中国海洋绿色经济效率动态演进及收敛性分析

汪克亮，孙孟雅

（中国海洋大学经济学院 青岛 266100）

摘要：为促进中国海洋经济的绿色协调发展，文章基于非期望产出的SBM模型对2007—2016年中国沿海11个省（自治区、直辖市）的海洋绿色经济效率进行测算，并在此基础上采用核密度估计法和经济增长收敛理论考察其动态演进和收敛性特征。研究结果表明：中国海洋绿色经济效率整体呈现先上升再下降态势，仍存在较大的效率增长空间；中国海洋绿色经济效率存在空间非均衡性，且区域差异总体呈下降趋势；中国海洋绿色经济效率存在σ收敛、β收敛以及俱乐部收敛特征。根据研究结果提出加强海洋生态文明建设，大力发展海洋绿色经济；实施差异化海洋经济绿色发展策略，缩小效率差异；打破区域边界壁垒，构建海洋绿色协同发展格局等建议。

关键词：海洋绿色经济效率；俱乐部收敛；海洋绿色协同发展；海洋生态文明建设

中图分类号：P74 **文献标志码**：A **文章编号**：1005－9857(2023)05－0090－10

Dynamic Evolution and Convergence Analysis of China′s Marine Green Economic Efficiency

WANG Keliang, SUN Mengya

(School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: In order to promote the green coordinated development of China′s marine economy, based on the SBM model considering unexpected output, this paper calculated the marine green economic efficiency of 11 coastal regions in China from 2007 to 2016. The Kernel density estimation method and economic growth convergence theory were used to investigate its dynamic evolution and convergence characteristics. The results showed that the overall efficiency of China′s marine green economy was rising first and then declining, and there was still a large space for efficiency growth. There was a spatial unevenness in the efficiency of China′s marine green economy, and regional differences were generally on a declining trend. Meanwhile, the efficiency of China′s marine green economy existed σ convergence, β convergence and club convergence characteristics. Based on the results of the study, recommendations were put forward: strengthening the construction of marine ecological civilization and vigorously developing marine green economy; implementing differentiated marine economic green development strategies to

收稿日期：2022-09-23；**修订日期**：2023-04-10

基金项目：国家自然科学基金资助项目“绿色发展视阈下的海洋经济效率：评价体系、影响因素及驱动政策”(71973131).

作者简介：汪克亮，教授、博士生导师，博士，研究方向为资源环境经济学、海洋经济学

通信作者：孙孟雅，硕士，研究方向为海洋经济

narrow the efficiency differences; breaking the barriers of regional boundaries and building a synergistic marine green development pattern.

Keywords: Marine green economic efficiency, Club convergence, Marine green coordinated development, Marine ecological civilization construction

0　引言

海洋蕴藏着人类可持续发展的宝贵财富，是高质量发展的战略要地。21 世纪以来，越来越多的国家加快开发利用海洋的步伐，以期为本国经济注入无限活力。党的十八大报告中首次明确提出“提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护海洋生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国”，将“海洋强国”提升至国家战略层面以来，海洋经济取得跨越式发展，据 2021 年《中国海洋经济统计公报》，2021 年全国海洋生产总值首次突破 9 万亿元，比上年增长 8.3%，对国民经济增长贡献率为8.0%，占沿海地区生产总值的比重为 15%，已然成为拉动国民经济发展的有力引擎。值得注意的是，随着人类对海洋开发利用强度的增大，在从中获取巨大经济效益的同时，也给海洋生态环境带来了一系列的负面影响，威胁着海洋经济的可持续发展。海洋绿色经济是海洋经济可持续发展题中应有之义，也是保护海洋生态环境、适应中国经济发展新常态的必然要求。那么，当前中国海洋绿色经济发展水平到底如何？分布动态呈现何种特征？又是否具有收敛性？为了回答这些问题，本研究基于 2007—2016 年中国 11 个沿海省（自治区、直辖市）的面板数据，尝试探究中国海洋绿色经济效率的动态演进及收敛特征，为实现海洋经济绿色发展提供参考。

通过对相关文献的梳理发现，关于海洋经济发展方面的研究主要集中在以下 3 个方面：一是海洋经济发展质量的衡量，主要是通过构建评价指标体系和测算效率水平来衡量，测算方法主要有随机前沿方法（SFA）和数据包络分析（DEA）及其扩展模型。相较于 SFA，DEA 因擅于处理多投入、多产出问题，更受学者的青睐，其中由于 SBM 模型可将非期望产出纳入评价模型，更加符合绿色发展要求，因而成为绿色发展效率测度的主流模型。如盖美等[1]利用 SFA 法测算了 2001－2012 年中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）的绿色海洋经济效率；狄乾斌等[2]利用包含非期望产出的 SBM-Malmquist 模型测算 2006—2014 年中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）的海洋经济效率，发现海洋经济效率整体处于较低水平且呈现下降趋势；李华等[3]从海洋经济、海洋产业结构、海洋科技支持力度以及海洋发展条件 4 个方面构建了海洋经济高质量发展水平评价指标体系。还有些学者通过不同层级探索海洋经济发展质量，如江苏省[4]、环渤海地区[5]、辽宁省[6]、福建省[7]、三大海洋经济圈[8]等。二是促进海洋经济发展的驱动因素。大量学者通过理论和实证研究发现科学技术[9]、要素市场扭曲[10]、海洋产业结构[11]、信贷资金[12]、一带一路[13]、环境规制与 FDI[14]等因素均可对海洋经济发展产生影响。如狄乾斌等[9]认为科技创新水平能够促进本地区海洋经济发展，同时还会为相邻地区带来辐射效应；孙才志等[10]通过研究发现要素市场扭曲严重阻碍了沿海地区海洋经济的发展；王波等[11]通过研究发现海洋产业结构高级化并不利于海洋经济的发展。三是关于海洋经济发展的区域差异和时空演变特征。Ren 等[15]认为中国海洋经济绿色效益的提高主要源于技术进步，而技术效率的提高对其影响不大，甚至产生不利影响。王青等[16]利用聚类分析法将中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）的海洋经济产业划分为低投入低产出、高投入高产出和低投入高产出 3 种类型，分别包括天津、海南和广西，浙江、河北、福建、江苏和上海，广东、山东和辽宁；胡晓珍[17]认为技术进步率的差异导致了三大经济区海洋绿色经济增长存在明显差距，且 β 检验结果表明也不存在收敛特征；盖美等[18]发现地区间海洋经济效率的绝对差异和相对差异均表现出扩大的态势，且呈分散的趋势。

