

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.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2018.10.004

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

狄乾斌, 梁倩颖

(辽宁师范大学海洋经济可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029)

摘要:采用超效率DEA模型对中国海洋生态效率进行测算,运用标准差椭圆对其进行空间可视化表达,最后运用VAR模型对海洋产业结构和海洋生态效率进行脉冲响应分析,以评测中国海洋生态效率时空差异并探究其与海洋产业结构响应关系。结论如下:中国沿海省份海洋第三产业比重占海洋生产总值较大,在研究期内呈现增长趋势;大多数省份海洋产业结构熵值下降,说明该类省份海洋产业发展平稳;在时间上,海洋生态效率总体上处于无效状态,海洋第三产业占比高的年份,海洋生态效率相对较高;在空间上,海洋生态效率重心总体呈现向北移动趋势,表明北方海洋生态效率的优化进度快于南方;基于沿海各省脉冲响应图可以得出,各省份海洋产业结构对海洋生态效率的冲击最后都趋于平稳,主要原因在于随着中国海洋产业结构升级变动稳定,其对海洋生态效率的影响越来越小;在方差分解部分,沿海各省份海洋产业结构升级对海洋生态效率方差分解的贡献度较高,且呈现增长趋势,说明海洋产业结构升级对海洋生态效率的提升有一定的作用。

关键词:海洋生态效率;海洋产业结构;超效率DEA模型;VAR模型

中图分类号:F062.2;P76 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2018)10-1606-10

海洋经济在中国经济中扮演着十分重要的角色,成为新常态下发展的重要动力和新亮点^[1,2]。随着海洋经济的深入发展,各沿海省份已形成了以海洋资源开发为核心的海洋生态经济体系和以海洋交通运输业、海洋油气业以及装备制造业为主的临海临港工业体系。然而经济高速增长的背后也存在着诸多问题:传统海洋产业仍然在海洋产业结构中占主导地位,新兴的海洋产业发展相对缓慢^[3];对海洋资源的需求增加,导致海洋资源过度消耗、海洋环境污染严重、海洋生态系统恶化等海洋生态问题层出不穷^[4]。继生态文明建设之后,十九大报告又将建设海洋生态强国置于现代化经济体系部分,更加体现了国家建设海洋生态文明的战略构想。提高海洋生态效率、高效发展海洋经济,已成为是海洋经济可持续发展的重要突破口。

生态效率(eco-efficiency)英文词根是“eco”,

而经济学(economy)的词根亦是“eco”,因此,生态效率可以理解为生态改进和经济发展的结合^[5]。1990年, Schaltegger 和 Sturn 以经济活动产生的经济价值与环境污染为基础,首次提出了“生态效率”的概念^[6];1992年,世界可持续发展工商理事会(WBCSD)将生态效率作为一种商业概念加以阐述并得到广泛认可^[7]。生态效率的核心思想是强调以较少资源投入和较低污染排放创造较高质量的产品^[8],即在最大化价值的同时最小化资源消耗和环境污染^[9],生态效率已发展成为探讨经济与环境协调发展,实现经济效益和生态效益双赢的有效工具^[10]。基于此,根据参考文献[11]将海洋生态效率定义为:人类赖以生存的海洋资源条件在满足人类发展需要的同时与创造出的海洋经济总量所发生的投入产出关系。

近年来,国内外学者对生态效率的研究主要

收稿日期:2017-12-08; **修订日期:**2018-03-05

基金项目:国家自然科学基金项目(41571127)、教育部人文社科重点研究基地重大项目(17JJD790010)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41571127), Major Project in Key Research Base for Humanities and Social Sciences of Ministry of Education (17JJD790010).]

作者简介:狄乾斌(1977-),男,山东滕州人,教授,博导,研究方向为海洋经济地理。E-mail:dqbwmn@163.com

集中于生态效率的指标体系建立^[12-14]、对企业层面^[15-17]、行业层面^[18,19]的生态效率进行测度并将这一应用延续到区域层面^[20,21],但对于生态效率的空间可视化分析研究较少,同时在海洋生态效率及其与海洋产业结构响应关系方面的研究也微乎其微。本文选用2001~2015年中国沿海11省、市、区(不包括港、澳、台)的数据,采用超效率DEA模型对中国海洋生态效率值进行测度,并运用标准差椭圆方法对海洋生态效率进行空间可视化表达。最后,对海洋产业结构与海洋生态效率进行脉冲响应分析,测评二者之间响应关系从生态角度为海洋经济的可持续发展提供借鉴。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 超效率DEA模型

数据包络分析(DEA)由Charnes, Cooper和Rhodes提出,主要用来评价具有多输入多输出的决策单元之间的相对有效性,而超效率DEA模型是在DEA模型的基础上,针对有效决策单元效率值的比较问题提出来的。该模型在生态效率中的应用已经比较成熟,并能很好地体现不同区域生态效率的差别,因此本文继续沿用此方法,为了使数据表达更为清晰明确,采用以投入为主的超效率DEA模型,具体详见参考文献[12]。

1.1.2 标准差椭圆

标准差椭圆(Standard deviational ellipse, SDE)能够精准地体现地理要素空间分布特征,该方法通过空间分布重心、分布形状以及方位角的变化等描述地理要素的空间特征,是ArcGIS空间统计中常规的应用工具,能够充分发挥GIS空间可视化的优势。SDE中心反映生态要素空间分布特征在二维空间上的相对位置(重心);长轴的方向,即方位角(正北方向与顺时针旋转的长轴之间的夹角)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。具体计算见参考文献[2]。

1.1.3 产业结构熵

熵常被用以描述不确定性、事件无序程度或指标离散程度等。产业结构分析中借用产业结构熵来对产业结构演进的状态加以叙述,海洋产业结构的优化不仅是产业结构的演变,还表现在产业结构的内部协调,利用熵数理论能较好地反映

