

# 环福州都市圈海洋经济高质量发展的空间溢出效应及影响机制研究

吴佳滢, 应鑫琳, 巫妍卉  
福建江夏学院 金融学院, 福建 福州 350108  
DOI:10.61369/ASDS.12168

**摘要：** 论文探讨了福州都市圈科技创新与产业结构升级对海洋经济高质量发展的空间效应及影响机制。通过超效率 SBM 模型，测算 2012—2022 年的科技创新效率，基于五大发展理念，运用粗糙集理论构建高质量发展指标体系，采用 AHP—熵值法测算同期高质量发展指数。同时建立以科技创新效率为核心解释变量、产业结构升级为中介变量的空间面板计量模型，检验其对海洋经济高质量发展的影响路径及机制，从而提出具体的发展策略和政策建议。

**关键词：** 科技创新效率；空间面板计量模型；高质量发展；海洋经济

## Research on the Spatial Spillover Effects and Impact Mechanisms of High-Quality Development in Fuzhou Metropolitan Area

Wu Jiaying, Ying Xinlin, Wu Yanhui  
College of Finance, Fujian Jiang Xia University, Fuzhou, Fujian 350108

**Abstract:** This paper explores the spatial effects and influencing mechanisms of scientific and technological innovation (STI) and industrial structure upgrading on the high-quality development of marine economy in the Fuzhou Metropolitan Circle. The super-efficiency SBM model is used to measure the STI efficiency from 2012 to 2022. Based on the “Five Development Concepts,” a high-quality development index system for the marine economy is constructed using rough set theory, and the AHP—entropy method is employed to calculate the high-quality development index for the same period. A spatial panel econometric model is established, with STI efficiency as the core explanatory variable and industrial structure upgrading as the mediating variable, to examine the impact pathways and mechanisms on the high-quality development of marine economy. Specific development strategies and policy recommendations are then proposed based on the findings.

**Keywords:** scientific and technological innovation efficiency; spatial panel econometric model; high-quality development; marine economy

## 引言

自 2019 年国家发改委发布《关于培育发展现代化都市圈的指导意见》以来，都市圈建设呈现快速发展态势。福州都市圈是继南京都市圈之后设立的第二个国家级都市圈，是闽东北协同发展区的核心引擎。在全球经济格局深度调整、国内经济发展进入新阶段的当下，高质量发展已成为时代发展的核心诉求与必然趋势。从国际来看，随着资源与环境约束日益趋紧，各国纷纷探索可持续的经济发展路径，力求在生态环境保护与经济增长之间达成平衡，在此过程中，经济高质量发展的内涵不断丰富与深化，涵盖了创新驱动、绿色发展、协调共进等多元维度。环福州都市圈拥有丰富的海洋资源，深入研究其海洋经济高质量发展，不仅能助力该区域充分挖掘海洋经济潜力，优化海洋产业结构，推动传统海洋产业转型升级，培育新兴海洋产业，提高海洋经济的创新能力和竞争力，还能为实现区域经济可持续发展提供有力支撑，促进生态环境保护与海洋经济发展的良性互动。在此宏观背景下，环福州都市圈海洋经济高质量发展的研究具有重要意义。

在经济高质量发展研究领域，学者们展开了多维度的深入探索。王利军和陈梦冬运用 CRITIC—TOPSIS 法，选取 34 个指标构建评价体系，对 2008—2019 年中国 31 省份经济高质量发展水平进行测算<sup>[1]</sup>；陈明华等构建指标体系测度 2006—2019 年中部地区高质量发展水

基金信息：2024 年省级大学生创新创业训练计划项目《科技创新对都市圈海洋经济高质量的空间溢出效应及影响机制研究——基于产业结构升级中介效应模型》(S202413763053)