综上所述，目前针对中国海洋经济发展的研究已取得一定成果，且为海洋绿色经济研究奠定了基

础，但就海洋绿色经济效率的空间格局演变及收敛性特征方面还存在可拓展空间。因此，本研究在借鉴已有研究成果的基础上，运用考虑非期望产出的SBM模型对2007—2016年中国沿海11个省（自治区、直辖市）的海洋绿色经济效率进行测算，并采用核密度估计法和经济增长收敛理论考察其动态演进和收敛性特征，并提出建议。

1 研究设计

1.1 海洋绿色经济效率测度

本研究基于包含非期望产出的全局超效率SBM模型对2007—2016年中国沿海11个省（自治区、直辖市）的海洋经济效率进行测算。假设有 n 个DMU，每个DMU都有 M 项投入变量 $x=(x_{1j},x_{2j},\cdots,x_{mj})$，$s$ 项产出变量，包含 a 个期望产出变量 $y^a=(y^a_{1j},y^a_{2j},\cdots,y^a_{aj})$，$b$ 个非期望产出变量 $y^b=(y^b_{1j},y^b_{2j},\cdots,y^b_{bj})$，其中 $x_j>0,y_j>0$。设定 $x_z=x\lambda+s^-$，$y^a_z=y^a\lambda-s^{a+}$，$y^b_z=y^b\lambda-s^{b-}$，在 $t=(1,2,\cdots,T)$ 时期，定义其生产可能集如下：

$$P^t\Big\{(x^t,y^{at},y^{bt})\mid x^t\geqslant\sum_{j=1,j\neq z}^{n}x^t_j\lambda^t_j,\ y^{at}\leqslant\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{at}_j\lambda^t_j,y^{bt}\geqslant\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{bt}_j\lambda^t_j,\sum_{j=1}^{n}\lambda^t_j=1\Big\}\tag{1}$$

则全局生产可能集为：

$$P^G=P^1UP^2UL\cdots UP^T=\Big\{(\bar{x}^t,\bar{y}^{at},\bar{y}^{bt})\mid\sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}x^t_j\lambda^t_j\leqslant\bar{x}^t,\ \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{at}_{ja}\lambda^t_j\geqslant\bar{y}^{at},\ \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{bt}_{jb}\lambda^t_j\leqslant\bar{y}^{bt},\sum_{j=1}^{n}\lambda^t_j=1\Big\}\tag{2}$$

其中，$\lambda^t_j\geqslant0$，x^t_{jn}、y^{at}_{ja}、y^{bt}_{jb} 分别表示第 j 个决策单元在 t 时期的第 n 项投入、第 a 项期望产出、第 b 项非期望产出值。

具体构建的非期望产出全局超效率SBM模型公式如下：

$$\rho=\min\frac{\frac{1}{m}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{m}\frac{\bar{x}}{x_{iz}}}{\frac{1}{a+b}\left(\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{a}\frac{\bar{y}^{a}}{y^a_{rz}}+\sum_{t=1}^{T}\sum_{q=1}^{b}\frac{\bar{y}^{b}}{y^b_{qz}}\right)}$$

$$s.t.\begin{cases}\bar{x}\geqslant\sum_{t=1,t\neq lj=1,j\neq z}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}x_{ij}\lambda^t_j,i=1,2,L,m\\ \bar{y}^{a}\leqslant\sum_{t=1,t\neq lj=1,j\neq z}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{at}_{rj}\lambda^t_j,r=1,2,L,a\\ \bar{y}^{b}\geqslant\sum_{t=1,t\neq lj=1,j\neq z}^{T}\sum_{j=1,j\neq z}^{n}y^{at}_{qj}\lambda^t_j,q=1,2,L,b\\ \bar{x}\geqslant x_z,\bar{y}^{a}\leqslant\bar{y}^{a}_z,\bar{y}^{b}\leqslant\bar{y}^{b}_z,\sum_{j=1}^{n}\lambda^t_j=1,\lambda^t_j\geqslant0\end{cases}\tag{3}$$

其中，ρ 表示在 t 时期第 z 个决策单元的全局超效率值，其值可以大于1，ρ 值越大表示效率越高。λ^t_j 表示第 j 个决策单元在 t 时期的投入产出权重。海洋绿色经济效率指标评价体系如表1所示。