海洋产业结构的多样化程度。公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \times \ln P_i \quad (1)$$

式中, P_i 表示第 i 种海洋产业的比重, n 为产业数量。

1.1.4 VAR模型

向量自回归(VAR)模型,就是用所有当期变量对其若干滞后期变量进行回归,通常用来估计相互联系的时间序列系统以及分析随机扰动变量系统的动态关系,不需要提前设定任何约束条件。VAR模型的数学形式:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + Bx_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

式中, y_t 是内生变量; y_{t-1} 表示 y_t 的滞后期; x_t 是外生变量; A_1, \dots, A_p 表示 y_t 的待估系数; B 是 x_t 待估系数; ε_t 是随机扰动项。由于难以直接引用VAR模型得到的检验进行分析,因而往往采用脉冲响应函数来进行分析^[23]。脉冲响应函数是分析当一个误差项发生变化,或者说模型受到某种冲击时对系统的动态影响,能够解释各变量对特定冲击的响应幅度。本文的研究内容是海洋产业结构与海洋生态效率响应的动态计量关系,VAR模型中的脉冲响应函数和方差分解是一种常见一变量对另一变量效应、冲击程度和贡献的常用方法,本文使用此方法是合适的。

1.2 研究区概况、指标选取与数据来源

1.2.1 研究区概况

研究区域包括中国沿海11省、市、区(不包括港、澳、台地区),自北向南依次是:辽宁、河北、天津、山东(环渤海地区),江苏、上海、浙江(长三角地区),福建、广东、广西、海南(泛珠三角地区)。中国海域面积广大,根据《中国海洋统计年鉴》^[24],岸线总长度约为32 000 km;海洋资源丰富,已探明的技术可采的海洋石油储量和海洋天然气分别为 $10\ 004 \times 10^8 \text{kg}$ 和 $453.33 \times 10^8 \text{kg}$;海洋物种繁多,为发展海洋经济奠定了基础。根据2016年《中国海洋经济统计公报》^[25],2016年中国海洋经济生产总值为70 507亿元,占国内生产总值的9.5%,然而在海洋经济高速发展的背后,海洋生态系统遭到了严重的破坏,海洋生态承受能力下降。基于此,本文对海洋生态效率的时空差异进行分析,以期对中国海洋经济可持续发展做出科学的评价。

1.2.2 指标选取与数据来源

生态效率的基本思想是利用更少的资源获取更大的价值,在实际运用中,更倾向于将收益性指

标作为产出指标,而将成本指标作为投入指标体系来处理。借鉴德国环境经济账户^[26]中的生态效率指标,构建海洋生态效率评价指标体系,将资源消耗和环境污染作为投入指标。随着全国“科技兴海”战略的提出,在投入指标中加入衡量海洋科技的相关指标,用以反应海洋科技在海洋生态中的贡献;最后将海洋经济发展总量作为产出指标,海洋生态效率评价指标体系如表1所示。

数据主要来源于2002~2016年《中国海洋统计年鉴》^[24]、2001~2015年《国家海域使用管理公报》^[27]。

2 海洋产业升级背景下的中国海洋生态效率实证分析

2.1 中国沿海各省市海洋产业结构现状

海洋产业是海洋经济的重要组成部分,海洋产业结构是否合理、内部比例是否协调都关系到海洋经济能否科学发展,产业结构的动态演化也决定了海洋产业结构的优化升级是一种必然趋势。考虑到图幅限制和地图的美观度,本文呈现2001~2015年单数年份的中国海洋第三产业所占比重和海洋产业结构熵结果,以表征海洋产业的总体特征及产业结构动态特征,如图1所示。

由于海洋产业结构的总体特征的分析(图1a)可知。中国沿海11省、市、区海洋第三产业在研究期内呈现增长趋势,且在研究期末海洋第三产业产值基本占海洋生产总值的50%以上,说明中国现阶段海洋产业的发展以第三产业为主导,海洋

产业结构更为高级。

对于海洋产业结构的动态分析(图1b)。结果表明,辽宁、河北、山东、江苏、浙江、广东、海南7个省份海洋产业结构熵呈现下降趋势,说明该省份海洋产业结构调整经验的积累和经济发展的导向性增强,海洋产业结构的发展逐渐有序化,产业结构熵值呈现平稳变化的趋势。天津、上海、福建、广西4个省份在研究区内产业结构熵数值较高,说明该省份海洋产业呈现多元化发展。

2.2 中国海洋生态效率时空分布特征

2.2.1 中国海洋生态效率时序演变分析

根据MAXDEA5.0软件对2001~2015年中国沿海11省、市、区海洋生态效率值的测算结果(表2),进行中国海洋生态效率的时序演变分析。由表2可知,中国海洋生态效率总体处于无效状态,但在研究期内,上海的海洋生态效率都有效且效率值相对较高,总排名为第一位;广西的海洋生态效率发展虽然平稳,但其效率值较低,排名为第11位。随着时间的发展,中国海洋生态效率值总体上升呈现转好趋势。各省、市、区在研究期内生态效率平均值差异较为明显,根据参考文献^[6]将其划分为高生态效率地区(平均值 ≥ 1)、中等生态效率地区($1 < \text{平均值} \leq 0.8$)、较低生态效率地区($0.8 < \text{平均值} \leq 0.6$)、低生态效率地区(平均值 < 0.6)。

