



生态经济

Ecological Economy

ISSN 1671-4407, CN 53-1193/F

《生态经济》网络首发论文

题目：海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系研究
作者：白福臣，高鹏
网络首发日期：2022-08-26
引用格式：白福臣，高鹏. 海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系研究[J/OL]. 生态经济.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1193.F.20220826.1547.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系研究

白福臣，高鹏

(广东海洋大学 管理学院, 广东 湛江 524088)

摘要：基于 2009—2018 年我国 11 个涉海省份的面板数据，厘清海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调机理，构建海洋科技创新与海洋产业结构升级评价指标体系，运用熵权-TOPSIS 模型测算了海洋科技创新与海洋产业结构升级的综合评价指数，运用耦合协调度模型、空间自相关模型及固定效应模型分析了耦合协调度的时空特征、空间相关性演变及影响因素。结果表明：（1）2009—2018 年，涉海地区海洋科技创新水平显著提高并呈“N”型变化趋势；海洋产业结构升级水平显著提高并呈“M”型变化趋势，空间上均呈现“南部>北部>东部”的态势。（2）海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调类型由轻度失调上升到勉强协调，耦合协调度空间上呈现“南部>北部>东部”的态势；区域内省际差异在不断缩小，呈现“北部>南部>东部”的态势；耦合协调度不存在明显的空间相关性，即区域间相互作用较小。（3）政府宏观调控是影响当前海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调发展的主要影响因素，市场主导、人力资本是次要影响因素。

关键词：海洋科技创新；海洋产业结构升级；耦合协调度；空间相关性；影响因素

中图分类号：F062.2；F062.9；F124.3 **文献标识码：**A

Study on Spatio-Temporal Coupling Coordination between Marine Technological Innovation and Upgrading Level of Marine Industrial Structure

BAI Fuchen, GAO Peng

(Management School, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong 524088, China)

Abstract: Based on the panel data of China's 11 sea-related provinces and cities from 2009 to 2018, and on the basis of clarifying the coupling and coordination mechanism of Marine technological innovation and upgrading of Marine industrial structure, an evaluation index system of Marine technological innovation and upgrading of Marine industrial structure was established. The entropy-weight TOPSIS model was used to calculate the comprehensive evaluation index of Marine technological innovation and Marine industrial structure upgrading,

and the spatio-temporal characteristics, spatial correlation evolution pattern and influencing factors of the coupling coordination degree of Marine technological innovation and Marine industrial structure upgrading were analyzed by coupling coordination degree model, spatial autocorrelation model and fixed effect model. The results show that: (1) From 2009 to 2018, the innovation level of Marine science and technology in sea-related areas increased significantly and showed an “N”-shaped trend. The upgrading level of Marine industrial structure increased significantly and presented an “M”-shaped trend, showing a spatial trend of “South>North>East”. (2) The type of coupling coordination between Marine scientific and technological innovation and upgrading of Marine industrial structure increased from mildly disordered to barely coordinated, presenting a spatial trend of “South>North>East”. The inter-provincial differences within the region are narrowing, showing a trend of “north>South>east”. The coupling coordination degree has no obvious spatial correlation, that is, the interaction between regions is small. (3) Government macro-control is the main factor affecting the coupling and coordinated development of Marine technological innovation and Marine industrial structure upgrading, while market dominance and human capital are the secondary factors.

Key words: marine science and technology innovation; upgrading of marine industrial structure; coupling coordination; spatial correlation; influence factor

基金项目: 广东省教育厅创新强校工程重大项目“广东海洋生物医药产业集聚度测度、机理与效应研究”(2017WZDXM013); 湛江市哲学社会科学规划项目“湛江市海洋战略性新兴产业集群培育路径及政策研究”(ZJ20YB01)

第一作者简介: 白福臣, 博士, 教授, 研究方向为产业经济学、海洋经济, E-mail: fuchenb@163.com

0 引言

在陆域资源匮乏、人地关系矛盾突出的背景下, 海洋经济已成为国民经济的重要组成部分。国家发改委在第十三届全国人大常委会第七次会议上《关于发展海洋经济加快建设海洋强国工作情况的报告》中强调海洋科技创新应对海洋产业结构优化、海洋经济快速健康发展发挥驱动和建设性作用。这表明国家在政策层面对海洋科技创新促进海洋产业结构升级给予了肯定。2021年《中国海洋经济统计公报》指出我国海洋生产总值突破90000亿元, 在国民经济增长中占比8.0%, 其中, 海洋第三产业增加值55635亿元, 占海洋生产总值的61.6%。诚然, 我国正着力改变海洋经济粗放发展的现状, 推动海洋科技向创新引领型转变, 进而驱动海洋产业结构转型升级, 走高质量发展之路。由此可以认为, 分析海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系并探究其影响因素具有重要的政

策评价及改进的意义。

国内外学者对海洋科技创新与海洋产业结构升级的相关研究成果丰富。第一，在海洋科技创新促进海洋产业结构升级角度，Zeyringer 等^[1]研究认为技术变革对海洋低碳能源转型起着重要的作用；高田义等^[2]通过对青岛市的实证研究发现由于海洋企业的创新性不足，导致学术成果无法产业化应用，进而无法对海洋产业发展带来实际效益；周达军等^[3]通过对浙江海洋科技投入产出进行分析，指出浙江海洋经济发展带建设必须不断提升海洋科技实力；王淼^[4]提出了“人才开发、科技兴海、产业结构优化、机制创新”的海洋经济发展战略及实施策略；刘波等^[5]通过对江苏海洋经济高质量发展水平进行评价，指出创新能力和科研水平的不足是制约海洋产业结构升级、海洋经济发展的短板；秦曼等^[6]研究认为增加海洋科技创新的投入，有利于促进海洋产业结构生态化、海洋产业技术生态化。第二，对海洋产业结构升级对海洋科技创新反向作用的研究较少，Shen^[7]认为海洋新兴产业的发展推动着海洋高新技术的革新，同时也促进了海洋经济的发展；纪建悦等^[8]认为随着海洋产业结构的升级，海洋科技创新对海洋全要素生产率的促进作用愈发显著。

综上所述，已有研究成果丰富了海洋科技创新与海洋产业结构升级关系的理论体系，为本文奠定了理论基础，但尚存在不足，多数研究集中于海洋科技创新促进海洋产业结构升级角度，海洋科技创新与海洋产业结构升级的双向关系有待进一步揭示，鲜有实证来研究两者协调发展的时空演化、省际差异、空间相关性及影响因素。因此，以 2009—2018 年我国 11 个涉海省份的面板数据为基础，运用熵权-TOPSIS 综合评价模型、耦合协调度模型、空间自相关模型及固定效应模型对我国海洋科技创新与海洋产业结构升级的综合评价指数，耦合协调度的时空特征、空间相关性演变及影响因素进行探究，旨在为促进海洋科技创新能力、构建高质量的海洋产业体系、促进海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的耦合协调发展提供借鉴参考。