表1 海洋绿色经济效率指标评价体系

Table 1 Evaluation system of marine green economic efficiency

指标类型	指标选取	指标说明
要素投入指标	劳动投入	涉海从业人员数量
	资本投入	地区海洋生产总值占地区生产总值的比重乘以省份资本存量
	资源投入	港口货物吞吐量
		旅社数量
		海水养殖面积
期望产出指标	经济产出	海洋生产总值
非期望产出指标	环境污染	海洋工业废水利用
		海洋工业固体废弃物

1.2 Kernel密度估计法

Kernel密度估计是一种非参数估计方法，能够利用连续的密度曲线清晰刻画随机变量的分布形态。本研究采用Kernel密度估计来分析沿海地区海洋绿色经济效率的动态演进规律，假定随机变量 X 的密度函数为 $f(x)$：

$$f(x)=(1/Nh)\sum_{i=1}^{N}K\left[(X_i-x)/h\right]\tag{4}$$

$$K(x)=\left(1/\sqrt{2\pi}\right)\exp(-x^2/2)\tag{5}$$

式中：N、h、X_i、x、$K(\cdot)$ 分别代表了观测值的个数、带宽、独立同分布观测值、均值以及核函数，核函数 $K(\cdot)$ 是一种加权函数或平滑转换函数，一般情形下需满足以下几个条件：

$$\begin{cases}\lim\limits_{x\to\infty}K(x)\cdot x=0\\ K(x)\geqslant 0\int_{-\infty}^{+\infty}K(x)\,\mathrm{d}x=1\\ \sup K(x)<+\infty\int_{-\infty}^{+\infty}K^2(x)\,\mathrm{d}x<+\infty\end{cases}\tag{6}$$

1.3　收敛模型

为了进一步考察中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）海洋绿色经济效率地区差异的演变趋势，本研究将从 σ 收敛、β 收敛、俱乐部收敛 3 个方面对其进行收敛性检验。

（1）σ 收敛。σ 收敛可理解为中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）间海洋绿色经济效率的离散程度随着时间的推移而下降的过程，常用衡量指标包括标准差[19]、变异系数[20-21]等，本研究采用变异系数来衡量，计算公式为：

$$\sigma=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j}(\mathrm{MGEE}_{ij}-\overline{\mathrm{MGEE}_{ij}})^2/N_j}}{\overline{\mathrm{MGEE}_{ij}}}\tag{7}$$

式中：j（$j=1,2,3$）为北部、东部和南部三大海洋经济圈；i 为 j 地区所包含的沿海省（自治区、直辖市），N_j 为 j 地区所包含的沿海省（自治区、直辖市）的数量，MGEE_{ij} 为 j 区域内 i（自治区、直辖市）海洋绿色经济效率水平，$\overline{\mathrm{MGEE}_{ij}}$ 为 j 区域内 i（自治区、直辖市）海洋绿色经济效率水平的均值。

（2）β 收敛。β 收敛包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛，条件 β 收敛是指在加入了一些相关影响因素的情形下，地区之间海洋绿色经济效率存在收敛特征，绝对 β 收敛则是指纵然在不考虑与其相关的一系列影响因素时，地区之间的海洋绿色经济效率随着时间的推移也会呈收敛趋势。考察绝对 β 收敛的模型为：

$$\ln\left(\frac{\mathrm{MGEE}_{i,t+1}}{\mathrm{MGEE}_{i,t}}\right)=\partial+\beta\ln(\mathrm{MGEE}_{i,t})+\mu_i+\eta_t+\varepsilon_{it}\tag{8}$$

进一步，构建条件 β 收敛模型如下：

$$\ln\left(\frac{\mathrm{MGEE}_{i,t+1}}{\mathrm{MGEE}_{i,t}}\right)=\partial+\beta\ln(\mathrm{MGEE}_{i,t})+\lambda\sum_{j=1}^{n}\mathrm{Control}_{it}+\mu_i+\eta_t+\varepsilon_{it}\tag{9}$$

式中：$\mathrm{MGEE}_{i,t}$、$\mathrm{MGEE}_{i,t+1}$ 分别为省（自治区、直辖市）i 在 t、$t+1$ 时期的海洋绿色经济效率；$\frac{\mathrm{MGEE}_{i,t+1}}{\mathrm{MGEE}_{i,t}}$ 表示省（自治区、直辖市）i 在 t 至 $t+1$ 时间段内海洋绿色经济效率的年增长率；∂、μ_i、η_t、ε_{it} 分别为常数项、地区效应、时间效应和随机扰动项；β 为收敛系数，若 β 显著为负则表示海洋绿色经济效率存在收敛趋势；λ 为各控制变量前的相关系数；$\mathrm{Control}_{it}$ 为影响海洋绿色经济效率的控制变量，在本研究中具体指海洋经济发展水平（ODGP）、对外开放（OPEN）、环境规制（ER）、能源强度（Energy），分别采用各沿海省（自治区、直辖市）的海洋生产总值与地区生产总值的比值、实际使用外资金额与地区生产总值之间的比值、环境污染治理投资额占地区生产总值的比重以及单位地区生产总值的煤炭消耗量来表征。

（3）俱乐部收敛。俱乐部收敛是指经济发展水平和其他初始条件具有相似特征的地区，效率水平最终演变趋于相同的稳定状态。本研究依照《全国海洋经济发展“十二五”规划》将中国沿海地区划分为三大海洋经济圈，分别为环渤海海洋经济圈，包括天津、河北、辽宁和山东；长三角海洋经济圈，包括江苏、浙江和上海，泛珠三角海洋经济圈，包括福建、广西、广东和海南。