生态效率高的地区有上海和广州。研究期内上海的海洋生态效率值呈现先升后降在研究末期又出现回升趋势。广东海洋生态效率总体下降,

表1 中国海洋生态效率评价指标体系

Table 1 System of Chinese marine eco-efficiency evaluation index

维度层	准则层	次准则层	要素层	指标说明	
投入	资源消耗	能源消耗	沿海地区风能发电(10^4kW)	反映海洋新能源发展状况	
		人力消耗	涉海就业人员(万人)	反映从事海洋生产人员数量	
		资本消耗	固定资本存量(亿元)	反映发展海洋经济所需要的基础设施	
		土地消耗	海域利用度(%) 近(海)及海岸湿地面积(10^4hm^2)	海水可养殖面积/确权海域面积 反映海洋开发中对于海洋生态的保护	
	环境污染	环境保护	海洋自然保护区个数(个)	反映发展海洋过程中对海洋生态的保护情况	
		废水排放	工业废水直排入海量(10^6kg)	反映海洋生态污染	
		海洋污染	赤潮灾害受灾面积(km^2)	反映海洋生态污染	
		自然灾害	风暴潮灾害直接经济损失(亿元)	反映自然灾害对海洋生态的破坏	
		科技消耗	海洋科技	海洋科技人员中高级职称人员所占比重(%) 海洋机构科技课题数(个)	反映海洋科研水平 反映海洋科技水平
			海洋教育	海洋专业博士点数(个)	反映海洋教育发展情况
产出	海洋经济发展总量	海洋经济生产总值(亿元)	反映海洋经济发展状况		

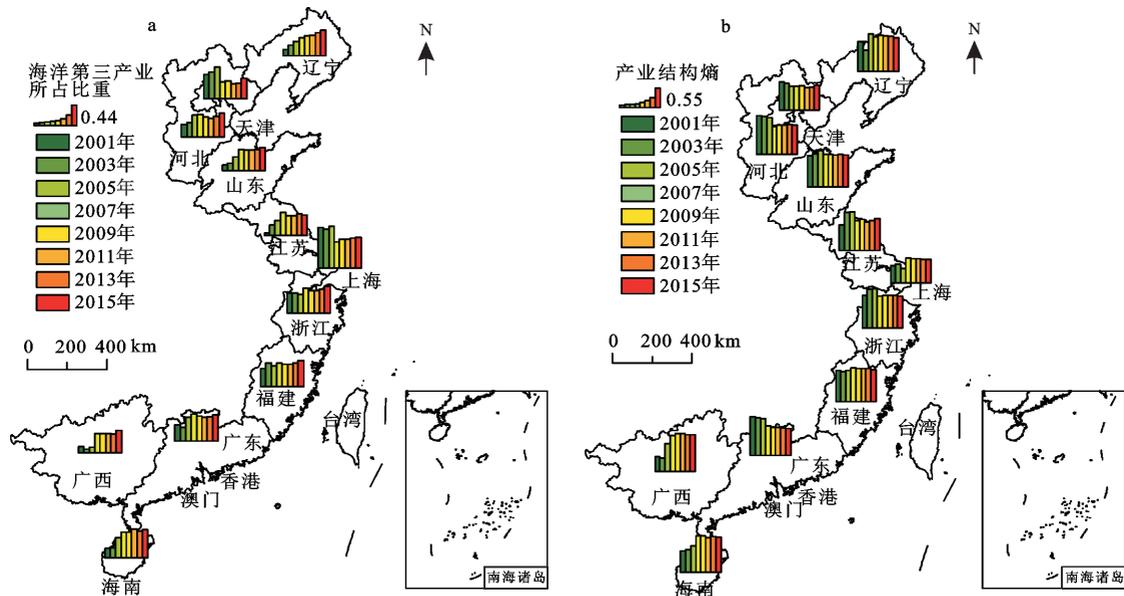


图1 中国沿海各省市海洋产业结构总体特征及产业结构熵

Fig.1 The general characteristics and entropy of marine industry structure in coastal province and cities of China

表2 中国沿海各省市海洋生态效率

Table 2 The marine eco-efficiency in coastal provinces and cities of China

年份	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	平均值	排名
辽宁	0.313	1.046	0.354	0.453	0.689	0.559	0.520	0.442	0.526	8
河北	0.338	0.515	0.357	1.143	0.622	0.612	0.527	1.155	0.707	6
天津	0.376	0.836	0.519	0.493	0.682	1.026	0.945	1.106	0.733	5
山东	0.591	1.141	0.509	0.440	1.033	0.714	1.088	1.350	0.764	4
江苏	0.183	0.561	0.215	0.356	0.422	0.536	0.479	0.558	0.433	10
上海	1.061	1.098	1.139	2.391	1.877	1.314	1.301	1.178	1.430	1
浙江	0.528	1.047	0.569	0.502	1.050	1.053	0.730	0.596	0.804	3
福建	0.537	0.909	0.423	0.453	0.872	0.765	0.751	0.709	0.659	7
广东	1.932	1.117	1.929	0.490	1.046	1.041	1.128	1.028	1.193	2
广西	0.356	0.353	0.270	0.322	0.429	0.390	0.388	0.382	0.352	11
海南	0.318	0.582	0.372	0.355	0.501	0.383	0.435	0.423	0.408	9
全国均值	0.594	0.837	0.605	0.673	0.838	0.763	0.754	0.811	0.728	

注:限于页面篇幅,本文在此呈现单数年份海洋生态效率值,而各省份的效率平均值则按2001~2015年数据计算得出;不含港澳台数据。

且波动较大,但研究期末出现回升的趋势。生态效率中等的地区为浙江。研究期内,浙江海洋生态效率呈现波动上升的趋势。生态效率较低的地区有山东、天津、河北和福建。该区域海洋生态效率值虽然较低,但都出现波动上升的趋势。生态效率低的地区有:辽宁、海南、江苏、广西。辽宁、海南、江苏三省在研究期内都有上升趋势,而广西变化比较平稳。

