

“双碳”背景下科技创新和制度创新耦合协调

宋羽哲, 万岩

(北京邮电大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 在“双碳”目标和能源高质量发展的时代要求下, 必须坚持科技创新和制度创新“双轮驱动”协调发展。选取中国30个省份(因数据缺失, 未包括西藏地区和港澳台地区)数据, 运用耦合协调度模型探究绿色低碳科技创新与制度创新耦合协调发展水平, 并分析地区聚集效应。结果表明, 中国绿色低碳领域科技创新和制度创新存在较强的耦合互动关系, 但整体水平不高且局部不均衡, 进一步提出了促进绿色低碳领域的“双轮驱动”创新耦合协调发展的对策建议。

关键词: 绿色低碳; 科技创新; 制度创新; 耦合协调度

中图分类号: F124.3; F124.5; X196 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)22-0001-08

自《巴黎协定》的生效以来, 全球多个国家都陆续出台了碳中和目标和相关净零排放目标, 为全球碳中和时代的到来奠定了基础。中国作为全球最大的碳排放国家, 在全球碳排放治理中扮演着大国的角色, 对碳中和目标的实现影响甚大。2020年9月, 我国正式宣布“双碳”目标, 即二氧化碳排放达到峰值的时间定在2030年前, 而碳中和的时间定在2060年前。这一目标的提出, 对全球实现碳中和有着至关重要的推动作用。随着双碳目标的提出, 众多产业都在进行绿色低碳转型。低碳成为实现可持续发展、高质量发展绕不开的一环, 新能源逐步取代了传统石油能源成为新型能源系统的主体, 由规模化发展逐步进入高质量发展的新阶段, 发展目标导向从增量演化至重质。中共中央政治局第十一次集体学习时提出, 科技创新在新时代是新产业、新动能、新模式的关键要素, 是新质生产力焕发活力的重点与关键。同时制度创新能够创造与新质生产力发展相适应的新型生产关系和管理体制, 促进产业结构的优化升级, 为新质生产力营造良好的发展环境。

新质生产力本身就是绿色生产力^[1], 它要求经济社会发展绿色化、低碳化, 这对能源产业发展提出了新的要求。发展新质生产力, 科技创新是“本”, 制度创新是“纲”。实施创新驱动是推动能源高质量发展的根本动力, 自党的十八大以来, 中国

的经济发展方式经历了根本性的转变, 控制碳排放或许能够成为激发新质生产力的关键因素, 而不能单纯将它视为阻碍经济高速发展的障碍。习近平总书记在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话中^[2]提出要坚持科技创新和制度创新“双轮驱动”。张媛媛^[3]指出制度创新与科技创新在推动发展的过程中, 并没有绝对的顺序或重要性的区别。即使各有侧重点, 但它们能够相互补充, 从而形成紧密相连、相互耦合的协同关系。因此, 技术创新与制度创新的深度耦合、协调发展是“双碳”背景下坚持能源高质量发展的必然要求。科技创新是新质生产力的核心驱动力的来源, 而制度创新则为科技创新提供了框架、体系上的保障与动力。技术与制度的发展是否协同匹配将直接影响创新驱动高质量发展效果。在能源高质量发展的终极目标下, 探究创新驱动的技术及制度协同发展议题具有时代意义。在这样的现实背景与实践要求下, 研究科技创新与制度创新在绿色低碳产业中的协同关系, 是理解创新驱动生产力发展的本质的迫切和实际需要。因此, 为进一步探究中国能源高质量发展水平及时空分布, 研究探讨绿色低碳创新水平及耦合协调发展状况, 进一步丰富低碳技术创新与制度创新协同发展机理的研究。

自能源问题进入人们的视野以来, 就有学者关注能源领域技术与政策的交互问题。演化经济学

收稿日期: 2024-05-28

基金项目: 国家自然科学基金(72374031)

作者简介: 宋羽哲(1999—), 女, 浙江宁波人, 硕士研究生, 研究方向为数据挖掘; 万岩(1966—), 女, 上海人, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为信息技术对社会、经济的影响。

者通常认为政策与技术的协同发展是产业演化的核心动力,例如适当的政策能够帮助能源技术更快获得有利的市场地位。制度可以看作一种“社会技术”,技术包含社会技术与物理技术,当这两者开始协同演化,就会促进产业的演化,因此制度与技术之间的协同演化是产业演化的本质所在。赵越等^[4]基于扎根理论建立较为系统的技术创新与制度创新协同驱动企业演化的理论体系。另有研究基于新熊彼特理论,通过构建新兴产业领域技术与制度协同创新的演化框架来提供战略性指导建议。目前,众多学者已经将演化经济学理论、熊彼特理论融入能源领域的实践研究中,认为能源进行绿色低碳转型是技术与制度的共同演化结果^[5]。