（4）收敛速度和收敛周期。收敛速度 s 和收敛的半生命周期 τ 的计算公式如下：

$$s=-\ln(1-|\beta|)/T\tag{10}$$

$$\tau=\ln(2)/s\tag{11}$$

式中：β 为收敛系数；T 为时间跨度，由于样本观测期为 2007—2016 年，所以此处 $T=10$。

1.4　数据来源

由于 2018 年以来的海洋统计年鉴已不再统计涉海从业人员这一指标，造成原始数据的缺失，因此为了保证数据的完整性和准确性，本研究选取 2007—2016 年中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）的数据为研究样本。文中涉及的变量均来自《中国统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》以及各省（自治区、直辖市）统计年鉴。为避免变量量纲的不同以及减少多重共线性，对涉及的变量进行取对数操作，主要变量的描述性统计如表 2 所示。

表 2 主要变量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of main variables

变量	说明	均值	标准差	最小值	最大值
MGEE	海洋绿色经济效率	0.066	0.085	−0.262	0.214
OGDP	海洋经济发展水平	−1.805	0.617	−2.953	−1.218
OPEN	对外开放度	−3.897	0.864	−5.809	−2.690
Energy	能源消耗强度	−0.491	0.233	−0.934	0.274
ER	环境规制	−0.089	0.465	−0.916	1.125

此外，对考察条件 β 收敛时加入的控制变量进行多重共线性检验，变量间的相关系数结果如表 3 所示，除对外开放程度与海洋经济发展水平之间的相关系数较大外，其余变量间的相关系数均小于 0.8，且变量间 VIF 均值为 1.63，远小于 10，表明变量之间不存在多重共线性的问题。

表 3 多重共线性分析

Table 3 Multi collinearity analysis

变量	MGEE	OGDP	OPEN	Energy	ER
MGEE	1.000				
OGDP	−0.199	1.000			
OPEN	−0.074	0.864	1.000		
Energy	0.254	−0.403	−0.061	1.000	
ER	0.081	−0.417	−0.411	0.490	1.000

2 中国海洋绿色经济效率水平时序演变特征

在样本观测期内，从 11 个沿海地区整体来看，就海洋绿色经济效率值大小而言，沿海地区的海洋绿色经济效率较高，均值达到 1.08；就海洋绿色经济效率变化趋势而言，大致分为“先上升，后下降”的两阶段式演变趋势（表 4）：2007—2008 年为上升阶段，从 1.07 上升到 1.11，增长率为 1.946%；2008—2016 年为下降阶段，从 1.11 下降到 1.04，年均下降率为 0.682%，整体呈微弱的下降趋势，年均下降速度为 0.230%。从不同的经济圈来看，环渤海海洋经济圈海洋绿色经济效率呈“上升－下降”来回波动的变化趋势，整体上呈现微弱的下降态势，从 2007 年的 1.08 下降到 2016 年的 1.04，年均下降率为 0.303%；长三角海洋经济圈海洋绿色经济效率呈“上升－下降”来回波动的变化趋势；泛珠三角海洋经济圈海洋绿色经济效率呈现了“上升－下降”的演变特征，2007—2011 年处于上升阶段，从 1.07 增长至 1.15，年均增长率为 1.381%；2011—2016 年为下降阶段，从 1.15 下降至 1.04，年均下降率为 2.083%。从具体的地区来看，就海洋绿色经济效率值大小而言，11 个沿海地区海洋绿色经济效率存在明显差异，可将其按照效率大小分为 3 个阶梯。第一阶梯为天津、河北、广西，其海洋绿色经济效率大于全国均值；第二阶梯为辽宁、山东、福建，其海洋绿色经济效率大于全国均值；第三阶梯为上海、江苏、浙江、广东、海南，其海洋绿色经济效率小于全国均值，海洋绿色经济具有较大的增长空间。就海洋绿色经济效率的变化趋势而言，天津、河北、江苏、山东、海南在样本观测期内整体呈上升态势，年均增长率分别为 0.295%、0.822%、0.795%、0.350%和 2.767%，辽宁、上海、浙江、福建、广东和广西，年均下降率分别为 2.933%、0.145%、0.466%、0.154%、1.643%和 1.669%。

表 4 沿海地区海洋经济效率

Table 4 Marine green economic efficiency in coastal areas

地区	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
天津	1.09	1.21	0.98	1.09	1.13	1.28	1.11	0.99	1.10	1.13
河北	1.06	1.08	1.45	1.07	1.06	1.06	1.07	0.97	1.04	1.15
辽宁	1.12	1.14	1.12	1.15	1.07	1.13	1.07	1.05	1.12	0.83
上海	1.03	1.12	1.15	1.00	1.02	1.08	1.02	1.12	1.03	1.02
江苏	0.99	1.14	1.01	1.05	1.08	1.08	1.12	1.04	1.06	1.07
浙江	1.12	1.04	0.93	1.14	1.07	1.04	1.09	1.09	1.03	1.07
福建	1.06	1.11	1.05	1.18	1.13	1.17	1.08	1.00	0.98	1.04
山东	1.03	1.10	1.11	1.15	1.10	1.07	1.09	1.02	1.04	1.06
广东	1.24	0.98	1.02	1.05	1.12	1.00	1.09	0.98	1.05	1.05
广西	1.23	1.16	1.12	1.13	1.21	0.98	1.02	1.02	1.03	1.04
海南	0.77	1.12	1.09	1.20	1.14	1.05	1.02	1.15	1.01	1.01
整体	1.07	1.11	1.10	1.11	1.10	1.09	1.07	1.04	1.05	1.04
环渤海	1.08	1.13	1.17	1.12	1.09	1.14	1.09	1.01	1.08	1.04
长三角	1.05	1.10	1.03	1.06	1.05	1.07	1.08	1.08	1.04	1.05
泛珠三角	1.07	1.09	1.07	1.14	1.15	1.05	1.05	1.04	1.02	1.04

