

# 绿色金融与技术创新 耦合协调对低碳经济发展的影响

周兵 李艺

**内容摘要:**绿色金融与技术创新耦合协调是发展新质生产力的重要着力点,是实现低碳经济发展的必由之路。本文选取2000—2021年中国省级面板数据,利用熵值法测算低碳经济发展综合指数,在此基础上使用双向固定效应模型检验绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响。研究表明,低碳经济发展整体表现为稳定上升的趋势,且呈现“东高、中平、西低”的分布格局;省域绿色金融与技术创新耦合协调主要呈现高耦合协调度,且由沿海地区向内陆地区递减;绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展具有正向影响,同时绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展产生空间溢出效应。基于上述结果,为进一步优化绿色金融与技术创新协调发展和助力低碳经济发展,应注重“绿色”和“蓝色”资源优势,实施差异化低碳经济发展战略;以“空间治理”为抓手,促进区域绿色金融和技术创新协调发展;完善协同政策,有效提升新质生产力;加强区域空间重塑,充分发挥耦合协调的空间溢出效应。

**关键词:**低碳经济 绿色金融 技术创新 耦合协调 新质生产力 空间溢出效应

中图分类号:D61;F124.5

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2024)03-0003-20

## 一、问题提出

在中国经济增长取得举世瞩目的成就的同时,生态环境问题和污染排放的严峻形势也接踵而至,面对日益严重的高排放问题,推动低碳发展已经成为社会各界的共识<sup>[1]</sup>。自“双碳”目标提出后,低碳已经成为中国各领域的热门话题,学术界也从多个角度进行了研究。金涌等(2012)提出了低碳经济的概念,认为低碳经济是一种强调环境保护和资源高效利用的可持续经济模式,这种模式的重点是最大限度地降低能耗、污染和排放,同时最大限度地提高效率和效益<sup>[2]</sup>。已有研究证实了环境规制的实施<sup>[3-4]</sup>、产业结构转型升级<sup>[5-6]</sup>、创新水平的提高<sup>[7-8]</sup>、金融发展<sup>[9-10]</sup>是降低碳排放、促进低碳经济发展的有力手段。在此背景下,推动区域绿色协调发展,有助于低碳经济在供需双方构建起高效的资源利用和污染减排的分

收稿日期:2023-09-15;修回日期:2024-01-15

基金项目:重庆市社会科学规划项目“企业金融化活动对企业创新的影响研究”(2019WT42);重庆工商大学重点科研平台开放项目“绿色金融政策驱动成渝地区双城经济圈协同创新能力研究”(KFJJ2022043)

作者简介:周兵 重庆工商大学成渝地区双城经济圈建设研究院教授、博士生导师,重庆,400067;

李艺 重庆工商大学成渝地区双城经济圈建设研究院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

工合作模式,实现区域互补效益<sup>[11]</sup>。然而,中国幅员辽阔,跨区域之间产业结构、经济层次、资源环境需求等要素之间存在较大差异,低碳经济发展仍存在着区域不均衡的问题<sup>[12-13]</sup>。发展低碳经济是推进经济高质量发展的内在要求和重要手段,但低碳经济发展仍然存在着区域差异性,所以需对低碳经济发展相关理论进行系统梳理,进一步明确低碳经济发展的内涵、目标和路径,为协同推进区域低碳经济发展提供理论基础和现实支撑。

绿色金融与技术创新并举是发展新质生产力的内在要求,是推动低碳经济发展的重要举措。在2023年9月对黑龙江进行考察期间,习近平总书记首次明确提出了“新质生产力”这一概念,并重点强调了整合科技创新资源、引领战略性新兴产业以及未来产业发展的重要性。新质生产力的提出,标志着科技创新与绿色金融之间协同合作的重要性被赋予了新的动力。这种合作不仅要求优化科技创新与绿色金融等关键生产要素的组合,更强调在这些要素相互作用时,展现出更高的耦合协调性。此举不仅促进了科技与金融领域的融合发展,也为实现绿色低碳发展提供了强有力的支撑。国务院于2021年2月发布《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》(国发[2021]4号),明确强调了绿色金融与技术创新在低碳经济发展中的重要作用。其中,技术创新是绿色发展的基础支撑和动力之源,而绿色金融可以为绿色经济提供金融支持,两者协调发展将进一步推动绿色低碳经济发展。因为绿色金融为科技研发注入大量资金,是技术创新顺利实现的必要保障<sup>[14]</sup>,而技术创新成果转化的经济效益可以确保金融机构获得较高的投资回报<sup>[15]</sup>。任何一方的发展滞后均不利于另一方的进步<sup>[16]</sup>,唯有统筹两者协调发展,方能实现互促互进的良性循环。尽管相关部门已颁布了若干关于绿色金融与技术创新的政策文件,但在如何实现二者有效融合方面,当前仍处于探索阶段<sup>[17]</sup>,且针对其融合效果方面的研究也相对匮乏。此外,绿色金融和技术创新有很强的空间外溢作用,因此,要提高绿色金融和技术创新的总体协调性,就必须加强地区之间的合作,并充分发挥其示范带动作用<sup>[18-19]</sup>。综上所述,绿色金融与技术创新并举是发展新质生产力的重要着力点,是促进低碳经济发展的具体措施,而关于绿色金融和技术创新协调发展的研究则相对匮乏,针对其对经济社会的作用效应进行定量分析的研究更是少之又少。基于这一背景,探索绿色金融与技术创新协调对低碳经济发展的影响,对推动经济可持续发展有重要的理论和现实意义。