同时,不少学者针对双碳领域技术创新及制度创新的耦合协调机理进行探讨。目前我国科技创新与制度创新的协同演化处于初步发展阶段,因此在部分领域协同发展并不充分,存在协同发展机制不完善甚至缺乏的现象,同时也缺乏一个清晰明确的协同发展路径,张媛媛^[3]提出应从科技创新与制度创新的共用、互补、同步效果三个维度探索能够适应现阶段中国国情的改革路径,健全完善相关的体制机制,使得科技创新与制度创新能够形成正向积极的良性循环。此外,陈诗一和祁毓^[6]提出在碳减排的奋斗之路上,技术创新和制度变迁两者相辅相成,制度设计可以为低碳科技创新提供政策激励与制度基础,同时绿色技术创新又重新催化制度的创新;齐岳等^[7]认为应当促进“技术+制度”的双向互动,通过两者的优势互补来放大绿色技术创新的作用;孟展等^[8]将政府补贴与绿色技术协同创新融入博弈模型中,进一步探讨创新协同策略;Chen等^[9]提出了以绿色创新生态系统为重点的绿色创新生态系统演化因果分析框架,认为违约成本和污染税率通过增加机会成本保证了绿色创新主体寻求创新合作的积极性。

目前,围绕技术创新与制度创新展开的实证研究也颇为丰富,魏巍等^[10]应用统计数据与灰度关联分析探究区域科技创新与资源配置的协同耦合作用;李勇和吴孟思^[11]综合考虑绿色技术创新-碳减排-经济高质量发展三系统的耦合作用机理;刘新争和曹宇彤^[12]指出技术变革与制度创新是推动产业发展的双螺旋动力,技术与制度是否协同匹配直接影响产业转型升级的水平 and 速度;李文^[13]依据演化经济学理论与熊彼特创新理论,指出技术创新与制度创新是产业升级转型中的关键因素,进一步研

究了制度创新与科技创新的运行机制与协同演化机理;赵玉林和谷军健^[14]通过实证研究发现,技术创新与制度创新的共同关系对高新技术产业的生产率提升具有显著的协同效应。

综上,技术创新与制度创新的协同演化涉及众多学科领域与研究范畴,包括演化经济学、社会学、能源环境学、组织管理学等交叉领域,论述其必要性的研究成果颇丰。技术与制度的共同演化创新对于绿色低碳产业的发展有重要意义。然而,绿色低碳领域科技创新及制度创新的协同发展的研究多聚焦于总体框架的设计与策略的探讨,实证研究多使用产业内部数据,未考虑到政策发布数量的,同时尚未涉及中国各个省份之间的耦合协调水平的具体量化,相关协同水平的量化对于针对性地提出政策建议具有必要性。鉴于此,基于实证研究探讨绿色低碳创新水平及耦合协调发展状况具有现实意义,借助耦合协调度模型测度绿色低碳科技创新与制度创新耦合协调发展水平,能够进一步丰富低碳技术创新与制度创新协同发展机理的研究。因此,可能的边际贡献在于丰富了科技创新与制度创新协同演化方面的研究,采用实证量化的手段探究耦合协调水平的时空特点,尤其是在绿色低碳领域,在当前的社会背景下具有实践意义。

1 “双轮驱动”创新耦合协调作用机理

1.1 科技创新和制度创新影响因素分析

在科技创新体系中,需要对资金、人才、信息、设备等关键资源进行合理分配,通过资源的优化配置确保资源被用在最能产生创新成果的地方,提高资源使用效率,减少资源浪费。科技创新行为的主体主要由高校、科研院所、龙头企业构成。可以说,影响科技创新质量的核心影响要素可以大体分为资本要素、人才要素和技术要素。由于技术创新具有内在不确定性,创新路线、创新方向、创新成果的多变性与未知性,很难在前期对创新水平加以衡量,后期的市场选择也很关键。因此在新技术的选择上应当多元化,而不是将鸡蛋放在一个篮子里。同时需要确保技术政策与制度体系的可靠性与监管效用。

制度创新行为的主体不仅仅包含政府部门,因为政策不仅仅是通过立法和规章来实现,还包括财政补贴、税收优惠、市场准入、标准制定等多种金融手段,以及各个组织内部都可以对组织制度进行创新行为。在智能化时代,想要提升创新质量,要主动融入全球创新,积极扩大开放合作,多元开放与顺行时代的程度逐渐成为决定创新行为成败的关键因素。

1.2 科技创新和制度创新协同演化框架

以诺斯为代表的新制度经济学派认为制度创新对技术创新起着引领性的决定作用。现代创新理论认为科技创新和制度创新的协同发展需要同步推进、同向而行,制度创新为科技创新提供保障和动力,通过改革体制机制与法律法规,优化激励创新方式与手段,提高资源配置效率与利用水平,畅通技术、人才、市场的一体化发展路径,从而激发科技创新的活力,促进新技术、新业态、新模式的发展。同时,必须秉持整体性思维、强调系统整合,包括不同学科的交叉、不同技术领域的融合以及不同行业之间的合作。通过深度融合,可以创造出新的解决方案,解决复杂的问题。科技创新体系的结构需要不断调整和优化,以适应快速变化的市场需求和技术进步,如研究机构的合并与拆分、重新界定研究领域、调整合作伙伴关系等,通过结构的整合重组,可以促进不同领域和机构之间的协同效应,加速知识流动和技术创新。科技创新带来的发展也会揭示现有制度的不足,新兴技术也会创造相应的新兴制度需求。相匹配的制度体制也能够合理地引导和规范产业发展,促进各要素的融合发展,进一步推动产业结构优化升级。因此技术创新行为与制度创新行为是否协同匹配将直接影响创新驱动能源高质量发展效果。

