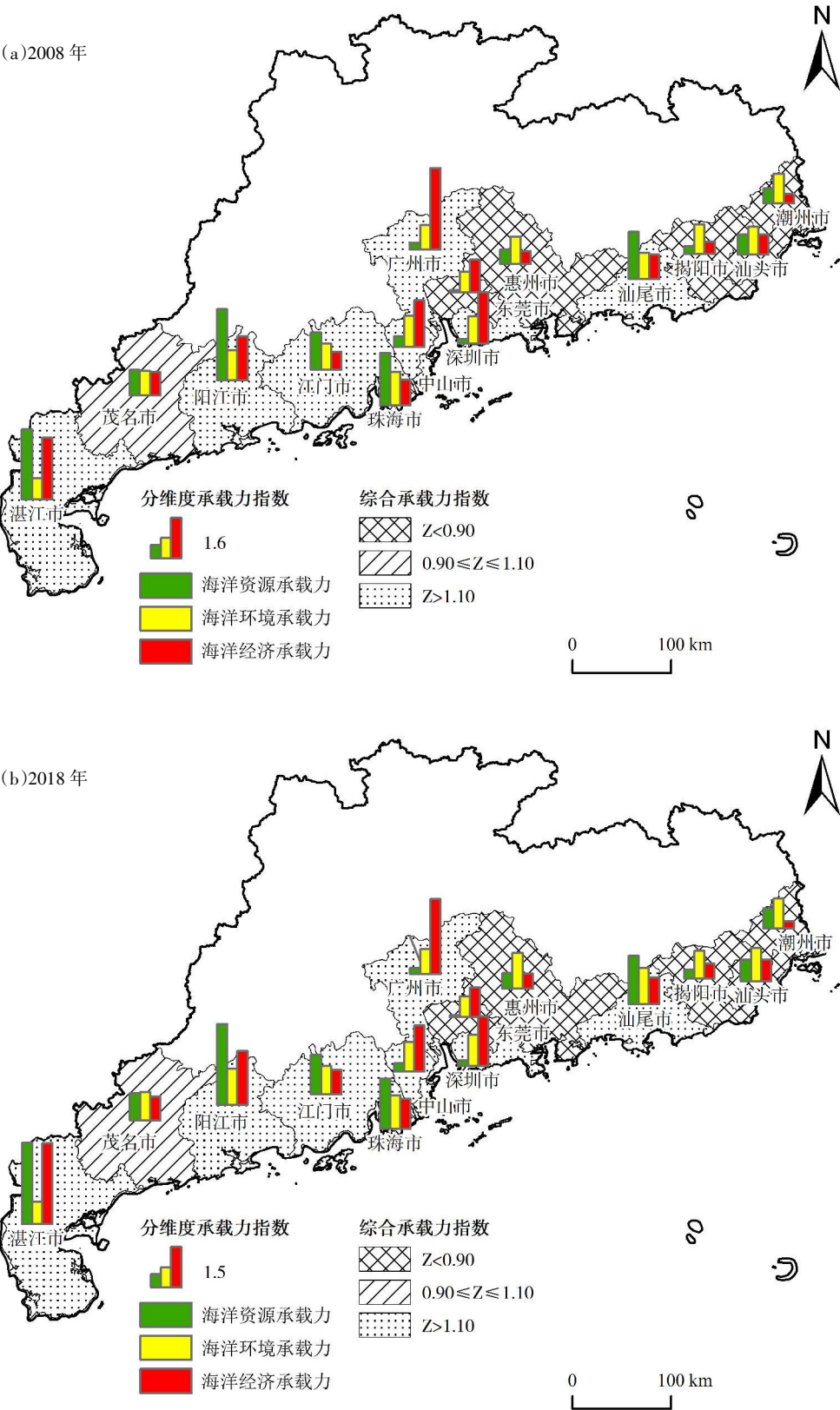


图 3 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力空间格局分布

门、茂名等3个地级市始终处于中值区；东莞、湛江相对其他地区海洋资源环境仍有较大提升空间，始终处于低值区，东莞滨海片区面积虽狭小，但“三废”排放总量较大，使得陆源入海排污总量大，海洋生态环境有待改善，湛江“三废”排放量相关指标明显高于其他地市，污水直排入海易造成海洋污染，加之经济、管理、体制相应滞后，海洋生态环境保护力度不足，使得海洋环境承载力发展水平偏低。