综上,中国沿海地区海洋生态效率的高低与其海洋产业结构优劣息息相关,结合图1,海洋第

三产业占比重的年份,海洋生态效率相对较高;海洋第三产业占比重的年份,海洋生态效率相对较低。海洋产业结构对海洋生态效率的影响将在文章第3部分进行详细阐述。

2.2.2 中国海洋生态效率空间分布特点

2001~2015年中国海洋生态效率重心空间移动轨迹如图2和图3a。中国海洋生态效率重心总位移为1 451.016 km,其中向北移动739.863 km,向东移动177.523 km,总体呈现向北向东移动的趋势。在南-北方向上,自2000年开始向北移动,且2005~

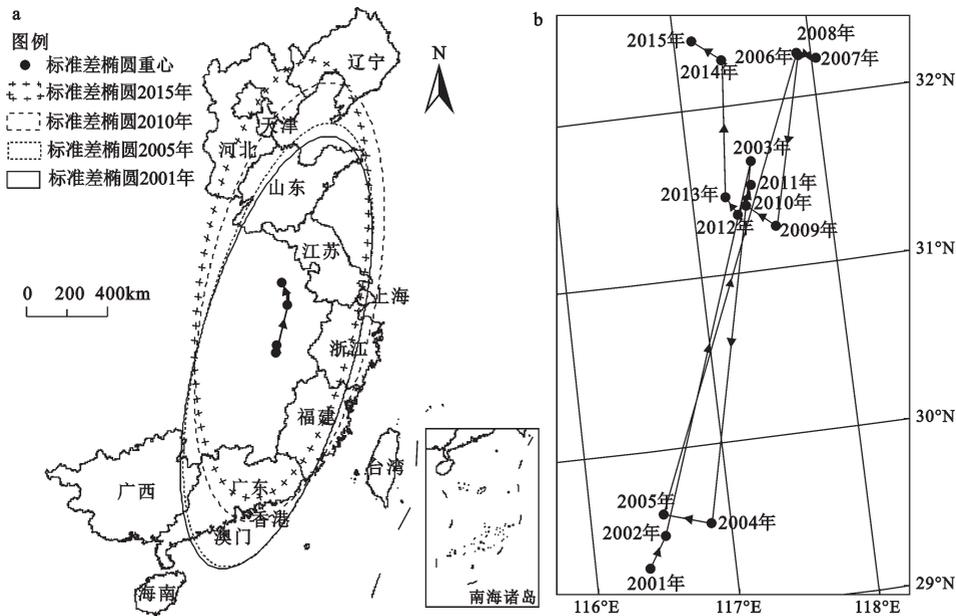


图2 中国海洋生态效率重心偏移

Fig.2 Gravity center shift of the marine eco-efficiency of China

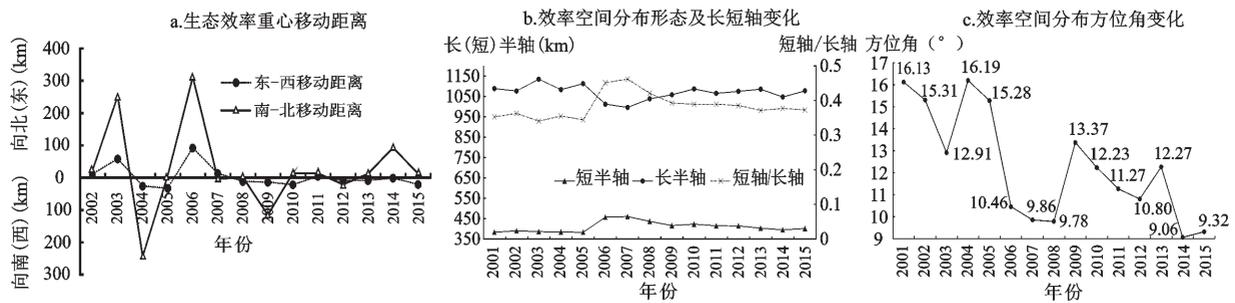


图3 中国海洋生态效率重心移动距离及标准差椭圆长短轴变化

Fig.3 The distance of gravity centers transfer and changes of ellipse axis of marine eco-efficiency in China

2006年向北移动距离最大,为312.140 km,该时期中国海洋生态效率重心位移距离也最大(403.751 km);在东-西方向上,大致呈现向东移动的态势,且2005~2006年向东移动距离最大,为91.611 km。

2001~2015年中国海洋生态效率空间分布形状如图3b。2001~2015年海洋生态效率空间分布标准差椭圆短轴与长轴的比值先增大后缩小但总体呈现增大趋势,2005~2007年增长明显,随后呈现稳定发展态势;其标准差椭圆长半轴总体缩短,短半轴总体增长。长半轴在缩短的过程中波动较大,短半轴则表现出平稳增长的状态。这说明中国海洋生态效率在南-北方向上呈现收缩状态,在东-西上呈现扩张状态,并且东-西向的扩张态势要强于南-北向的收缩态势。

2001~2014年中国海洋生态效率空间分布方位角变化如图3c。中国海洋生态效率在研究期内空间分布标准差椭圆方位角有变小趋势,其变化主要可分为以下3个阶段:2001~2004年、2005~2009年以及2010~2015年。方位角变小表明相对于西南省份,东北部省份的海洋生态效率更好。

综上,2001~2015年中国海洋生态效率重心总体呈现向北移动趋势,说明北方海洋生态效率发展快于南方海洋生态效率发展。究其原因,自“十七大”将生态文明列入中国生态文明建设的基本框架,全国将生态文明建设置于发展首位,海洋生态文明建设亦不例外,国家海洋局下发了《关于开展“海洋生态文明示范区”建设工作的意见》和《海洋生态文明示范区建设管理暂行办法》等文件,对全