作者简介：

吴佳滢（2004—），女，本科生，研究方向：应用统计；

应鑫琳（2003—），女，本科生，研究方向：应用统计。

平<sup>[2]</sup>；蔡超岳和唐健雄基于复合生态系统理论构建评价体系，结合多种模型考察2004–2019年全国284个地级及以上城市高质量发展水平<sup>[3]</sup>；Tian构建27个指标评价京津冀地区城市高质量发展水平<sup>[4]</sup>。随着可持续发展目标的推进，生态与经济耦合关系成为重要研究方。伍博炜等构建指标体系，运用耦合协调度模型等探讨2005–2020年福建省生态环境与高质量发展耦合关系<sup>[5]</sup>；师博和范丹娜构建耦合协调模型，探索2004–2018年黄河西北地区城市经济与环境系统耦合协调度<sup>[6]</sup>；Cheng以贵州为案例，利用耦合协调度模型评估生态保护和高质量发展空间分布<sup>[7]</sup>；Li采用信息熵法等探讨中国30省份2005–2020年资源环境承载力与高质量发展耦合协调关系<sup>[8]</sup>。张茜和俞颖利用熵值法构建城市经济高质量发展指数，基于空间计量模型探究绿色金融对城市高质量发展的影响<sup>[9]</sup>，叶亚飞测度经济高质量发展并分析金融与科技赋能机制<sup>[10]</sup>，林木西和肖宇博构建理论框架检验绿色金融对经济高质量发展的影响效应<sup>[11]</sup>，管红波和李盼盼测度沿海省市数字经济与海洋经济高质量发展水平并分析其关系<sup>[12]</sup>，Yin探讨异质性环境法规及数字金融对高质量经济发展的影响<sup>[13]</sup>。这些丰富且多元的研究成果，为环福州都市圈海洋经济高质量发展研究筑牢了坚实的理论根基，提供了极具价值的方法借鉴。

综上所述，学术界对区域高质量发展进行了相关研究，但现有研究不足之处主要表现在以下三方面：一是在研究视角上，现有研究主要聚焦于科技创新与经济高质量发展耦合协调机理方面，关于科技创新、产业结构升级对高质量发展影响机制研究较少；二是在研究范畴上，现有文献主要集中在流域、城市群、省域高质量发展研究，而关于都市圈高质量发展研究较少；三是在研究内容上，对都市圈高质量发展的区域差距及其来源研究较少。本文运用非期望超效率SBM模型测算福州都市圈海洋经济科技创新效率，并考虑海洋产业结构升级中介效应，运用空间计量模型揭示区域科技创新和高质量发展交互效应，以期为加快提升区域科技创新效率，实现福州都市圈海洋经济高质量发展提供差异化的战略支撑。为此，本文贡献主要体现在以下三个方面：一是超效率SBM模型测度了科技创新效率，二是用熵值法测度海洋经济高质量发展得分，三是基于空间面板杜宾模型，探讨科技创新与产业结构升级对海洋经济高质量发展的影响。

## 一、研究区域概况

以“环福州都市圈科技创新效率和高质量发展水平”为研究对象，揭示科技创新、产业结构升级对海洋经济高质量发展的空间效应及影响机制。福州都市圈覆盖福州、莆田两市全域，宁德蕉城区、福安市、霞浦县、古田县、南平市延平区和建阳区、建瓯市部分地区，以及平潭综合实验区，是国家发展改革委员会批复的5大都市圈之一。为此，我们选择福州、莆田、宁德和南平四个城市为研究区域。

## 二、数据来源与研究方法

### （一）数据来源

本文数据来源于2013—2023年的《中国城市统计年鉴》《中国海洋经济统计公报》和福建省各地市统计年鉴等。

### （二）研究方法

#### 1. 超效率SBM模型

在DEA理论框架下，选取R&D人员全时当量，R&D经费内部支出和研究与试验发展(RD)经费为投入指标，科技论文发表篇数、有效发明专利数为产出指标，并考虑非期望产出（碳排放等），构建超效率SBM模型，测度福州都市圈2012年—2021年科技创新效率。

超效率SBM模型见式1<sup>[14]</sup>：

$$\theta^* = \min_{\lambda, s^-, s^+} \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}^t}}{1 - \frac{1}{q+h} \left( \sum_{r=1}^q \frac{s_r^+}{y_{ro}^t} + \sum_{k=1}^h \frac{s_k^-}{b_{ko}^t} \right)}$$

$$\text{s.t. } x_{io}^t \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j^t x_{ij}^t - s_i^- \quad i=1, 2, \dots, m;$$

$$y_{ro}^t \leq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j^t x_{rj}^t + s_r^+ \quad r=1, 2, \dots, q;$$

$$b_{ko}^t \geq \sum_{t=1}^T \sum_{j=1, j \neq o}^n \lambda_j^t x_{kj}^t - s_k^- \quad k=1, 2, \dots, h;$$

$$\lambda_j^t \geq 0 (\forall j), s_i^- \geq 0 (\forall i), s_r^+ \geq 0 (\forall r), s_k^- \geq 0 (\forall k)$$

