

高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合协调研究

罗婷, 张永庆

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 为了探索和优化高技术产业技术创新与区域经济高质量发展的内在联系及其耦合协调路径, 推动二者之间的良性互动与协调发展, 运用耦合协调度和相对发展度模型, 从8大综合经济区视角测度2010—2020年高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合协调水平及其相对发展程度, 并对其空间相关性进行检验, 运用障碍度模型诊断其关键障碍因子。研究发现: 2010—2020年, 各综合经济区高技术产业技术创新及其经济高质量发展相对差异均较为明显, 北部沿海、东部沿海和南部沿海综合经济区远高于大西北综合经济区; 8大综合经济区高技术产业技术创新与其经济高质量发展耦合协调程度不一, 东部沿海已达到高度耦合协调水平, 长江中游则为良性耦合低度协调水平; 长江中游、黄河中游、大西南、大西北等综合经济区高技术产业技术创新速度滞后并制约于其区域经济高质量发展, 南部沿海则处于同步发展状态; 各综合经济区要素层和指标层的关键障碍因子不尽相同, 却体现出高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合系统协调演化的主要障碍。

关键词: 高技术产业; 技术创新; 高质量发展; 区域经济; 耦合协调; 空间自相关

中图分类号: F 062.4; F 062.9; F 061.5 **文献标志码:** A

Coupling coordination between technological innovation in high-tech industry and high-quality development of regional economy

LUO Ting, ZHANG Yongqing

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to explore and optimize the internal connection and coupling coordination path between technological innovation in high-tech industry and high-quality development of regional economy, and the benign interaction and coordinated development between them were promoted. From

收稿日期: 2023-03-21

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(71631006); 国家社会科学基金资助项目(22XGL003)

第一作者: 罗婷(1994-), 女, 博士研究生. 研究方向: 技术创新、区域经济与管理. E-mail: tingluoLT@163.com

通信作者: 张永庆(1962-), 男, 教授. 研究方向: 资源经济管理、区域经济研究. E-mail: zyq28@sh163.net

引文格式: 罗婷, 张永庆. 高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合协调研究[J]. 上海理工大学学报, 2024, 46(5): 567-579.

Citation: LUO Ting, ZHANG Yongqing. Coupling coordination between technological innovation in high-tech industry and high-quality development of regional economy[J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2024, 46(5): 567-579.

the perspective of eight comprehensive economic zones, the coupling coordination degree and relative development degree models were used to measure the coupling and coordination state and relative development degree of the technological innovation in the high-tech industry and the high-quality development of regional economy from 2010 to 2020, and its spatial correlation was tested, and the key obstacle factors were diagnosed with the help of obstacle degree model. The results show that the relative difference between the technological innovation in the high-tech industry and the high-quality development of the regional economy was obvious in the comprehensive economic zones from 2010 to 2020, and the Northern coastal, Eastern coastal, and Southern coastal economic regions were much higher than the Northwest economic regions. The degree of coupling and coordination between the technological innovation in the high-tech industry and the high-quality development of the regional economy was different in the eight comprehensive economic zones from 2010 to 2020, and the Eastern coastal economic region had reached a high level of coupling and coordination, while the Mid-Yangtze River had a benign coupling and a low level of coordination. The speed of technological innovation in high-tech industry lagged and restricted the high-quality development of the regional economy in the Mid-Yangtze River, the Mid-Yellow River, the Great Southwest, and the Great Northwest economic regions, while the Southern Coastal region was in a state of synchronous development. The key obstacle factors of the elements layer and the indexes layer were different in each integrated economic zone, but it reflected the main obstacle of the coordinated evolution of the coupled system.

Keywords: *high-tech industry; technological innovation; high-quality development; regional economy; coupling coordination; spatial autocorrelation*

高技术产业能有效提升区域创新能力、推动区域经济高质量发展。党的二十大报告中指出，实施创新驱动发展战略，增强自主创新能力，提高科技成果转化和产业化水平。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中提出，强化企业创新主体地位，提升企业技术创新能力，优化区域产业链布局并促进区域协调发展。鉴于此，对高技术产业技术创新与区域经济高质量发展进行耦合分析，对于优化区域产业结构、提升高技术产业技术创新能力、实现区域经济高质量发展具有重要的理论和现实意义。

经济的持续高质量发展源于技术创新的驱动^[1]。现有关于技术创新推动经济高质量发展的研究主要从科技成果转化、产业结构升级、技术创新能力提升、技术创新政策保障等方面进行^[2-5]。此外，技术创新还可以从空间溢出和产业集聚影响区域经济发展^[6]，Wang等^[7]发现高校技术创新能力具有明显空间溢出效应，对区域经济增长具有显著促进作用。杨友才等^[8]指出高技术产业间技术创新效率溢出效应存在差异性，医药制造业和通信设备制造业技术创新效率对其他产业均为

正向溢出效应，医疗设备及器械制造业则为负向溢出的竞争效应。也有研究从要素配置、供需结构、产业升级、资源与环境、社会公平等方面揭示了科技创新促进经济高质量发展的内在规律^[9]。技术创新在国民经济和科技研发中均起着重要作用^[10]。高技术产业技术创新效率测度及其能力评价，对于调整企业要素投入、提高科技产出及促进企业技术创新具有积极意义^[11-13]。因此，高技术产业技术创新的提升对于优化区域资源配置、提高产业核心竞争力、促进区域经济增长至关重要。一方面，高技术产业可以带动关联产业技术提升，通过产业集群和技术外溢效应，提升区域经济发展水平^[14-16]。另一方面，区域经济的发展可以为高技术产业技术创新提供财力保障和高素质人才供给^[17]。

高技术产业技术创新与区域经济发展息息相关^[18]，现有研究表明，高技术产业技术创新能力的高低与区域经济发展水平存在较强的正相关性^[19]。但较少对高技术产业技术创新与区域经济高质量发展进行耦合分析，从8大综合经济区测度其耦合协调水平和相对发展程度的研究甚少，对其关键障碍因子进行诊断的更少。鉴于此，本文感兴

趣的是：各经济区高技术产业技术创新水平如何？各区的差异体现在哪些方面？高技术产业技术创新与其经济高质量发展的耦合协调程度如何？影响两者之间的关键障碍因子又有哪些？如何进一步提升其经济发展水平？

本文可能的边际贡献主要体现在以下3个方面：第一，从区域经济质效、区域协调发展等6个维度对高技术产业技术创新与区域经济高质量发展进行耦合分析，丰富了相关研究。第二，从具体产业视角出发，构建了包含技术创新投入和产出的高技术产业技术创新指标体系；基于新发展理念，从6个维度出发，建立了包含区域经济质效、协调发展、绿色生态、社会稳定、民生保障和开放创新的区域经济高质量发展指标体系，在一定程度上丰富了相关指标体系构建的研究。第三，在研究对象上，从8大综合经济区角度探究区域高技术产业技术创新和经济高质量发展耦合协调问题，有别于以往区域问题研究仅限于东、中、西和东北部4大地区的视角，进一步从空间上进行了细化，对于区域问题的研究有一定的借鉴意义。