科技创新行为和制度创新行为协同演化、相互渗透。各个创新要素作为核心影响因子,能够分别作用在科技创新行为的各个主体上,而制度创新行为也能够直接或间接作用在各个创新要素上,包括技术要素、资本要素和人才要素等。由此构建绿色低碳领域的科技创新与制度创新协调发展运行框架如图1所示。基于此框架进一步分析科技创新与制度创新耦合协调水平。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 绿色低碳科技创新与制度创新测度方法

中国省域绿色低碳科技创新及制度创新综合指数的计算,为后续研究提供数据支持。Albino^[15]等从专利数据视角阐述绿色低碳能源技术的创新水平。参考张兆鹏等^[16]、徐佳和崔静波^[17]对量化绿色技术创新的做法,基于创新专利特点,绿色低碳科技创新水平可以从绿色发明专利申请量、绿色实用新型专利申请量两个方面体现,为提升数据稳健性,采用申请数量占地区年度申请的专利总数百分比,利用综合线性加权法,以各指标0.5的权重计算。

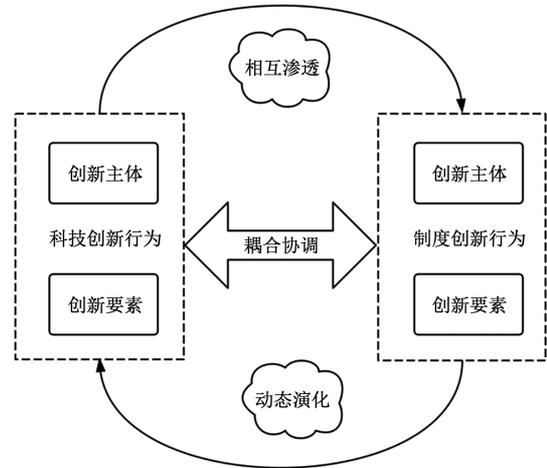


图1 制度创新与科技创新的协同演化框架

参考戴翔等^[18]提出对量化制度创新的研究方法,在政策文本中,高频出现的关键词往往体现了该地对此的重视程度,也就意味着取得重点推进的制度创新成就作为宣传素材丰富。该地对某项制度创新的人力物力资源越充沛,制度创新成果取得的进展就会越快。陈新明等^[19]使用检索词“碳中和”“气候变化”“节能减排”“可持续发展”“低碳”等进行主题词检索,以主题词出现频率量化碳达峰碳中和治理视角下绿色低碳政策文本。结合研究内容,重点关注绿色低碳领域内双轮创新的协调发展状况,因此通过计算“低碳”及其相关关键词出现的频次来衡量各省份绿色低碳领域制度创新水平。

2.2 研究方法

“耦合”一词最早源于物理学,描述了多个系统之间通过协同作用彼此耦合、相互影响的现象,以及这些相互作用如何影响系统的行为,后逐渐扩展至社会学、经济学、环境学等不同学科领域。耦合度和耦合协调度这两个指标常用于评价系统内部或系统之间的相互关系和相互作用,包括系统间的信息交流和数据共享能力、同步性和协同工作能力、系统对外部变化的适应性和响应能力。耦合度衡量相互依赖程度和相互作用的紧密程度,耦合协调度则是一个更为综合的概念,它不仅考虑了系统间的耦合程度,还考虑了这种耦合如何协调不同系统或组件的行为,以达到某种优化的目标或功能,即良性耦合程度的大小。应用修正的耦合协调度模型^[20]计算低碳技术创新与制度创新之间的协调水平及其时演化特征。数据来源于前文所测算的中国省域技术创新与制度创新的综合评价指数。耦合度模型如下:

$$C = \sqrt{\frac{[1 - \sqrt{(U_1 - U_2)^2}] U_2}{U_1}} = \sqrt{\frac{[1 - (U_1 - U_2)] U_2}{U_1}} \quad (1)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2, \alpha + \beta = 1 \quad (2)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (3)$$

式中： U_1 为绿色低碳科技创新综合指数； U_2 为绿色低碳制度创新综合指数； C 为耦合度； T 为综合评价指数； D 为综合耦合协调指数； α 、 β 为调节系数，令 α 、 β 均为0.5。为尽可能增大耦合度 C 的区分度，另其值均匀地分布在 $0 \sim 1$ ； D 越大，反映科技创新与制度创新水平的耦合协调程度越高，反之，耦合协调程度越低。

参考王晓玲和韩平^[21]所界定的协调等级的划分给出标准耦合阶段、耦合协调等级划分标准，如表1所示。确定当耦合协调度 D 取值 $(0.0, 0.2]$ 、 $(0.2, 0.4]$ 、 $(0.4, 0.6]$ 、 $(0.6, 0.8]$ 、 $(0.8, 1.0]$ 时表示严重失调、初级失调、中等协调、良好协调、优质协调。

表1 耦合协调等级划分

变量	(0.0, 0.2]	(0.2, 0.3]	(0.3, 0.5]	(0.5, 0.8]	(0.8, 1.0]
耦合阶段(C)	低水平耦合	拮抗阶段	磨合阶段	基本耦合	高水平耦合
耦合协调等级(D)	勉强协调	低度协调	中度协调	高度协调	极度协调

此外，拟通过局部莫兰指数(local Moran's I)衡量不同省份的双轮创新耦合协调度与临近省份的空间自相关性，即探讨低碳技术创新与制度创新的耦合协调发展水平在空间上邻近区域的观测值是否倾向于相互聚集。局部莫兰指数最早是由Patrick A. P. Moran在1950年提出，当Moran's I 大于0时，表示空间正相关，即相似的值倾向于在空间上聚集；当Moran's I 小于0时，表示空间负相关，即不同的值倾向于在空间上聚集；当Moran's I 接近0时，表示空间数据随机分布，没有明显的自相关性。

