

# 中国沿海省域海洋科技创新效率 空间格局及空间效应研究

闫实 张鹏

**摘要:**提升海洋科技创新效率对加快建设海洋强国和科技强国具有重要意义。基于2007-2016年数据和省域空间尺度,运用序列DEA超效率SBM模型和空间计量模型的研究显示,中国海洋科技创新效率仍相对较低,沿海省域间海洋科技创新效率存在显著不均衡格局和极化特征,内部差距表现出先降后升的趋势。海洋产业结构升级和区域开放度提升有助于提高本地海洋科技创新效率,海洋教育发展和海洋科技产学研合作具有正溢出效应。因此需要增加海洋经济规模,扩大海洋教育发展水平,推动海洋科技产学研合作,完善海洋科技创新激励机制和跨区域统筹,系统提升中国海洋科技创新效率。

**关键词:**海洋科技;创新效率;空间格局;空间效应

## 一、引言

党的十九大报告明确提出加快海洋强国建设目标,经略海洋、深耕“蓝色国土”是培育经济发展新动能的迫切需要。在科技迅猛发展背景下,推动海洋科技创新和提升海洋科技综合水平是海洋资源勘探、海洋环境保护、海洋产品生产等工作的重要推力,是海洋强国和科技强国建设的重要内容。长期以来“重陆轻海”的发展路径使得中国海洋科技长期处于逆向模仿和集成创新,与发达国家之间存在较大差距,不利于海洋经济发展和权益维护<sup>①</sup>。发展诉求和现实之间的落差迫切需要大力提升海洋科技竞争力。在海洋强国建设进程中,随着海洋创新投入供给制度的日益完善,海洋科技创新效率需要引起更多关注。

针对海洋科技创新问题,近年来学者们重点围绕海洋科技创新绩效评估以及海洋科技与海洋经济协调关系等方面进行深入探究。基于海洋创新环境、创新投入、创新产出和创新绩效等多指标构建的海洋科技创新指数显示,近年来中国沿海各省域海洋科技竞争力有序提升,但各地区间不均衡状况较为突出<sup>②</sup>;沿海省域海洋科技竞争力具有明显地带性和空间分布差异性,海洋经济发展、海洋产业结构和海洋科技人才结构对海洋科技竞争力存在显著影响<sup>③</sup>。在海洋科技与经济关系方面,研究显示沿海省域海洋科技水平提升能够带动海洋产业格局的优化,是海洋经济格局变动的引致因素<sup>④</sup>,但中国海洋经济和海洋科技相互间作用强度并不对称且存在地区差异性,海洋经济发展助推了海洋科

收稿日期:2019-06-12

基金项目:国家自然科学基金面上项目“中国农村后义务教育省际不均衡的形成机制与协调策略研究”(71673109)。

作者简介:闫实,山东财经大学工商管理学院讲师(济南250014;32411150@qq.com);张鹏,济南大学商学院副教授,管理学博士(济南250002;zhangpeng4@126.com)。

