基于 SBM 模型的我国海洋渔业生态效率的时空演变

韩增林[1,2]，计雪晴[2]，胡盈[2]，蔡先哲[3]

（1. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心　大连　116029；2. 辽宁师范大学地理科学学院　大连　116029；
3. 大连海事大学航运经济与管理学院　大连　116029）

摘要：随着“海洋强国”建设的深入实施，我国海洋经济实力不断提升，但也出现海洋环境污染和生态破坏等制约海洋产业可持续发展的问题，亟须改善海洋生态环境和提高海洋产业生态效率。文章以海水养殖排污总量作为非期望产出，采用 SBM 模型、标准差和变异系数，分析 2006—2015 年我国海洋渔业生态效率的时空演变特征，并对我国沿海地区的海洋渔业生态效率水平进行分类。研究结果表明：2006—2015 年我国海洋渔业生态效率整体处于中等水平，且呈波动式下降趋势；沿海各地区的海洋渔业生态效率差异显著，且差异呈不断扩大的趋势；沿海各地区的海洋渔业生态效率水平可分为高效型、中效型和低效型 3 个类型，其中广东省和江苏省从中效型下降至低效型，主要原因在于其存在生态恢复滞后性。

关键词：海洋渔业；生态效率；非期望产出；海洋生态环境；海洋牧场

中图分类号：F307.4；P74　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2019)12－0003－06

The Spatial-temporal Evolution of Marine Fishery Eco-efficiency Based on SBM Model in China

HAN Zenglin[1,2]，JI Xueqing[2]，HU Ying[2]，CAI Xianzhe[3]

（1. Marine Economics and Sustainable Development Research Center，Liaoning Normal University，Dalian 116029，China；
2. School of Geography，Liaoning Normal University，Dalian 116029，China；
3. School of Maritime Economics and Management，Dalian Maritime University，Dalian 116029，China）

Abstract：With the implementation of the strategy of building a “maritime power”，the marine economic strength of China has been constantly improving.But at the same time there have been a series of problems that restrict the sustainable development of the marine primary industry，such as marine environmental pollution and ecological destruction.Therefore，improving the marine ecological environment and the ecological efficiency of marine fisheries are the basic guarantees for achieving sustainable development of the marine economy.Based on the total amount of sewage discharged from mariculture process as an unexpected output，the temporal and spatial evolution

收稿日期：2019-05-17；**修订日期**：2019-11-22

基金项目：国家自然科学基金项目(41571122)；教育部人文社会科学重点研究基地重大课题项目(18JJD79005)；辽宁省教育厅人文社会科学研究专项项目(H201783623).

作者简介：韩增林，教授，博士，研究方向为交通运输地理、区域开发和规划以及海洋经济地理

通信作者：胡盈，博士研究生，研究方向为城市地理和海洋经济地理

characteristics of China's marine fishery ecological efficiency from 2006 to 2015 were analyzed by using SBM model, standard deviation and coefficient of variation. And classifying the level of ecological efficiency in coastal area. The results showed that during the study period, the average value of marine fishery eco-efficiency in China, which had taken into account the undesired output, was at a moderate level and fluctuating downward, while the regional differences showed a trend of fluctuation and expansion. The marine fishery eco-efficiency level in China was divided into three categories: high-efficiency, medium-efficiency and low-efficiency. During the study period, Guangdong and Jiangsu dropped from moderate-efficiency to low-efficiency. The main reason lied in the lag of ecological restoration in Guangdong and Jiangsu provinces.