局部Moran's I 的计算公式为

$$I_i = \frac{Z_i}{S^2} \sum_{j \neq i}^n \omega_{ij} Z_j \quad (4)$$

式中： $Z_i = y_i - \bar{y}$ ； $Z_j = y_j - \bar{y}$ ； $S^2 = \frac{1}{n} \times$

$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ ； ω_{ij} 为空间权重值； n 为省份个数。

基于此进行空间异质对比分析，根据计算所得的局部莫兰指数，将地域区域分为四个象限，其中， X 轴是 Z -score标准化之后的观测值， Y 轴表示

的是空间滞后值，即相邻省份的空间加权平均。结果可以分为“高-高”集聚、“低-低”集聚、“高-低”集聚和“低-高”集聚，“高-高”或“低-低”集聚象征着正空间自相关，“高-低”或“低-高”集聚象征着负空间自相关，通过分析这些集聚模式，可以为决策提供依据，比如资源分配、政策制定等。最后，引入散点图来对研究区域内低碳技术创新与制度创新协调水平的空间格局形态进行可视化展示。

专利申请数据从中国研究数据服务平台(Chinese Research Data Services Platform, CNRDS)的绿色专利数据库收集。由于获得专利具有一定的滞后性，因此统计2010—2022年30个省份(因数据缺失，不包含西藏地区和港澳台地区)共发布的绿色专利获得数量作为研究样本。

政策数据从“北大法律信息网”，也称为北大法宝平台进行政策的检索，检索范围筛选所有类型的“地方法规”，地方法规是指地方性法规、地方司法文件、地方工作文件、行政许可批复、地方政府规章、地方规范性文件在内的所有政策文本，对检索出的政策文本进行逐个筛选，将相关性较弱的政策进行剔除^[22]。由于低碳领域的政策在2010年后出现井喷式增长，因此统计了2010—2022年30个省份发布的地方法规的数量。从中筛选标题或正文文本中出现关键词“低碳”“碳排放”“节能减排”“碳中和”的政策，计算出现频率。

为使不同指标在跨地区和年份之间具有可比性，同时消除数据间量级不同的问题，对指标进行极差标准化处理，采用公式 $V_{ij} = \frac{V_{ij} - \min V_{ij}}{\max V_{ij} - \min V_{ij}}$ ，后依据年度和省份的不同将其整理为面板数据。

3 结果与分析

3.1 科技创新、制度创新指数分析

依照前文所述的数据搜集方法，统计到2010—2022年绿色低碳主题地方法规政策共19 261篇，绿色发明专利申请量、绿色实用新型专利申请量共计2 369 279个。根据低碳主题政策、绿色专利申请的汇总统计数据，低碳主题政策发布量及占比在2010—2020年有小幅波动，并在2017年达到峰值1.69%，在2020年后有较大增长，在2022年达到3.49%。绿色专利申请数量在2010—2020年稳步增长，在2020年之后数量有所下降，然而占比没有大幅波动，大约占比为8%。

图2显示了归一化处理后的各年度平均科技创

新、制度创新指数,可见科技创新指数稳步上升,在2013年达到低谷,在2023年达到高峰。制度创新指数在2020年前呈下降趋势,同样在2023年达到高峰。可见近年中国低碳创新领域发展水平整体上有所提高。根据各省份2010—2022年科技创新、制度创新指数具体数据,江苏的低碳制度创新指数最高,达到0.5257。青海的低碳科技创新指数最高,达到0.4860。福建的低碳制度创新指数最低,为0.1031。安徽的低碳科技创新指数最低,为0.1085。全国的平均低碳制度创新指数为0.2200,科技创新指数为0.2600。

3.2 “双轮驱动”创新耦合协调度分析

按照前文,图3显示了2010—2022年30个省份耦合协调度测算结果。参考上文所述的耦合协调等级划分标准,绿色低碳领域科技创新与制度创新总体均值为0.39,协调状况为中度协调。其中,青海在2022年的耦合协调指数最高,达到了0.75;其次是北京和内蒙古,分别在2022年达到了0.69、0.67的耦合协调度,均属于高度协调,目前没有省份达到了极度协调。

从时序特征来说,耦合协调度在2010—2018年逐步下降,由2010—2018年的中度协调降至2019—2020年的低度协调,从2021年开始回升,最终在2022年达到高度协调。如图4所示,综合评价指数 T 值总体呈现上升趋势,而在2022年时,制度

创新指数的增幅远大于科技创新,导致了耦合度 C 低的结果,但由于综合评价指数 T 也有显著上升,因此总体来看耦合协调度 D 仍呈现上升趋势。耦合协调度在2020年前后的波动主要来自于耦合度 C 的波动,结合前文对于科技创新与制度创新指数的研究,耦合度 C 的波动可以大致归因于制度指数的波动,在科技创新指数稳步增长的同时,制度创新指数发生较大的起伏,导致双轮创新的步调不一致,进而对发展造成阻碍,因此绿色低碳领域科技创新滞后于制度创新时现阶段绿色低碳创新发展的重要阻碍因素,制度创新指数在2020年之前逐步下降落后于技术创新指数,随后制度创新指数开始回升,而科技创新指数也逐年呈现上升趋势,这种发展趋势有利于耦合协调系统向极度协调发展。