海洋经济承载力。研究期内广州、深圳、湛江、阳江、中山始终处于高值区。广州作为广东省省会，海洋产业人才密集，科技创新实力雄厚，对外开放程度高、范围广、历史悠久；同为海洋经济发展示范区的深圳和湛江，分别依托海洋科技创新和海岸线资源将海洋第一产业、临港钢铁石化推向纵深发展；阳江依托其港口和渔业资源优势，海洋经济总量在全省居于前列；中山作为全省临海城市中海域最小的地级市，虽不具备海洋经济优势，但通过布局现代海洋产业成功带动产业转型升级，其临海产业园已成为战略性新兴产业和装备制造产业的重要承载区；珠海由中值区转为高值区，得益于如《关于推进海洋经济科学发展建设海洋经济强市的实施意见》等一系列海洋经济可持续发展政策的陆续出台和扎实推进；东莞由高值区降为中值区，海洋经济总量有限；珠海、汕尾则一直处于中值区；江门由低值区发展为中值区，处于满载状态；茂名由中值区变为低值区；惠州、潮州、汕头、揭阳则始终处于低值区，在海洋经济发展中明显处于不利位置。

4 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力耦合协调特征分析

4.1 时序变化特征

从整体变化趋势来看，广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力的耦合协调度呈波动上升趋势，其中耦合度由2008年的0.7020增至0.7335，发展度、协调度分别由0.4345、0.5381增至2018年的0.4464、0.5646，耦合度、协调度虽处于高度耦合阶段和高度协调类型，但其整体水平仍有待进一步提升（图4）。可见，近十年广东沿海经济带海洋资源-环境-经济承载力系统间的相互作用有所强化，各分维度子系统间的发展同步性

处于较好水平。

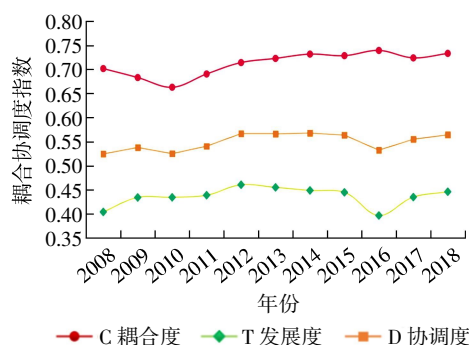


图4 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力耦合协调时序变化 (2008—2018年)

4.2 空间分异特征

根据耦合度（C）与协调度（D）指数取值范围，将研究区域划分为不同类型空间组合，借助ArcGIS软件分别选取2008年、2018年对广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力耦合协调的空间分布格局进行可视化表征（图5）。

(1) 耦合类型以高耦合、极耦合类型为主，仅个别地级市为中耦合、低耦合类型，空间分布上基本趋于稳定。耦合度最高的为茂名、阳江、汕尾；最低的为东莞。从区域分布来看，粤西沿海片区（阳江、湛江、茂名）高于珠三角沿海片区（广州、深圳、珠海、惠州、东莞、中山、江门）、粤东沿海片区（汕头、汕尾、潮州、揭阳）。

(2) 协调类型以高协调为主，其次为中协调、极协调类型，低协调占比最低。高协调主要分布在广州、珠海、汕头、汕尾、中山、江门、湛江、茂名等地，中协调主要分布在潮州、揭阳，阳江一直处于极协调，仅东莞市为低协调，可见协调度空间及地域分布均存在较大差异。从协调类型变化来看，大部分地区协调度较为稳定，仅少数地区协调度有所变动，如深圳、惠州由中协调向高协调类型转变，表明近十年深圳、惠州两市海洋资源-环境-经济各子系统发展的同步性有所提升。

(3) 耦合协调类型空间组合多样且差异明显，绝大部分区域海洋资源-环境-经济系统内部相互作用及各子系统间发展的同步性趋于稳定。研究期内阳江始终处于极耦合极协调类型，海洋资源-环境-经济承载力耦合协调发展水平在全省占据领先地位；珠海、汕头、汕尾、江门、茂名5市均处于极耦合高协调类型；中山、湛江为高耦合高协调类