Key words: Marine fisheries, Ecological efficiency, Unexpected output, Marine ecological environment, Marine ranch

0 引言

蓝色经济作为新时代区域发展的动力源泉之一，对提升综合国力发挥重要作用[1]。党的十九大提出“坚持陆海统筹，加快建设海洋强国”，将海洋强国建设纳入现代化经济体系中，践行绿色发展新理念和提高海洋生态效率是海洋经济可持续发展的关键节点。现代海洋渔业是世界四大海洋支柱产业之一，其产值对国家海洋经济实力的提升作用日益显现。然而随着沿海地区经济发展水平的快速提高以及对海洋自然资源开发程度的不断加深，传统粗放型的海洋经济发展模式已不符合节约集约和循环利用的资源观，且随着海洋资源的过量消耗，出现渔业资源枯竭和海洋生态环境恶化等问题[2]，严重制约海洋渔业的可持续发展，已成为沿海地区乃至全世界亟待解决的问题。

国内外对于海洋渔业经济效率的评价研究较多，如运用 C-D 生产函数法[3]、DEA 模型[4-5]和 Malmquist 指数[6]等方法对渔业经济效率进行测算，然而对海洋渔业生态效率的评价研究较少。国外海洋生态效率研究多集中于海港生态效率方面[7]，国内海洋生态效率研究则多集中于海洋生态经济可持续发展[8]、海洋产业[9]和海洋环境效率[10]等方面，而鲜有对海洋渔业生态效率的测算和评价。本研究借鉴现有理论基础和研究成果，尝试将生态效率中的经济发展和生态系统聚焦于海洋渔业经济和海洋渔业生态系统，提出“海洋渔业生态效率”的概念，体现海洋渔业经济效益与海洋渔业资源环境消耗的定量关系；运用超效率 SBM 模型，以海水养殖排污总量作为非期望产出，对 2006—2015 年我国沿海 11 省（自治区、直辖市）海洋渔业生态效率的时空演变特征进行分析，以期为我国提升海洋渔业生态效率水平和实现海洋渔业经济可持续发展提供具有可行性的参考。

1 研究方法和指标数据

1.1 研究方法

在测算决策单元的效率方面，Tone[11]提出的考虑非期望产出的 SBM（Slack-Based Measure）模型直接在目标函数中加入松弛变量，既解决投入产出中的松弛性问题，又解决存在非期望产出时的效率值评价问题[12]。因此，本研究选用基于非期望产出的超效率 SBM 模型，对我国海洋渔业生态效率进行测算。参考相关文献[13-14]，设 ρ^* 为海洋渔业生态效率值，设定 $0.6<\rho^*\leqslant 1$ 为高等效率水平、$0.4<\rho^*\leqslant 0.6$ 为中等效率水平、$0<\rho^*\leqslant 0.4$ 为低等效率水平。

1.2 指标选取和数据来源

运用 SBM 模型计算效率的准确性多依赖于在测算过程中选用的投入和产出指标[15-17]。本研究测算我国第一产业中海洋渔业的生态效率值，选取沿海 11 省（自治区、直辖市）的指标数据。在海洋渔业的投入指标中，参考已有研究成果[18-19]，选用海水养殖面积、国家级水产种质资源保护区（仅包括海水资源保护区）面积和海水鱼苗数量 3 项指标，同时将海洋捕捞渔船功率等资本和劳动力投入也纳

入投入指标。

非期望产出是伴随期望产出而产生的，是对总体目标即生态环境无益和不符合期待的产出。根据《水产养殖业污染源产排污系数手册》[20]，选取各地区海水养殖产量占比约为 80%的主要海产品，依据海水养殖业排污系数测算其养殖过程中氮、磷和化学需氧量 3 种污染物的排放量，以此作为非期望产出，测算生态效率。其中，贝类养殖所产生的氮、磷排污系数为负值，这归因于贝类特殊的生理机能[21]，故在计算贝类养殖排污总量时仅测算化学需氧量的排放量。

综合上述指标的选取，建立我国海洋渔业生态效率测算指标体系（表 1）。

表 1　我国海洋渔业生态效率测算指标体系

指标类型	一级指标	二级指标
投入指标	资源投入	海水养殖面积/hm^2
		国家级水产种质资源保护区面积/hm^2
		海水鱼苗数量/万尾
	资本投入	海洋捕捞渔船功率/kW
		水产技术推广经费/万元
	劳动力投入	传统渔民数量/人
		海洋渔业从业人员数量/人
产出指标	期望产出	海水产品产量/t
		海洋渔业产值/万元
	非期望产出	海水养殖排污总量/t