(1)

#### 2. 熵值法模型

采用熵值法测度海洋经济高质量发展，利用SPSS线性插值法补全缺失数据，整理计算得到福州市、莆田市、宁德市和南平市等四个地市7项海洋经济指标的数值，计算四个城市的海洋经济指标综合权重得分包括以下七个步骤<sup>[15],p.5]</sup>。

第一步：无量纲处理

$$X_{ij}'' = \frac{X_{ij} - \min\{X\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$X_{ij}'' = \frac{\max\{X_j\} - X_{ij}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

第二步：指标平移

$$X'_{ij} = X''_{ij} + 1 \quad (4)$$

第三步：数据归一化处理

$$Y_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (5)$$

第四步：计算相对信息熵

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij}), \text{ 令 } k = \frac{1}{\ln m}, 0 \leq e_j \leq 1 \quad (6)$$

第五步：计算相对信息熵的冗余度

$$d_j = 1 - e_j \quad (7)$$

第六步：计算权重

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (8)$$

第七步：计算综合评价得分

$$S_i = \sum w_j \times Y'_{ij} \quad (9)$$

### 3. 空间面板计量模型

首先进行数据处理，利用地区位置相关数据构造了地区之间的空间地理权重矩阵，使用经纬度数据生成0-1邻接矩阵，该矩阵体现了不同城市间的空间关系。福州市与莆田市、宁德市和南平市之间存在直接的空间联系，赋其值为1，而莆田市仅与福州市和南平市有直接联系。将空间权重矩阵经过行标准化处理后，后续利用与空间面板杜宾模型分析。0-1邻接矩阵结果见表1。

表1 空间权重矩阵

	福州市	莆田市	宁德市	南平市
福州市	0	1	1	1
莆田市	1	0	0	0
宁德市	1	0	0	1
南平市	1	0	1	0

空间权重矩阵中由邻近关系决定的要素通常按以下方式定义<sup>[16]</sup>：

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } i, j \text{ 是相邻} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

空间杜宾模型的一般表达式为<sup>[17]</sup>：

$$Y_{ij} = \rho W y_{it} + X_{it} \beta + W X_{it} \theta + \mu_i + \lambda_t + \mu_{it} \quad (11)$$

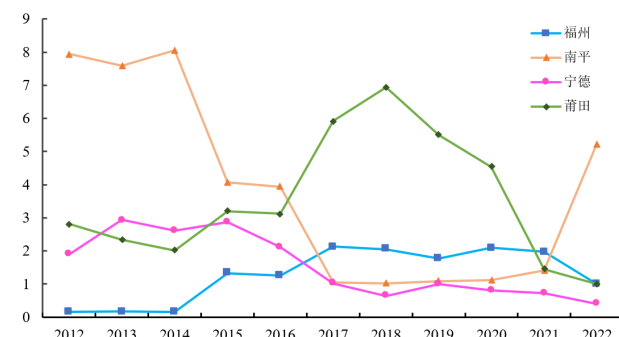
$Y$ 为第*i*个城市在*t*年的海洋经济高质量发展指数； $x_{it}$ 包含科技创新效率、产业结构升级等解释变量； $W$ 是基于经纬度数据生成的权重矩阵； $\mu_i$ 是个体固定效应； $\lambda_t$ 是时间固定效应。

## 三、超效率SBM模型测度科技创新效率

### (一) 科技创新效率测度得分分析

根据图1可得：在大部分年份里，南平市的得分数值相对较高且较为稳定，处于领先地位。这表明南平市在科技创新效率方面一直有着较好的表现，可能是由于其在R&D投入、科研管理或者产业结构等方面存在优势，使得投入转化为有效产出的效率较高。莆田市从2017年开始有明显的提升，并且在2018年达到一个较高值。这可能暗示莆田市在2017年左右采取了一系列促进科技创新的政策或者加大了科研投入，从而使得科技创新效率得到显著提高。福州市在2012—2016年较低，之后有所上升。前期较低