国海洋生态文明建设进行了总体部署,且该段时期提出的“辽宁沿海经济带发展规划”中将“加强生态建设,注重环境保护”作为发展原则,高度重视资源节约、环境保护和生态建设,强化渤海环境治理和保护。2011年,国务院批复《山东半岛蓝色经济区发展规划》有利于推进海洋生态文明建设,探索海洋资源科学开发利用的新模式和海洋生态环境保护的新途径,提高资源利用与配置效率,提高海洋综合管理水平,促进经济、生态、社会效益的有机统一,这些都促使海洋生态效率重心向北部偏移。国家战略的实施不仅带动海洋经济的飞速发展,也使海洋生态得到改善,加上地方政策的响应,使海洋生态效率得到提升。

3 海洋产业结构升级与海洋生态效率响应关系

在前文对海洋产业结构和海洋生态效率的分析中,发现部分省份海洋生态效率的变化与其海洋产业结构变化趋同,因此本文欲探究海洋产业结构升级是否与海洋生态效率的提高产生响应关系。从现实的角度来说,海洋生态效率对海洋产业结构升级的影响不大,所以本文只对海洋产业结构和海洋生态效率的脉冲响应进行分析。

3.1 脉冲响应分析

本文以海洋产业结构熵值代表海洋产业结构升级状况,选用VAR模型以EViews8.0软件为媒介对海洋产业结构和海洋生态效率进行脉冲响应

分析。在建立VAR模型之前,运用单位根检验方法对沿海三大地区海洋生态效率及产业结构的平稳性进行检验,结果如表3所示,满足所有的序列都是平稳的,随后在此基础上模拟出脉冲响应函数曲线,如图4所示。

1) 环渤海地区。从图4a可以得出,该区域4个省份都在初期冲击比较强烈,在第8期后冲击趋于平稳。天津海洋产业结构对海洋生态效率的脉冲响应在研究期内都为正值,首期出现最大值(0.150),后逐渐下降至第3期的最小值(0.094),之后趋于平稳。说明天津市海洋产业结构升级对海洋生态效率始终呈现出正影响,但随着产业结构稳定,其影响程度越来越稳定。其他3个省份情况相似,都是由首期的负冲击增长至0附近徘徊,冲击趋于平稳,不同的是辽宁和山东的增长有波动的特征,而河北的冲击增长是一种循序渐进的状态。辽宁和山东进行海洋生产历史悠久,传统海洋产业相对发达,而这些产业的发展需要大量的自然资源作为基础,海洋产业结构发展欠协调对海洋生态环境影响严重,因此前期海洋产业结构对海洋生态效率产生负向影响。随着山东省优化海洋产业结构,增加海洋科技投入,其对海洋生态效率逐渐产生正向影响并趋于平稳。辽宁与山东情况大致相似,海洋产业结构的升级使得海洋产业发展更加平衡,对海洋生态效率逐渐产生正向影响,冲击幅度越来越小。

2) 长三角地区。从图4b中可以得出,该区域

表3 数列平稳性检验结果

Table 3 Test results of series stationary

变量	海洋产业结构					海洋生态效率				
	ADF 检验值	各显著性水平下的临界值			检验结论	ADF 检验值	各显著性水平下的临界值			检验结论
		1%	5%	10%			1%	5%	10%	
辽宁	-5.631	-4.122	-3.145	-2.714	在1%水平上显著	-13.517	-4.200	-3.175	-2.729	在1%水平上显著
河北	-3.281	-4.058	-3.120	-2.701	在5%水平上显著	-2.797	-4.058	-3.120	-2.701	在10%水平上显著
天津	-3.517	-4.058	-3.120	-2.701	在5%水平上显著	-3.664	-4.058	-3.120	-2.701	在5%水平上显著
山东	-2.819	-4.122	-3.145	-2.714	在10%水平上显著	-6.110	-4.058	-3.120	-2.701	在1%水平上显著
江苏	-4.423	-4.200	-3.175	-2.729	在1%水平上显著	-5.553	-4.058	-3.120	-2.701	在1%水平上显著
上海	-3.423	-4.122	-3.145	-2.714	在5%水平上显著	-3.526	-4.058	-3.120	-2.701	在5%水平上显著
浙江	-3.662	-4.297	-3.213	-2.748	在5%水平上显著	-3.860	-4.297	-3.243	-2.748	在5%水平上显著
福建	-5.895	-4.421	-3.260	-2.771	在1%水平上显著	-4.736	-4.297	-3.213	-2.748	在1%水平上显著
广东	-3.275	-4.058	-3.120	-2.701	在5%水平上显著	-4.505	-4.297	-3.123	-2.748	在1%水平上显著
广西	-4.898	-4.200	-3.175	-2.729	在1%水平上显著	-4.667	-4.122	-3.145	-2.714	在1%水平上显著
海南	-4.859	-4.058	-3.120	-2.701	在1%水平上显著	-3.134	-4.200	-3.175	-2.729	在10%水平上显著

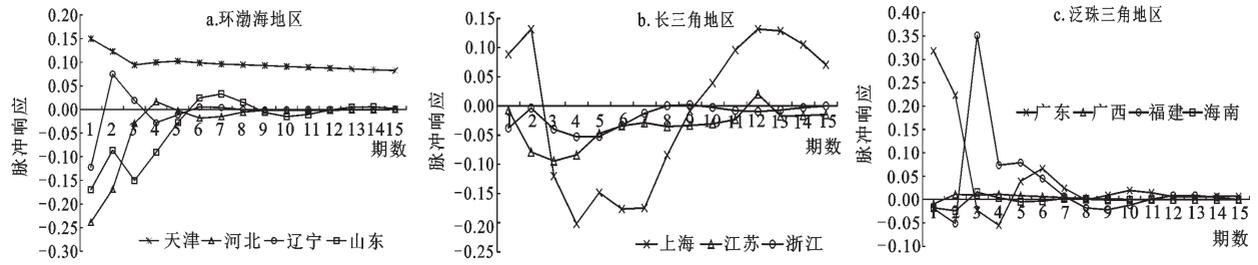


图4 中国沿海各省市海洋产业结构与海洋生态效率脉冲响应关系

Fig.4 Impulse response function between marine industry structure and eco-efficiency in coastal provinces and cities of China