1 海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合机理

海洋科技创新是海洋产业结构升级的动力。在经济发展过程中，不同行业或产业部门的经济所处的生命周期、增长速度不同，产业发展则存在显著差异。而且，不同产业间的强弱变化构成了产业结构变迁主要内容，导致这种产业间的强弱变化的动力何在？《关于国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》给出了回答：“经济发展和结构调整都要靠体制创新和科技创新来推动”。海洋经济作为国民经济的重要组成部分，海洋科技创新在推动海洋产业结构升级方面同样发挥着重要作用。周叔莲和王伟光^[9]研究认为，技术进步主要从供给和需求两个方面影响产业结构升级，从供给方面看，主要通过提高涉海劳动者素质、改善物质技术条件、扩大劳动对象范围、提高管理技术水平等途径；从需求方面看，主要通过借助包括满足消费者不断优化的消费需求、生产者不断升级的生产需求以及改变出口需求等途径。

海洋产业结构升级是海洋科技创新的支撑和保障。一方面，产业结构影响需求，需求拉动技术创新^[9]。若某一海洋产业由于需求诱导出现快速增长的趋势，经营主体出于竞争考虑，为了能够保持适当的规模或提高改善产品和服务的质量，以提高自身竞争优势，往往会加大海洋科技创新投入，这种过程会对海洋科技创新形成强大的需求。另一方面，如果某个产业处于衰退期，该产业或退出或重生，前一种选择可能会延迟科技创新进程，后一种选择则将促进技术进步^[9]，某一落后海洋产业积极应用新技术、新管理方法进行重组和改造，无疑会促进海洋科技创新的发展，这意味着海洋产业结构升级将为海洋科技创新提供更多的机会和更大的空间，同时海洋产业结构升级所带来的更大收益将为海洋科技创新提供更加充裕的资金支持。

综上所述，海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合关系见图 1。海洋科技创新是海洋产业结构升级的动力，海洋产业结构升级对海洋科技创新发挥着支撑和保障作用，海洋科技创新与海洋产业结构升级之间存在着紧密的互动关系，并且通过市场供需调配、经济环境的协调支撑等途径实现二者协调耦合，但由于二者发展速度不同步，发展环节不匹配，往往造成二者脱节，经济发展水平存在地区差异导致人才、资金等生产要素产生不均衡流动。因此，新时代推进海洋经济高质量发展需要海洋科技创新与海洋产业结构升级的协调有序、共同发展。

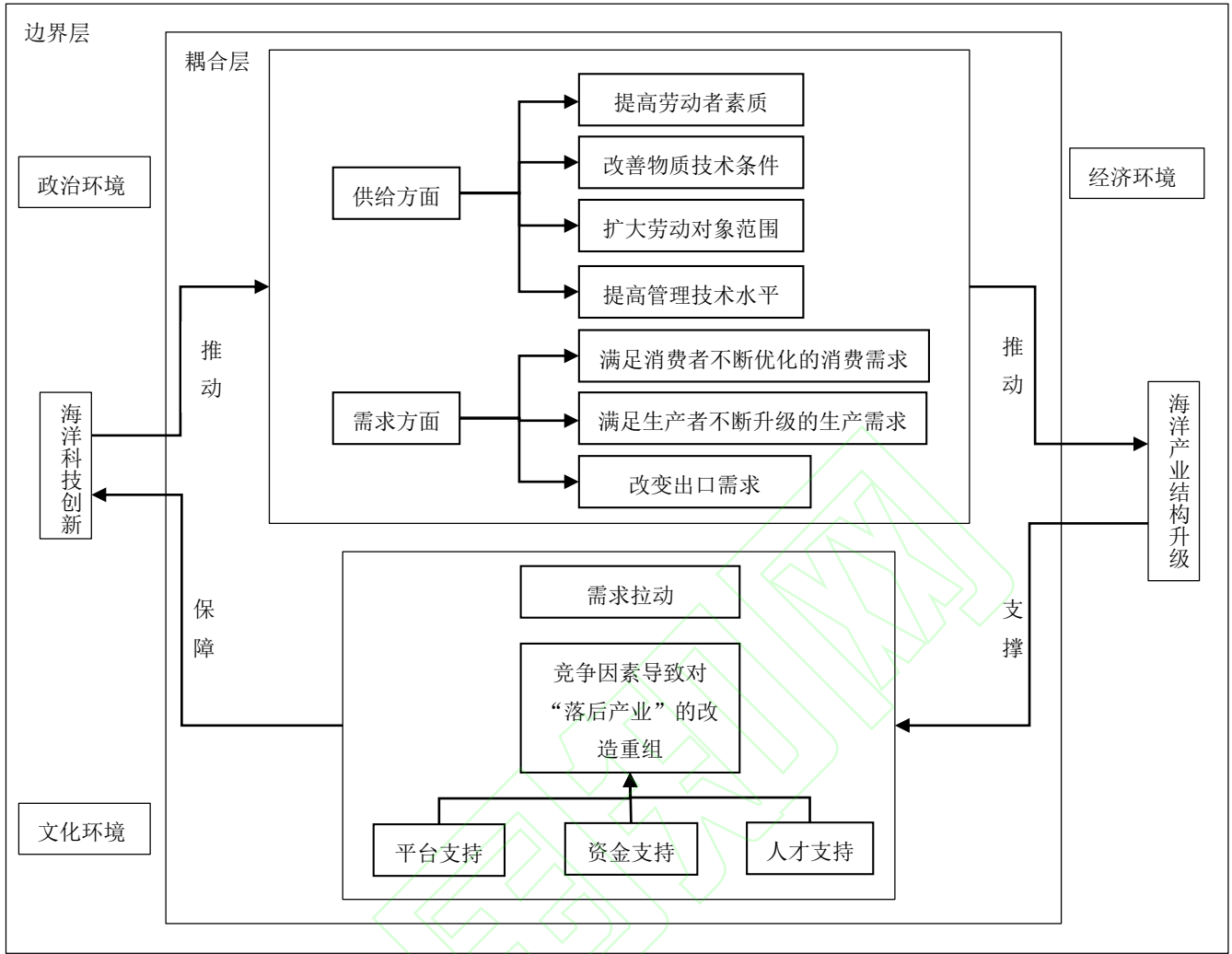


图1 海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合机理

2 指标选取和研究方法

2.1 指标选取

新古典经济理论认为技术进步是经济增长的主要源泉，成为了产业结构转型升级、提高竞争力的关键因素。在海洋科技创新系统中，借鉴周达军等^[1]对浙江海洋科技进步评价中的“投入—产出”评价方法，从海洋科技创新投入、海洋科技创新产出，以及对投入产出具有支撑促进作用的海洋科技创新环境等三个方面构建评价指标。海洋科技创新投入反映的是海洋科技创新发展中人、财、物方面的投入，由海洋科研人员数、海洋科研人员中具有高级职称人数占比、海洋科研机构经费收入和海洋科研机构课题数等4个相关指标构成；海洋科技创新产出表示海洋科技创新投入后产出的科研成果和经济效益，构成指标包括科研著作等知识产出和应用于实际创造经济效益的专利产出；海洋科技创新环境是指对海洋科技创新投入促进海洋科技创新产出的支撑力量，包括人才支撑、平台支撑及资金支撑