由于 SBM 模型一般要求决策单元的数量不少于投入和产出指标数量的乘积，同时不少于投入和产出指标数量的 3 倍，本研究采用熵值法对各项二级指标进行加权求和，再用熵值法将投入的一级指标融为投入指标，最终汇总为投入、期望产出和非期望产出 3 项指标数据。所需数据来自 2007—2016 年《中国渔业统计年鉴》《中国海洋统计年鉴》和我国农业农村部发布的相关文件[22]。

2　我国海洋渔业生态效率演变

2.1　海洋渔业生态效率差异

2.1.1　时间差异

利用 DEA 软件，计算基于非期望产出的 2006—2015 年我国沿海地区海洋渔业生态效率的平均值（图 1）。

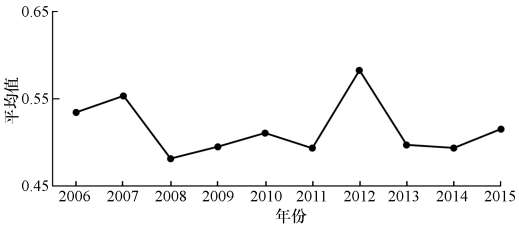


图 1　我国海洋渔业生态效率平均值

由图 1 可以看出，研究期内我国海洋渔业生态效率的平均值在 0.48～0.58 之间波动，处于中等效率水平，且呈现不稳定下降趋势。其中，2006—2007 年呈上升趋势，但在 2008 年降至最低值（0.48），2009—2012 年又呈波动上升趋势，并于 2012 年达到最高值（0.58），之后下降至前一阶段水平。

研究期内我国海洋渔业生态效率平均值 2008 年为最低值，2012 年为最高值。2008 年我国受金融危机滞后性的影响，在相关国家政策的支持下通过拉动内需恢复经济增长活力，但随之而来的资源环境问题逐渐显现，工业废水超标排放和资源过度开发早已超过海洋生态资源环境承载力，传统粗放式的经济发展模式制约海洋渔业的可持续发展；此外，2008 年夏季登陆我国大陆的台风偏多，且登陆期集中、影响范围广，带来的强降雨导致海岸带资源破坏以及沿海地区渔业生产损失严重。

2012 年山东省和浙江省的海洋渔业生态效率值均为 1，即达到完全有效状态。2012 年山东省和浙江省的海洋渔业产值分别为 2011 年的 1.7 倍和 1.5 倍；2012 年山东省增设无棣中国毛虾等 4 处国家级海产种质资源保护区，浙江省增设 1 处国家级海产种质资源保护区，使渔业资源枯竭的趋势得到缓解，同时促进海洋渔业生态环境的改善。

2.1.2　空间差异

依据计算出的我国海洋渔业生态效率值，利用标准差和变异系数计算公式，定量分析我国各沿海地区海洋渔业生态效率的绝对差异和相对差异（图 2）。

由图 2 可以看出：我国海洋渔业生态效率区域间的绝对差异数值较小，而相对差异数值较大，二者变化趋势相同，且均呈波动增长态势，表明区域

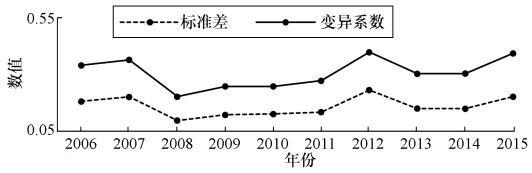


图 2 我国海洋渔业生态效率的标准差和变异系数

发展不平衡，差异日益加剧；其中，2008 年差异最小，2012 年差异最大，2012 年后差异变化趋势较稳定，但 2015 年又呈扩大趋势。

我国海洋渔业生态效率的区域差异不平稳，且呈扩大趋势。究其原因，我国大部分沿海地区受夏季台风登陆影响，海洋渔业受灾严重，其中天津市、福建省和辽宁省因渔业灾情等原因遭受的经济损失巨大，环境破坏严重，从而形成与未受灾地区的效率差异。