① 国家海洋局海洋发展战略研究所课题组:《中国海洋发展报告》,北京:海洋出版社,2007年,第1-10页。

② 杜利楠、栾维新、孙战秀、片峰:《中国沿海省区海洋科技竞争力动态演变测度》,《中国科技论坛》2015年第8期。

③ 刘超、崔旺来:《中国沿海地区海洋科技竞争力评价及影响因素分析》,《科技管理研究》2016年第16期。

④ 王泽宇等:《中国海洋经济重心演变及影响因素》,《经济地理》2017年第5期。

技术进步,海洋科技对海洋经济增长的贡献仍需强化<sup>①②</sup>。

随着海洋科技投入增长,海洋科技创新效率亦被部分研究关注,戴彬等利用随机前沿模型(SFA)以专利申请作为产出项,测度了中国沿海省域海洋科技全要素生产率,结果显示海洋经济后发区域海洋科技全要素生产率存在追赶效应,从业人员科技素养提高、产学研相结合等能有效提升海洋科技绩效<sup>③</sup>;李彬等利用三阶段 DEA 模型研究显示,“十一五”期间中国沿海省域海洋科技创新效率地区差异明显且整体较低,科技投入增加背景下的创新效率成为制约海洋科技短板<sup>④</sup>;谢子远等和鄢波等分别基于 2006-2009 年和 2009-2014 年数据研究均显示,中国海洋科技创新效率存在地区差异,海洋科研机构规模助推效率增长,专业技术人员中研究生比重较低则抑制了海洋科技创新效率<sup>⑤⑥</sup>。

既有针对海洋科技竞争力及创新效率的分析为后续提供了较好启示,对提升中国海洋科技创新效率和海洋科技竞争力具有借鉴意义,但针对海洋科技创新效率测度及影响因素的研究仍存在可突破空间:第一,既有针对海洋科技创新效率测度仍存在指标选取过少、效率值缺少跨期可比性和有效决策单元无法再排序等问题,这会导致效率值测度出现一定程度偏误;第二,缺少对海洋科技创新效率空间格局的系统分析,特别是缺少关于空间极化和聚类分析;三是需进一步明确空间互动状态下中国海洋科技创新效率影响因素的作用机制。鉴于此,本研究则尝试在既有研究基础上测度海洋科技创新效率,进一步明晰中国沿海省域(因数据缺失,不含港澳台)海洋科技创新效率空间格局,并利用空间计量模型测度海洋科技创新效率影响因素的空间效应,以期为提高中国海洋科技创新效率和综合竞争力提供启示。

## 二、研究方法和数据

### (一)海洋科技创新效率测度

创新效率测度多通过前沿生产函数法进行。依据前沿面的确定方法不同,前沿生产函数法又可分为非参数的数据包络分析(DEA)和参数的随机前沿分析(SFA)。与参数方法相比,DEA 能够避免模型误设导致的偏差且能同时处理多个投入产出变量,日渐成为测度效率的主流方法。由于传统的径向、角度 DEA 方法在面对存在投入过度或产出不足,即投入或产出的非零松弛(slack)时,会导致估计偏误,且无法处理多个决策单元均有效情况,在基于松弛测度的效率评价模型(Slack-Based Measure,SBM)和超效率(Super-Efficiency)模型基础上,Tone 整合提出超效率 SBM 模型,同时解决了投入产出松弛和有效决策单元再排序的问题<sup>⑦</sup>。此外,传统 DEA 模型的最佳生产前沿是基于当期决策单元投入产出数据确定,这意味着可能会出现技术退步现象,与“技术不会遗忘”的假定不符,Tulkens 和 Eeckaut 提出的序列 DEA 方法通过引入当期以前各期的投入产出数据确定当期最佳生产前沿<sup>⑧</sup>。本研究借鉴这一思路,构造基于序列 DEA 的超效率 SBM 模型测度海洋科技创新效率,将

① 王艾敏:《海洋科技与海洋经济协调互动机制研究》,《中国软科学》2016 年第 8 期。

② 孙才志、郭可蒙、邹玮:《中国区域海洋经济与海洋科技之间的协同与响应关系研究》,《资源科学》2017 年第 11 期。

③ 戴彬、金刚、韩明芳:《中国沿海地区海洋科技全要素生产率时空格局演变及影响因素》,《地理研究》2015 年第 2 期。

④ 李彬等:《基于三阶段 DEA 模型的我国区域海洋科技创新效率分析》,《海洋经济》2016 年第 2 期。

⑤ 谢子远、鞠芳辉、孙华平:《我国海洋科技创新效率影响因素研究》,《科学管理研究》2012 年第 6 期。

⑥ 鄢波、杜军、冯瑞敏:《沿海省份海洋科技投入产出效率及其影响因素实证研究》,《生态经济》2018 年第 1 期。

⑦ Tone K., “A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 2002, 143(1), pp. 32-41.