等，由海洋相关毕业生人数、海洋科研机构数和海洋科研机构基本建设中政府投资等 3 个相关指标构成。具体指标信息见表 1。

表 1 海洋科技创新综合评价指标体系

系统层	子系统层	指标层	权重	数据来源
海洋科技创新	海洋科技创 新投入	海洋科研人员数/人	0.096	《中国海洋统计年鉴》。
		海洋科研人员中具有高级职称人数占比/%	0.177	《中国海洋统计年鉴》
		海洋科研机构经费收入/万元	0.074	《中国海洋统计年鉴》
		海洋科研机构课题数/个	0.110	
	海洋科技创 新产出	海洋科研著作发表数/篇	0.106	《中国海洋统计年鉴》
		海洋科技专利授权数/个	0.126	
	海洋科技创 新环境	海洋相关毕业生人数（专科及以上）/人	0.091	《中国海洋统计年鉴》
		海洋科研机构数/个	0.092	《中国海洋统计年鉴》
		海洋科研机构基本建设中政府投资/万元	0.128	

海洋产业结构升级是国民产业结构升级动态经济系统中的重要组成部分，实质是产业结构的高度化和合理化。首先，在海洋产业结构高度化中，随着经济不断发展，产业结构发生转型升级，第一产业在国民收入中的比重逐渐下降，第二、第三产业所占比重逐渐上升，因此用海洋第二、第三产业产值之和占海洋生产总值的比重表示海洋产业结构转型升级规模；其次，海洋科技创新促进海洋产业结构升级的具体途径之一是劳动生产率的提高，因此用劳动生产率来表示每名海洋从业人员在单位时间内创造的经济效益。在海洋产业结构合理化中，海洋产业结构优化规模借鉴狄乾斌等^[10]的研究，用海洋第三产业与第二产业产值之比衡量海洋产业结构优化规模，表示传统的第二产业改变粗放生产方式、提高生产效率或转型为第三产业；海洋产业结构升级效果指数用第三产业产值增产率来表示海洋高科技产业、新型产业的发展情况。具体指标信息见表 2。

表 2 海洋产业结构升级综合评价指标体系

系统层	子系统层	指标层	权重	简要说明
海洋产业结构升级	产业结构升级高度化	海洋产业结构转型升级规模	0.164	海洋第二、第三产业产值之和/海洋生产总值的比重,相关数据来源于《中国海洋统计年鉴》
		劳动生产率	0.122	海洋生产总值/海洋从业人员数量,相关数据来源于《中国海洋统计年鉴》
	产业结构升级合理化	海洋产业结构优化规模	0.419	海洋第三产业/第二产业产值,相关数据来源于《中国海洋统计年鉴》
		海洋产业结构优化效果指数	0.295	第三产业产值增产率,相关数据来源于《中国海洋统计年鉴》。

2.2 研究方法

2.2.1 熵权-TOPSIS 综合评价模型

熵权-TOPSIS 法是将客观赋权的熵值法与逼近理想点排序法相结合的一种多属性赋权方法。该方法能够充分运用原始数据的信息,不受主观因素、参考序列选择的干扰,具有直观、运算简洁、信息损失量少等优点^[11]。因此,本文利用该方法测算海洋科技创新与海洋产业结构升级综合评价指数,具体测算步骤如下:

(1) 构建评价对象矩阵:

$$A = (X_{ij})_{m \times n} \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: X_{ij} 为第 i 个涉海城市第 j 个评价指标的原始数据。

(2) 数据标准化: 由于对变量极差标准化后有些年份的数据出现 0 值,此时测算耦合度依旧会出现 0 值,则耦合度毫无意义,为避免这一问题,本文对值域区间进行平移,在标准化公式中加入截距项,则正向指标处理采用公式 (2), 负向指标处理采用公式 (3):

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \times 0.99 + 0.01 \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \times 0.99 + 0.01 \quad (3)$$

(3) 计算指标权重:

$$W_i = \frac{(1 - e_i)}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (4)$$

式中: $0 \leq W_i \leq 1$, e_i 是第 i 个指标的熵, $e_i = -k \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}$, w_i 是第 i 个指标的熵权。

(4) 计算最优解、最劣解:

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (F_{ij} - F_j^+)^2} \quad (5)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (F_{ij} - F_j^-)^2} \quad (6)$$

式中: F_{ij} 为加权矩阵, D_j^+ 、 D_j^- 为最优解、最劣解。

(5) 计算综合评价指数 (贴近度):

$$C_j = \frac{D_j^+}{D_j^+ + D_j^-} \quad (7)$$

2.2.2 耦合协调度模型

借鉴物理学中的耦合协调度模型来探讨海洋科技创新与海洋产业结构升级两系统之间的耦合协调情况, 具体测算步骤如下:

(1) 计算耦合度。若给定 $P \geq 2$ 个系统, 则耦合度一般化公式如下:

$$C = \left[\frac{C_1 \times C_2 \times \dots \times C_p}{C_1 + C_2 + \dots + C_p} \right]^{\frac{1}{p}} \quad (8)$$

式中: C_p 为综合评价指数; P 为系统个数。

(2) 计算综合协调指数。考虑到海洋科技创新和海洋产业结构升级同等重要, 因此两个系统的主观权重 a 、 b 均为 0.5, 具体公式如下:

$$T = aC_1 + bC_2 \quad (9)$$

(3) 计算耦合协调度:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (10)$$

式中: $0 \leq D \leq 1$, D 越大表示两个系统之间协调关系越好, 协调发展水平越高。根据实际数值分布, 参考相关文献^[11-12], 将海洋科技创新与海洋产业结构升级的耦合协调度由 0~1 均分为若干级别, 详见表 3。

表 3 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度	类型	耦合协调度	类型
(0, 0.1]	极度失调	(0.5, 0.6]	勉强协调
(0.1, 0.2]	严重失调	(0.6, 0.7]	初级协调
(0.2, 0.3]	中度失调	(0.7, 0.8]	中级协调
(0.3, 0.4]	轻度失调	(0.8, 0.9]	良好协调
(0.4, 0.5]	濒临失调	(0.9, 1]	优质协调

2.2.3 空间特征分析模型

(1) 变异系数模型。

为了从数量上准确测度海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调发展省际差异的总体水平，以各涉海地区的耦合协调度作为测度地区差距的总体指标，采用变异系数法进行测算，变异系数的计算公式为：

$$CV = \frac{\sqrt{n^{-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}}{\bar{D}} \quad (11)$$

式中： n 表示研究区域内省份个数； D_i 为第 i 个地区的两系统的耦合协调度； \bar{D} 为研究区域内多有地区耦合协调度的平均水平。

(2) 全局 Moran's I 指数和局部 Getis-Ord G_i^* 指数。

采用全局 Moran's I 指数来检验研究区域海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调发展整体上是否存在空间相关性，计算公式如下：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Z_{ij} (D_i - \bar{D})(D_j - \bar{D})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Z_{ij}} \quad (12)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \quad (13)$$

式中： n 表示研究区域内省份个数； Z_{ij} 为空间权重，若第 i 个地区与第 j 个地区相邻，则取 1，反之取 0；全局 Moran's I 指数的取值为[-1, 1]，当 Moran's I < 0 时，表明耦合协调度的空间分布呈空间负相关，值越小，空间差异越大；当 Moran's I = 0 时，表明耦合协调度的空间分布呈随机分布，不存在空间相关性；当 Moran's I > 0 时，表明耦合协调度的空间分布呈空间正相关，值越大，空间相关性越明显^[13]。

虽全局 Moran's I 指数反映了整体情况，但不能反映海洋科技创新能力与海洋产业结构升级水平耦合协调度的局部空间各具差异的特征，因此采用局部 Getis-Ord G_i^* 指数来衡量局部是否存在相似