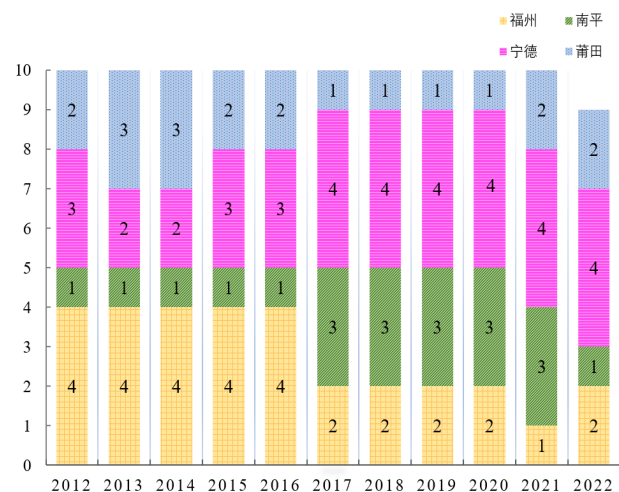
可能意味着福州市在科技创新的某些环节存在问题，如科研资源配置不合理、产学研合作不紧密等。后期的上升说明其可能采取了改进措施并取得了一定成效。宁德市波动较大，说明其科技创新效率不稳定。可能是受到外部市场环境、政策变化或者自身科研项目进展的影响。



> 图1 四地不同年份得分

### (二) 科技创新效率测度排名分析

从稳定性来看，南平市在2012—2021年大部分时间排名第1，说明其在科技创新效率排名上具有很强的稳定性，保持领先优势。福州市在2012—2016年基本排名第4，之后排名有所提升，反映出其科技创新能力逐渐增强，在地区竞争中的地位有所改善。每年各地区的排名变化直观地展示了地区间科技创新效率的动态竞争关系。例如，莆田市在2017—2020年排名靠前，显示出其在这几年间科技创新效率提升迅速，超越了其他部分地区。结果见图2。



> 图2 四地不同年份排名

综上，基于科技创新效率得分和排名，围绕投入与产出指标，得出南平市在多数年份排名为第1，得分值也相对较高，表明在选取的投入指标（R&D人员全时当量、R&D经费内部支出和研究与试验发展经费）下，其在科技论文发表篇数、有效发明专利数等产出指标方面，可能有着较好的转化效率，并且在应对非期望产出（如碳排放等）方面可能也有一定优势。这或许得益于南平市在科技创新资源配置上较为合理，或者有着独特的产业结构，利于科技创新产出。莆田市在2017—2020年期间排名多处于前列，得分也较高，说明这段时间其科技创新效率提升显著。可能是在此期间加大了投入力度，并且在投入转化为产出的过程

中表现出色。福州市在2012—2016年排名多为4，得分较低，而2017年后有所提升。前期较低的效率可能是投入产出转化机制不够完善，或者在非期望产出的处理上存在问题。后期的提升可能是调整了科技创新策略，优化了资源配置。宁德市波动相对较大，说明其科技创新效率不太稳定。可能是受产业发展波动、科研项目成果不确定性等因素影响。

四、熵值法测度海洋经济高质量发展

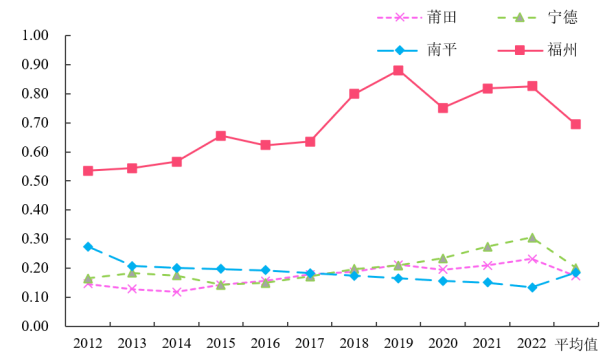
为了更好反映熵值法测算海洋经济高质量发展测度，设置了经济增长与效益、生产能力与资源应用、综合发展动力和规模以上三个系统层指标。其中选取渔业总产值、渔业增加值等两个指标衡量经济增长与效益；选取海水产品产量、海水养殖产量和海水养殖面积等三个指标衡量生产能力与资源应用，反映了海洋渔业在产品供给方面的能力和水平和海洋空间资源在渔业养殖方面的利用规模，通过与其他生产指标结合，可以分析资源利用效率与经济产出的关系，体现海洋经济发展的可持续性；最后，选取海洋生产总值、海洋经济项目建设数等两个指标衡量综合发展动力和规模，反映了海洋经济领域的创新和投资活力，涵盖了海洋产业的各个方面，是衡量海洋经济整体发展规模和实力的核心指标，能从宏观层面反映海洋经济高质量发展的总体水平。（见表2）