3.3 “双轮驱动”创新耦合协调发展的空间关联分析

为了进一步分析地区异质性,对东部、中部、西部与东北四个区域绿色低碳领域科技创新与制度创新的耦合协调度趋势进行了研究,如图5所示。从空间分布来看,耦合协调度呈现“西部高,中部与东北低”的特征。西部地区耦合协调水平最高,在2020年最低点是仍比其他地区高,2022年最高点时也达到了全国最高;东部地区属于第二梯队,虽与中部地区相比仍有差距,但环比增长率较东北地区与中部地区较平稳。总体来说,西部地区的耦合

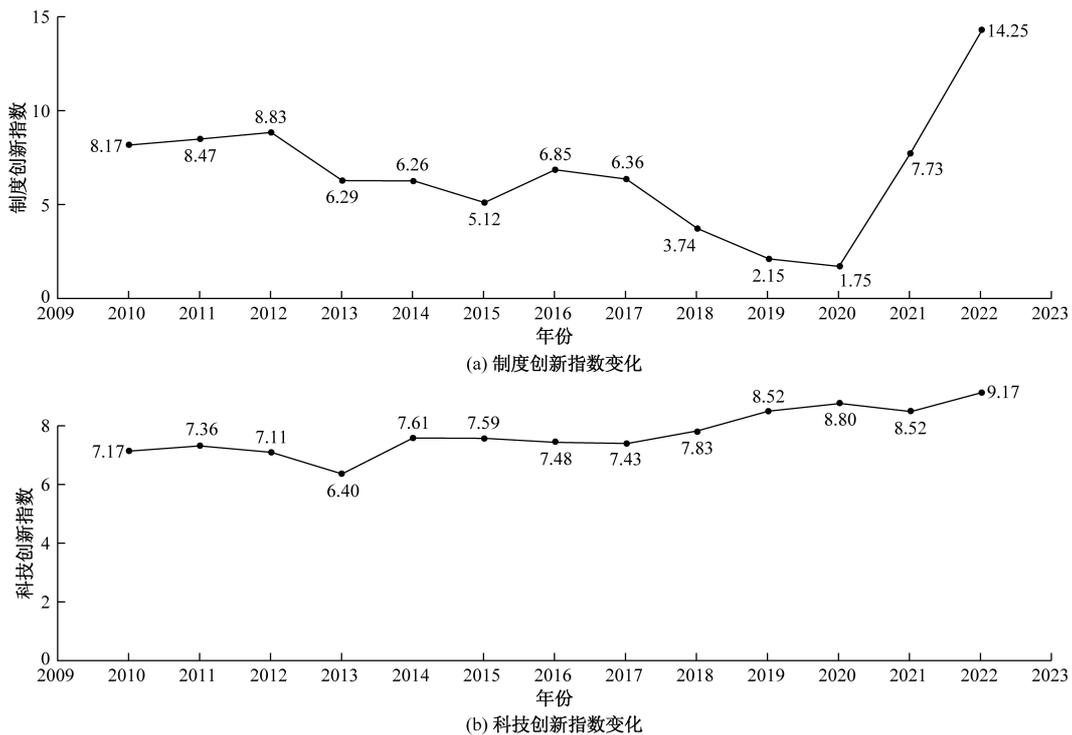


图2 制度创新指数与科技创新指数变化

安徽	0.32	0.29	0.26	0.00	0.20	0.30	0.30	0.35	0.40	0.31	0.19	0.24	0.35
北京	0.40	0.63	0.46	0.52	0.54	0.42	0.57	0.37	0.28	0.34	0.30	0.47	0.70
重庆	0.38	0.43	0.34	0.35	0.29	0.31	0.43	0.35	0.25	0.20	0.27	0.49	0.44
福建	0.35	0.40	0.33	0.31	0.33	0.32	0.40	0.29	0.21	0.18	0.15	0.36	0.45
甘肃	0.38	0.43	0.34	0.28	0.37	0.48	0.38	0.43	0.48	0.35	0.31	0.50	0.56
广东	0.38	0.29	0.36	0.40	0.38	0.40	0.34	0.42	0.36	0.29	0.24	0.42	0.42
广西	0.67	0.54	0.50	0.44	0.41	0.36	0.32	0.29	0.33	0.28	0.23	0.42	0.51
贵州	0.42	0.39	0.44	0.38	0.40	0.37	0.37	0.25	0.31	0.29	0.24	0.30	0.42
海南	0.45	0.30	0.51	0.34	0.38	0.40	0.46	0.41	0.29	0.12	0.21	0.33	0.39
河北	0.47	0.55	0.50	0.43	0.38	0.41	0.46	0.42	0.37	0.32	0.24	0.44	0.54
河南	0.57	0.53	0.53	0.52	0.50	0.43	0.51	0.45	0.42	0.36	0.26	0.48	0.38
黑龙江	0.44	0.40	0.38	0.28	0.34	0.37	0.35	0.38	0.33	0.15	0.27	0.44	0.52
湖北	0.37	0.34	0.24	0.28	0.31	0.40	0.43	0.37	0.40	0.35	0.35	0.45	0.47
湖南	0.41	0.38	0.48	0.34	0.48	0.45	0.31	0.28	0.30	0.27	0.20	0.41	0.45
吉林	0.20	0.51	0.46	0.35	0.46	0.35	0.38	0.37	0.25	0.30	0.25	0.38	0.51
江苏	0.42	0.36	0.39	0.37	0.41	0.45	0.39	0.47	0.50	0.33	0.42	0.48	0.41
江西	0.43	0.48	0.46	0.37	0.53	0.37	0.44	0.41	0.22	0.30	0.19	0.38	0.39
辽宁	0.40	0.44	0.42	0.35	0.38	0.38	0.46	0.50	0.37	0.19	0.24	0.49	0.45
内蒙古	0.43	0.34	0.42	0.38	0.49	0.41	0.40	0.54	0.31	0.27	0.15	0.58	0.68
宁夏	0.39	0.39	0.60	0.32	0.43	0.35	0.39	0.44	0.43	0.24	0.28	0.59	0.59
青海	0.52	0.31	0.43	0.41	0.37	0.38	0.48	0.55	0.47	0.36	0.38	0.67	0.75
山东	0.35	0.30	0.31	0.31	0.36	0.39	0.39	0.40	0.34	0.22	0.20	0.46	0.49
山西	0.48	0.33	0	0.49	0.52	0.47	0.48	0.31	0.36	0.13	0.00	0.49	0.56
陕西	0.43	0.47	0.44	0.41	0.42	0.43	0.36	0.35	0.32	0.31	0.26	0.50	0.54
上海	0.45	0.44	0.44	0.46	0.49	0.53	0.53	0.49	0.44	0.32	0.37	0.60	0.59
四川	0.55	0.51	0.52	0.42	0.27	0.30	0.32	0.46	0.38	0.25	0.28	0.42	0.45
天津	0.34	0.42	0.41	0.35	0.40	0.22	0.30	0.42	0.22	0.26	0.23	0.52	0.58
新疆	0.31	0.41	0.32	0.38	0.28	0.25	0.44	0.49	0.26	0.25	0.21	0.33	0.48
云南	0.51	0.55	0.55	0.44	0.38	0.33	0.46	0.50	0.32	0.36	0.23	0.45	0.62
浙江	0.30	0.31	0.30	0.30	0.31	0.29	0.41	0.37	0.34	0.24	0.26	0.41	0.41