⑧ Tulkens H., Eeckaut P. V., “Non-Parametric Efficiency, Progress and Regress Measures for Panel Data: Methodological Aspects”, *European Journal of Operational Research*, 1995, 80(3), pp. 474-499.

松弛测度、技术进步和超效率等因素一并纳入模型。

## (二)空间格局和空间效应分析

本研究通过空间差异、空间极化和空间聚类刻画海洋科技创新效率空间格局。空间差异以变异系数(CV)测度,空间极化以ER指数、EGR指数和LU指数测度,空间聚类基于考察单元样本期内均值将聚类个数范围分别指定为2、3和4个,聚类方法采用Ward法和欧氏距离。空间极化测度中,ER指数要求样本分布在组间和组内分别具有高度的同质性和异质性,并定义了组内认同感和组间疏远感函数;EGR指数则在ER指数基础上放宽组内个体具有完全一致认同感的假设,通过引进误差项形成;由于EGR指数在各区域内观察值存在重叠时无法反映出域内不均衡度,LaVega和Urrutia则进一步提出LU指数。ER指数、EGR指数和LU指数的表达式分别由式(1)-(3)表示,三种指数越大表明观察值极化程度越高,反之亦反。

$$ER = K \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\alpha} p_j |MIE_i - MIE_j| \quad (1)$$

$$EGR = K \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\alpha} p_j |MIE_i - MIE_j| - \beta(G - G(x)) \quad (2)$$

$$LU = K \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\alpha} p_j (1 - G_i)^\beta |MIE_i - MIE_j| \quad (3)$$

式(1)-(3)中,  $p_i$  和  $p_j$  分别表示  $i$  和  $j$  省域海洋经济生产总值占全国比重,  $MIE_i$  和  $MIE_j$  指代  $i$  和  $j$  省域海洋科技创新效率;  $K$  为大于零的常数,可根据数据要求加以选择使指数落入 0-1 之间;  $\alpha$  为 0-1.6 之间的常数,为反映出极化趋势,  $\alpha$  取值需要尽可能大,本研究参照常见做法取值 1.5。EGR 指数中,  $G$  为全域海洋科技创新效率基尼系数,  $G(x)$  为假设组内海洋科技创新效率均等于该组平均水平时的基尼系数(组间差距),  $\beta$  为大于零的敏感性参数。LU 指数中的  $G_i$  为第  $i$  区域的基尼系数。本研究经过调试,参数  $K$  和  $\beta$  分别取值 20 和 0.5。根据沿海省域地理空间特征,本研究将其划分为环渤海(天津、河北、辽宁、山东)、长三角(江苏、上海、浙江)和泛珠三角(福建、广东、广西、海南)三大地区(组)。

探索中国沿海省域海洋科技创新效率的空间效应,实际是对海洋科技创新效率空间互动关系和溢出机制的分析。空间计量模型的兴起推动了经济社会现象空间效应研究深入。常见空间计量模型包括空间滞后模型(SAR)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM),其中,作为 SAR 和 SEM 的一般形式,SDM 更有助于捕捉不同来源所产生的外部性和溢出效应,其表达式为:

$$y_{it} = \delta \sum_{j=1}^n W_{ij} y_{jt} + X_{it} \beta + \sum_{j=1}^n W_{ij} X_{jt} \theta + \mu_i + \lambda_t + c + \epsilon_{it} \quad (4)$$

其中,  $y_{it}$  为空间单元  $i$  在  $t$  时刻的被解释变量值,  $\delta$  为空间滞后回归系数,  $W_{ij}$  为经标准化后的非负空间权重矩阵  $i$  行  $j$  列元素,  $\sum_{j=1}^n W_{ij} y_{jt}$  为被解释变量的空间交互效应,  $X$  为解释变量集合,  $\beta$  和  $\theta$  为参数向量,  $\mu_i$  和  $\lambda_t$  分别表示空间和时间效应,  $c$  和  $\epsilon_{it}$  分别为常数项和误差项。