表 2 海洋经济高质量发展指标体系

系统层	指标层	指标解释	二级权重系数 w	属性
经济增长与效益	渔业增加值	渔业生产活动新增价值	24.47%	正向
	渔业总产值	衡量渔业经济发展基础	15.59%	正向
	海水产品产量	海洋捕捞的水产总量	12.13%	正向
生产能力与资源应用	海水养殖面积	海洋空间资源的利用规模	6.18%	正向
	海水养殖产量	衡量渔业生产能力水平	10.53%	正向
综合发展动力和规模	海洋生产总值	海洋产业各方面总值	13.17%	正向
	海洋经济项目建设数	海洋经济发展项目驱动力量	17.93%	正向

从图3地区来看，福州得分远高于其他地区，2012—2022年期间得分从0.54增长到0.83，在各年份均居首位，表明福州在海洋经济高质量发展方面优势明显，发展态势良好。莆田：得分处于中间水平，2012—2022年期间在0.12—0.27间波动，整体发展相对平稳。宁德：得分较低，2012—2022年期间在0.15—0.21间波动，且增长幅度较小，海洋经济高质量发展程度相对较弱。南平：得分在各年份也较低，2012—2022年期间在0.27—0.37间波动，虽有一定增长但幅度不大，综合表现欠佳。从整体上看各地区得分总体呈上升趋势，反映出这些地区在海洋经济高质量发展方面均有一定程度的进步。福州在2019年达到得分峰值0.88，宁德在2015年得分最低为0.14，南平在2012年得分最低为0.28，莆田在2012年得分最低为0.12。这些极值反映了各地区

在特定年份的发展状况。与平均值对比，图中明显呈现出福州多数年份得分高于平均值，宁德、南平、莆田多数年份得分低于平均值，说明福州的发展水平在平均之上，其他三地区在平均水平之下。



> 图 3 四地各年份熵值法得分

五、空间面板计量模型

（一）变量选择

本研究基于空间面板杜宾模型，探讨科技创新与产业结构升级对海洋经济高质量发展的影响。选取科技创新效率为核心解释变量，产业结构整体升级为中介变量，地区生产总值、科技财政支出为控制变量。

表 3 主要变量说明

类型	变量	缩写
因变量	经济高质量发展指数	QDI
中介变量	产业结构整体升级	ISA
	地区生产总值	GRP
	科学财政支出	SFE
控制变量	教育支出财政支出	FSE
	科技创新效率	Score
	人口密度	pd

（二）模型选择

利用 Hausman 检验判断模型建立应使用固定效应（FE）模型还是随机效应（RE）模型。Hausman 检验的原假设是适合建立随机效应模型，即个体效应与解释变量不相关；备择假设是适合建立固定效应模型，即个体效应与解释变量相关。

Hausman 检验的统计量  $\chi^2$  值为 -7.44，P 值为 1。由于 P 值为 1，远大于显著性水平为常用的数值（0.05），没有足够的理由拒绝原假设，因此，根据 Hausman 检验的结果，应选择随机效应模型作为后续建模的基础。结果见表 4。

表 4 Hausman 检验结果

检验统计量 $\chi^2$ 值	自由度	P 值	检验结论
-7.44	9	1	RE 模型

（三）随机效应模型建立

在随机效应模型中，核心解释变量——科技创新效率的回归系数为 0.013，Z 值为 3.582，P 值 < 0.01。这表明科技创新效率对



经济高质量发展指数有着极为显著的正向影响。

地区生产总值的回归系数为0.273，其Z值为6.377，P值<0.01，强有力地显示出对经济高质量发展指数具有显著的正向促进作用。产业结构整体升级和科学财政支出的回归系数分别为0.147和2.306，这清晰地说明两者对经济高质量发展具备积极的推动作用，在实际经济运行中这些因素均扮演着关键角色。