或相异的情况，即局部的空间相关性，计算公式如下：

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} \times D_j}{\sum_{i=1}^n w_{ij} \times D_j} \quad (14)$$

式中： W_{ij} 为空间权重矩阵； D_j 为 j 地区的耦合协调度。在采用局部 Getis-Ord G_i^* 指数分析时，一般先判定是否通过 Z 值检验，计算公式为：

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}} \quad (15)$$

式中： $E(G_i^*)$ 、 $\text{Var}(G_i^*)$ 分别为期望指数和方差。当 $G_i^*(d) > E(G_i^*)$ 且 Z 值显著时，耦合协调度局部分布模式呈现高值集聚；反之当 $G_i^*(d) < E(G_i^*)$ 且 Z 值显著时，耦合协调度局部分布模式呈现低值集聚。

2.2.4 耦合关系影响因素分析模型

(1) 变量设定。

被解释变量为海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度。在解释变量选取方面，根据上述耦合机理分析并参考已有文献成果，总结发现政府宏观调控、人力资本、市场主导等要素对海洋科技创新与海洋产业结构升级具有双重作用，其中韩永辉等^[14]、杨浩昌和李廉水^[13]分别实证分析了政府宏观调控对产业结构升级、高技术产业研发均有推动、支撑作用；张国强等^[15]通过实证研究认为，人力资本水平提升及结构优化将会加速我国产业结构转型与升级，形成未来我国持续、稳定发展的强大动力。蔡海亚和徐盈之^[16]实证研究认为，贸易开放刺激消费需求增加对提升技术进步、促进制度变革等方式间接加速产业结构整体升级和产业结构高级化发展具有突出作用。综上所述，构建政府宏观调控、人力资本和市场主导三个关联指标，政府宏观调控指标用政府对区域海洋战略规划、科技创新、发展海洋经济等方面的财政支出衡量；市场主导指标用区域海洋生产总值来衡量；人力资本指标用沿海地区海洋相关专业毕业生人数来衡量。具体指标变量见表4。

表4 变量的定义及说明

变量类型	变量名称	变量符号	简要说明
被解释变量	耦合协调度	Y	耦合协调度由上文中测算得出
解释变量	政府宏观调控	X_{1it}	政府对区域海洋战略规划、科技创新、发展海洋经济等方面的财政支出数据来源于《中国统计年鉴》中自然资源海洋气象等

			支出（类）自然资源事务（款）海洋战略规划与预警监测（项）
	人力资本	X_{2it}	海洋相关专业毕业生人数来源于《中国海洋统计年鉴》
	市场主导	X_{3it}	区域海洋生产总值来源于《中国海洋统计年鉴》

(2) 模型设定。

为了研究海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合关系的影响因素，本文基于 2009—2018 年沿海 11 省份的面板数据，构建实证计量模型如下：

$$Y = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

式中： Y 为被解释变量， X_{it} 为解释变量， α_i 为常数项， β 为解释变量的系数向量， ε_{it} 为随机误差项。

3 结果与分析

3.1 海洋科技创新与海洋产业结构升级综合评价

综合运用公式(1)~(7)，计算海洋科技创新与海洋产业结构升级综合评价指数，通过 ArcGIS10.2 软件的自然断点分级法将 2009 年、2012 年、2015 年、2018 年海洋科技创新水平综合评价指数与海洋产业结构升级水平综合评价指数分别划分为低、较低、中等、较高、高水平等五种类型，并进行可视化分析。依据“十四五”规划《纲要》将中国海洋经济区域划分为三大海洋经济圈（北部海洋经济圈包括辽宁、河北、天津和山东；东部海洋经济圈包括江苏、上海和浙江；南部海洋经济圈包括福建、广东、广西和海南。由于北京海洋科研院所、人才众多，对全国海洋科技创新具有重要推动作用，因此在进行海洋科技创新水平综合评价时将北京纳入）。

3.1.1 海洋科技创新水平综合评价指数时空分析

图 2 汇报了 2009—2018 年海洋科技创新水平的变化趋势。中国海洋科技创新水平在 2009—2018 年显著提高，从 2009 年的 0.165 增长到 2018 年的 0.629，呈“N”型变化趋势，其中 2015 年和 2016 年为两个时间节点。因此，中国海洋科技创新水平可被划分为三个时间段：（1）快速增长阶段（2009—2015 年），这一时期海洋科技创新能力综合评价指数增长较快，由 0.165 增长到 0.682，可能因为我国“十二五”发展规划提出了要着力提高海洋科技自主创新和成果转化能力，注重人才培养以及改革和创新海洋管理体制等相关举措，促进了海洋科技创新能力不断提高。（2）下降阶段（2015—2016 年），这一时期海洋科技创新综合评价指数出现短暂下降，主要因为 2015 年作为“十二五”期间海洋

规划尾端之年，海洋科技创新动力不足，海洋经济增长乏力。（3）恢复增长阶段（2016—2018年），这一时期海洋科技创新综合评价指数进入平稳增长阶段，即由 0.554 增长到 0.629。究其原因，2016 年为“十三五”计划的开端之年，海洋发展规划明确将海洋科技创新放在首位，拓展蓝色经济空间，建设海洋强国，这些政策和措施进一步激发了各涉海地区对海洋科技创新的支持力度，优化了海洋科技创新结构，促使涉海地区海洋科技创新能力不断提升。