本研究需要分析空间互动状态下中国沿海省域海洋科技创新效率的空间效应,测度其中的直接效应和空间溢出效应。直接效应是指某地区任意给定解释变量对本地区被解释变量的影响,空间溢出效应指解释变量通过空间交互作用对其他地区(被解释变量)的影响,可从求解偏微分方式得出<sup>①</sup>,

① LeSage P., Pace R. K., *Introduction to Spatial Econometrics*, BocaRaton, US: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009, pp. 45-76.

Elhorst 进一步将该方法扩展至对空间面板数据模型研究<sup>①</sup>。

### (三) 指标选取和数据来源

综合考虑指标代表性和数据可得性,本研究构建“两投入两产出”的海洋科技创新效率测度模型,产出项为海洋科研机构发表科技论文数和立项科技课题数,投入项为海洋科研机构从业人员数和海洋科研机构经费收入存量。经费存量数据通过永续盘存法测算,其中价格指数由消费价格指数和固定资产投资价格指数加权得出,参考朱平芳等针对研发资本的研究<sup>②</sup>,二者权重分别设定为 0.45 和 0.55,折旧率取 15%,基期存量通过基期流量数据除以折旧率和年均增长率之和确定。

借鉴已有学者研究和平行数据可得性,本研究选取的海洋科技创新效率解释变量包括海洋产业结构(MIND)、海洋教育发展水平(MEDU)、对外开放度(OPE)、市场化程度(MAR)、海洋从业人员素养(LIT)、海洋科技人员结构(PST)、海洋科技产学研合作(IUR),依次通过海洋经济第二产业产值占海洋经济生产总值比重、普通高等教育各海洋专业本专科在校生占在校大学生比重、FDI(年均汇率)占 GDP 比重、私营和个体就业人数占年末常住人口数比重、海洋科研机构科技活动人员数占地区涉海就业人员比重、海洋科研机构研究生学历人员相对比重、科技服务课题占海洋科研机构科技课题比重刻画。海洋产业结构升级有助于发挥规模优势,为提升海洋科技创新效率提供市场潜能;海洋教育发展则为海洋科技发展提供了人才基础和智力支持;对外开放和市场化程度的提升能够改善区域营商环境,优化海洋科技创新生态系统;海洋从业人员素养和科技人员结构改善有助于集约化利用科技创新投入资源,发挥知识资本优势,提升海洋科技创新效率;海洋科技产学研水平能够强化创新主体间的有效联接,减少知识创造环节中的交易成本。需要注意的是,空间互动状态下邻近省域海洋科技创新效率及其解释变量有可能通过示范或虹吸效应等对本地海洋科技创新效率产生影响,作用方向和强度需要通过空间计量模型进一步揭示。本研究原始数据均取自《中国统计年鉴》《中国海洋年鉴》《中国海洋统计年鉴》和沿海各省域年度统计公报,个别缺失值通过插值法补齐,相关经济数据均进行了消胀处理。

## 三、中国沿海省域海洋科技创新效率空间格局分析

### (一) 中国沿海省域海洋科技创新效率空间差异

表 1 报告了基于序列 DEA 超效率 SBM 模型测度的 2007-2016 年间沿海各省域海洋科技创新效率计算结果。对比期初和期末值显示大部分省域出现不同程度的下降,究其原因,近年来随着海洋强国建设步伐的加快,海洋科技创新投入端增长迅速,2007-2016 年间各沿海省域累计的海洋科研机构从业人员数保持了年均 7.67% 的增幅,按不变价格计算的海洋科研机构经费收入保持了年均 17.87% 的增幅,但作为产出端的科技论文数和立项科技课题则分别具有 7.66% 和 9.61% 的年均增幅,因此,提升海洋科技综合竞争力需大力提高海洋科技创新投入资源的集约化利用水平,助推海洋科技创新效率增长。基于均值的测算表明,考察年度内中国沿海省域海洋科技创新效率呈现以山东、江苏和广东为高地的格局,因此,推动环渤海(天津、河北、辽宁、山东)、长三角(江苏、上海、浙江)和泛珠三角(福建、广东、广西、海南)三大区域科技创新效率提升有必要发挥高地的带动和引领作用,形成省域间和区域间积极联动发展。