1 耦合分析

新经济增长理论认为技术创新是产业发展的内生动力，技术进步是经济增长的核心^[20]。技术创新理论阐述了技术创新是企业的核心竞争力，是驱动经济发展的根本动力^[21]。因此，高技术产业技术创新对区域经济高质量发展具有重要影响。区域经济高质量发展本质是区域经济质量和效率的提升，同时还包括区域发展协调性、环境可持续性、社会稳定性、民生保障性以及创新的效益性。第一，区域经济质效。区域经济高质量发展注重区域经济的质量和效率，高技术产业技术创新是科研、技术、生产等系统集成，需要技术、人才和资本支撑，能带动各生产要素跨区域流动，不断优化区域资源配置的效率和方向，提升区域经济运行的质量和效率。经济高质量发展需要创新驱动，人才和资本分别是创新发展的第一资源和加速器，技术创新及成果转化则为根本推动力^[22]。第二，区域协调发展。区域经济高质量发展的重要体现是区域协调，高技术产业技术创新催生出新的产品效用，创新成果的不断转化和产业化，使得区域资源配置的效率和效益趋于

最优，区域产业结构不断优化升级，逐步实现高度化和合理化，有利于区域经济协调发展^[22]。第三，区域绿色生态。区域经济高质量发展强调区域经济发展的可持续性，绿色技术创新贯穿高技术产品生产的制造工艺、中间产品和最终产品等环节，高技术产业中绿色低碳、环保节约型技术的研发，能降低能耗、提高资源利用率，有利于区域资源与环境相协调，实现可持续发展^[15]。第四，区域社会稳定。区域经济高质量发展惠及社会福利水平的提升，高技术产业技术创新需要财税优惠、人才引进、信贷融资等政策环境相匹配，《科技创新助力经济社会稳定发展的若干措施》（粤科规字〔2022〕164号）中税收减免、平台建设、基金支持等政策举措，进一步扩大就业岗位，培养更多创新人才，让技术创新助力区域社会稳定发展。第五，区域民生保障。区域经济高质量发展需要保障民生发展，高技术产业技术创新以市场需求为导向，根据需求进行创新，由产业链上下游合作对产品进行迭代升级，提升产品满意度，以技术创新为支撑实现供需合理化，改善并保障人民生活质量。第六，区域开放创新。区域经济高质量发展的根源在于效率改进和技术创新，微观层面，企业通过技术创新，掌握关键核心技术，提高核心竞争力；中观层面，企业依靠技术创新实现产业结构升级；宏观层面，产业以技术创新提升市场竞争力和国际影响力^[9]。高技术产业深度参与全球技术创新，加强国际技术创新协作，实现高技术产业技术创新在全球范围内的价值转化，提升国家在全球价值链中的位置以及产业国际竞争力和影响力。高技术产业技术创新作为区域经济高质量的主要源动力，其耦合分析如图1所示。

2 研究设计

2.1 指标体系构建

基于指标建立的科学性、层次性、系统性、一致性和可行性原则，结合“十四五”主要目标及5大新发展理念，高技术产业技术创新投入产出指标的确定参考吴传清等^[23]的研究，选取R&D人员全时当量和R&D经费内部支出作为技术创新投入，选取发明专利授权量和新产品销售收入作为技术创新产出；范德成等^[24]将创新投入分为研发投入（研发人员、研发资本和新产品开发

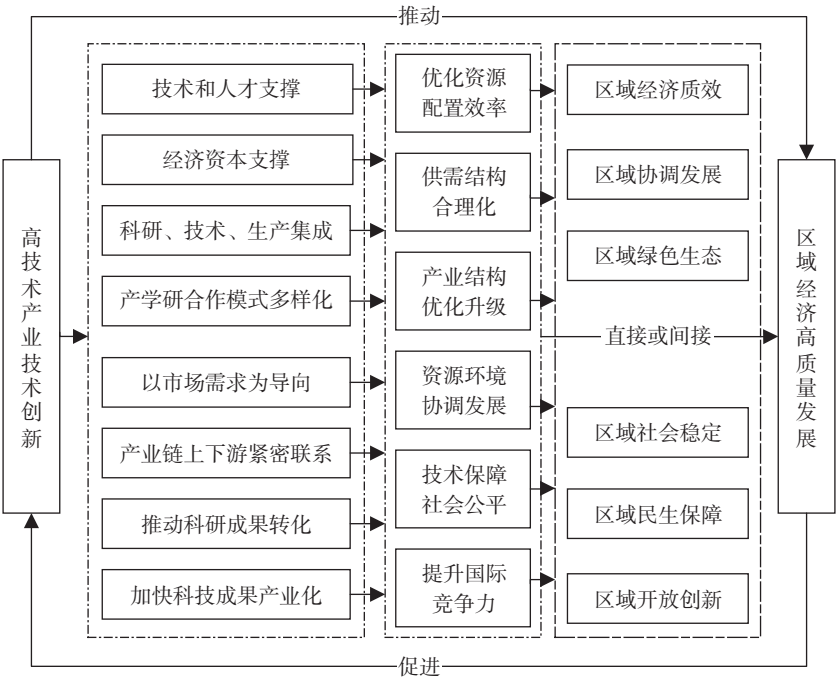


图 1 高技术产业技术创新与区域经济高质量发展的耦合分析

Fig.1 Coupling analysis of technological innovation in high-tech industries and high-quality development of regional economy

费用)和非研发投入(固定资产和非研发费用),创新产出分为科技产出(专利和新产品项目)和经济产出(新产品和出口);Lin等^[25]以R&D人员全时当量、R&D投资支出和技术改造支出作为技术创新投入,发明专利申请数和新产品销售收入作为技术创新产出;程广斌等^[26]通过技术创新投入/产出和经济转化投入/产出研究科技创新;Li等^[15]将就业、资本存量和R&D支出作为高技术产业技术创新投入指标,将高技术产业总产值、高技术产业出口和专利作为产出指标。区域经济高质量发展指标的选取参考魏敏等^[27]在经济结构优化、创新驱动发展、生态文明建设和经济成果惠民等

10个方面的归纳;马茹等^[28]从高质量供给、高质量需求、发展效率、经济运行和对外开放5个维度进行构建;赵涛等^[29]从产业结构、包容性TFP、技术创新、居民生活和生态环境5个层面进行设定;Jahanger^[30]从盈利水平、管理水平、技术水平、实际规模水平和出口水平方面进行研究;佟孟华等^[31]从经济运行、增长动能、生态环境和社会民生4个层面选取44个基础指标进行研究。借鉴上述研究并筛选得到初选指标体系,基于数据的可得性原则完善指标体系,并通过专家评阅和探讨,对指标进行优化,最终形成了如表1所示的指标体系。

表 1 高技术产业技术创新和区域经济高质量发展指标体系

Tab.1 The indicator of technological innovation in high-tech industries and high-quality development of the regional economy

系统层	要素层	指标层
高技术产业 技术创新X	创新投入X ₁	R&D人员全时当量X ₁₁ 、R&D经费内部支出X ₁₂ 、新产品开发经费支出X ₁₃ 、技术获取和改造支出X ₁₄
	创新产出X ₂	有效发明专利数X ₂₁ 、新产品开发项目数X ₂₂ 、新产品销售收入X ₂₃ 、利润总额X ₂₄
区域经济高质量 发展Y	区域经济质效Y ₁	人均地区生产总值Y ₁₁ 、地区生产总值增长率Y ₁₂ 、产业结构高级化指数Y ₁₃ 、社会消费品零售总额占比Y ₁₄ 、地区劳动生产率Y ₁₅ 、地区金融发展效率Y ₁₆
	区域协调发展Y ₂	城镇化率Y ₂₁ 、第三产业贡献率Y ₂₂ 、城乡收入协调水平Y ₂₃ 、城乡消费协调水平Y ₂₄
	区域绿色生态Y ₃	人均公园绿地面积Y ₃₁ 、能源消费量Y ₃₂ 、单位工业废水排放量Y ₃₃ 、单位工业SO ₂ 排放量Y ₃₄ 、工业固体废物综合利用率Y ₃₅ 、生活垃圾无害化处理率Y ₃₆
	区域社会稳定Y ₄	城镇登记失业率Y ₄₁ 、通货膨胀率Y ₄₂ 、社会总抚养比Y ₄₃ 、地区规模以上工业企业资产负债率Y ₄₄
	区域民生保障Y ₅	社会保障和就业支出占比Y ₅₁ 、城镇职工基本医疗保险参保率Y ₅₂ 、每万人医疗机构床位数Y ₅₃ 、每万人拥有公共图书馆藏书量Y ₅₄ 、公共交通保障投入水平Y ₅₅ 、教育投入水平Y ₅₆
	区域开放创新Y ₆	外资依存度Y ₆₁ 、对外贸易依存度Y ₆₂ 、每万人专利授权数占有量Y ₆₃ 、技术市场成交额占比Y ₆₄