3个省份海洋产业对海洋生态效率的冲击波动较大,以上海尤为典型。上海由首期的0.008增长至第2期的0.131,之后出现一个大跳跃式的下降,至第4期最小值(-0.202),此后缓慢上升12期最大值(0.132)最终呈现下降的趋势,说明海洋产业结构对海洋生态效率的影响越来越小。江苏在研究期内基本为负影响,由首期的-0.007下降至第3期最小值(-0.094)后又逐渐增长至第12期最大值(0.020),最后在波动中幅度越来越小;浙江在研究期内大部分为负值,但波动相对较小。随着该区域海洋产业结构稳定发展,对海洋生态效率的冲击越来越小。

3) 泛珠三角地区:从图4c中可以得出,福建和广东冲击波动较大,广西和海南的冲击较小,但最终四个省份都趋于平稳。广东由首期的最大值(0.318)快速下降至第4期的最小值(-0.016),在第

6期出现一个小高峰(0.066),最后平稳发展。福建由首期的-0.019下降至第2期最小值(-0.051),又迅速上升至第3期最大值(0.351),随后缓慢下降并趋于平稳。广西和海南的海洋产业结构对海洋生态效率冲击幅度较为平稳。

总的来说各省份海洋产业结构对海洋生态效率的冲击最后都趋于平稳,主要原因在于随着我国海洋结构升级变动稳定,其对海洋生态效率的影响越来越小。

3.2 方差分解分析

方差分解是一种描述系统动态变化的方法,通过分析每一个结构冲击对内生变量变化的贡献度,通常以方差来度量,进一步评价不同结构冲击的相对重要性,结果如表4所示。

1) 环渤海地区。辽宁的贡献率由首期的

表4 海洋生态效率方差分解(%)

Table 4 The variance decomposition results of marine eco-efficiency(%)

	环渤海地区				长三角地区			泛珠三角地区			
	辽宁	河北	天津	山东	江苏	上海	浙江	福建	广东	广西	海南
1	21.305	62.459	62.687	36.293	0.994	36.293	4.905	13.035	17.741	6.824	11.540
2	57.570	71.053	60.562	37.714	25.115	37.714	4.498	11.844	21.927	9.117	9.805
3	53.867	71.936	57.242	45.768	37.780	45.768	5.821	23.629	17.549	10.987	11.437
4	56.225	71.084	54.428	46.078	42.793	46.078	7.195	40.979	17.250	12.239	11.869
5	55.182	71.038	52.540	46.861	41.981	45.861	7.661	48.084	17.976	12.506	11.810
6	55.547	71.011	51.496	46.286	41.939	46.286	7.635	49.609	18.610	12.668	11.792
7	55.491	71.016	51.047	46.362	41.771	46.362	7.604	49.574	18.444	12.758	11.738
8	55.474	71.028	50.939	46.378	41.912	46.378	7.603	49.342	18.388	12.811	11.760
9	55.502	71.025	50.983	46.429	41.029	46.429	7.585	49.154	18.508	12.841	11.774
10	55.484	71.024	51.067	46.477	42.092	46.477	7.566	49.163	18.626	12.841	11.774
11	55.494	71.024	51.140	46.495	42.088	46.495	7.563	49.370	18.657	12.859	11.774
12	55.490	71.024	51.187	46.497	42.087	46.497	7.567	49.563	18.669	12.869	11.773
13	55.492	71.024	51.210	46.506	42.085	46.506	7.568	49.634	18.696	12.874	11.773
14	55.492	71.024	51.517	46.512	42.088	46.512	7.566	49.638	18.724	12.878	11.773
15	55.491	71.024	51.216	46.512	42.090	46.512	7.566	49.633	18.741	12.880	11.735

21.305%迅速上升至第2期的最大值57.57%,后逐渐回落至55%左右,大概上升30%;河北变化平稳,由首期的62.687%上升至第二期的71.053%之后一直维持在71%左右;天津由首期的62.687%下降至51%左右,大概下降了11%;山东由首期的36.293%逐渐上升至46%左右,大概上升了10%。

2) 长三角地区。江苏的贡献度由首期的0.994%迅速增长至第二期的25.115%,之后保持在42%左右,增长了41%;上海贡献度由首期的36.293%增长至46%左右,大概增长了10%;浙江的贡献度由首期的4.905%增长至7.5%,增长了2%左右。

3) 泛珠三角地区。福建的贡献率由首期的13.035%增长至49%左右,大概增长了36%;广东、海南的贡献度发展比较平稳,在18%和11%左右;广西的贡献度由首期的6.824%增长至12%,大概增长了6%。

总的来说,沿海各省份海洋产业结构升级对海洋生态效率方差分解的贡献度较高,且呈现增长趋势。说明海洋产业结构升级对海洋生态效率的提升有一定的作用。其中贡献率最高的是河北,基本在71%以上,最低的是浙江,贡献率不足8%;贡献率增长幅度最大的是江苏,由首期的不足1%增长至42%左右;天津的贡献率却呈现降低的趋势,其贡献度下降说明该区域海洋产业结构升级已经不足以支撑海洋生态效率的发展,根据现有数据推测,其海洋科技的发展可能也是海洋生态效率提升的一种途径。