<sup>①</sup> Elhorst J. P., *Spatial Panel Data Models*, in *Handbook of Applied Spatial Analysis*, by Fischer M M. and Getis A. Berlin: Springer. 2010, pp. 377-407.

<sup>②</sup> 朱平芳、徐伟民:《政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响》,《经济研究》2003 年第 6 期。

表 1 沿海省域海洋科技创新效率

省域	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	均值
天津	0.172	0.157	0.213	0.245	0.285	0.320	0.332	0.399	0.305	0.212	0.264
河北	0.648	0.741	0.609	0.727	0.865	0.773	0.615	0.690	0.547	0.436	0.665
辽宁	0.207	0.163	0.195	0.172	0.182	0.191	0.169	0.171	0.159	0.167	0.178
上海	0.361	0.304	0.290	0.354	0.357	0.374	0.292	0.271	0.236	0.261	0.310
江苏	1.444	1.249	1.315	1.191	0.938	0.885	0.830	1.000	0.841	1.086	1.078
浙江	0.354	0.336	0.374	0.285	0.268	0.264	0.287	0.259	0.251	0.257	0.293
福建	0.703	0.771	0.620	0.601	0.566	0.471	0.427	0.413	0.403	0.378	0.535
山东	1.000	1.000	1.000	0.724	1.000	0.711	0.694	1.000	0.578	0.601	0.831
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.818	1.000	1.000	1.000	0.982
广西	0.293	0.411	0.622	0.544	0.483	0.398	0.265	0.135	0.116	0.125	0.339
海南	1.000	0.838	0.713	0.672	0.690	0.624	0.395	0.191	0.269	0.240	0.563

表 2 计算结果显示,考察年度内以变异系数(CV)刻画的沿海省域海洋科技创新效率差距以 2012 年为界表现出先降后升的趋势,考察末期较初期不均衡程度有所上升。环渤海地区海洋科技创新效率内部差距随时间推移表现为有波动的下降;长三角地区内部差距波幅较大;泛珠三角地区海洋科技创新效率则表现出先降后升趋势,末期不均衡程度较初期有所加剧,这与广东在泛珠三角地区海洋科技创新效率极化地位强化有关。考察年度内全域变异均值介于各海洋经济圈之间,不同海洋经济圈之间科技创新效率差距仍是全域内部差距的重要来源。

表 2 海洋科技创新效率变异系数(CV)

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	均值
全域	0.636	0.594	0.569	0.539	0.517	0.491	0.502	0.704	0.667	0.763	0.560
环渤海	0.777	0.822	0.757	0.642	0.702	0.575	0.541	0.636	0.504	0.572	0.647
长三角	0.872	0.852	0.863	0.827	0.698	0.653	0.664	0.832	0.779	0.893	0.800
泛珠三角	0.447	0.329	0.243	0.290	0.331	0.430	0.501	0.910	0.865	0.895	0.447

## (二)中国沿海省域海洋科技创新效率空间极化

表 3 基于三种指数的研究一致显示,中国海洋科技创新效率极化程度在 2007-2016 年间表现出升降交替的波动变化趋势,与 CV 系数刻画的空间差异变化趋势基本吻合。考察期末 2016 年极化指数高于期初 2007 年,即考察期末极化程度较期初有所上升,这种趋势的未来变化也需要进一步关注。中国海洋科技创新差异和极化源自江苏和广东等省域在各自海洋经济圈内的优势地位,动态地看,不同沿海地区会因海洋科技创新效率的差异会形成不同的学习和资源集聚能力,从而存在扩大空间差异的内在推力,因此,优化中国海洋科技创新绩效需要发挥领先区域的溢出和示范效应,形成积极联动和统筹发展格局。