2.2 研究方法

2.2.1 指标权重的确定

为避免主观赋权的“绝对经验性”以及客观赋权的“绝对客观性”，本文采用组合赋权法确定权重，确保其更加科学合理和可靠准确^[32]。

a. AHP 法。层次分析(analytic hierarchy process)法是将与决策相关的指标划分为目标层、准则层、方案层等不同的层次结构，通过比较指标之间的相对重要程度，进而得出各指标权重^[33]。

b. CRITIC 法。CRITIC(criteria importance though intercrieria correlation)法通过指标的对比强度(波动性)和冲突性来衡量指标权重，并同时考虑指标的信息承载量、差异性和相关性^[34]。计算步骤如下。

首先，消除数据之间的量纲影响，对指标进行正向化和标准化处理：

$$x_{ij}^* = \begin{cases} \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, & \text{正向指标} \\ \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, & \text{负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

式中， x_{ij} 表示地区 $i(i=1,\cdots,n)$ 相应的指标 $j(j=1,\cdots,m)$ 的数值，标准化后的 $x_{ij}^* \in [0,1]$ 。

其次，计算各指标对比强度。

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij}^* - \bar{x}_j)^2}{m-1}} \quad (2)$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}^* \quad (3)$$

式中： S_j 为第 j 个指标的标准差； $\bar{x}_j$ 为第 j 个指标的数据均值。

再次，计算各指标冲突性。

$$R_j = \sum_{k=1}^m (1 - |r_{kj}|) \quad (4)$$

式中： R_j 为指标 j 与其余指标的冲突性； r_{kj} 为指标 k 和指标 j 之间的相关系数。

最后，根据指标对比强度和冲突性，计算各指标信息承载量，并得出指标的客观权重。

$$G_j = S_j R_j \quad (5)$$

$$W_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^m G_j} \quad (6)$$

式中： G_j 为第 j 个指标的信息承载量， G_j 越大，表示该指标所蕴含的信息量越大，则权重越大； W_j 为第 j 个指标的客观权重。

2.2.2 耦合协调度模型

耦合是指系统之间相互作用、共同依赖协调增强的动态关联现象^[35]。耦合度表示系统要素之间的相互作用程度，协调度指系统之间的整体协同水平，两者共同决定系统耦合水平^[36]。耦合协调度模型为

$$C = \left[\prod_{i=1}^n U_i \left/ \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \right)^n \right]^{1/n} \quad (7)$$

$$\begin{cases} D = \sqrt{CT} \\ T = \sum_{i=1}^n \alpha_i U_i \end{cases} \quad (8)$$

式中： C 为耦合度， $C \in [0,1]$ ， C 值越大，子系统之间离散程度越小，耦合度越高，反之，则越低； n 为子系统个数； U_i 为第 i 个子系统数据标准化值，取值 $[0,1]$ ； D 为协调度， $D \in [0,1]$ ， D 值越大，各子系统间协调程度越高； T 为子系统间综合协调指数； α 为贡献系数，且 $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ 。

参考已有研究成果^[37-38]，将耦合度 C 和协调度 D 划分为若干种类型，划分标准见表 2。

表 2 耦合度 C 和协调度 D 划分标准

Tab.2 Classification criteria for coupling degree C and coordination degree D

耦合度 C		协调度 D	
取值范围	耦合类型	取值范围	协调类型
取值为 0	耦合度极小	[0,0.3]	严重失调
(0,0.3]	低水平耦合	(0.3,0.4]	中度失调
(0.3,0.5]	颀颀耦合	(0.4,0.5]	低度协调
(0.5,0.8]	良性耦合	(0.5,0.6]	中度协调
(0.8,1.0]	高水平耦合	(0.6,0.8]	高度协调
取值为 1	耦合度极高	(0.8,1.0]	极度协调

2.2.3 相对发展度模型

耦合度和协调度能够用于评价各子系统之间耦合协调发展情况，但不能体现其相对发展状况，因此，为识别各子系统之间内部相互制约因素，引入相对发展度模型：

$$F = U_1 / U_2 \quad (9)$$

式中： F 为相对发展系数； U_1 和 U_2 为两子系统的水平。参考林建鹏^[39]对于 F 的划分， $0<F<0.80$ 时， U_1 滞后于 U_2 ； $0.80\leq F\leq 1.20$ 时， U_1 与 U_2 同步发展； $F>1.20$ 时， U_2 滞后于 U_1 。

2.2.4 障碍度模型

借助障碍度模型诊断影响系统间耦合协调的障碍因子，理清各指标相对贡献程度。

$$Q_j = \frac{V_{ij}W_j}{\sum_{j=1}^m V_{ij}W_j}$$

(10)

$$A_j = \sum_{j=1}^m Q_j$$

(11)

式中： Q_j 为第 j 个指标障碍度； V_{ij} 为指标偏离度，表示各指标与系统最优目标的差距，且 $V_{ij} = (1 - x_{ij}^*) + 0.0001$ （为防止出现 Q_j 分母为0的情况，故对求得的数据分别加上0.0001）； W_j 为各指标组合权重； A_j 为各要素层的障碍度。

2.2.5 空间相关性检验方法

在地理空间上，相邻区域具有依赖性和互动性，因此为进一步检验相邻区域子系统之间的空间相关性，使用莫兰指数(Moran's I)进行判定。莫兰指数分为全局莫兰指数(global Moran's I)和局部莫兰指数(local Moran's I)。全局 Moran's I 可以反映空间上是否出现了集聚或异常值及其空间相关程度如何；局部 Moran's I 是对全局 Moran's I 的进一步补充，用于探测异常值或者集聚出现的范围和位置。全局 Moran's I 和局部 Moran's I 的计算公式如下：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sigma^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

(12)

$$I_i = \frac{z_i - \bar{z}}{\sigma^2} \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (z_j - \bar{z})$$

(13)

式中： I 为全局 Moran's I ， $I>0$ 表示呈正相关，数值越大，空间相关性越强； $I<0$ 表示呈负相关，数值越小，空间差异越大； $I=0$ 表示无空间关系； I_i 为局部 Moran's I ； $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2$ 为样本方差； n 为区域总个数； w_{ij} 为地理空间权重矩阵； z_i 和 z_j 分别为区域 i 和区域 j 的属性值， $\bar{z}$ 为其区域均值。