2.2 海洋渔业生态效率类型

根据我国沿海地区海洋渔业生态效率值以及“十一五”和“十二五”2 个时期的平均值（表 2），参考已有研究成果[13-14]，将沿海 11 省（自治区、直辖市）的效率水平划分为高效型、中效型和低效型 3 个类型（表 3）。

表 2 考虑非期望产出的我国海洋渔业生态效率

地区	“十一五”时期						“十二五”时期					
	年份					均值	年份					均值
	2006	2007	2008	2009	2010		2011	2012	2013	2014	2015	
福建	0.46	0.66	0.55	0.53	0.56	0.55	0.53	0.69	0.51	0.51	0.51	0.55
广东	0.44	0.54	0.44	0.47	0.44	0.47	0.43	0.38	0.33	0.34	0.35	0.37
广西	0.44	0.63	0.45	0.46	0.49	0.50	0.48	0.55	0.45	0.45	0.46	0.48
海南	0.63	0.74	0.57	0.58	0.60	0.62	0.59	0.70	0.56	0.64	0.65	0.63
河北	0.38	0.42	0.37	0.40	0.44	0.41	0.39	0.48	0.42	0.41	0.42	0.43
江苏	0.38	0.56	0.46	0.36	0.39	0.43	0.35	0.36	0.40	0.38	0.39	0.38
辽宁	0.69	0.21	0.46	0.49	0.49	0.47	0.52	0.55	0.52	0.48	0.38	0.50
山东	0.76	0.56	0.72	0.78	0.77	0.72	0.76	1.00	0.80	0.78	0.78	0.83
上海	0.38	0.41	0.39	0.37	0.36	0.38	0.31	0.31	0.33	0.33	0.32	0.32
天津	0.37	0.35	0.37	0.38	0.38	0.37	0.38	0.39	0.39	0.38	0.39	0.39
浙江	0.94	1.00	0.50	0.63	0.70	0.75	0.68	1.00	0.76	0.73	1.00	0.83

表 3 我国沿海地区海洋渔业生态效率水平

类型	“十一五”时期	“十二五”时期
高效型	浙江、山东、海南	浙江、山东、海南
中效型	福建、广西、辽宁、广东、江苏、河北	福建、辽宁、广西、河北
低效型	上海、天津	天津、江苏、广东、上海

由表 2 和表 3 可以看出：①“十一五”时期，浙江、山东和海南的海洋渔业生态效率平均值均大于 0.6，属于高效型；福建、广西、辽宁、广东、江苏和河北的海洋渔业生态效率平均值均大于 0.4 但小于 0.6，属于中效型；上海和天津的海洋渔业生态效率平均值均小于 0.4，属于低效型。②“十二五”时期，浙江、山东和海南的海洋渔业生态效率平均值均大于 0.6，属于高效型；福建、辽宁、广西和河北的海洋渔业生态效率平均值均大于 0.4 但小于 0.6，属于中效型；天津、江苏、广东和上海的海洋渔业生态效率平均值均小于 0.4，属于低效型。③对比“十一五”和“十二五”2 个时期，广东和江苏从中效型下降至低效型。

（1）高效型地区包括浙江、山东和海南。浙江是我国传统渔业大省，在当地优势资源的基础上，“十一五”期间深入推进生态省建设，扎实开展“811”环境污染整治行动，认真实施资源节约与环