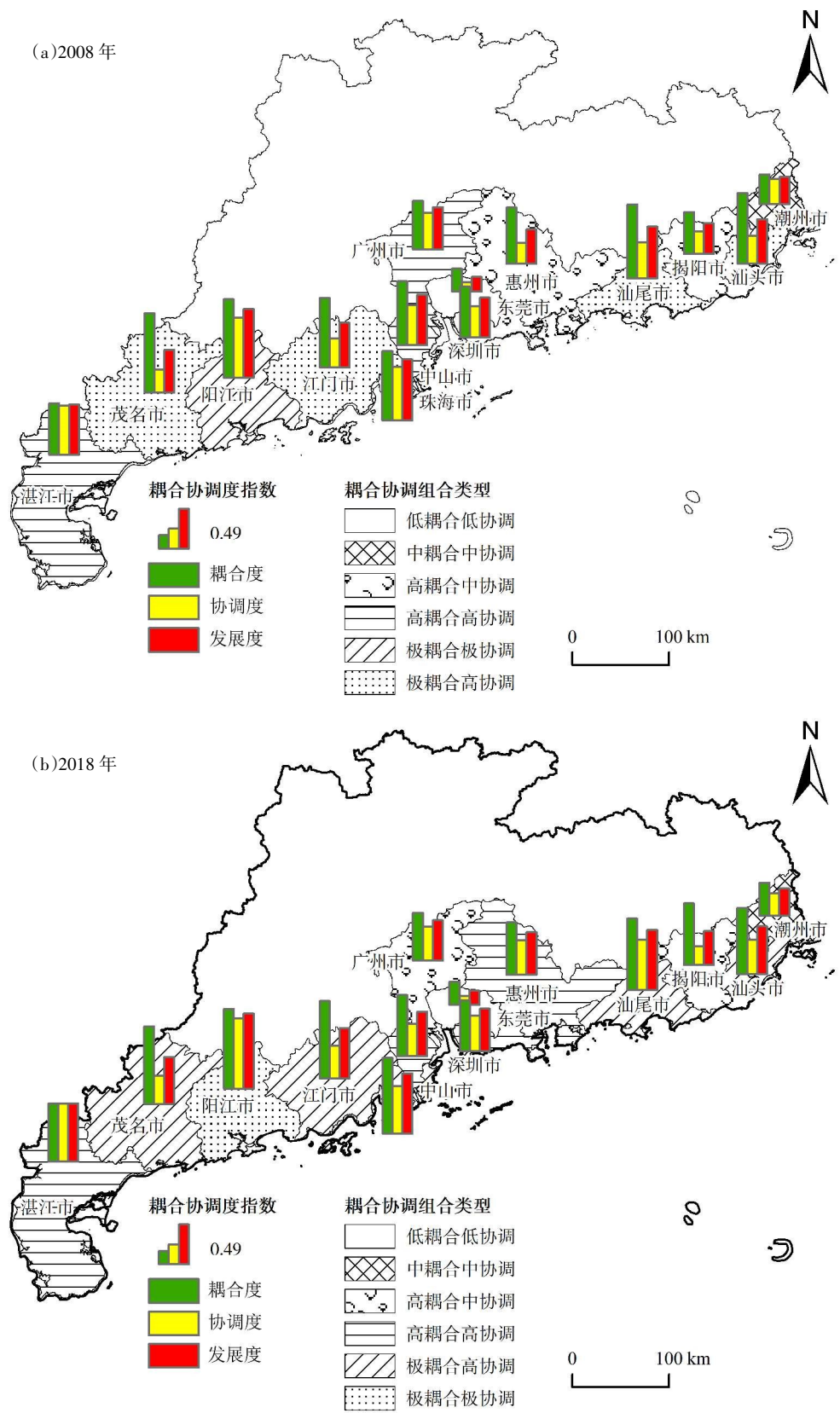


图 5 广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力耦合协调度空间格局分布

型;揭阳始终处于高耦合中协调类型;潮州一直处于中耦合中协调类型,海洋承载力系统的相互作用力与各子系统间发展的同步性仍有待提升;东莞始终处于低耦合低协调类型,海洋资源-环境-经济承载力系统内部相互作用力及各子系统间发展同步性亟待提升;深圳、惠州由原来的高耦合中协调向高耦合高协调转变,各子系统间的协同发展效应明显增强;广州则由原来的高耦合高协调发展为高耦合中协调类型,表明近 10 年广州海洋系统间的协同发展效应有所减弱。