图3 2009—2022年30个省份制度创新与科技创新耦合协调度

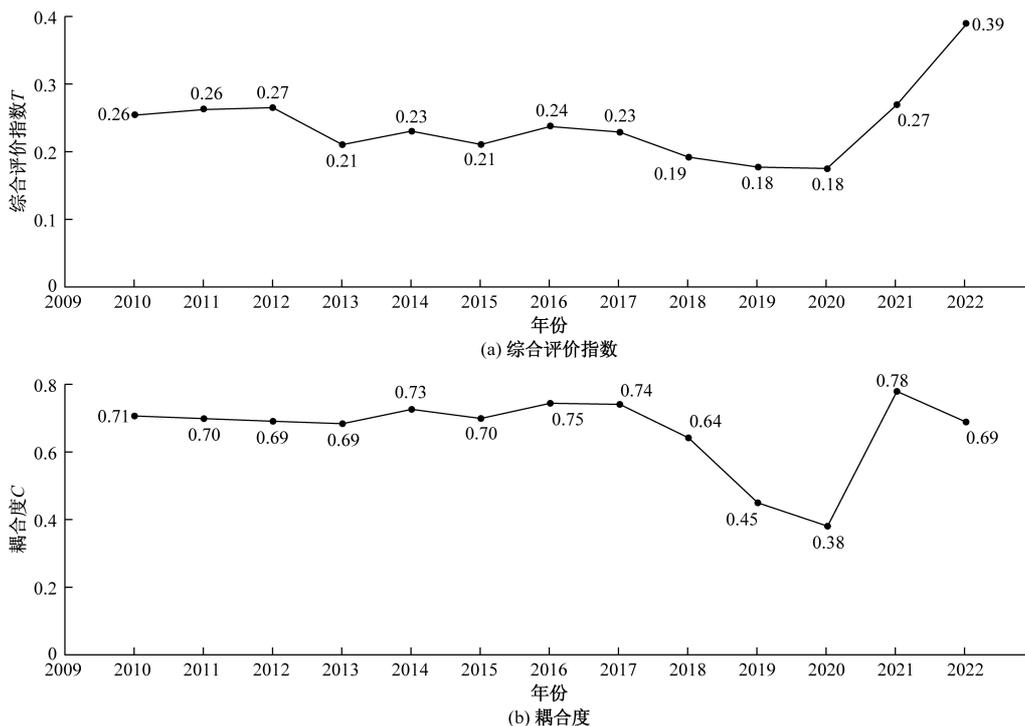


图4 2009—2022年全国平均综合评价指数、耦合度

协调水平最高,达到了 0.40;东部地区次之,为 0.38;东北地区与中部地区大致为 0.37。

根据统计数据,全国平均绿色低碳领域科技创新与制度创新的耦合协调度在 2022 年首次达到高

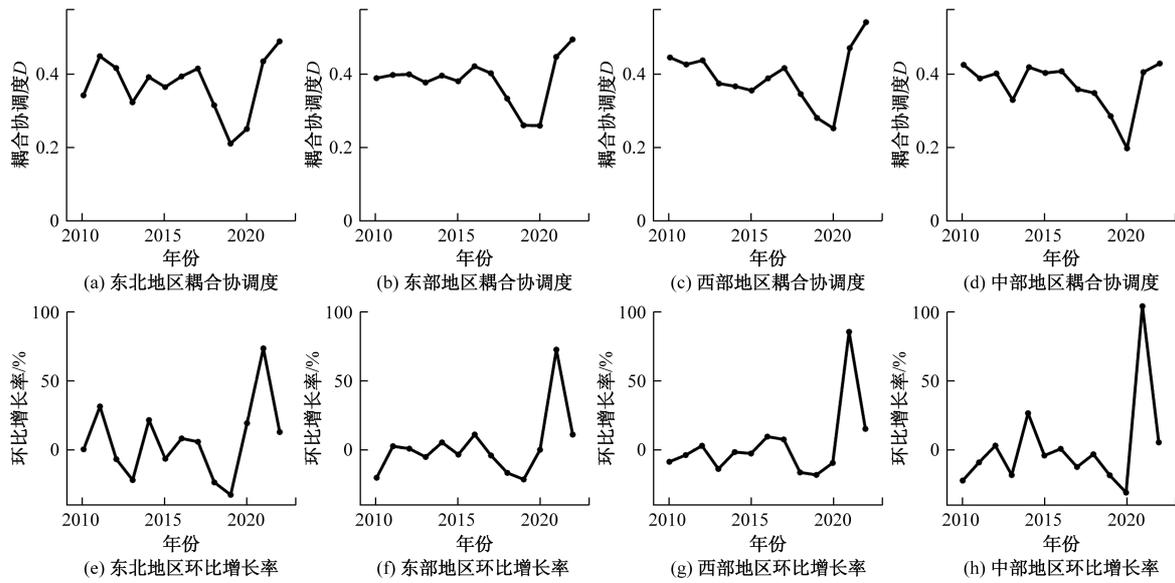


图5 四大地区耦合协调度分布

度协调状态,然而全国的耦合协调水平发展并不均衡,如北京达到了0.7。而安徽仅有0.35。在此基础上,为探讨省份之间的耦合协调水平是否有辐射带动作用,通过局部莫兰指数衡量绿色低碳领域科技创新与制度创新耦合协调发展水平的空间聚集情况。具体来看,2022年的全局莫兰指数达到0.125,其中绝大部分省份集中于第一象限与第三象限,即耦合协调水平较低或高的城市更容易产生聚集,聚集度较高的城市包括内蒙古、河北、辽宁、宁夏、甘肃,集中在西北部地区;聚集度较低的地区包括浙江、福建、广东、安徽、江西、湖北、湖南、重庆,集中在东南部地区。使用GeoDa软件计算了二者耦合协调度的局部空间莫兰指数,其中,空间权重矩阵采用了反距离权重。根据局部莫兰指数划分的四个类型,绘制散点(图6),可见制度创新与科技创新的耦合协调度在西北部形成“高-高”局部空间集聚类型,在东南部形成“低-低”局部空间集聚类型,在西藏、上海、广西等省份则形成“低-高”“高-低”类型。