境保护行动计划，且于 2007 年建立多个国家级水产种质资源保护区；山东也是我国传统渔业大省，自 2005 年起实施《山东省渔业资源修复规划》，在全省沿海大范围开展海洋牧场和人工鱼礁建设，并于 2014 年印发并实行《关于推进海上粮仓建设的实施意见》，获得良好的经济效益和生态效益；海南具有得天独厚的地理位置，“十二五”期间实施“绿化宝岛”大行动，积极推进省域“多规合一”工作，划定海南岛生态保护红线，以期改善海洋生态环境，虽然局部环境污染依然存在，但整体处于高效水平。

(2)中效型地区包括福建、广西、辽宁和河北。福建海洋经济基础雄厚，提倡实施资源开发与环境保护并行的理念，但污染物排放强度处于较高水平，海洋生态环境的修复稍滞后于经济的总体发展；广西海洋经济以第一产业为主，且产业结构以资源型为主，排污强度处于较高水平，“十二五”时期确立“生态立区，绿色崛起”战略，积极推进生态文明建设，以期改善海洋生态环境恶化趋势；辽宁具有渤海湾优越的地理区位，但重工业带动经济高速发展也对资源环境产生巨大压力，在调整工业生产方式和推进污染整治工作的同时，“十二五”后期积极推进海洋牧场示范区建设；河北处于渤海湾西部，长期的工业生产活动加之资源禀赋不足，制约海洋生态环境的修复和保护，但其积极推进生态补偿机制，使受损海洋资源和海洋生态功能得到初步恢复。

(3)低效型地区包括上海和天津，江苏和广东由中效型降为低效型。作为直辖市，上海和天津一直是我国重要的沿海枢纽港和综合运输体系中心，第二和第三产业发展突出，而对渔业等第一产业的依赖性较低；同时，由于大型船舶运输频繁、工业废水排放和自然灾害等原因，相关海域受到不同程度的污染，导致海洋渔业生态效率处于低效水平。广东依靠捕捞业和养殖业快速发展海洋渔业经济，同时海洋生态环境遭到相当程度的破坏，随着“河长制”的全面实行和治污行动的严格落实，海洋渔业资源环境有所修复和改善，但前期污染较严重，且渔业经济发展的速度快于资源环境治理的速度，受生态修复滞后性的影响，其生态效率水平呈下降趋势。江苏沿海渔场面积广大，但渔业养殖水域污染严重，海洋生态平衡遭到破坏，尽管已积极开展渔业资源增殖放流与人工鱼礁建设，并加强陆源污染物排海监管，但其近海海域长期处于亚健康状态，恢复周期较长，导致生态效率有所下降。

3　结语

本研究结合地区发展实情，对我国海洋渔业生态效率的时空演变进行分析，得到主要结论：①在考虑非期望产出的背景下，我国海洋渔业生态效率整体处于中等水平且波动式下降，结合效率值的标准差和变异系数，海洋渔业生态效率的区域差异呈现波动增大趋势；②沿海地区海洋渔业生态效率可分为高效型、中效型和低效型 3 个类型，其中浙江、山东和海南属于高效型，福建、广西、辽宁和河北属于中效型，上海和天津属于低效型，江苏和广东由中效型降为低效型。

基于上述结论，建议：高效型地区应与周边地区形成联动机制，产生溢出和带动作用，同时提高渔业技术水平，加强渔业科技创新，进一步推广和转变渔业养殖方式，积极发展种养结合稻田养殖和海洋牧场立体养殖等健康养殖模式；中效型地区应进一步实施生态补偿机制，同时由政府出资引导和鼓励养殖节水减排改造，重点投入支持循环用水等环保设施的升级改造，对养殖水质进行监测，制定废水排放标准并严格落实，调整并相应减少近海过于集中的网箱养殖，根据养殖品种和养殖容量科学布局，加强养殖技术创新；低效型地区应学习先进地区的管理经验和治理模式，根据渔业资源禀赋和生态环境现状，在治理原有污染海域的同时，科学有序地利用渔业资源，加大治理环节的财政投入，保护滩涂生态环境，实施近海养殖水域生态环境修复工程，向深远海拓展养殖空间，形成水域和滩涂资源综合利用与保护的新格局。