5 结论与建议

通过构建海洋资源-环境-经济系统承载力评价指标体系,采用熵值法、状态空间模型、耦合协调度函数模型对 2008—2018 年广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力的时空耦合状况进行定量测度评价,结果表明:研究期内广东沿海经济带海洋系统综合承载力指数整体呈波动下降趋势,各分维度子系统间承载力水平差异较大,呈分散型空间分布;广东沿海经济带海洋资源-环境-经济系统承载力耦合协调发展水平呈波动上升态势,各分维度子系统间的相互作用维持稳定,发展同步性有待进一步提升。总的来看,广东沿海经济带海洋系统综合承载力状况有待改善,地区间发展不平衡不充分的问题依然突出。从承载力各分维度来看,广东沿海经济带海洋资源承载力水平相对较低,海洋开发更多以粗放开发模式为主,过度开发与开发不足现象并存,伴随生产、生活、生态用海需求的日益多元化,现有可利用海岸线、滩涂、湿地、生物资源日趋减少,传统海洋资源供给约束不断趋紧;其次,广东沿海经济带用海规模和用海强度不断增加,排污入海量有增无减,海陆生态环境治理脱节,加之不合理开发和海洋灾害叠加影响,使得海域生态功能不断退化,海洋生物多样性受到威胁,海洋生态环境状况亟待改善。此外,海洋经济承载力在综合承载力中虽占主导优势,但现有海洋产业多以海洋矿产资源开发和海洋初级产品加工等为主,海洋产业结构单一、布局趋同、低水平重复建设等现象仍是制约海洋经济高质量发展的重要因素。随着我国海洋强国建设步伐的加快,也对广东沿海经济带海洋承载力提出了新的更高要求。针

对广东沿海经济带海洋资源-环境-经济承载力耦合协调发展状况及存在问题,提出以下对策建议:

(1) 坚持陆海统筹,重视顶层设计。根据海洋资源环境承载力和海洋主体功能区规划,编制陆海统筹和海岸带保护利用专项规划,优化协调陆海空间功能布局;充分借鉴“限开区”“禁开区”“生态红线”等管控理念,实施陆海统筹国土空间用途管制;完善用地用海申请、审批、跟踪程序,提升陆海国土空间利用效益。

(2) 盘活海洋资源,强化有效管控。针对海洋资源超载地区,摸清资源“家底”,科学评估海洋资源开发利用潜力;在深海、近海、远洋拓展海洋资源开发空间,完善自然资源资产产权制度;探索海洋资源收储制度,优化统筹推进海陆资源供给;加快制定海洋资源梯度开发战略规划,实现海洋资源高效、科学和可持续开发。

(3) 立足环境保护,促进良性发展。针对海洋环境承载力状况较差的地区,要把海洋环境保护摆在优先位置,综合考虑陆域与海洋、区域间、流域间的环境污染与治理关系;严格控制陆源污染,系统运用生态保护、治理与修复科学手段统筹推进海陆生态环境联防联控;建立健全海洋环境影响评价机制体制,强化海洋灾害、海洋污染监测预警联防联控。

(4) 加强跨区合作,推动优势互补。沿海各地区要高度重视跨区域分工协作,推动形成优势互补高质量发展的海洋经济布局;抢抓粤港澳大湾区、海南自由贸易试验区建设机遇,对标全球价值链中高端海洋产业,利用海洋经济发达地区的辐射带动效应,对接“一带一路”、珠江—西江经济带、西部陆海新通道建设,深化海洋开放合作,构建陆海经济一体化发展新格局。

参考文献

- [1] 李博,庞淑予,田闯,等.中国海洋经济高质量发展的类型识别及动力机制[J].海洋经济,2021,11(1):30-42.
- [2] SHEPHARD S,BROPHY D,REID D G. Can bottom trawling indirectly diminish carrying capacity in a marine ecosystem[J]. Marine Biology,2010,157:2375-2381.
- [3] BENSENANE M,MOUSSAOUI A,AUGER P. On the optimal size of marine reserves[J]. Acta Biomaterialia,2013,61:109-118.
- [4] CHEVILLOT X,TECCHIO S,CHAALALI A,et al. Global changes jeopardize the trophic carrying capacity and functioning of estuarine