关于空间溢出效应，科技创新效率的空间滞后变量 W(Score) 的Z值为2.24，P值为0.025，显示出科技创新的空间溢出效应对邻近地区的经济发展有着较为明显的积极促进作用。

模型拟合度方面，伪  $R^2$  为0.782，空间伪  $R^2$  也为0.782，这一高数值显示该模型具备卓越的解释力。信息准则指标如 AIC 值为 -143.522 和 Schwarz 准则值为 -125.68，进一步充分证明了随机效应模型具有出色的拟合性和明显的优越性。

同时，在空间面板杜宾模型的空间效应分析中，对于科技创新效率，其直接效应为0.013，间接效应为0.011，总效应为0.024。这明确表明科技创新效率不仅直接且有力地影响本地区的经济高质量发展指数，还通过显著的空间溢出效应对周边地区产生积极正面的影响。见表5。

表 5 原模型空间面板杜宾模型分析结果

RE 模型时	回归系数 Coef	标准误 Std. Err	Z 值	P 值	95%CI	直接效应 ADI	间接效应 AII	总效应 ATI
常数	-1.592	0.452	-3.522	0.000**	-2.478--0.706			
Score	0.013	0.004	3.582	0.000**	0.006-0.020	0.013	0.011	0.024
ISA	0.147	0.074	1.986	0.047*	0.002-0.292	0.147	0.063	0.209
GRP	0.273	0.043	6.377	0.000**	0.189-0.357	0.274	-0.103	0.171
SFE	2.306	0.935	2.467	0.014*	0.474-4.137	2.314	-1.704	0.61
W(Score)	0.011	0.005	2.24	0.025*	0.001-0.021			
W(ISA)	0.064	0.078	0.825	0.41	-0.088-0.216			
W(GRP)	-0.101	0.057	-1.771	0.077	-0.213-0.011			
W(SFE)	-1.691	1.584	-1.068	0.286	-4.795-1.413			
Wy(QDI)	-0.008	0.146	-0.052	0.959	-0.293-0.278			
样本量 n		44						
伪 $R^2$		0.782						
空间伪 $R^2$		0.782						
llf 值		81.761						
AIC 值		-143.522						
Schwarz 准则值		-125.68						

综合来看，科技创新效率是提升经济高质量发展的关键因素，且其空间溢出效应有助于邻近地区的经济发展。因此，在制定促进海洋经济高质量发展的政策时，应重点关注提高科技创新能力和优化资源配置，以充分发挥科技创新的直接与间接效应。

（四）稳健性检验

为了验证模型结果的稳健性，采用将控制变量“科学财政支出”替换为“教育支出财政支出”，“地区生产总值”替换为“人口密度”的方法，并观察主要变量的显著性和方向是否保持一致。在替换控制变量后的模型中，科技创新效率对经济高质量发

展的影响依然显著且稳健。

具体来看，在随机效应模型中，科技创新效率的回归系数为0.006，Z值为1.568，P值为0.117，表明其对经济高质量发展有着正向的影响。此外，科技创新效率的空间滞后变量 W(score) 的回归系数为0.001，Z值为0.405，也体现出一定的间接效应趋势，进一步为科技创新对经济高质量发展的积极促进作用提供了支撑。伪  $R^2$  为0.814，空间伪  $R^2$  为0.812，说明模型具备很高的解释力，能够很好地反映各因素与经济高质量发展之间的内在联系。（见表6）

表 6 修改控制变量后空间面板杜宾模型分析结果

RE 模型时	回归系数 Coef	标准误 Std. Err	Z 值	P 值	95%CI	直接效应 ADI	间接效应 AII	总效应 ATI
常数	-0.644	0.477	-1.351	0.177	-1.578-0.290			
ISA	0.069	0.077	0.896	0.37	-0.082-0.221	0.081	-0.136	0.055
Score	0.006	0.004	1.568	0.117	-0.001-0.013	0.006	0.001	0.007