为促进我国海洋渔业经济的可持续发展和提升海洋渔业生态效率，沿海地区应在实施海洋资源环境保护的同时，综合考量地区发展实情，培育新型职业渔民，增强渔民的创业能力和就业技能，并大力开展区域协作和经验交流，促进形成互补机制，加强渔业产业分工与高新技术等的良性关系，

从而实现海洋渔业资源最佳生态效益与经济效益的良性循环，进一步推进我国海洋强国建设。

参考文献

[1] 王泽宇，郭萌雨，韩增林.基于集对分析的海洋综合实力评价研究[J].资源科学，2014，36(2)：351－360.

[2] 狄乾斌，韩增林.辽宁省海洋经济可持续发展的演进特征及其系统耦合模式[J].经济地理，2009，29(5)：799－805.

[3] 冯浩，车斌.我国海洋渔业经济增长方式转变及其影响因素研究[J].中国渔业经济，2017，35(6)：74－79.

[4] 孙康，季建文，李丽丹，等.基于非期望产出的中国海洋渔业经济效率评价与时空分异[J].资源科学，2017，39(11)：2040－2051.

[5] 梁盼盼，俞立平.中国渔业经济投入产出绩效分析：基于1999－2010年面板数据的实证[J].科技与管理，2014，16(2)：21－26，43.

[6] 于淑华，于会娟.中国沿海地区渔业产业效率实证研究：基于DEA的Malmquist指数分析[J].中国渔业经济，2012，30(3)：140－146.

[7] TICHAVSKA M，TOVAR B.Environmental cost and eco-efficiency from vessel emissions in Las Palmas Port[J].Transportation Research Part E，2015，83(3)：126－140.

[8] 韩增林，胡伟，钟敬秋，等.基于能值分析的中国海洋生态经济可持续发展评价[J].生态学报，2017，37(8)：2563－2574.

[9] 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.

[10] 郑金花.中国沿海十一省市海洋环境效率测度及其时空特征分析[D].大连：辽宁师范大学，2018.

[11] TONE K.A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J].European Journal of Operational Research，2001，130(3)：498－509.

[12] TONE K.Dealing with undesirable outputs in DEA：a slacks-based measure(SBM) approach[R].GRIPS Research Report Series，2003.

[13] 卢丽文，宋德勇，李小帆.长江经济带城市发展绿色效率研究[J].中国人口·资源与环境，2016，26(6)：35－42.

[14] 郑德凤，郝帅，孙才志，等.中国大陆生态效率时空演化分析及其趋势预测[J].地理研究，2018，37(5)：1034－1046.

[15] 张立新，朱道林，杜挺，等.基于DEA模型的城市建设用地利用效率时空格局演变及驱动因素[J].资源科学，2017，39(3)：418－429.

[16] 彭红松，章锦河，韩娅，等.旅游地生态效率测度的SBM-DEA模型及实证分析[J].生态学报，2017，37(2)：628－638.

[17] 潘丹，应瑞瑶.中国农业生态效率评价方法与实证：基于非期望产出的SBM模型分析[J].生态学报，2013，33(12)：3837－3845.

[18] 官文江，田思泉，朱江峰，等.渔业资源评估模型的研究现状与展望[J].中国水产科学，2013，20(5)：1112－1120.

[19] 陈作志，林昭进，邱永松.基于AHP的南海海域渔业资源可持续利用评价[J].自然资源学报，2010，25(2)：249－257.

[20] 中国水产科学研究院.第一次全国污染源普查水产养殖业污染源产排污系数手册[R].北京：中国水产科学研究院，2010.

[21] 陈一波，宋国宝，赵文星，等.中国海水养殖污染负荷估算[J].海洋环境科学，2016，35(1)：1－6，12.

[22] 中华人民共和国农业农村部.农业部公布国家级水产种质资源保护区名单[EB/OL].(2012－11－29)[2019－05－01].http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/201211/t20121129_3076480.htm.