表 3 沿海省域海洋科技创新效率极化指数

年份	ER	EGR	LU
2007	0.445	0.339	0.391
2008	0.626	0.541	0.551
2009	0.462	0.360	0.405
2010	0.579	0.495	0.517
2011	0.561	0.483	0.493
2012	0.538	0.463	0.480
2013	0.354	0.274	0.317
2014	0.401	0.300	0.344
2015	0.571	0.483	0.504
2016	0.542	0.439	0.471

(三)中国沿海省域海洋科技创新效率空间聚类

聚类结果显示,当全部沿海省域被划分为2类时,江苏、山东和广东等高值省域归为一类,其他地区归为另一类,这进一步说明中国三大海洋经济圈内部海洋科技创新效率均具有一定极化特征和相似分离倾向。全部省域被划分为3类时,河北、福建和海南等省域地位彰显,成为3类别下的次高省域。全部省域被划分为4类时,山东从3分类下的高值省域中分化,成为次高省域,天津、辽宁、浙江和广西等省域海洋科技创新效率仍相对较低。从整体分布看,中国沿海省域海洋科技创新效率存在高低相间的空间格局,需进一步实现整体协同发展。

四、中国沿海省域海洋科技创新效率空间效应分析

针对非空间面板的回归分析的LM检验显示省域尺度下中国海洋科技创新效率存在空间自相关性(具体计算过程略),将省域单元视为独立的观测单位有所偏颇。基于空间杜宾模型的估计结果如表4所示,Wald检验和LR检验在1%显著水平下拒绝了原假设,这意味着采取空间杜宾模型较空间滞后模型和空间误差模型更符合数据特征。Hausman检验结果则支持随机效应,特定省域单元海洋科技创新效率不仅受到省域相关解释变量影响,还受到周边省域海洋科技创新效率及其解释变量的作用。其中海洋科技创新效率空间滞后项影响系数为-0.590且通过1%显著水平检验,这进一步证实省域海洋科技创新效率具有相似分离的空间特征。海洋产业结构、海洋教育发展水平、对外开放度、海洋从业人员素养、海洋科技人员结构、海洋科技产学研合作的本地效应通过至少5%显著水平检验,其中海洋教育发展水平、海洋从业人员素养和海洋科技产学研合作存在负向影响;海洋教育发展水平和海洋科技产学研合作空间滞后项在至少10%水平下显著为正。由于被解释变量的空间滞后项系数不为零,因此解释变量对被解释变量的空间溢出效应不能直接使用回归系数度量。表5进一步给出了解释变量对被解释变量的直接效应、间接(溢出)效应和总效应。

表4 空间杜宾模型估计结果

变量	随机效应		空间固定效应		时间固定效应	
	估计值	T值	估计值	T值	估计值	T值
OIND	0.722**	2.397	-0.636*	-1.733	1.217***	2.736
OEDU	-0.559***	-5.304	-0.006	-0.054	-0.886***	-5.121
OPE	0.281**	2.548	-0.017	-0.228	0.329**	2.135
MAR	-0.069	-0.387	-0.712***	-3.874	0.104	0.463
LIT	-0.348***	-3.221	-0.086	-0.621	-0.439***	-2.770
PST	0.777***	4.862	-0.302**	-2.516	1.120***	4.733
IUR	-0.231***	-2.653	0.103**	2.010	-0.237**	-2.209
W* OIND	1.343	1.130	-1.051	-0.944	4.142*	1.868
W* OEDU	0.918***	4.924	0.719***	3.600	-1.181	-1.375
W* OPE	-0.316	-0.874	-0.475**	-2.019	0.556	0.855
W* MAR	0.215	0.369	0.497	0.857	0.204	0.264
W* LIT	-0.667	-1.632	-1.772***	-3.288	-1.261*	-1.670
W* PST	-0.696	-1.618	0.141	0.633	1.173	1.009
W* IUR	0.545*	1.822	0.091	0.620	0.350	0.722
δ	-0.590***	-2.895	-0.088	-0.499	-0.635***	-3.002