2.3 研究对象与数据来源

本文研究对象为高技术产业(制造业)。《国务院关于发挥科技支撑作用促进经济平稳较快发展的意见》(国发〔2009〕9号)中指出加大产业技术研发力度，完善产业技术创新，加快科技成果产业化。故研究的时间为2010—2020年。研究区域为中国30个省(区、市)(由于西藏、台湾、香港和澳门一些关键指标值缺失，故不纳入研究范围)组成的8大综合经济区。数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《全国科技经费投入统计公报》、《中国劳动统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国教育统计年鉴》、《中国人口与就业统计年鉴》、各省(区、市)统计年鉴及相关统计公报等，个别年份缺失数据采用插值法补全。

3 实证分析

3.1 子系统分析

在确定指标权重后，分别得到2010—2020年8大综合经济区高技术产业技术创新与经济高质量发展的相对值，见表3。

表3 8大综合经济区高技术产业技术创新与区域经济高质量发展相对值

Tab.3 Relative value of the technological innovation of high-tech industries and high-quality development of regional economy in the eight comprehensive economic zones

8大综合经济区	高技术产业技术创新		区域经济高质量发展	
	2010—2020年 相对均值	排序	2010—2020年 相对均值	排序
北部沿海	0.1105	3	0.5017	2
东部沿海	0.2928	2	0.5282	1
南部沿海	0.3595	1	0.4238	3
长江中游	0.0711	4	0.3779	5
黄河中游	0.0384	6	0.3431	6
大西南	0.0431	5	0.3320	7
大西北	0.0026	8	0.3137	8
东北	0.0342	7	0.3814	4

由表3可知，2010—2020年北部沿海、东部沿海和南部沿海高技术产业技术创新水平相对靠前。长江中游、黄河中游和大西南综合经济区高技术产业技术创新水平排名相对居中，大西北则

处于相对落后的水平。东北综合经济区高技术产业技术创新水平排名相对较后,劣于其区域经济高质量发展水平的排名,这与东北地区人力资本流失、科技资源缺乏、创新环境不足等因素密切相关。

为了进一步揭示 2010—2020 年 8 大综合经济区高技术产业技术创新与区域经济高质量的相对演变趋势,对各综合经济区进行分析,其具体变化过程如图 2 所示。

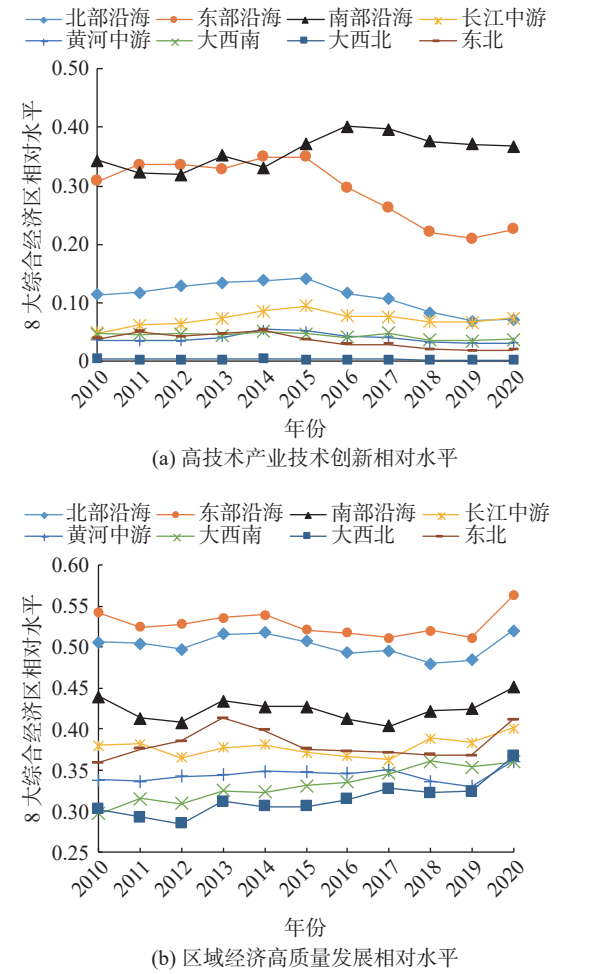


图 2 8 大综合经济区高技术产业技术创新与区域经济高质量发展水平

Fig.2 The level of the technological innovation in high-tech industries and high-quality development of the regional economy in the eight comprehensive economic zones

由图 2 可知,2010—2020 年北部沿海、东部沿海、长江中游和黄河中游高技术产业技术创新均呈现先升后降再升的变化趋势。由于科技经费投入力度较大、科技人才引进政策和创新环境优越,南部沿海高技术产业技术创新先升后趋于平稳。大西南和大西北综合经济区由于地方财政资金科技投入相对缺乏、创新人才队伍不足、科技

产出转化能力较弱等问题,其技术创新较为缓慢,由于西部大开发和“一带一路”政策,经济发展呈现平稳上升趋势。2014—2019 年东北综合经济区高技术产业技术创新与经济高质量发展呈明显下降趋势,这与区域内产业结构单一且转型升级较慢、创新人才外流、创新营商环境较差等有关。

3.2 耦合协调度分析

根据式(7)和(8)可得 2010—2020 年 8 大综合经济区及各省高技术产业技术创新与区域经济高质量发展的耦合度 C 和协调度 D ,见表 4。

由表 4 可知,2010—2020 年高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合度均值为 0.5813,处于良性耦合阶段。其中,江苏省耦合度最高,各年均接近于 1(均值为 0.9919),说明其高技术产业技术创新与经济高质量发展已达到绝对高水平耦合状态;山东、浙江和广东耦合度均超过 0.90,四川和福建耦合度为 0.85~0.90,属于高水平耦合类型;北京、上海、湖南、湖北等均为良性耦合的磨合阶段;青海耦合度最低,均值仅为 0.0398;新疆、宁夏、内蒙古、海南和甘肃耦合度均在 0.30 以下。此外,具有高水平耦合度并不代表两者之间高水平协调,各地区协调度普遍偏低,大多数地区处于中度协调、低度协调以及轻度失调状态。从 8 大综合经济区来看,2010—2020 年,东部沿海耦合度和协调度均值分别为 0.8840 和 0.6009,排名均为第一,其高技术产业技术创新与经济高质量发展已达到高度耦合协调水平,呈现相互促进、共同发展态势。北部沿海和南部沿海均为良性耦合的中度协调类型,长江中游虽为良性耦合,但处于低度协调水平,其区域经济质效和开放创新水平仍有待提高。黄河中游、大西南和东北综合经济区均为良性耦合的中度失调状态,大西北综合经济区耦合度和协调度均最弱,处于低水平耦合的极度失调状态,这与其地区经济发展水平较慢、技术创新程度较低等有关。

3.3 相对发展度分析

为进一步探究各区域相对发展情况,依据表 3 和式(9)求得其相对发展水平。以(0.3,0.3)为坐标原点,并将临界线 1($F_1=0.80$)和临界线 2($F_2=1.20$)一并绘出,见图 3。

由图 3 可知,仅南部沿海处于相对均衡状态,该区域高技术产业技术创新推动经济高质量

表 4 8大综合经济区高技术产业技术创新与区域经济高质量发展耦合协调

Tab.4 The coupling and coordination of the technological innovation in high-tech industries and high-quality development of regional economy in the eight comprehensive economic zones