4 结论与启示

总的来说,绿色低碳领域科技创新指数发展较为平稳,制度创新指数波动较大,二者的平均水平基本相当。中国的绿色低碳领域科技创新和制度创新之间存在较强的耦合互动关系,但整体耦合协调水平有待提升。特别是在2020年以前,耦合协调度整体呈下降趋势,之后则经历了从低度协调到高度协调的转变。低碳领域总体创新水平在不断升高,双轮创新的耦合协调水平也有明显上升趋势,体现了我国对与绿色低碳领域创新水平的重视及成果。然而,当制度创新指数产生波动时,会导致

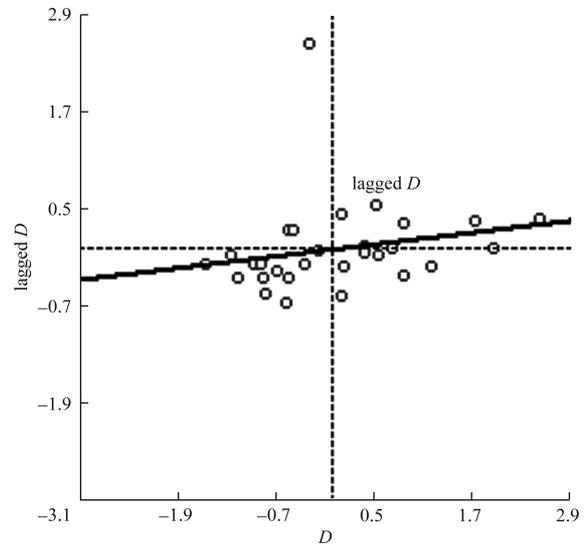


图6 2022年耦合协调度局部莫兰指数散点图

两者差距增大,进而导致耦合协调水平降低。近几年制度创新发展过快,科技创新没有跟上制度创新的提升速度是二者耦合协调度较低的重要原因,因此合理发展科技创新的步调,使其与制度创新水平相为匹配显得尤为重要。在空间聚集性分析上,研究揭示了中国不同地区之间在绿色低碳科技创新与制度创新耦合协调发展上存在显著的区域差异,总体上呈现出“西部高,中部与东北低”的分布格局,部分地区出现块状的“高-高”、“低-低”局部空间集聚类型,如何合理共享高值地区的先进经验,发挥辐射带动作用,同时探索低值地区往高值发展的路径是尤为重要且迫切的命题。此外,在未来研究上,可以进一步聚焦于两者耦合协调发展的影响因子及障碍因子,提出更具针对性的对策与建议。