注: \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%和1%水平下具有统计显著性。下同。

表 5 直接效应、间接效应和总效应

变量	直接效应		间接效应		总效应	
	系数	T 值	系数	T 值	系数	T 值
<i>OIND</i>	0.648**	2.375	0.627	0.782	1.276	1.476
<i>OEDU</i>	-0.646***	-6.045	0.872***	5.976	0.226*	1.818
<i>OPE</i>	0.315***	3.071	-0.324	-1.362	-0.009	-0.033
<i>MAR</i>	-0.082	-0.408	0.170	0.382	0.087	0.251
<i>LIT</i>	-0.308***	-2.965	-0.308	-1.135	-0.616**	-2.133
<i>PST</i>	0.867***	4.965	-0.831***	-2.664	0.036	0.119
<i>IUR</i>	-0.286***	-3.363	0.476**	2.379	0.191	0.884

如表 5 所示,在控制其他因素后,海洋产业结构对海洋科技创新效率的直接效应在 5%水平下显著为正,间接效应不显著。海洋产业结构升级有助于扩充提升海洋科技创新的应用前景,为集约化利用海洋科技创新资源提供潜能,此外,海洋产业结构升级还有助于发挥创新投入资源的规模效应,通过“干中学”和“学中学”等方式扩大智力资本对海洋科技产出的贡献份额,从而提升海洋科技创新效率。海洋经济规模的创新效率促进效应现阶段并未表现出区域溢出特征,对邻近区域的示范作用需要进一步释放。海洋教育发展水平的直接效应显著为负,间接效应和总效应则为正,现阶段中国海洋教育规模仍相对较小,对海洋科技创新效率的支撑作用有待强化,从加快建设海洋强国诉求出发,有必要适当扩大海洋各专业招生规模,为海洋经济科技发展储备人才基础。开放度对海洋科技创新效率的直接效应显著为正,间接效应则不显著,特定区域开放度提升有助于在更大空间范围内整合市场创新资源,提升海洋科技创新效率,但特定区域开放度在产生示范作用时也会对周边区域产生资源虹吸。市场化程度的直接效应和间接效应均不显著,沿海省域营商环境建设与海洋科技创新效率间的响应机制有待完善。海洋从业人员素养和海洋科技产学研合作的直接效应为负,涉海就业人员中科技活动人员比重和产学研合作强度上升有助于集约化利用海洋科技创新资源,扩大知识资本对科技产出的贡献份额,但现阶段中国涉海就业人员中科技活动人员比重和产学研合作强度仍相对较低,一定程度上对海洋科技创新效率形成了下行压力。以研究生比重刻画的海洋科技人员结构对海洋科技创新效率的直接效应显著为正,间接效应显著为负,扩大涉海专业研究生招生规模,充实海洋科技高层次研究人才队伍是提升海洋科技创新效率的重要方式。

## 五、结论

提升海洋科技创新效率对中国科技进步和加快建设海洋强国都具有重要意义。基于 2007-2016 年沿海各省域数据研究显示,与高速增长海洋科技创新投入相比,中国海洋科技创新效率仍相对较低。省域间海洋科技创新效率存在显著不均衡格局,江苏、山东和广东等省域海洋科技创新效率居前。沿海省域内部差距以 2012 年为界表现出先降后升的趋势,环渤海、长三角和泛珠三角海洋经济圈内部差距变化则存在异质性。海洋科技极化程度表现出升降交替的波动变化趋势,空间聚类显示省域海洋科技创新效率具有相似分离的空间特征,海洋产业结构升级和区域开放度提升有助于提高本地海洋科技创新效率,海洋教育和海洋从业人员素养现状对本地海洋科技创新效率存在不利影响,海洋教育发展和海洋科技产学研合作则具有正溢出效应。