3 中国海洋绿色经济效率的动态演进

Kernel 密度估计能够通过反映随机变量的分布位置、形态、延展性及极化趋势特征进一步揭示海洋绿色经济效率绝对差异的动态演进过程。因此取 Gaussian 核函数进行核密度估计，得到如图 1 所示的核密度分布图。

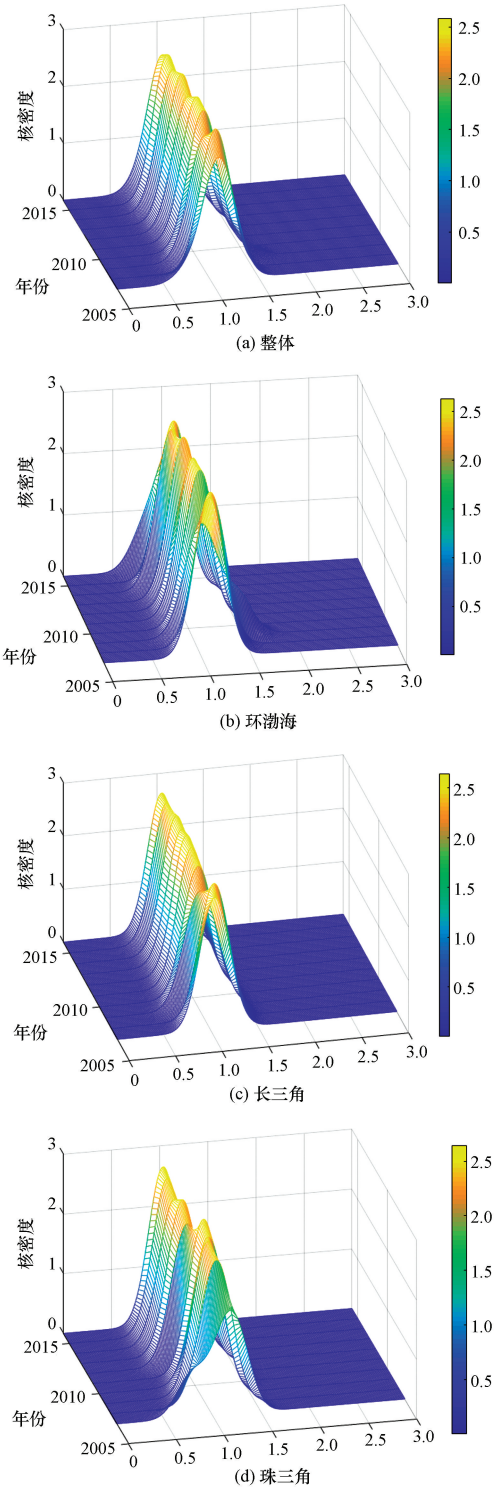

图 1　海洋经济效率的分布动态

Fig. 1　The dynamic evolution of marine green economic efficiency

从分布位置来看，中国沿海地区整体和环渤海地区、泛珠三角地区海洋绿色经济效率的分布曲线均表现出微弱的左移趋势，表明其海洋绿色经济效率在观测期内小幅下降。长三角海洋经济圈分布曲线呈现“左移－右移－左移”的态势，整体变化幅度较小。

从分布形态来看，11 个沿海地区整体和长三角经济圈海洋绿色经济效率的分布曲线主峰高度波动上升，且逐宽度年缩小，表明各沿海地区以及长三角内部地区间海洋绿色经济效率的绝对差异在缩小；环渤海经济圈分布曲线呈现主峰高度下降、宽度变大的趋势，表明环渤海经济圈内部海洋绿色经济效率的差距均在不断扩大；泛珠三角海洋经济圈的主峰高度整体上呈现上升趋势，宽度变化不明显。

从分布延展性来看，11 个沿海地区及三大海洋经济圈的分布曲线均存在右拖尾现象，这表明沿海地区的海洋绿色经济效率存在低水平现象，但其延展性有所差异，其中 11 个沿海地区整体和泛珠三角海洋经济圈的分布曲线延展趋势呈拓宽趋势，意味着海洋绿色经济效率较高的地区与较低地区之间的差距在进一步扩大；环渤海和长三角海洋经济圈分布延展性呈现微弱的收敛趋势，表明环渤海和长三角海洋经济圈内部海洋绿色经济效率较高的地区，其发展水平存在一定程度的下降，与平均水平之间的差距有所减小。

从极化特征来看，环渤海地区海洋绿色经济效率的分布曲线呈现双峰现象，表明其海洋绿色经济效率存在两极分化现象，即海洋经济发展水平高的地区海洋绿色转型速度更快，而海洋经济发展水平低的地区海洋绿色转型则更加乏力，呈现典型的“强者愈强、弱者愈弱”的马太效应特征。随着时间的推移，分布曲线由双峰逐渐转变为单峰，这说明了其两极分化特征趋于减弱的态势。