8大综合经济区	地区	2010年		2020年		2010—2020年均值		区域均值/排序	
		C	D	C	D	C	D	C/(排序)	D/(排序)
北部沿海	北京	0.6634	0.5457	0.6476	0.5212	0.6873	0.5520	0.7176/(3)	0.4614/(3)
	天津	0.7874	0.5050	0.4562	0.3775	0.6242	0.4416		
	河北	0.5869	0.3251	0.5438	0.3272	0.6129	0.3264		
	山东	0.9302	0.5156	0.8484	0.4630	0.9460	0.5256		
东部沿海	上海	0.8194	0.5820	0.6422	0.4856	0.7379	0.5207	0.8840/(1)	0.6009/(1)
	江苏	0.9974	0.7163	0.9891	0.6566	0.9919	0.7038		
	浙江	0.8987	0.5580	0.9052	0.5849	0.9222	0.5781		
南部沿海	福建	0.8605	0.4857	0.7806	0.4566	0.8569	0.4844	0.6788/(4)	0.5042/(2)
	广东	0.9467	0.7978	0.9343	0.8300	0.9357	0.8037		
	海南	0.2224	0.2249	0.1625	0.1902	0.2438	0.2246		
长江中游	安徽	0.5999	0.3564	0.7276	0.4304	0.7072	0.4038	0.7205/(2)	0.4017/(4)
	江西	0.5316	0.3341	0.7176	0.4108	0.6583	0.3694		
	湖北	0.7110	0.3997	0.7496	0.4107	0.7506	0.4240		
	湖南	0.6376	0.3643	0.6849	0.3991	0.7658	0.4095		
黄河中游	山西	0.2404	0.2002	0.3400	0.2416	0.3489	0.2384	0.5084/(7)	0.3051/(7)
	河南	0.6530	0.3469	0.6949	0.3841	0.7316	0.3842		
	内蒙古	0.2307	0.2004	0.1705	0.1780	0.2168	0.1955		
	陕西	0.7942	0.4182	0.6459	0.3698	0.7363	0.4021		
大西南	广西	0.4328	0.2527	0.2986	0.2239	0.4304	0.2594	0.5549/(5)	0.3204/(6)
	重庆	0.5270	0.3203	0.5995	0.3748	0.5615	0.3569		
	四川	0.9267	0.4731	0.8070	0.4334	0.8714	0.4537		
	贵州	0.6401	0.2905	0.4311	0.2812	0.5280	0.2906		
	云南	0.2901	0.2027	0.4117	0.2657	0.3834	0.2417		
大西北	甘肃	0.3601	0.2208	0.1948	0.1871	0.2555	0.1980	0.1602/(8)	0.1478/(8)
	青海	0.0000	0.0000	0.0529	0.0969	0.0398	0.0679		
	宁夏	0.2146	0.1809	0.1738	0.1852	0.2125	0.1824		
	新疆	0.1009	0.1323	0.0894	0.1274	0.1328	0.1431		
东北	辽宁	0.6560	0.3635	0.5179	0.3409	0.6391	0.3797	0.5167/(6)	0.3257/(5)
	吉林	0.3177	0.2485	0.3168	0.2587	0.4375	0.2919		
	黑龙江	0.6849	0.3684	0.3122	0.2546	0.4735	0.3057		

发展，经济发展又反作用促进高技术产业技术创新，二者同步增长。东部沿海和北部沿海的经济高质量发展速度较快，均能带动并超前于其高技术产业技术创新水平。长江中游、黄河中游、大西南、大西北和东北综合经济区相对发展度 $F <$

0.80，说明高技术产业技术创新发展速度滞后并受制于其区域经济高质量发展。

3.4 空间相关性分析

为了更好地反映高技术产业技术创新和区域经济高质量发展耦合协调度的空间特征，运用

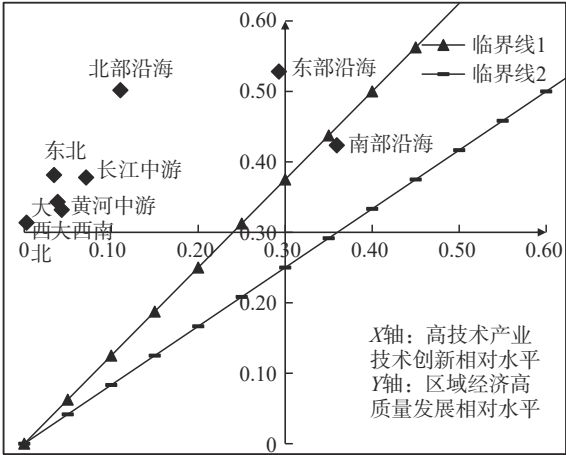


图3 8大综合经济区高技术产业技术创新与区域经济高质量发展相对水平

Fig.3 The relative level of the technological innovation in high-tech industries and high-quality development of regional economy in the eight comprehensive economic zones

Stata 对 2010—2020 年两子系统的耦合协调度进行分析, 结果见表 5。

由表 5 可知, 全局 Moran's *I* 均大于 0, 2010 年的 *P* 值略大于 0.01, 在 5% 水平上拒绝无空间自相关的原假设, 其他年份均小于 0.01, 在 1% 水平上拒绝原假设, 说明高技术产业技术创新和区域

经济高质量发展的耦合协调度存在显著的空间正向自相关特征, 且空间集聚性较高, 整体呈现上升趋势。

基于全局 Moran's *I* 的空间正相关结果, 进一步运用局部 Moran's *I* 探究该空间集聚特征现象出现的具体位置。限于篇幅, 在此仅展示 2010 年、2015 年、2018 年和 2020 年的结果, 见表 6。

由表 6 可知, 高技术产业技术创新和区域经济高质量发展耦合协调度分为 4 种集聚类型: H-H 集聚型、L-H 集聚型、H-L 集聚型和 L-L 集聚型。H-H 集聚型代表该区域与相邻区域的耦合协调发展水平均相对较高, 主要为东部沿海的上海、江苏和浙江地区。L-H 集聚型代表该区域的耦合协调发展水平相对较低, 但相邻区域的耦合协调发展水平较高, 以海南最为显著。H-L 集聚型代表该区域的耦合协调发展水平相对较高, 但相邻区域的耦合协调发展水平较低, 以广东、四川、陕西为代表。L-L 集聚型代表该区域与相邻区域的耦合协调发展水平均相对较低, 主要为大西北和东北综合经济区。从整体空间分布模式来看, 大多属于 H-H 集聚型和 L-L 集聚型, 即主要是处于相近耦合协调水平区域间的集聚, 这也表明大部分区域的高技术产业技术创新和区域经济

表 5 高技术产业技术创新和区域经济高质量发展耦合协调度的全局 Moran's *I* (2010—2020)

Tab.5 The Global Moran's *I* for the coupling and coordination of the technological innovation in high-tech industries and high-quality development of regional economy (2010—2020)

数值类型	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>I</i>	0.219**	0.250***	0.282***	0.279***	0.262***	0.297***	0.298***	0.261***	0.284***	0.298***	0.306***
<i>P</i> 值	0.011	0.005	0.002	0.002	0.004	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001
<i>z</i> 值	2.302	2.583	2.867	2.848	2.677	3.011	3.027	2.702	2.926	3.067	3.131

注: ***和**分别表示在1%和5%的水平上显著。

表 6 高技术产业技术创新和区域经济高质量发展耦合协调度局部空间相关模式分类

Tab.6 Classification of local spatially relevant patterns for the coupling and coordination of the technological innovation in high-tech industries and high-quality development of regional economy