4 结论

本文采用超效率DEA模型对沿海11省、市、区(不包括港、澳、台)2001~2015年的海洋生态效率进行测度,运用标准差椭圆对其进行空间可视化表达,最后运用VAR模型对海洋产业结构与海洋生态效率进行脉冲分析,探寻海洋产业结构对海洋生态效率的影响。得出如下结论:

1) 中国沿海省份海洋第三产业占海洋生产总值比重较大,在研究期内呈现增长趋势;大多数省份海洋产业结构熵值下降,说明该省份海洋产业发展平稳,少数省份结构熵上升,该省份海洋产业呈现多元化发展。

2) 在时间上,海洋生态效率总体上处于无效的状态,但海洋生态效率高与其海洋产业结构

息息相关,海洋第三产业占比高的年份,海洋生态效率相对较高;占比低的年份,海洋生态效率相对较低;在空间上,海洋生态效率重心总体呈现向北移动趋势,表明北方海洋生态效率的优化进度要快于南方海洋生态效率的优化进度。

3) 基于沿海各省市海洋产业结构与海洋生态效率脉冲响应图可以得出,各省份海洋产业结构对海洋生态效率的冲击最后都趋于平稳,主要原因在于随着海洋产业结构升级变动稳定,其对海洋生态效率的影响越来越小;沿海各省份海洋产业结构升级对海洋生态效率方差分解的贡献度较高,且呈现增长趋势,说明海洋产业结构升级对海洋生态效率的提升有一定的作用。

本文尝试将生态效率引入海洋研究中,在遵从生态效率核心的基础上对其进行测算,并对海洋产业结构升级与海洋生态效率间关系做出分析,但本文只是对海洋产业结构对海洋生态效率的影响做了简单分析,在接下来的研究中还需深入。

参考文献(References):

- [1] 马仁锋, 候勃, 张文忠, 等. 海洋产业影响省域经济增长估计及其分异动因判识[J]. 地理科学, 2018, 38(2):177-185. [Ma Renfeng, Hou Bo, Zhang Wenzhong et al. Estimates of marine industry impact on provincial economic growth and its identification of differentiation dynamics in 2006-2015. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(2):177-185.]
- [2] 王嵩, 孙才志, 范斐. 基于共生理论的中国沿海省市海洋经济生态协调模式研究[J]. 地理科学, 2018, 38(3):343-350. [Wang Song, Sun Caizhi, Fan Fei. Marine economic and ecological symbiosis form of coastal provinces and cities in China based on symbiosis theory. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(3):343-350.]
- [3] 刘慧. 海洋产业结构升级背景下的就业支持体系构建研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013. [Liu Hui. Study on the building of the employment support system under the context of marine industrial structure upgrade. Qingdao: Ocean University of China, 2013.]
- [4] 狄乾斌, 韩雨汐. 熵视角下的中国海洋生态系统可持续发展能力分析[J]. 地理科学, 2014, 34(6):664-671. [Di Qianbin, Han Yuxi. Sustainable development ability of China's marine ecosystem in the perspective of entropy. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(6):664-671.]
- [5] 杨斌. 2000-2006年中国区域生态效率研究——基于DEA方法的实证分析[J]. 经济地理, 2009, 29(7):1197-1202. [Yang Bin. Research on regional eco-efficiency of China from 2000 to 2006—An empirical analysis based on DEA. *Economic Geography*, 2009, 29(7):1197-1202.]