4　中国海洋绿色经济效率的收敛性分析

在探究海洋绿色经济效率区域绝对差异的基础上，根据经济增长收敛理论，分别运用 σ 收敛、β 收敛对 11 个沿海地区的海洋绿色经济效率进行收敛性检验，以分析海洋绿色经济效率的趋同或分散特征。

4.1　海洋绿色经济效率的 σ 收敛

本研究运用变异系数计算得到中国沿海 11 个

省(自治区、直辖市)及环渤海地区、长三角地区和珠三角地区的 σ 收敛结果(图 2)。就 11 个沿海省(自治区、直辖市)整体而言,σ 收敛系数在观测期内呈波动下降趋势,从 2007 年的 0.119 下降到 2016 年的 0.079,年均下降率为 4.061%,表明中国沿海 11 个省(自治区、直辖市)海洋绿色经济效率存在 σ 收敛。具体而言,环渤海地区海洋经济效率不存在收敛,变异系数总体呈上升趋势,从 2006 年的 0.038 上升至 2016 年的0.140,年均增长率为 14.079%,表明环渤海地区内部各省(自治区、直辖市)之间海洋绿色经济效率的地区不平衡特征更加明显;长三角地区海洋绿色经济效率的变异系数从 2007 年的 0.065 下降至2016 年的 0.029,年均下降率为 7.910%,泛珠三角地区海洋绿色经济效率的变异系数从 2007 年的0.205下降至 2016 年的 0.017,年均下降率为22.174%,表明长三角地区和泛珠三角地区海洋绿色经济效率存在 σ 收敛,即其内部沿海省(自治区、直辖市)间海洋绿色经济效率日渐趋同。

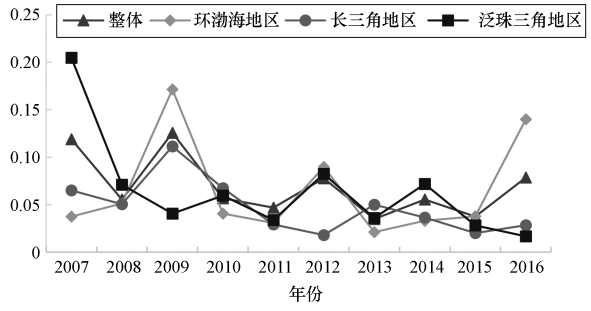

图 2 海洋绿色经济效率 σ 收敛

Fig.2 The σ convergence of marine green economic efficiency

4.2 海洋绿色经济效率的 β 收敛

(1)绝对 β 收敛分析。表 5 第一列报告了样本观测期内中国沿海地区海洋绿色经济效率的绝对 β 收敛结果。结果显示:第一,其收敛系数 β 均小于 0,且在 1%的水平下显著,表明中国海洋绿色经济效率均存在绝对 β 收敛,即其海洋绿色经济效率随着时间的推移最终会收敛到同一稳态水平。第二,就收敛速度 s 和半生命周期 τ 而言,沿海地区的收敛速度分别为 0.014,半生命周期分别为 49.511。

(2)条件 β 收敛分析。本部分主要考察沿海地区海洋绿色经济效率在考虑不同影响因素后的收敛趋势。结果显示:第一,中国沿海地区的收敛系数 β 均在 1%的水平下显著为负,表明各地区的海洋绿色经济效率均存在条件 β 收敛,即其海洋绿色经济效率都将朝着各自的稳态水平方向变化发展。第二,从收敛速度 s 和半生命周期 τ 来看,中国沿海地区收敛速度分别为 0.022,半生命周期分别为 13.683。第三,控制变量中,海洋经济发展水平、对外开放程度系数在不同的水平上显著为正,表明应该加大对外开放程度、继续大力发展海洋经济可以促进沿海地区的发展。

4.3 海洋绿色经济效率的俱乐部收敛

俱乐部收敛考察的是具有相似特征地区的收敛状况。三大海洋经济圈的海洋绿色经济效率的 β 收敛检验结果如表 5 所示。由表可得:第一,绝对收敛系数均在 1%的水平上显著,且均小于 0,表明三大海洋经济圈内部绿色经济效率均存在显著的绝对收敛趋势。在加入一系列控制变量之后,收敛系数 β 仍是显著为负,即不同海洋经济圈绿色经济效率均存在条件 β 收敛,这表明处于同一海洋经济圈的省(自治区、直辖市)因其地理位置相近,经济发展水平、产业结构以及面临的发展问题相似,使得同一海洋经济圈的地区经济联系密切,更易形成协同发展态势。第二,从收敛速度和收敛周期来看,在考虑了其他影响因素之后,各地区收敛速度均有所变化,但其收敛格局未发生改变,仍呈现从长三角海洋经济圈到环渤海海洋经济圈再到泛珠三角海洋经济圈的收敛格局。第三,控制变量中,海洋经济发展水平对三大海洋经济圈的海洋绿色经济发展效率均存在显著的提升作用。对外开放程度对环渤海海洋经济圈海洋绿色经济效率的促进作用更为显著,而能源强度则是影响南部海洋经济圈海洋经济效率的重要因素,这也表明影响沿海各地区海洋绿色经济发展效率提升的主导因素存在差异性,应根据各经济圈实际情况制定差异化的绿色发展政策。