基于本研究结论,优化海洋科技创新空间结构和提升海洋科技创新效率可从以下几方面综合推进:一是持续扩大沿海省域海洋经济规模,推动海洋产业结构优化升级。产业结构升级能够为海洋科技创新效率提升提供产业和市场支持,为此,需要以经济发展新动能引领,开发海洋经济潜能,大力发展海洋二、三产业,扩大创新要素对海洋经济增长贡献份额,实现创新要素和市场之间的有效联接。

二是适度扩大海洋教育发展水平。海洋教育特别是高层次海洋教育发展有助于充实海洋科技发展的人才和智力基础,现阶段中国高校海洋专业在校生比重与海洋经济相对规模并不匹配。因此,需根据区域海洋经济发展需要,扩大海洋高等教育规模,优化海洋高层次教育空间格局,依据国家发展战略需求和地区实际动态调整教学内容,推动海洋教育、科技创新和海洋经济增长之间衔接,并通过海洋教育空间格局优化提升滞后区域海洋科技创新能力和创新效率。三是构建海洋科技人才高地,完善海洋科技创新激励机制。海洋科技人才提升海洋科技创新能力的核心因素,一方面需要加大对继续海洋科技人才的培养和引进,通过工作学习和生活环境的完善系统推进海洋人才高地建设,另一方面,构建以增加知识价值为导向的分配政策,加快科技成果使用处置收益权改革,激发海洋科技从业人员创造力。四是深入推动海洋科技产学研合作,降低要素流动成本,完善跨区域海洋产学研合作机制,鼓励海洋基础科学研究领先区域通过产学研合作带动周边区域发展,进一步推动有助于海洋知识技术共享的基础设施建设,共同推动海洋科技发展关键技术创新。五是推进海洋科技创新的跨区域统筹机制,因地制宜推进海洋科技创新效率滞后区域发展,推动海洋科技生产要素跨区域流动,建设跨区域海洋科技创新平台和海洋科技创新协作网络,强化市场在海洋科技资源配置中的基础性作用和政府的引导机制,推动海洋科技创新效率高地发挥积极溢出效应。

## Spatial Patterns and Effects of Marine Science and Technology Innovation Efficiency in China's Coastal Provinces

Yan Shi Zhang Peng

(Business Administration School, Shandong University of Finance and Economics,

Jinan 250014, P. R. China;

Business School, Jinan University, Jinan 250002, P. R. China)

**Abstract:** Improving the efficiency of marine science and technology innovation is of great significance for accelerating the construction of powerful marine country and scientific and technological country. Based on the data of 2007-2016 and the provincial spatial scale, by sequential DEA-based super-efficiency SBM model and spatial econometric model the paper shows that the efficiency of marine science and technology innovation in China is still relatively low. There is a significant imbalance and characteristics of polarization among provincial marine science and technology innovation efficiency. The internal gap shows a trend of decreasing first and then rising. The upgrading of marine industrial structure and regional openness will help to improve the efficiency of local marine science and technology innovation, while the development of marine education and the cooperation of Industry-University-Research of marine science and technology have positive spillover effects. Therefore, to systematically improve the efficiency of marine science and technology innovation in China should increase the scale of marine economy, expand the development level of marine education, promote the cooperation of marine science and technology research, improve the incentive mechanism and cross-regional coordination of marine science and technology innovation.

**Keywords:** Marine science and technology; Innovation efficiency; Spatial pattern; Spatial effect

[责任编辑:郝云飞]