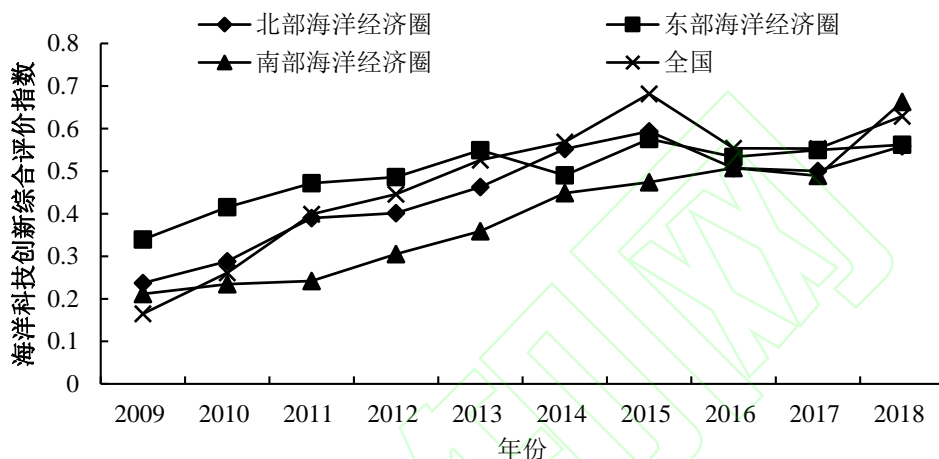
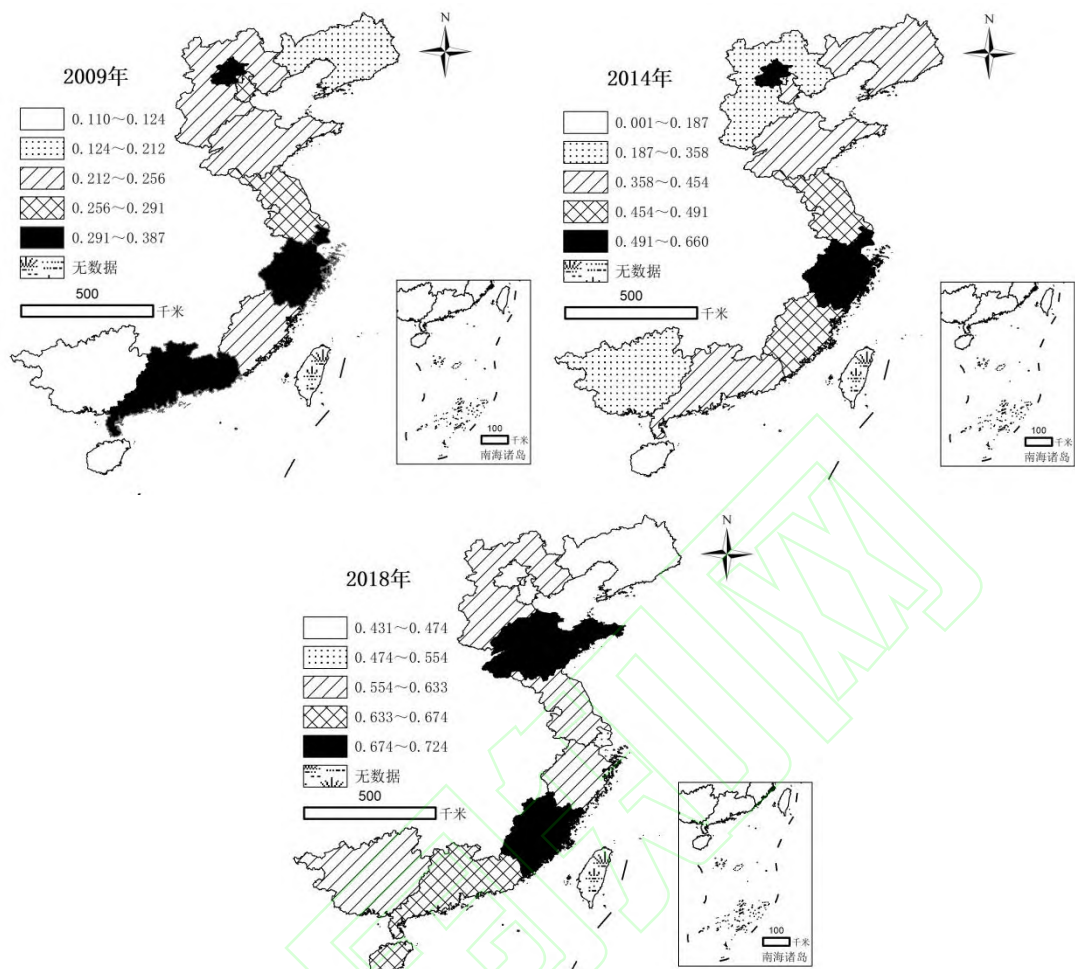


图 2 2009—2018 年海洋科技创新水平时间变化特征

从空间层面（图 3）来看，2009—2018 年，12 个涉海地区的海洋科技创新综合评价指数均呈显著上升趋势，但从等级来看差异显著：山东、福建、广西和海南呈上升趋势，其中，山东和福建上升速度最快，由中等等级上升到高等级；河北和江苏保持不变，仍为中等等级；其余 4 省份均为下降趋势。沿海地区海洋科技创新能力在空间上呈现“南部>东部>北部”的态势。表明涉海地区增加了对海洋科技创新的支持力度，但由于海洋资源禀赋、经济发展水平以及政府支持力度存在地区差异，导致海洋科技创新能力存在地区差异。具体来看，2009 年呈现“东部>南部>北部”态势，海南和广西洋海洋科技创新能力为低等级，辽宁为较低等级，河北、山东、天津、江苏、福建为中等等级，上海和北京为较高等级，广东和浙江为高等级。2014 年较 2009 年涉海地区海洋科技创新水平有所上升，空间上东部仍占据最高位置，其中海南为低等级，河北和广西为较低等级，辽宁、天津、山东、广东为中等等级，江苏和福建为较高等级，北京、上海和浙江为高等级。2018 年较 2014 年大部分涉海地区海洋科技创新能力呈上升趋势，空间上呈现“南部>北部>东部”的态势，辽宁、北京、天津、江苏、上海为下降趋势，其余 7 省份为上升趋势，其中辽宁、北京、天津为低等级，河北、江苏、上海、浙江、广西为中等等级，广东、海南为较高等级，山东和福建为高等级。



注：此图基于国家自然资源部标准地图服务系统的标准地图绘制（审图号：GS(2020)4630号），截图的省（市）底图无修改。图5、图7同。

图3 2009年、2014年、2018年海洋科技创新水平空间变化特征

3.1.2 海洋产业结构升级水平综合评价指数时空分析

图4汇报了2009—2018年海洋产业结构升级水平的变化特征。2009—2018年中国海洋产业结构升级水平显著提高，从2009年的0.361增长到2018年的0.623，呈“M”型变化趋势，其中2010年、2014年和2017年为三个时间节点，因此将其划分为三个时间段：（1）下降阶段（2009—2013年），这一时期海洋产业结构升级水平呈下降趋势，由0.361下降到0.223，主要是由于政府政策对海洋科技创新能力的提升、海洋科技创新成果转化具有滞后性，因此此时出现短暂下降态势。（2）上升阶段（2013—2017年），这一时期海洋产业结构升级水平呈上升趋势，由0.223上升到0.714，主要由于2013年国务院印发《全国海洋经济发展“十二五”规划》明确要求要将推动海洋产业结构升级放在核心位置，优化海洋产业布局。（3）下降阶段（2017—2018年），这一时期海洋产业结构升级水平呈

下降趋势，由 0.714 下降到 0.623，究其原因，这一时期海洋科技创新水平增速放缓，加上 2015—2016 年海洋科技创新水平呈下降趋势，对海洋产业结构升级水平产生负面影响。