表 5　海洋经济效率的 β 收敛和俱乐部收敛

Table 5　Marine economic efficiency β convergence and club convergence

变量	整体		环渤海海洋经济圈		长三角海洋经济圈		泛珠三角海洋经济圈	
β	−0.484***	−0.403***	−0.524***	−0.430***	−0.552***	−0.487***	−0.467***	−0.387***
	(0.043)	(0.039)	(0.108)	(0.099)	(0.100)	(0.089)	(0.049)	(0.052)
OGDP		0.178***		0.166**		0.204***		0.214***
		(0.032)		(0.068)		(0.066)		(0.066)
OPEN		0.031**		0.050**		0.044		−0.010
		(0.011)		(0.021)		(0.038)		(0.021)
Energy		0.092		−0.023		−0.074		0.232
		(0.010)		(0.021)		(0.298)		(0.202)
ER		0.005		−0.011		−0.037		−0.003
		(0.010)		(0.036)		(0.026)		(0.012)
常数项	0.047***	0.475***	0.060***	0.524***	0.047***	0.558***	0.040***	0.438***
	(0.009)	(0.070)	(0.021)	(0.163)	(0.015)	(0.214)	(0.012)	(0.128)
地区效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
样本数	99	99	36	36	27	27	36	36
R^2	0.630	0.760	0.593	0.782	0.734	0.881	0.830	0.895

注：* 表示在 10%的水平上显著，** 表示在 5%的水平上显著，*** 表示在 1%的水平上显著，括号内为标准误。

5　结论

本研究基于考虑非期望产出的 SBM 模型对 2007—2016 年中国沿海 11 个省（自治区、直辖市）的海洋绿色经济效率进行测算，并在此基础上考察其空间格局和动态演进特征。主要得出 3 点结论：①中国海洋绿色经济效率整体水平呈先上升再下降的态势，具有较大的效率增长空间；②中国海洋绿色经济效率存在较为显著的区域差异特征且总体差异呈下降趋势，按照效率值大小可将沿海地区划分为 3 个层次：第一层次为天津、河北、广西，其海洋绿色经济效率大于全国均值，第二层次为辽宁、山东、福建，其海洋绿色经济效率等于全国均值；第三层次为上海、江苏、浙江、广东、海南，其海洋绿色经济效率小于全国均值；③中国海洋绿色经济效率存在 α 收敛特征、绝对 β 收敛和条件 β 收敛特征以及俱乐部收敛特征。

根据上述研究结论，本研究提出 3 项建议，以期为促进中国海洋经济绿色协调发展提供参考。①加强海洋生态文明建设，不遗余力提升中国海洋绿色经济发展水平。一方面将海洋经济绿色发展纳入沿海地区地方政府官员考核制度中，引导以海洋经济高质量发展为标准的政府决策偏好的确立；另一方面，强化社会公众海洋环境保护意识，发挥媒体、公众、环保组织等社会力量的监督作用，共同推动海洋经济绿色发展。②根据海洋绿色经济效率的非均衡性，实施海洋经济绿色发展差异化战略。基于海洋绿色经济效率存在地区差异性这一事实，各地区应按照自身资源禀赋、发展定位等积极寻找提升海洋绿色发展的差异化路径。如海洋绿色经济效率较高的地区在保持现有发展势头的基础上，引导创新驱动绿色发展，充分利用其区位优势，将其建设为海洋绿色发展增长极，增强对相邻地区海洋绿色发展的辐射效应。海洋绿色经济效率较低的地区应借势发展，积极承接周围海洋绿色产业的扩散和溢出效应，以缓解经济圈内部绿色海洋经济效率发展的落差。③打破区域边界壁垒，构建海洋绿色协同发展格局。推动三大海洋经济圈联动发展，建立协调发展机制，探索海洋绿色经济效率的协同提升路径。打破行政和空间壁垒，促进要素自由流动，实现跨空间交流，通过地区间的交流合作形成协调互补的省际体系，以实现区域协同发展。

参考文献(References):

[1] 盖美，刘丹丹，曲本亮. 中国沿海地区绿色海洋经济效率时空差异及影响因素分析[J]. 生态经济，2016,32(12):97－103.
GAI Mei, LIU Dandan, QU Benliang. The research for spatial-temporal differentiation and influence factors of green marine economic efficiency in China[J]. Ecological Economy, 2016,32(12):97－103.

[2] 狄乾斌，梁倩颖. 碳排放约束下的中国海洋经济效率时空差异及影响因素分析[J]. 海洋通报，2018,37(3):272－279.
DI Qianbin, LIANG Qianying. The Spatio-temporal differences of marine economic efficiency in China and analysis of influencing factors under carbon emission constraints[J]. Marine Science Bulletin, 2018,37(3):272－279.

[3] 李华，高强，吴梵. 环渤海地区海洋经济发展进程中的生态环境响应及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境，2017,27(8):36－43.
LI Hua, GAO Qiang, WU Fan. Ecological environment response to marine economy development and the influence factors in Bohai Bay Rim area.[J]. China Population, Resources and environment, 2017,27(8):36－43.

[4] 刘波，龙如银，朱传耿，等. 江苏省海洋经济高质量发展水平评价[J].经济地理,2020,40(8):104－113.
LIU Bo, LONG Ruyin, ZHU Chuangeng, et al. Comprehensive measurement of the index system for marine economy high-quality development in Jiangsu Province[J]. Economic Geography,2020,40(8):104－113.

[5] 李博，田闯，金翠，等. 环渤海地区海洋经济增长质量空间溢出效应研究[J].地理科学,2020,40(8):1266－1275.
LI Bo, TIAN Chuang, JIN Cui, et al. Spatial spillover effects and influence mechanism of marine economic growth quality in the Bohai Rim region[J]. Scientia Geographical Sinica,2020,40(8):1266－1275.