- [6] Willard B. The sustainability advantage: Seven business case benefits of a triple bottom line[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 2002
- [7] 付丽娜,陈晓红,冷智花. 基于超效率DEA模型的城市群生态效率研究——以长株潭“3+5”城市群为例[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(4):169-175. [Fu Lina, Chen Xiaohong, Leng Zhihua. Urban agglomerations eco-efficiency analysis based on super-efficiency DEA model: Case study of Chang-Zhu-Tan“3 + 5” urban agglomeration. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(4):169-175.]
- [8] 张炳,黄和平,毕军. 基于物质流分析和数据包络分析的区域生态效率评价——以江苏省为例[J]. 生态学报,2009,29(5):2473-2480. [Zhang Bing, Huang Heping, Bi Jun. Material flow analysis and data envelopment analysis based regional eco-efficiency analysis: Case study of Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5):2473-2480.]
- [9] 李名升,佟连军. 基于能值和物质流的吉林省生态效率研究[J]. 生态学报,2009,29(11):6239-6247. [Li Mingsheng, Tong Lianjun. Eco-efficiency of Jilin Province based on emergy and material flow. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11):6239-6247.]
- [10] 陈黎明,王文平,王斌. “两横三纵”城市化地区的经济效率、环境效率和生态效率——基于混合方向性距离函数和合图法的实证分析[J]. 中国软科学,2015(2):96-109. [Chen Liming, Wang Wenping, Wang Bin. Economic efficiency, environmental efficiency and eco-efficiency of the so-called two vertical and three horizontal urbanization areas: Empirical analysis based on HDDF and Co-Plot method. China Soft Science, 2015 (2):96-109.]
- [11] 成金华,孙琼,郭明晶,等. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(1):47-54. [Cheng Jinhua, Sun Qiong, Guo Mingjing et al. Research on regional disparity and dynamic evolution of eco-efficiency in China. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(1):47-54.]
- [12] Kristina D, Paul E. Eco-efficiency trends in the UK steel and aluminum industries: Differences between resource efficiency and resource productivity[J]. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9(4):171-188
- [13] 毛建素,曾润,杜艳春,等. 中国工业行业的生态效率[J]. 环境科学,2010,31(11):2788-2794. [Mao Jiansu, Zeng Run, Du Chunyan et al. Eco-efficiency of industry sectors for China. Environmental Science, 2010, 31(11):2788-2794.]
- [14] 陈傲. 中国区域生态效率评价及影响因素实证分析——以2000-2006年省际数据为例[J]. 中国管理科学,2008,16(s1):566-570. [Chen Ao. Empirical analysis of the evaluation of regional ecology efficiency and influential factors in China—Evidences from provincial data during 2000-2006. Chinese Journal of Management Science, 2008, 16(s1):566-570.]
- [15] Huppel G, Davidson M D, Kuyper J et al. Eco-efficient environmental policy in The Netherlands[J]. Ecological Economics, 2007, 61(1):43-51.
- [16] Bartolimeo M, dal Maso D, de Jong P et al. Eco-efficient producer services-what are they, how do they benefit customers and the environment and how likely are they to develop and be extensively utilized?[J]. Journal of Cleaner Production, 2003, 11 (8):829-837.
- [17] 吕彬,杨建新. 中国电子废物回收处理体系的生态效率分析[J]. 环境工程学报,2010,4(1):183-188. [Lv Bin, Yang Jianxin. Eco-efficiency analysis of recycling strategies of WEEE in China. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(1):183-188.]
- [18] Knarel G P, Charmondusit K. Eco-efficiency evaluation of iron rod industry in Nepal[J]. Journal of Cleaner Production, 2008, 16(13):1379-1387
- [19] 李鹏,杨桂华,郑彪,等. 基于温室气体排放的云南香格里拉旅游线路产品生态效率[J]. 生态学报,2008, 28(5):2207-2219. [Li Peng, Yang Guihua, Zheng Biao et al. GHG emission-based eco-efficiency study on tourism itinerary products in Shangri-La, Yunnan Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5):2207-2219.]
- [20] 王震,石磊,刘晶茹,等. 区域工业生态效率的测算方法及应用[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(6):121-126. [Wang Zhen, Shi Lei, Liu Jingru et al. Methodology and application of eco-efficiency analysis on regional industry. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(6):121-126.]
- [21] 罗能生,李佳佳,罗富政. 中国城镇化进程与区域生态效率关系的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):53-60. [Luo Nengsheng, Li Jiajia, Luo Fuzheng. Empirical analysis on the relationship between the China urbanization and regional eco-efficiency. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(11):53-60.]
- [22] 赵璐,赵作权,王伟. 中国东部沿海地区经济空间格局变化[J]. 经济地理, 2014, 34(2):14-18. [Zhao Lu, Zhao Zuoquan, Wang Wei. The spatial pattern of economy in coastal area of China. Economic Geography, 2014, 34(2):14-18.]
- [23] 关皓明,张平宇. 基于经济基础理论的中国城市基本-非基本经济活动关系的实证检验[J]. 地理科学,2016,36(12):1784-1792. [Guan Haoming, Zhang Pingyu. Empirical test on the relationship between urban basic-nonbasic economic activities in China based on the theory of economic base. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(12):1784-1792.]
- [24] 国家海洋局. 中国海洋统计年鉴[M]. 北京:海洋出版社, 2002-2016. [State Oceanic Administration. China marine statistical yearbook. Beijing: China Oceanic Press, 2002-2016.]
- [25] 国家海洋局. 中国海洋经济统计公报[J/OL]. http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyjttjgb/201703/t20170322_55289.html, 2016-03-16. [State Oceanic Administration. China marine economic statistics bulletin. http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyjttjgb/201703/t20170322_55289.html, 2016-03-16.]
- [26] 邱寿丰, 诸大建. 我国生态效率指标设计及其应用[J]. 科学管理研究, 2007, 25(1):20-24. [Qiu Shoufeng, Zhu Dajian. Eco-efficiency indicators for China and their applications. Scientific

Management Research, 2007, 25(1):20-24]
[27] 国家海洋局. 国家海域使用管理公报[J/OL]. <http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/>, 2001-2015. [Stata Oceanic Administration.

National sea area use management bulletin. <http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/>, 2001-2015.]

Spatio-temporal Difference of Marine Eco-efficiency and Identification of Its Response Relationship with Marine Industrial Structure in China

Di Qianbin, Liang Qianying

(Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development of Liaoning Normal University,
Dalian 116029, Liaoning, China)

Abstract: To evaluate the spatio-temporal difference of marine eco-efficiency of China and explore its response relationship with the structure of the marine industry, the super-efficiency DEA model, the standard deviation ellipse and VAR model were gradually applied to calculate the marine eco-efficiency, visualize spatially and analyze the impulse response of the marine industrial structure and marine eco-efficiency, respectively. The conclusions are as follows: 1) Marine tertiary industry has a large proportion of gross ocean product in coastal provinces of China, showing an increasing trend during the study. The entropy of marine industrial structure declines in most provinces, which indicate that the development of marine industry in these provinces is stable. 2) In terms of time series, marine eco-efficiency is invalid by and large, but the marine eco-efficiency is relatively high in the year when the marine tertiary industry has a high proportion of marine production. In terms of space, the gravity of marine eco-efficiency generally shows trend of moving to north, indicating that optimization of marine eco-efficiency in the north is faster than that in the south. 3) According to the impulse response charts of coastal provinces, it can be concluded that the impact of marine industrial structure of each province on marine eco-efficiency has finally stabilized. The main reason is that as China's marine industry structure stabilizes, its impact on marine eco-efficiency is getting smaller and smaller; From the perspective of variance decomposition, the marine industrial structure upgrading in coastal provinces has a higher contribution to the decomposition of marine eco-efficiency variance, and it shows a growth trend, indicating that the upgrading of marine industrial structure has a certain effect on the improvement of marine eco-efficiency.

Key words: marine eco-efficiency; marine industry structure; super-efficiency DEA model; VAR model