FSE	1.027	0.412	2.494	0.013*	0.220–1.835	1.074	–0.52	0.554
pd	0.002	0	5.363	0.000**	0.001–0.003	0.002	0	0.002
W(ISA)	–0.131	0.06	–2.186	0.029*	–0.249–0.014			
W(Score)	0.001	0.004	0.405	0.685	–0.006–0.009			
W(FSE)	–0.403	0.458	–0.879	0.379	–1.301–0.495			
W(pd)	0	0.001	0.305	0.76	0.001–0.002			
Wy(QDI)	–0.128	0.143	–0.898	0.369	0.408–0.151			
样本量 n			44					
伪 R <sup>2</sup>			0.814					
空间伪 R <sup>2</sup>			0.812					
llf 值			92.028					
AIC 值			–164.056					
Schwarz 准则值			–146.214					

总体而言，即使在控制变量发生变化的情况下，科技创新效率依然是推动经济高质量发展的关键因素。其直接影响和空间溢出效应均对经济高质量发展有显著的积极贡献，这进一步强化了提高科技创新能力在促进海洋经济高质量发展中的重要性。

通过对原模型和新模型的对比分析，可以得出结论：原模型具有良好的稳健性。无论是产业结构整体升级还是科技创新效率等主要变量，在两种不同的模型设定下，其显著性和影响方向基本保持一致。特别是科技创新效率，其回归系数和显著性水平在两种模型中均表现稳定，表明该变量对经济高质量发展的显著正向影响是可靠的。此外，伪 R<sup>2</sup> 和空间伪 R<sup>2</sup> 的高值进一步证实了模型的解释力和稳定性。这些结果表明，原模型不仅能够有效捕捉各变量之间的关系，而且在不同控制变量设置下依然表现出较强的稳健性，为政策制定提供了有力的支持。

六、结论与建议

（一）结论

1. 科技创新效率：南平市在科技创新效率方面表现最为突出，其得分较高且稳定。这表明南平市在科研资源配置和管理上具有显著优势。莆田市自 2017 年起科技创新效率显著提升，福州市的科技创新效率在 2016 年后有所改善，而宁德市的科技创新效率波动较大。通过采用 DEA 模型评估各城市的科技创新效率，结果显示南平市的综合技术效率最高，而宁德市由于资源利用不充分导致效率波动。此外，莆田市通过政策调整和技术投入提升了其科技创新能力，具体表现为 R&D 人员全时当量、R&D 经费内部支出等投入指标的有效转化。

2. 海洋经济高质量发展：福州市在海洋经济高质量发展方面的得分远高于其他地区，显示出明显的优势和良好发展态势。福州的成功在于其在渔业总产值、海洋生产总值等关键指标上的优异表现。相比之下，莆田、宁德和南平的表现较为一般，特别是宁德市得分最低，反映出这些地区在资源利用效率和创新活力方面有待提升。使用 Malmquist 指数模型对各城市海洋经济发展效率进行动态分析，结果表明福州市的技术进步和规模效率均有显

著提升，而宁德市在这两方面表现较弱。

3. 影响机制：研究表明，科技创新不仅影响海洋经济高质量发展，还通过产业结构升级作为中介变量间接促进海洋经济的发展。此外，科技创新的空间溢出效应也对邻近地区的经济发展产生积极影响。构建了结构方程模型验证科技创新对海洋经济高质量发展的影响路径，结果显示科技创新不仅促进了海洋经济的发展，还通过产业结构升级这一中介变量进一步增强了这种促进作用。具体而言，科技创新效率的核心解释变量在空间面板杜宾模型中显示出显著正向影响，同时其空间滞后变量也表现出一定的间接效应，表明科技创新的空间溢出效应对邻近地区的经济发展同样具有积极促进作用。

4. 模型稳健性：无论是采用科学财政支出还是教育支出财政支出作为控制变量，科技创新效率对海洋经济高质量发展的显著正向影响保持不变，表明该变量的重要性及其作用的稳定性。在回归分析中引入了多种控制变量，包括科学财政支出、教育支出财政支出等，结果表明无论控制变量如何变化，科技创新效率对海洋经济高质量发展的正向影响始终显著，强调了科技创新在推动区域经济高质量发展中的核心地位。伪 R<sup>2</sup> 和空间伪 R<sup>2</sup> 的高值进一步证实了模型的解释力和稳定性。