可以说,科技创新与制度创新在内在上是有机一体的,而不是独立割裂的两个环节。为促进绿色低碳产业的高质量发展与协调演化,应进一步发挥高值地区的辐射带动效应。目前,我国绿色低碳领域科技创新和制度创新的协调水平距离理想的极度协调之间还有一定距离。因此,无论是制度创新还是科技创新都不能懈怠,如同“车之两轮”“鸟之两翼”,任何一方的发展跟不上,都会影响最终协同发展效果。应当进一步加强科技创新与制度创新的良性循环,通过建立健全的低碳领域双轮创新协同发展机制,新质生产力赋能绿色低碳领域,促进低碳领域焕发创新发展活力。

参考文献

- [1] 杜传忠, 疏爽, 李泽浩. 新质生产力促进经济高质量发展的机制分析与实现路径[J]. 经济纵横, 2023(12): 20-28.
- [2] 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话[N]. 2018-05-29(001).
- [3] 张媛媛. 习近平关于科技创新与制度创新协同发展的论述[J]. 上海经济研究, 2020(7): 23-31.
- [4] 赵越, 李英, 孙旭东. 技术创新与制度创新协同驱动制造企业演化的实现机理——以光明家具为例的纵向扎根分析[J]. 管理案例研究与评论, 2019, 12(2): 166-180.
- [5] 温馨, 陈佳静. 技术创新与能源转型: 一个文献综述[J]. 科技创业月刊, 2022, 35(12): 142-148.
- [6] 陈诗一, 祁毓. 实现碳达峰、碳中和目标的技术路线、制度创新与体制保障[J]. 广东社会科学, 2022(2): 15-23.
- [7] 齐岳, 黄佳宁, 齐竹君. 关于双碳战略的建模的文献回顾与基于多目标决策的建模展望[J]. 中国软科学, 2022(S1): 204-216.
- [8] 孟展, 戴建广, 杨锴, 等. 产业集群视角下中小企业绿色技术创新协同策略博弈研究[J]. 科技管理研究, 2023, 43(16): 158-168.
- [9] CHEN X, YANG W, ZHANG R. Research on the diffusion of green innovation behavior based on complex network evolutionary game [J]. Managerial and Decision Economics, 2024, 45(3): 1215-1229.
- [10] 魏巍, 周海球, 姚婷, 等. 我国科普资源配置与区域科技创新耦合协调度研究[J]. 科技和产业, 2023, 23(14): 140-146.
- [11] 李勇, 吴孟思. 绿色技术创新、碳减排与经济高质量发展的时空耦合及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(14): 77-81.
- [12] 刘新争, 曹宇彤. 新技术范式下制造业转型升级的理论逻辑、现实困境与制度变革[J]. 经济纵横, 2023(11): 71-79.
- [13] 李文. 技术创新、制度创新协同演化视角下中国钢铁产业升级实证研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2019.
- [14] 赵玉林, 谷军健. 技术与制度协同创新机制及对产业升级的协同效应[J]. 中国科技论坛, 2018(3): 1-9.
- [15] ALBINO V, ARDITO L, DANGELICO R M, et al. Understanding the development trends of low-carbon energy technologies: a patent analysis[J]. Applied Energy, 2014, 135: 836-854.
- [16] 张兆鹏, 刘泽棠, 祝金甫. 中国碳交易政策推动低碳技术创新的效用测度——基于多时点双重差分法的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(12): 93-104.
- [17] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 178-196.
- [18] 戴翔, 曾令涵, 徐海峰. 自贸试验区推动出口稳增长和优化升级了吗——基于制度创新作用的量化评估[J]. 国际经贸探索, 2023, 39(7): 21-34.
- [19] 陈新明, 张睿超, 元靖. “双碳”治理视角下中国绿色低碳政策文本量化研究[J]. 经济体制改革, 2022(4): 178-185.
- [20] 王淑佳, 孔伟, 任亮, 等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810.
- [21] 王晓玲, 韩平. 中国数字经济与制造业绿色发展耦合协调研究[J]. 统计与决策, 2024, 40(1): 10-16.
- [22] 彭建军, 段春梅. 打好“组合拳”: 低碳政策工具协同对绿色技术创新的影响及机理研究[J]. 技术经济, 2023, 42(8): 26-38.

Coupling Coordination Analysis of Technological Innovation and Institutional Innovation under the Double Carbon Background

SONG Yuzhe, WAN Yan

(School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100083, China)

Abstract: Under the requirements of the era of “Double Carbon” goal and high-quality energy development, it is necessary to adhere to the coordinated development of “two-wheel drive” of scientific and technological innovation and institutional innovation. Using the coupling coordination degree model to explore the coupling coordination development level of green low-carbon scientific and technological innovation and institutional innovation, the data of 30 provinces in China was selected, and the regional agglomeration effect was analyzed. The results show that there is a strong coupling interaction between scientific and technological innovation and institutional innovation in China’s green and low-carbon field, but the overall level is not high and local imbalance. Countermeasures and suggestions are put forward to promote the coupling and coordinated development of “two-wheel drive” innovation in the green and low-carbon field.

Keywords: low carbon; technological innovation; institutional innovation; coupling coordination degree