- ecosystems[J]. *Ecosystems*, 2019, 22: 473–495.
- [5] YIGIT M, ERGUN S, BUYUKATES Y, et al. Physical carrying capacity of a potential aquaculture site in the Mediterranean: the case of Sigacik Bay, Turkey[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28: 9753–9759.
- [6] 苏岫, 索安宁, 宋德瑞, 等. 基于遥感的长江经济带邻近海域滩涂生态承载力评估[J]. *海洋环境科学*, 2018, 37(4): 528–536.
- [7] 狄乾斌, 吴桐. 中国海洋资源承载力的时空演变特征及影响因素[J]. *地理与地理信息科学*, 2018, 34(1): 121–126.
- [8] 张晓, 白福臣. 广东省海洋资源环境系统与海洋经济系统耦合关系研究[J]. *生态经济*, 2018, 34(9): 75–80.
- [9] 盖美, 宋强敏. 辽宁沿海经济带海洋资源环境经济系统承载力及协调发展研究[J]. *资源开发与市场*, 2018, 34(6): 759–765.
- [10] 盖美, 钟利达, 柯丽娜. 中国海洋资源环境经济系统承载力及协调性的时空演变[J]. *生态学报*, 2018, 38(22): 7921–7932.
- [11] 郑金花, 狄乾斌. 环渤海地区海洋经济发展水平与海域承载力耦合分析[J]. *海洋经济*, 2017, 7(5): 37–46.
- [12] 郑力燕, 毕相东, 宋伦, 等. 基于熵值-突变级数法的环渤海地区海洋生态环境承载力评价及障碍因子诊断[J]. *海洋通报*, 2018, 37(5): 591–600.
- [13] 曹阳春, 宁凌. 基于熵权 TOPSIS 模型的海洋资源环境承载力评价研究——以湛江市为例[J]. *海洋通报*, 2019, 38(3): 266–272.
- [14] 杨正先, 张志锋, 韩建波, 等. 海洋资源环境承载力超载阈值确定方法探讨[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(3): 313–319.
- [15] 贾立斌, 吴伟宏, 袁国华. 基于 Mann-Kendall 的中国近岸海域海洋生态环境承载力评价与预警[J]. *生态经济*, 2019, 35(2): 208–213+224.
- [16] 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.
- [17] NELLEMAN C, HAIN S, ALDE R J. In dead water: merging of climate change with pollution, over-harvest, and infestations in the world's fishing ground[M]. Arendal: United Nations Environment Programme, 2008.
- [18] 陈东景, 张运磊, 刘玉, 等. 海洋生态经济系统适应性管理绩效测度与障碍因素诊断——以山东省为例[J]. *经济地理*, 2020, 40(6): 185–192.
- [19] 郑媛媛, 余敦, 孙聪康, 等. 基于状态空间模型的耕地生态安全评价——以江西省鄱阳县为例[J]. *水土保持研究*, 2020, 27(3): 218–224.
- [20] 昊天, 贺桂珍, 吕永龙, 等. 海岸带城市生态承载力综合评价——以连云港市为例[J]. *生态学报*, 2020, 40(8): 2567–2576.
- [21] 魏超, 叶属峰, 过仲阳, 等. 海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例[J]. *生态学报*, 2013, 33(18): 5893–5904.
- [22] 范擎宇, 杨山, 胡信. 耦合视角下长三角地区城镇化协调度的时空特征及交互机制[J]. *地理研究*, 2020, 39(2): 289–302.
- [23] 马丽, 金凤君, 刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. *地理学报*, 2012, 67(10): 1299–1307.
- [24] 熊建新, 王文辉, 贺赛花, 等. 洞庭湖区旅游城镇化系统耦合协调性时空格局及影响因素[J]. *地理科学*, 2020, 40(9): 1532–1542.

(本文编辑: 崔尚公)

(上接第 81 页)

- 北京: 中国地质大学(北京), 2012.
- [15] 张晖, 孙鹏, 余升国. 陆海统筹发展的产业链整合路径研究[J]. *海洋经济*, 2019, 9(6): 3–10.
- [16] 刘劭春, 王颖. 福建省海洋经济及其对区域经济的影响[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 36(4): 66–70.
- [17] 栾维新, 杜利楠. 我国海洋产业结构的现状与演变趋势[J]. *太平洋学报*, 2015, 23(8): 80–89.
- [18] 曹炳汝, 樊鑫. 港口物流与腹地经济协同发展研究——以太仓港为例[J]. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(5): 126–132.
- [19] 徐维祥, 许言庆. 我国沿海港口综合实力评价与主要港口腹地空间的演变[J]. *经济地理*, 2018, 38(5): 26–35.
- [20] 刘雅君. “一带一路”倡议对中国海洋经济发展的影响效应评估[J]. *改革*, 2021, 324(2): 106–117.
- [21] 杨阳, 窦钱斌, 姚玉洋. 长三角城市群高质量发展水平测度[J]. *统计与决策*, 2021, 37(11): 89–93.
- [22] 韩兆洲, 邓祺玮, 黎中彦. 粤港澳大湾区经济发展差异的动态研究[J]. *统计与决策*, 2021, 37(4): 118–122.
- [23] 孙才志, 李欣. 基于核密度估计的中国海洋经济发展动态演变[J]. *经济地理*, 2015, 35(1): 96–103.
- [24] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 116–134.
- [25] 张亚如, 张军民. 城镇化与经济发展的时空相互作用机制研究——以新疆为例[J]. *干旱区地理*, 2020, 43(3): 839–848.
- [26] 宋泽明, 宁凌. 海洋创新驱动、海洋产业结构升级与海洋经济高质量发展——基于面板门槛回归模型的实证分析[J]. *生态经济*, 2021, 37(1): 53–58.

(本文编辑: 王少朋)