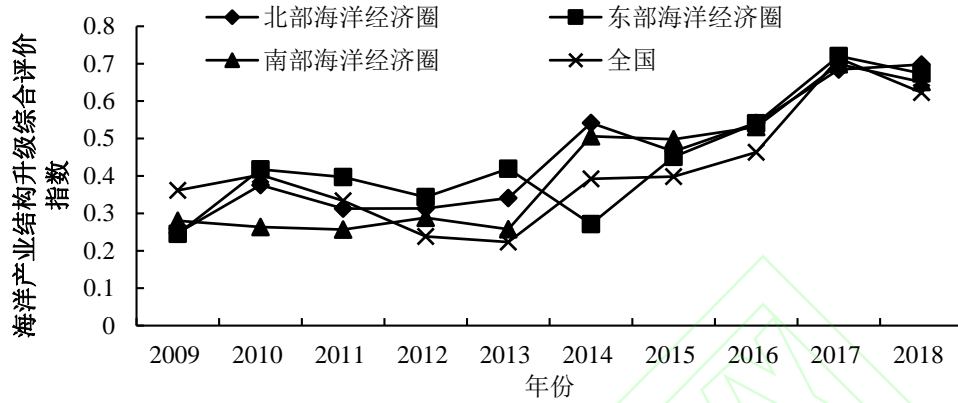
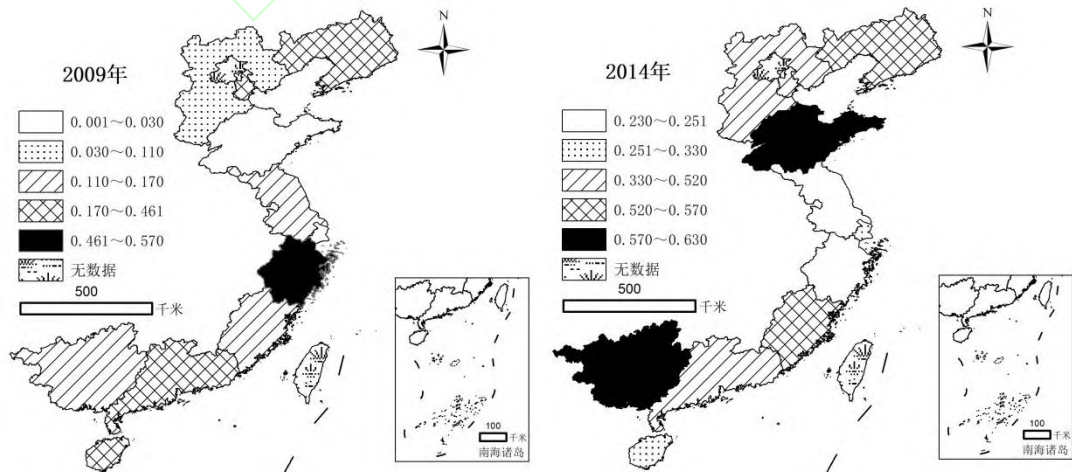


图 4 2009—2018 年海洋产业结构升级水平时间变化特征

整体来看，2009—2018 年，涉海地区海洋产业结构升级综合评价指数均呈现显著上升，同样在等级上有所差异（图 5），广西、海南、广东、浙江、江苏、天津和辽宁呈下降趋势，山东、河北、福建和上海呈现上升趋势。具体来看，2009 年呈现“东部>南部>北部”空间分布格局，其中山东和上海为低等级，河北为较低等级，江苏、福建、广西为中等等级，辽宁、天津、广东、海南为较高等级，浙江为高等级。2014 年呈现“东部>北部>南部”的空间分布格局，山东和浙江为高等级，广东为较高等级，江苏、天津、福建为中等等级，河北、广西、上海为较低等级，辽宁和海南为低等级。2018 年呈现“南部>北部>东部”的空间分布格局，河北为高等级，上海和福建为较高等级，广西为低等级，其余省份为中等等级。



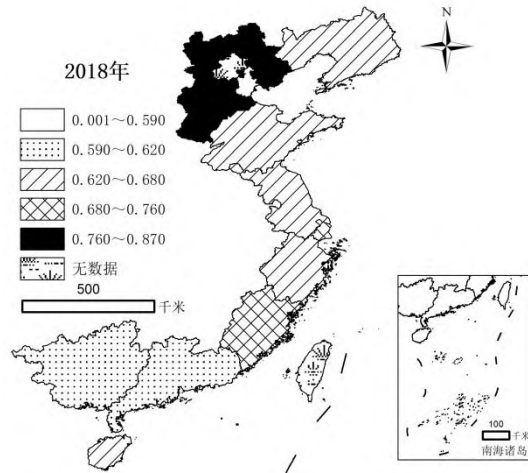


图5 2009年、2014年、2018年海洋产业结构升级水平空间变化特征

3.2 海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度分析

综合运用公式(8)~(10),计算海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度并利用 ArcGIS10.2进行可视化分析。运用公式(11)~(15)计算变异系数、全局 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord G_i^* 指数,分析两系统之间耦合协调关系的时空演化、省际差异以及空间相关性。

3.2.1 耦合协调度时空格局分析

从时间层面来看,2009—2018年海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度不断提高(图6),由2009年的轻度失调上升到2018年的勉强协调,具体分为两个阶段:(1)2009—2016年,耦合协调类型主要以轻度失调、濒临失调为主,其中在2009—2013年,东部海洋经济圈耦合协调度最高,在0.400~0.500之间,为濒临失调阶段,南部海洋经济圈耦合协调度最低,在0.200~0.400之间,为中度、轻度失调阶段。在2013—2016年,北部海洋经济圈耦合协调度不断攀升,在0.400~0.600之间,在濒临失调和勉强协调之间徘徊,南部和东部海洋经济圈耦合协调度在0.300~0.500之间,在轻度、濒临失调之间徘徊。(2)2016—2018年,耦合协调类型以勉强协调为主,此阶段南部海洋经济圈耦合协调度最高,其次为北部,南部最低。这反映出2009—2018年海洋科技创新对海洋产业结构升级的推动力不断增强,海洋产业结构升级对海洋科技创新的支撑和保障程度不断提高,导致两者不断耦合协调发展。

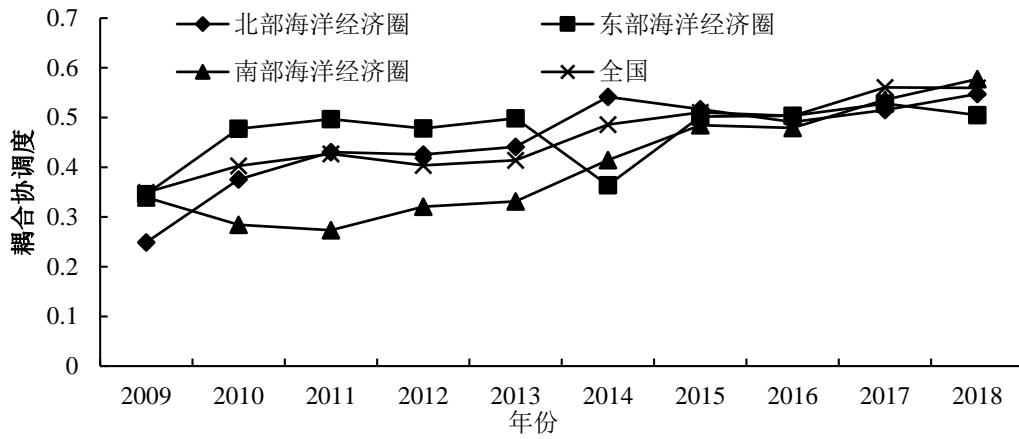
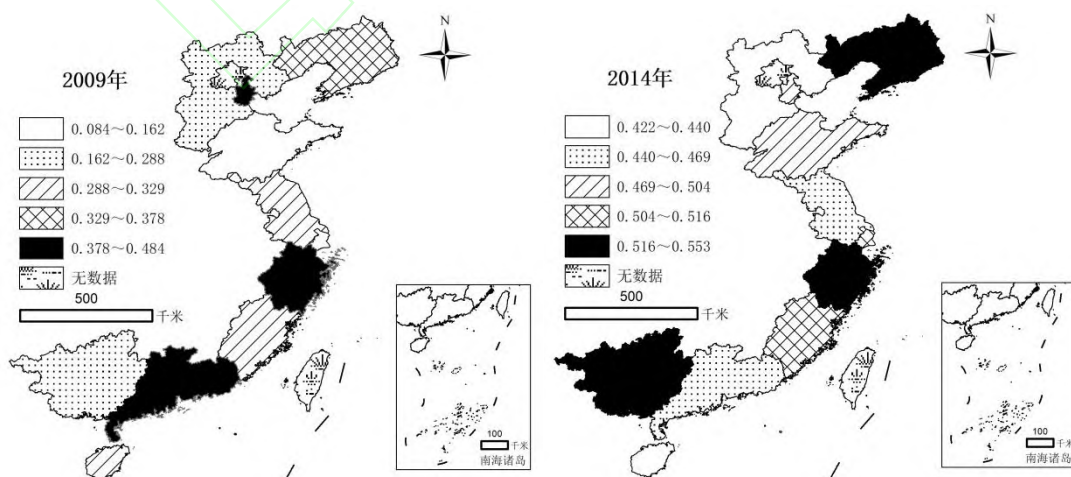