集聚类型	2010	2015	2018	2020
H-H集聚	上海***、江苏***、浙江**、福建*、北京、天津、山东	上海**、江苏***、浙江***、山东*、北京、福建、天津、湖南、湖北、河南、安徽	上海**、江苏***、浙江***、福建**、山东、天津、安徽、江西、湖南、湖北、河南、重庆	上海**、江苏***、浙江***、福建**、山东、天津、安徽、江西、湖南、湖北、河南、重庆
L-H集聚	海南**、江西、安徽、广西、湖南、重庆、河北	海南***、江西、重庆、广西、河北	海南***、广西	海南***、广西
H-L集聚	广东、四川、陕西、湖北	广东、四川、陕西	广东、北京、四川、陕西	广东、北京、四川、陕西
L-L集聚	内蒙古*、甘肃**、青海**、新疆***、河南、云南、山西、贵州、宁夏、黑龙江、吉林、辽宁	内蒙古**、甘肃***、青海***、宁夏*、新疆***、云南、山西、贵州、黑龙江、吉林、辽宁	内蒙古**、甘肃***、青海***、宁夏*、新疆***、河北、云南、山西、贵州、黑龙江、吉林、辽宁	内蒙古**、甘肃***、青海***、宁夏*、新疆***、河北、云南、山西、贵州、黑龙江、吉林、辽宁

注: ***, **和*分别表示在1%, 5%和10%的水平上显著。

高质量发展耦合协调都具有显著空间正相关特征，耦合协调发展水平相近的区域存在空间相邻，即高值与高值的相邻、低值与低值的相邻，集聚层次有待提升。既要注意提升L-L集聚型耦合协调发展水平，又要发挥L-H集聚型和H-L集聚型中先进省份的空间溢出作用，带动临近地区的耦合协调发展。

3.5 障碍因子分析

根据式(10)和(11)计算2010—2020年8大综合经济区高新技术产业技术创新投入与产出指标的障碍度，如表7所示(限于篇幅，仅展示出2010年、2015年、2018年和2020年8大综合经济区高新技术产业技术创新主要障碍因子及其障碍度)。从表7可知，第一，从出现频率来看，技术获取和技术改造支出 X_{14} 、有效发明专利数 X_{21} 、新产品开发经费支出 X_{13} 、新产品开发项目数 X_{22} 为主要限制因子，其余为次要阻碍因子。第二，从要素层来看，2010—2015年东部沿海高新技术产业技术创新要素层障碍因子排序为：技术创新产出 X_2 >技术创新投入 X_1 ，2016—2020年则为技术创新投入 X_1 >技术创新产出 X_2 ；大西南为技术创新产出 X_2 >技术创新投入 X_1 ，其余6大综合经济区均为技术创新投入 X_1 >技术创新产出 X_2 。第三，从各综合经济区来看，北部沿海技术获取和技术改造支出

X_{14} 的障碍度从2010年21.11%上升至2020年的23.28%；南部沿海新产品开发经费支出 X_{13} 的障碍度从2010年7.25%上升至2020年的11.00%；长江中游、黄河中游、大西南、大西北和东北综合经济区前三大障碍因子为技术获取和技术改造支出 X_{14} 、有效发明专利数 X_{21} 和新产品开发经费支出 X_{13} 。因此，各区应根据各自障碍因子的重要程度，结合自身资源禀赋，提高技术创新能力，推动各综合区经济高质量发展。

运用式(10)和(11)计算出2010—2020年8大综合区经济高质量发展障碍因子，从要素层来看，各障碍因子从高到低排序为：区域开放创新 Y_6 ，区域经济质效 Y_1 ，区域民生保障 Y_5 ，区域社会稳定 Y_4 ，区域协调发展 Y_2 ，区域绿色生态 Y_3 。这表明区域开放创新、经济质效和民生保障是8大综合区经济高质量发展的主要影响因素。各区经济高质量发展要素层障碍度对比分析见图4。在各要素层中，包含其特有的指标障碍因子，如区域开放创新 Y_6 中：外资依存度 Y_{61} 和技术市场成交额占比 Y_{64} 为关键障碍因子；区域经济质效 Y_1 中，地区生产总值增长率 Y_{12} 和劳动生产率 Y_{15} 为主要障碍因子；区域民生保障 Y_5 中，社会保障和就业支出占比 Y_{51} 和教育投入水平 Y_{56} 为关键障碍因子。

表7 各综合经济区高新技术产业技术创新主要障碍因子

Tab.7 The main obstacles to the technological innovation in high-tech industries in the comprehensive economic zones

8大综合经济区	2010年 障碍因子(障碍度/%)	2015年 障碍因子(障碍度/%)	2018年 障碍因子(障碍度/%)	2020年 障碍因子(障碍度/%)
北部沿海	$X_{14}(21.11)$ $X_{21}(17.59)$	$X_{14}(21.65)$ $X_{21}(17.88)$	$X_{14}(22.79)$ $X_{21}(16.48)$	$X_{14}(23.28)$ $X_{21}(16.45)$
	$X_{22}(11.18)$ $X_{13}(10.56)$	$X_{13}(11.49)$ $X_{23}(10.56)$	$X_{13}(11.12)$ $X_{22}(10.68)$	$X_{13}(11.03)$ $X_{22}(10.59)$
东部沿海	$X_{21}(22.85)$ $X_{14}(13.34)$	$X_{21}(24.68)$ $X_{14}(14.45)$	$X_{14}(25.49)$ $X_{21}(18.30)$	$X_{14}(26.53)$ $X_{21}(18.09)$
	$X_{22}(12.99)$ $X_{23}(11.61)$	$X_{13}(13.82)$ $X_{12}(11.89)$	$X_{13}(11.09)$ $X_{23}(10.20)$	$X_{13}(11.10)$ $X_{22}(9.66)$
南部沿海	$X_{14}(47.07)$ $X_{21}(11.51)$	$X_{14}(47.25)$ $X_{21}(11.34)$	$X_{14}(21.81)$ $X_{21}(16.64)$	$X_{14}(22.55)$ $X_{21}(16.43)$
	$X_{22}(7.61)$ $X_{13}(7.25)$	$X_{13}(7.49)$ $X_{22}(7.24)$	$X_{13}(11.10)$ $X_{22}(11.07)$	$X_{13}(11.00)$ $X_{22}(10.99)$
长江中游	$X_{14}(22.00)$ $X_{21}(16.65)$	$X_{14}(20.53)$ $X_{21}(17.30)$	$X_{14}(22.90)$ $X_{21}(16.66)$	$X_{14}(23.25)$ $X_{21}(16.64)$
	$X_{22}(10.90)$ $X_{13}(10.82)$	$X_{13}(11.36)$ $X_{22}(10.67)$	$X_{13}(10.98)$ $X_{22}(10.68)$	$X_{13}(10.95)$ $X_{22}(10.65)$
黄河中游	$X_{14}(21.68)$ $X_{21}(16.64)$	$X_{14}(21.73)$ $X_{21}(16.86)$	$X_{14}(22.77)$ $X_{21}(16.44)$	$X_{14}(22.81)$ $X_{21}(16.39)$
	$X_{22}(11.07)$ $X_{13}(10.85)$	$X_{13}(11.21)$ $X_{22}(11.03)$	$X_{13}(11.03)$ $X_{22}(11.00)$	$X_{13}(10.98)$ $X_{22}(10.92)$
大西南	$X_{14}(20.90)$ $X_{21}(16.82)$	$X_{14}(21.72)$ $X_{21}(16.65)$	$X_{14}(22.56)$ $X_{21}(16.64)$	$X_{14}(22.68)$ $X_{21}(16.43)$
	$X_{13}(10.98)$ $X_{22}(10.90)$	$X_{13}(11.16)$ $X_{22}(10.72)$	$X_{13}(11.01)$ $X_{22}(10.84)$	$X_{13}(11.03)$ $X_{22}(10.79)$
大西北	$X_{14}(22.21)$ $X_{21}(16.20)$	$X_{14}(22.27)$ $X_{21}(16.18)$	$X_{14}(22.33)$ $X_{21}(16.17)$	$X_{14}(22.34)$ $X_{21}(16.17)$
	$X_{22}(11.03)$ $X_{13}(10.96)$	$X_{22}(10.99)$ $X_{13}(10.97)$	$X_{22}(11.02)$ $X_{13}(10.95)$	$X_{22}(11.03)$ $X_{13}(10.95)$
东北	$X_{14}(21.76)$ $X_{21}(16.69)$	$X_{14}(21.91)$ $X_{21}(16.55)$	$X_{14}(22.42)$ $X_{21}(16.30)$	$X_{14}(22.45)$ $X_{21}(16.27)$
	$X_{22}(11.05)$ $X_{13}(10.87)$	$X_{13}(11.11)$ $X_{22}(10.82)$	$X_{13}(11.04)$ $X_{22}(10.90)$	$X_{13}(11.00)$ $X_{22}(10.90)$