[6] 李博，田闯，史钊源，等. 辽宁沿海地区海洋经济增长质量空间特征及影响要素[J]. 地理科学进展,2019,38(7):1080－1092.
LI Bo, TIAN Chuang, SHI Zhaoyuan, et al. Spatial characteristics and influence factors of marine economic growth quality in Liaoning coastal areas[J]. Progress in Geography, 2019,38(7):1080－1092.

[7] 刘祎，杨旭. 金融支持、海洋经济发展与海洋产业结构优化以福建省为例[J]. 福建论坛(人文社会科学版)，2019(5):189－196.
LIU Yi, YANG Xu. Financial support, marine economic development and marine industry structure optimization: Fujian Province as an example[J]. Fujian Tribune, 2019(5):189－196.

[8] 许林，赖倩茹，颜诚. 中国海洋经济发展的金融支持效率测算:基于三大海洋经济圈的实证[J]. 统计与信息论坛，2019,34(3):64－75.
XU Lin, LAI Qianru, YAN Cheng. An analysis of the correlation between financial development and marine economic and measuring the financial support efficiency in marine industry in China[J]. Journal of Statistics and Information, 2019,34(3):64－75.

[9] 狄乾斌，徐礼祥. 科技创新对海洋经济发展空间效应的测度:基于多种权重矩阵的实证[J]. 科技管理研究，2021,41(6):63－70.
DI Qianbin, XU Lixiang. Spatial effect measurement of scientific and technological innovation on marine economic development: empirical study base on multiple weight matrix[J]. Science and Technology Management Research, 2021,41(6):63－70.

[10] 孙才志，林洋洋. 要素市场扭曲对中国沿海地区海洋经济效率的影响[J]. 海洋通报，2021,40(4):369－378.
SUN Caizhi, LIN Yangyang. The impact of factor market distortion on marine economic efficiency in China′s coastal areas.[J]. Marine Science Bulletin, 2021,40(4):369－378.

[11] 王波，韩立民. 中国海洋产业结构变动对海洋经济增长的影响:基于沿海 11 省市的面板门槛效应回归分析[J]. 资源科学，2017,39(6):1182－1193.
WANG Bo, HAN Limin. Impacts of marine industrial structure changes on marine economic growth for 11 coastal provinces in China[J]. Resources Science, 2017,39(6):1182－1193.

[12] 马树才，徐腊梅，宋琪. 信贷资金对海洋经济发展的贡献及效率分析:基于沿海 11 省面板数据模型和 DEA 模型的实证研究[J]. 辽宁大学学报(哲学社会科学版)，2019,47(3):29－41.
MA Shucai, XU Lamei, SONG Qi. Study on the contribution and efficiency of credit fund to marine economic development: analysis of panel data and DEA Model based on production function[J]. Journal of Liaoning University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2019,47(3):29－41.

[13] 王艳明，王余琛，丁梦琦. 共建“一带一路”对海洋经济增长的影响机制研究[J].价格理论与实践，2021 (5):53－56＋139.
WANG Yanming, WANG Yuchen, DING Mengqi. Research on the impact Mechanism of the joint construction of “the Belt and Road Initiafive” on marine economic growth[J]. Price: Theory& Practice, 2021 (5):53－56＋139.

[14] ZHENG Hui, ZHANG Li, ZHAO Xin. How does environmental regulation moderate the relationship between foreign

direct investment and marine green economy efficiency: an empirical evidence from China's coastal areas[J]. Ocean & Coastal Management, 2022,219.

[15] REN Wenhan, JI Jianyue, CHEN Lei, et al. Evaluation of China's marine economic efficiency under environmental constraints: an empirical analysis of China's eleven coastal regions[J]. Journal of Cleaner Production, 2018,184:806－814.

[16] 王青，和晨阳. 中国海洋经济效率的区域差异分析[J]. 辽宁大学学报(哲学社会科学版)，2020,48(1):54－65.
WANG Qing, HE Chenyang. Research on regional differences of marine economic efficiency in China[J]. Journal of Liaoning University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2020,48(1):54－65.

[17] 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 difference and convergence of green total factor productivity of China's marine economy[J]. Statistics& Decision, 2018,34(17):137－140.

[18] 盖美，朱静敏，孙才志，等. 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, et al. Spatio-temporal evolution and influencing factors of marine economic efficiency in coastal areas of China[J]. Resources Science, 2018,40(10):1966－1979.

[19] 刘亦文，文晓茜，胡宗义.中国污染物排放的地区差异及收敛性研究[J].数量经济技术经济研究，2016,33(4):78－94.
LIU Yiwen, WEN Xiaoxi, HU Zongyi. Analysis on the difference and convergence in pollution emission in China[J]. The Journal of Quantitative & Technical, 2016,33(4):78－94.

[20] 梁红艳.中国城市群生产性服务业分布动态、差异分解与收敛性[J].数量经济技术经济研究，2018,35(12):40－60.
LIANG Hongyan. Distribution dynamics, difference decomposition and convergence mechanism of producer services industry in Chinese urban clusters[J]. The Journal of Quantitative & Technical,2018,35(12):40－60.

[21] 于伟，张鹏，姬志恒.中国城市群生态效率的区域差异、分布动态和收敛性研究[J].数量经济技术经济研究，2021,38(1):23－42.
YU Wei, ZHANG Peng, JI Zhiheng. Study on regional difference, distribution dynamics and convergence of eco-efficiency urban clusters in China[J]. The Journal of Quantitative & Technical,2021,38(1):23－42.