图6 2009—2018年海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度的时间特征

整体来看，2009—2018年两系统之间的耦合协调度在空间上呈现“南部>北部>东部”的态势（图7）。2009年，大部分涉海地区处在失调阶段，具体来看，天津、浙江和广东两系统的耦合协调度最高，处在濒临失调阶段；其次是辽宁、江苏、福建和海南，处在轻度失调阶段；河北、广西处在中度失调阶段，山东和上海处在极度失调阶段。2012年，大部分涉海地区较2009年有所提升，辽宁、河北、天津、江苏、浙江、广西、海南耦合协调度最高，协调类型为濒临失调；山东、福建、广东为轻度失调阶段。2015年，涉海地区耦合协调度均提高明显，其中辽宁、天津、山东、浙江、福建、广西为勉强协调阶段，河北、江苏、广东、海南为濒临失调阶段。2018年，涉海地区均发展到协调阶段，天津和福建提升为初级协调阶段，其余涉海地区均为勉强协调。由此可见我国涉海地区海洋科技创新与海洋产业结构升级的耦合协调水平不断提升，表明海洋科技创新与海洋产业结构升级相互促进作用不断增强。



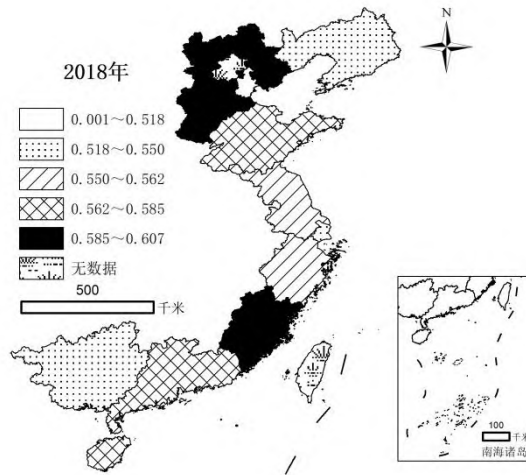


图7 2009年、2014年、2018年海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度的空间特征

3.2.2 耦合关系空间特征分析

由以上分析可知，海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度在时空上存在差异，为了进一步探究这些差异的时空演化特征，采用变异系数来分析耦合协调发展的差异趋势（图8）。从时间上来看，2009—2018年耦合协调度变异系数呈下降趋势，2014年后区域海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度趋于稳定在0.100左右。从空间上来看，2009年，东部海洋经济圈的变异系数最大，为0.670，全国和北部次之，南部最小，2009—2010年涉海地区的变异系数均下降到0.200以下。2012年，南部海洋经济圈的变异系数最大，为0.140，全国和北部次之，东部最小。2015年，南部海洋经济圈的变异系数最大，为0.110，北部和全国次之，东部最小。2018年，北部海洋经济圈的变异系数最大，为0.070，全国和南部次之，东部最小。2010—2018年，变异系数稳定在0.100左右，表明区域间海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度的差异在不断缩小。

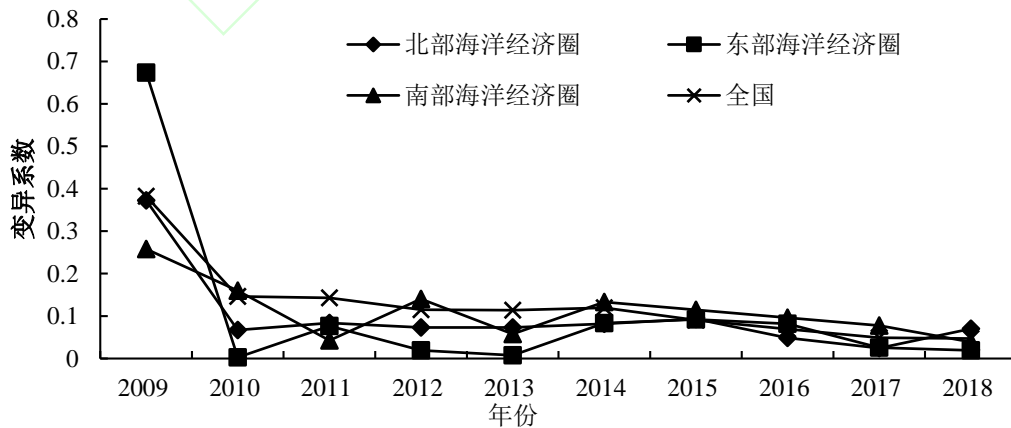


图8 海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度的变异系数

上述分析探讨了海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度区域间差异在时空上的演变态势，利用 ArcGIS10.2 测算全局 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord G_i^* 指数，进一步分析两者耦合关系在地区之间是否存在空间相关性，并据此选择适当的面板数据模型进行影响因素的测算分析。

在测算全局 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord G_i^* 指数时，要进行显著性检验，若统计值 ≤ 0.05 ，则通过显著性检验，即结论是有说服力的，反之则结论不可取；表 5 中的 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord G_i^* 及统计检验值显示，当前海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调不存在明显的空间相关性，即区域间相互作用较小，故可采用普通的面板数据模型进行影响因素的测算分析。

表 5 全局 Moran's I 指数、局部 Getis-Ord G_i^* 和统计检验值

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Moran's I 指数	-0.480	0.131	0.411	0.044	0.562	0.011	-0.213	-0.168	0.081	-0.160
P 值	0.162	0.411	0.070	0.571	0.020	0.741	0.692	0.822	0.511	0.840
Getis-Ord G_i^*	0.071	0.081	0.080	0.072	0.073	0.071	0.072	0.071	0.071	0.071
Z 值	-0.270	1.860	2.101	0.890	1.120	-0.731	-0.750	1.142	0.980	-0.491

3.3 海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调系影响因素分析

由上述测算分析可知，海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调不存在明显的空间相关性，因而采用普通的面板模型进行影响因素分析。

运用面板数据模型分析影响海洋科技创新与海洋产业结构升级之间耦合协调关系的因素时，需要运用 stata16 进行 Hausman 检验，检验结果 P 值小于 0.01，则拒绝选用随机效应的原假设，故采用固定效应面板模型。