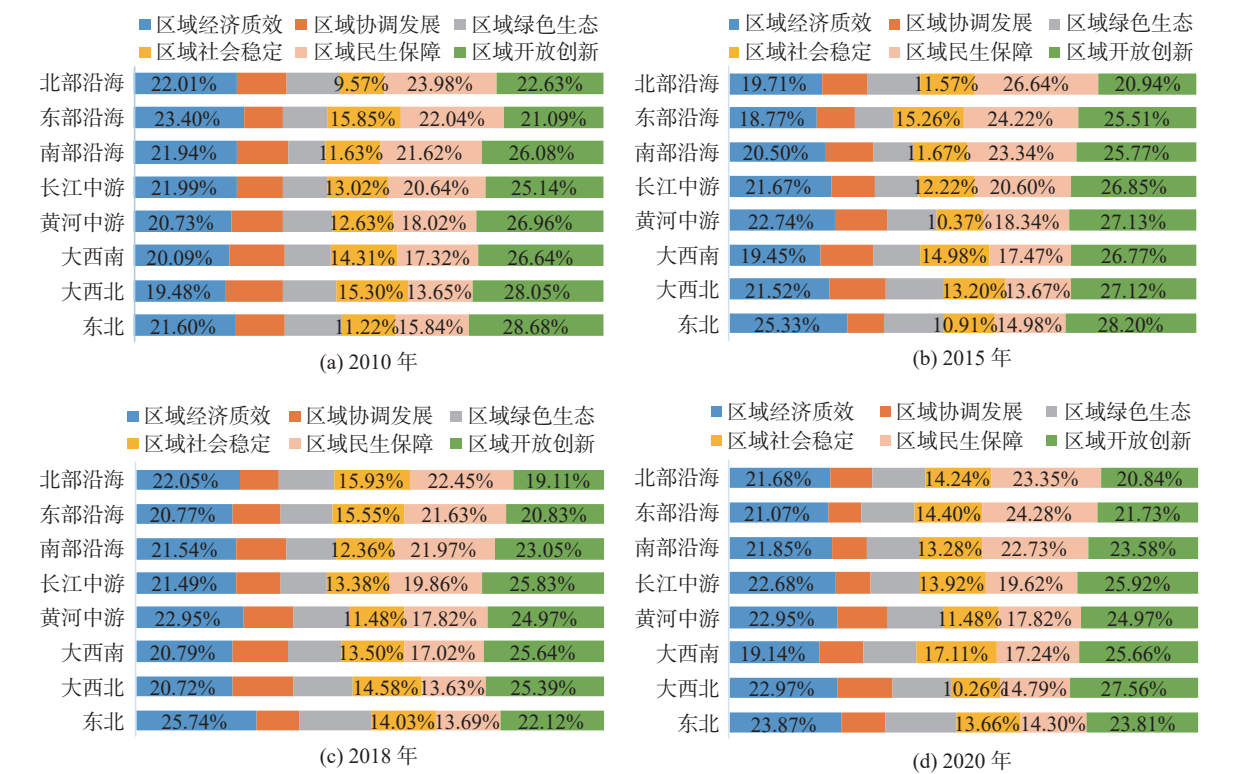


图 4 8 大综合区经济高质量发展要素层障碍度对比分析

Fig.4 Comparative analysis of factors and obstacles to high-quality development in eight comprehensive economic regions

4 研究结论与政策建议

4.1 研究结论

本文运用耦合协调度和相对发展度模型，测算了 2010—2020 年 8 大综合经济区高技术产业技术创新及其经济高质量发展的耦合协调状态和相对发展程度，运用 Moran's *I* 指数进行空间相关性分析，并用障碍度模型对其主要障碍因子进行诊断。主要研究结论如下：

第一，2010—2020 年 8 大综合经济区高技术产业技术创新及其经济高质量发展相对差异均较为明显。从区域相对均值来看，北部沿海、东部沿海和南部沿海领跑于其他地区，属于第一梯队；长江中游、黄河中游、大西南和东北综合经济区居中，属于第二梯队；大西北综合经济区由于技术创新能力相对较弱、经济高质量发展水平相对较低，属于第三梯队。

第二，从全国范围来看，2010—2020 年，高技术产业技术创新与区域经济高质量发展处于良性耦合阶段。从 8 大综合经济区来看，东部沿海已达到高度耦合协调水平，北部沿海和南部沿海均为良性耦合中度协调类型，长江中游为良性耦

合的低度协调水平，黄河中游、大西南和东北综合经济区均为良性耦合的中度失调状态，大西北综合经济区耦合度和协调度均最弱，处于低水平耦合的极度失调状态。

第三，8 大综合经济区高技术产业技术创新与其经济高质量发展相对水平，仅南部沿海综合经济区处于同步发展（相对均衡状态）；北部沿海和东部沿海的经济发展速度较快，均能带动并超前于其高技术产业技术创新水平；其余综合经济区相对发展度均小于临界值 0.80，表明其高技术产业技术创新速度滞后并制约于其区域经济高质量发展。

第四，2010—2020 年，高技术产业技术创新和区域高质量发展的耦合协调度存在显著的空间正向自相关特征，且空间集聚型呈现上升趋势，将促进两者间的进一步耦合协调。耦合协调发展水平相近的省份存在空间相邻，整体趋向于 H-H 集聚型和 L-L 集聚型。

第五，2010—2020 年，8 大综合经济区高技术产业技术创新主要障碍因子为技术获取和技术改造支出 X_{14} 、有效发明专利数 X_{21} 和新产品开发经费支出 X_{13} 。而区域经济质效 Y_1 （生产总值增长

率 Y_{12} 和劳动生产率 Y_{15})、区域民生保障 Y_5 (社会保障和就业支出占比 Y_{51} 和教育投入水平 Y_{56})和区域开放创新 Y_6 (外资依存度 Y_{61} 和技术市场成交额占比 Y_{64})为影响区域经济高质量发展的主要障碍因子。

4.2 政策建议

基于上述研究结论，提出几点建议：第一，在各综合经济区高技术产业技术创新及其经济高质量发展相对差异方面，一要加强跨区域人才交流，促进创新平台共建，加强区域间合作互动，健全区域协调发展机制等；二要提升南部沿海、北部沿海和东部沿海高技术产业技术创新水平，发挥对周边区域的带动和引领示范作用。第二，在高技术产业技术创新推动区域经济高质量发展方面，一要加强引进技术的改造再创新，重点研究产业发展的核心关键技术，增强企业技术创新能力；二要加强区域政策扶持力度，完善技术创新环境。第三，在区域经济助力产业技术创新方面，要提高区域经济质效，稳定区域民生保障，扩大区域开放创新程度，提高技术创新能力。此外，长江中游应加强与南部沿海地区的技术创新协同，加快提升区域技术创新水平；大西南、东北和大西北综合经济区应强化技术创新支撑引领，加大培育创新人才力度，优化改善技术创新环境。

参考文献：

[1] 金碚. 关于“高质量发展”的经济学研究 [J]. 中国工业经济, 2018, (4): 5-18.