（二）建议

1. 提升科技创新效率：南平市应继续发挥科研资源配置和管理优势，总结经验并与其他城市分享，促进区域整体科技创新效率提升。莆田市持续优化政策，加大技术投入，巩固科技创新效率提升成果，并探索新的提升路径。福州市进一步巩固和提升科技创新效率改善成果，建立长效机制保持稳定增长。宁德市深入分析资源利用不充分原因，制定针对性资源优化方案，稳定科技创新效率。

2. 推动海洋经济高质量发展：福州市总结在渔业总产值、海洋生产总值等关键指标上的成功经验，形成可复制模式向其他城市推广。莆田、宁德和南平深入分析自身在资源利用效率和创新活力方面的不足，学习福州市成功经验，制定提升计划。

3. 优化影响机制：各城市强化科技创新投入，重视科技创新对海洋经济高质量发展的直接促进作用。推动产业结构升级，制

定产业结构调整政策，引导科技创新成果转化为产业升级动力，发挥中介变量作用。加强区域合作，建立区域科技创新协同发展机制，促进科技创新空间溢出效应在邻近地区更好发挥作用。

4. 强化模型稳健性应用：各地政府在制定经济发展政策时，

充分重视科技创新效率对海洋经济高质量发展的显著正向影响，将科技创新作为核心推动力量。持续优化科学财政支出、教育支出财政支出等控制变量投入，确保科技创新对海洋经济高质量发展的积极作用稳定发挥。

参考文献

[1]王利军,陈梦冬.中国经济高质量发展水平测度[J].统计与决策,2023(6):87-91.

[2]陈明华,王哲,谢琳霄,等.中国中部地区高质量发展的时空演变及形成机理[J].地理学报,2023,78(04):859-876.

[3]蔡超岳,唐健雄.中国城市高质量发展的空间差异、动态演进及影响因素——基于复合生态系统理论视角[J].湖南师范大学自然科学学报,2023,46(02):51-61.

[4]Tian W, Li W, Song H et al. Analysis on the difference of regional high-quality development in Beijing-Tianjin-Hebei city cluster[J]. Procedia Computer Science, 2022, 199:1184-1191.

[5]伍博玮,王远,王强,等.福建省生态环境与高质量发展耦合关系及驱动机制[J].生态学报,2022,42(20):8238-8253.

[6]师博,范丹娜.黄河中上游西北地区生态环境保护与城市经济高质量发展耦合协调研究[J].宁夏社会科学,2022,(04):126-135.

[7]Cheng Z, Zhao T, Zhu Y et al. Evaluating the Coupling Coordinated Development between Regional Ecological Protection and High-Quality Development: A Case Study of Guizhou, China[J]. Land, 2022, 11(10):1775.

[8]Li Z, Chen Y, Zhang L et al. Coupling coordination and spatial-temporal characteristics of resource and environmental carrying capacity and high-quality development[J]. Frontiers in Environmental Science, 2022, 10.

[9]张茜,俞颖.绿色金融对城市高质量发展的作用研究——来自277个地级市数据的证据[J].金融发展研究,2023:1-7.

[10]叶亚飞.金融与科技赋能经济高质量发展的机制分析与对策研究——基于联动发展视角[J].金融理论与实践,2023(02):24-34.

[11]林木西,肖宇博.绿色金融促进经济高质量发展的测度及其作用机制研究[J].当代经济科学,2023:1-18.

[12]管红波,李盼盼.数字经济促进海洋经济高质量发展空间效应研究——来自中国11个沿海省市的证据[J].价格理论与实践,2023:1-5.

[13]Yin X, Qi L, Zhou J. The impact of heterogeneous environmental regulation on high-quality economic development in China: based on the moderating effect of digital finance[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(9):24013-24026.

[14]旷开金,郑开焰,洪宇,等.闽江流域生态效率时空动态演变及驱动因素研究[J].生态经济,2024,40(06):148-155.

[15]刘华军,孙亚男等.经济数据量化分析方法、工具与应用[M].北京:高等教育出版社,2023:5-6.

[16]王慧.安徽省区域旅游经济发展影响因素[D].安徽工业大学,2022.

[17]韩科振.绿色金融发展与绿色技术创新效率关系研究——基于空间溢出视角的实证分析[J].价格理论与实践,2020,(04):144-147+178.