从表 6 可以发现，政府宏观调控、市场主导、人力资本变量的系数为 0.046、0.001、0.630，均通过了 5% 的显著性检验。政府宏观调控是影响当前海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度的主要影响因素且为正向效应，说明政府对海洋科技创新提供政策、资金、平台等支撑，推动了海洋科技创新与海洋产业结构升级的耦合协调。其次是人力资本变量，系数为 0.630，通过了 5% 的显著性检验，这说明人力资源是创新发展的第一资源，而海洋科技创新又是驱动海洋产业结构发展的动力。市场主导变量的系数为 0.001，同样对耦合协调度有正向影响，通过了 1% 的显著性检验，说明市场需求结构优化有利于促进海洋科技创新，进而推动海洋产业结构升级。

表 6 耦合协调度影响因素个体固定效应面板模型估计结果

参数	全样本
α_i	-0.812(-3.110) ^{***}
β_1 (政府宏观调控)	0.046(2.740) ^{***}
β_2 (市场主导)	0.001(6.450) ^{***}
β_3 (人力资本)	0.063(2.420) ^{**}
$Prob > F$	0.000
$Root\ MSE$	0.065

注：括号内为 t 值，上角标***、**分别表示 1%、5%的显著性水平。

文章采用替换变量、改变时间序列进行稳健性检验（表 7）。为了防止解释变量测量误差对回归结果的影响，运用替换变量法进行稳健性检验时，用海洋科研机构经费收入来代替政府宏观调控中的原有指标，用海洋相关专业本科毕业生人数来替换原有人力资本中的原有指标，使用模型（16）进行检验，结果显示，其回归系数仍在 10%的水平上显著为正。考虑到海洋科技创新成果转化具有滞后性，因此运用改变时间序列进行稳健性检验，此时我们考察当期政府宏观调控、市场主导和人力资本对未来期间耦合协调度的影响，结果显示，三个变量的回归系数均在 5%的水平上显著为正。综上所述，该结论没有改变本文的主要结论。

表 7 稳健性检验

变量名称	替换变量	改变时间序列
β_1 (政府宏观调控)	0.019(0.082) ^{**}	0.021(0.092) ^{**}
β_2 (市场主导)	0.001(0.002) ^{***}	0.005(0.000) ^{***}
β_3 (人力资本)	0.452(0.062) ^{**}	0.565(0.075) ^{**}
$Prob.>F$	0.000	0.000
$Root\ MSE$	0.057	0.069

注：括号内为 P 值，上角标***、**分别表示 1%、5%的显著性水平。

4 结论与政策建议

4.1 主要结论

(1) 2009—2018 年，中国海洋科技创新能力显著提高并呈“N”型变化趋势，其中山东、海南提升速度较快；海洋科技创新能力呈现出区域不均衡，空间上呈现“南部>北部>东部”的态势。

(2) 2009—2018 年，中国海洋产业结构升级水平显著提高并呈“M”型变化趋势，其中河北提升速度较快；海洋产业结构升级水平呈现出区域不均衡，空间上呈现“南部>北部>东部”的态势。

(3) 2009—2018 年，海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调类型由 2009 年的轻度失调上升到 2018 年的勉强协调，耦合协调度呈现“南部>北部>东部”的态势；区域内省际差异逐渐缩小，但海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调不存在明显的空间相关性，区域间相互作用较小。

(4) 对于耦合关系的影响因素，政府宏观调控是影响当前海洋科技创新与海洋产业结构升级耦合协调度的主要影响因素，其次为市场主导、人力资本变量。

4.2 政策建议

涉海地区的海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的耦合协调度虽有所提升但仅为勉强协调水平，政府宏观调控是影响当前海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度的主要影响因素，这表明我国依然缺乏对海洋科技创新与海洋产业结构升级融合发展的制度环境。因此，需要提高政府对海洋科技创新的支持力度，建立海洋科技创新投入稳定增长的长效机制和合理的分配机制，优化海洋科技创新结构，不断提升政府对海洋科技创新投入的使用效益，推动海洋产业结构升级。

从时间层面看，涉海地区的海洋科技创新与海洋产业结构升级水平耦合协调度在稳步提升，这表明二者之间的融合发展关系、耦合质量在不断改善提升。因此，需要持续优化海洋科技创新与海洋产业结构升级相互作用的传导机制，不但要提升海洋科技创新能力，同时也要不断推动海洋产业结构升级，为海洋科技创新提供反哺支撑。

从空间层面看，耦合协调度呈现“南部>北部>东部”的态势，对此，南部地区要继续保持海洋科技创新与海洋产业结构升级融合发展态势，继续优化耦合机制，充分发挥地区引领作用，促进区域耦合协调水平持续提升。北部地区需要不断调整海洋产业结构，加快推进海洋产业转型升级，推动构建高质量海洋科技创新体系，充分释放海洋科技创新所带来的巨大生产力。东部地区则需要加快海洋科技创新投入，优化海洋科技创新环境，加快海洋科技创新成果转化，推动政府宏观调控、市场主导、人力资本支撑等举措相互融合，进而促进海洋科技创新赋能海洋产业结构升级。

参考文献:

[1]Zeyringer M, Fais B, Keppo I, et al. The potential of marine energy technologies in the UK: Evaluation from a systems perspective [J]. Renewable Energy, 2018, 115:1281-1293.

- [2]高田义,常飞,高斯琪. 青岛海洋经济产业结构转型升级研究——基于科技创新效率的分析与评价[J]. 管理评论, 2018 (12): 42-48.
- [3]周达军,崔旺来,汪立,等. 浙江省海洋科技投入产出分析[J]. 经济地理, 2010 (9): 1511-1516.
- [4]王淼. 21 世纪我国海洋经济发展的战略思考[J]. 中国软科学, 2003 (11): 27-32.
- [5]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 (8): 104-113.
- [6]秦曼,刘阳,程传周. 中国海洋产业生态化水平综合评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2018 (9) 102-111.
- [7] Shen X. Research on optimization model of marine industry strategic adjustment under complex maritime conditions based on ant colony algorithm [J]. Polish Maritime Research, 2018, 25(2): 164-169.
- [8]纪建悦,唐若梅,孙筱蔚. 海洋科技创新、海洋产业结构升级与海洋全要素生产率——基于中国沿海 11 省份门槛效应的实证研究[J]. 科技管理研究, 2021 (16): 73-80.
- [9]周叔莲,王伟光. 科技创新与产业结构优化升级 [J]. 管理世界, 2001 (5): 70-78, 89-216.
- [10] 狄乾斌,刘欣欣,王萌. 我国海洋产业结构变动对海洋经济增长贡献的时空差异研究[J]. 经济地理, 2014 (10): 98-103.
- [11]蒋天颖,华明浩,徐强,等. 区域创新与城市化耦合发展机制及其空间分异——以浙江省为例[J]. 经济地理, 2014 (6): 25-32.
- [12]魏敏,李书昊. 新时代中国经济高质量发展水平的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018(11): 3-20.
- [13]杨浩昌,李廉水. 政府支持与中国高技术产业研发效率[J]. 科学学研究, 2019 (1): 70-76, 111.
- [14]韩永辉,黄亮雄,王贤彬. 产业政策推动地方产业结构升级了吗? ——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验[J]. 经济研究, 2017 (8): 33-48.
- [15] 张国强,温军,汤向俊. 中国人力资本、人力资本结构与产业结构升级[J]. 中国人口·资源与环境, 2011 (10): 138-146.
- [16]蔡海亚,徐盈之. 贸易开放是否影响了中国产业结构升级? [J]. 数量经济技术经济研究, 2017(10): 3-22.

(责任编辑: 保文秀)