[2] PIPKIN S, FUENTES A. Spurred to upgrade: a review of triggers and consequences of industrial upgrading in the global value chain literature[J]. *World Development*, 2017, 98: 536-554.

[3] HAN K G, CHENG L, TANG H. Analysis model and application of China's industrial innovation competition situation from the perspective of patent quality[J]. *European Business & Management*, 2018, 4(6): 119-125.

[4] ZHOU B, ZENG X Y, JIANG L, et al. High-quality economic growth under the influence of technological innovation preference in China: a numerical simulation from the government financial perspective[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2020, 54: 163-172.

[5] 俞立平, 张宏如, 钟昌标, 等. 市场分割、创新政策与高技术产业创新 [J]. *中国软科学*, 2022, (5): 22-34.

[6] WANG C, WANG L, XUE Y B, et al. Revealing spatial

spillover effect in high-tech industry agglomeration from a high-skilled labor flow network perspective[J]. *Journal of Systems Science and Complexity*, 2022, 35(3): 839-859.

[7] WANG X Y, REN Y Z, ZHANG L L, et al. The influence of technological innovation ability of universities on regional economic growth: take coastal provinces and cities for example[J]. *Journal of Coastal Research*, 2020, 103(SI): 112-116.

[8] 杨友才, 耿璐璐, 史倩姿. 我国高技术产业间技术创新效率溢出效应——基于 GVAR 模型的研究 [J]. *管理评论*, 2020, 32(6): 138-149.

[9] 孙祁祥, 周新发. 科技创新与经济高质量发展 [J]. *北京大学学报 (哲学社会科学版)*, 2020, 57(3): 140-149.

[10] CHANG S H, FAN C Y. Scientific or technological driving force? Constructing a system of national innovative capacity[J]. *International Journal of Innovation Science*, 2017, 9(2): 170-183.

[11] HONG Y, NIU D X, XIAO B W, et al. Comprehensive evaluation of the technology innovation capability of China's high-tech industries based on Fuzzy Borda combination method[J]. *International Journal of Innovation Science*, 2015, 7(3): 215-230.

[12] YIN J Y. Study on evaluating innovation ability of high-tech industry based on particle swarm synthesis optimization[J]. *Tehnički Vjesnik*, 2021, 28(2): 616-623.

[13] 范德成, 谷晓梅. 高技术产业技术创新效率关键影响因素分析——基于 DEA-Malmquist 和 BMA 方法的实证研究 [J]. *科研管理*, 2022, 43(1): 70-78.

[14] 张钟文, 叶银丹, 许宪春. 高技术产业发展对经济增长和促进就业的作用研究 [J]. *统计研究*, 2017, 34(7): 37-48.

[15] LI L B, LIU B L, LIU W L, et al. Efficiency evaluation of the regional high-tech industry in China: a new framework based on meta-frontier dynamic DEA analysis[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2017, 60: 24-33.

[16] 吴宗杰, 刘帅, 董会忠, 等. 高技术产业集聚对区域经济增长质量的空间溢出效应 [J]. *统计与决策*, 2019, 35(21): 126-130.

[17] 徐波, 万国伟, 杨丽丽. 我国高技术产业与区域经济协调关系的时空差异——基于四大经济区域数据的分析 [J]. *地域研究与开发*, 2018, 37(2): 41-46.

[18] 邵长安, 关欣, 叶中华. 北京市高技术产业与区域经济发展的关系研究 [J]. *管理评论*, 2019, 31(9): 105-115.

[19] 肖鹏, 刘兰凤, 魏峰, 等. 区域高技术产业技术创新能力的比较研究 [J]. *统计与决策*, 2016, (9): 114-116.

[20] ROMER P M. Endogenous technological change[J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98: S71-S102.

[21] 熊彼特. 经济发展理论 [M]. 何畏, 译. 北京: 商务印书馆, 1990.

[22] 辜胜阻. 高质量发展要让创新要素活力竞相迸发 [J]. *经*

济研究, 2019, 54(10): 7-9.

[23] 吴传清, 黄磊, 文传浩. 长江经济带技术创新效率及其影响因素研究 [J]. [中国软科学](#), 2017, (5): 160-170.

[24] 范德成, 李盛楠. 中国高技术产业技术创新实际效率测度及收敛性分析 [J]. [软科学](#), 2019, 33(10): 1-6,19.

[25] LIN S F, LIN R Y, SUN J, et al. Dynamically evaluating technological innovation efficiency of high-tech industry in China: provincial, regional and industrial perspective[J]. [Socio-Economic Planning Sciences](#), 2021, 74: 100939.

[26] 程广斌, 吴家庆, 孙雪英. 长江经济带科技创新效率及影响因素研究 [J]. [科技管理研究](#), 2022, 42(3): 57-65.

[27] 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, 35(11): 3-20.

[28] 马茹, 罗晖, 王宏伟, 等. 中国区域经济高质量发展评价指标体系及测度研究 [J]. [中国软科学](#), 2019, (7): 60-67.

[29] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据 [J]. [管理世界](#), 2020, 36(10): 65-76.

[30] JAHANGER A. Influence of FDI characteristics on high-quality development of China' s economy[J]. [Environmental Science and Pollution Research](#), 2021, 28(15): 18977-18988.

[31] 佟孟华, 褚翠翠, 李洋. 中国经济高质量发展的分布动态、地区差异与收敛性研究 [J]. [数量经济技术经济研究](#), 2022, 39(6): 3-22.

[32] GUO Y B, MENG X L, WANG D G, et al. Comprehensive risk evaluation of long-distance oil and gas transportation pipelines using a fuzzy Petri net model[J]. [Journal of Natural Gas Science and Engineering](#), 2016, 33: 18-29.

[33] SAATY T L, KEARNS K P. Analytical planning: the organization of system[M]. Oxford: Pergamon Press, 1985.

[34] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the critic method[J]. [Computers & Operations Research](#), 1995, 22(7): 763-770.

[35] ILLINGWORTH V. The penguin dictionary of Physics[M]. Beijing: Foreign Languages Press, 1996: 92-93.

[36] 张旺, 白永秀. 数字经济与乡村振兴耦合的理论构建、实证分析及优化路径 [J]. [中国软科学](#), 2022, (1): 132-146.

[37] YOU H Y. Quantifying the coordinated degree of urbanization in Shanghai, China[J]. [Quality & Quantity](#), 2016, 50(3): 1273-1283.

[38] LIU N N, LIU C Z, XIA Y F, et al. Examining the coordination between urbanization and eco-environment using coupling and spatial analyses: a case study in China[J]. [Ecological Indicators](#), 2018, 93: 1163-1175.

[39] 林建鹏. 中国医疗资源配置与服务利用协调发展的时空演化——基于机构分层分析框架 [J]. [地理科学](#), 2022, 42(2): 284-292.

(编辑：丁红艺)