## 二、文献综述

### (一)绿色金融与技术创新耦合协调

现有文献对金融和技术创新相互影响的相关问题进行了较为充分的研究,但关于绿色金融与技术创新耦合协调的研究较少,主要集中在概念、动因以及测度的探讨。第一,绿色金融与技术创新耦合协调的概念。绿色金融与技术创新耦合协调指的是绿色金融与技术创新之间相互关联、相互影响的关系,具体包括了绿色金融-技术创新结构和技术创新-绿色金融结构两种类型<sup>[20]</sup>。前者是绿色金融对技术创新的促进作用,后者是技术创新对绿色金融的反馈提升。第二,绿色金融与技术创新耦合协调的动因。现有研究暂无关于绿色金融与技术创新耦合协调的动因探讨,但资源环境<sup>[21]</sup>、政府政策<sup>[22]</sup>以及社会公众<sup>[23]</sup>是推动绿色金融和技术创新发展的共同因素,此类共同因素便是促进绿色金融和技术创新耦合的关键性动因。第三,

绿色金融与技术创新耦合协调的测度。崔和瑞等(2023)基于绿色金融与技术创新的内涵,分别建立评价指标体系,再采用熵权法和耦合协调模型对两系统耦合协调发展水平进行了测算<sup>[24]</sup>。

## (二) 低碳经济发展

现有文献从内涵、评价指标体系、测度方法以及促进对策四个方面对低碳经济发展开展了深入分析。第一,关于低碳经济发展的内涵。2003年2月,英国政府发布第一份能源白皮书,首次提出了“低碳经济”这一概念<sup>[25]</sup>。其后,金涌等(2012)提出了“能耗小、污染小、排放小”的低碳经济理念<sup>[2]</sup>。郭彩霞(2021)将低碳经济发展定义为一种新的经济增长形态,其目的是实现对全球气候变化的治理与人类社会的生态转型,从而实现可持续发展<sup>[26]</sup>。吕指臣和胡鞍钢(2021)认为,低碳经济发展包括减少生产、交换、分配和消费系统中的碳排放,其目标是建立环保、低碳排放、促进循环的现代经济体系<sup>[27]</sup>。第二,关于衡量低碳经济发展水平的指标体系。由于定义不同,学者们构建的低碳经济发展评价指标体系多有不同:有的学者以绿色低碳循环发展为核心,从低碳、绿色、循环、经济发展4个层次构建<sup>[28]</sup>;有的学者针对低碳经济发展的驱动因素,构建了包含低碳政策、低碳资源、低碳产出及低碳消费的评价指标体系<sup>[29]</sup>;还有的学者以低碳与经济、社会协同发展评价标准构建<sup>[30]</sup>。第三,关于低碳经济发展的测度方法。低碳经济发展的测度方法较为丰富,主要包括熵值法<sup>[31]</sup>、主成分分析法<sup>[32]</sup>、因子分析法<sup>[33]</sup>和数据包络分析方法<sup>[34]</sup>等。第四,关于推动低碳经济发展的策略。梳理相关文献,发现国内外相关对策建议可归纳为产业结构优化<sup>[35]</sup>、金融创新<sup>[36]</sup>、能源替代<sup>[37]</sup>、转变消费<sup>[38]</sup>、技术创新<sup>[39]</sup>等几个方面。

## (三) 绿色金融、技术创新与低碳经济发展

绿色金融、技术创新与低碳经济发展之间相互关系的相关文献主要集中于两个方面,一方面是绿色金融对低碳经济发展的影响探讨,另一方面是技术创新对低碳经济发展的影响研究。第一,绿色金融对低碳经济发展的影响。学者们认为绿色金融驱动了低碳经济的发展。例如,李苏和刘浩南(2023)强调,绿色金融对于推动本地及周边省市的低碳经济发展具有显著的作用<sup>[15]</sup>。第二,技术创新对低碳经济发展的影响研究。技术创新对低碳经济发展的影响研究比较丰富,许多学者用定量研究的方式证实了技术创新对低碳经济发展的促进作用。例如,余硕等(2020)指出技术创新在促进区域绿色全要素生产率提升,构建低碳经济发展模式中发挥着重要的作用<sup>[40]</sup>,该观点也得到了其他学者<sup>[41]</sup>的认可。

综上,绿色金融与技术创新的耦合协调对低碳经济发展的研究还有待讨论。为此,本文将采用耦合协调模型对绿色金融与技术创新的耦合协调水平进行评估,并进一步探讨该耦合协调水平对低碳经济发展的直接影响及其空间效应。与已有文献相比,本文具有以下几点贡献:首先,在梳理了绿色金融与技术创新的耦合协调机理以及对低碳经济发展的影响机理的基础上,进行实证分析,对现有研究起到一定的补充作用;其次,为了更好地研究两者的耦合协调关系,通过建立评估指标体系并综合运用熵值法和耦合协调度模型,评估了绿色金融与技术创新耦合协调状况,具有理论和现实意义;再次,运用空间计量模型评估绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的空间溢出效应,为现有研究提供了新的视角;最后,通过对绿色金融和技术创新耦合协调对低碳经济发展水平影响的区域异质性进行分析,突出了完善绿色金融政策、促进技术创新、缩小区域发展不平衡的紧迫性。



### 三、理论分析与研究假设

#### (一) 绿色金融与技术创新耦合协调的机理分析

在低碳经济体系中,绿色金融和技术创新属于不可或缺的要素,两者之间存在着深度耦合和协调关系<sup>[24]</sup>。具体而言,绿色金融可以通过缓解融资约束、风险分散和信息审查机制支持技术创新,反过来技术创新通过需求拉动、技术供给和投资回报效应赋能绿色金融。

##### 1. 绿色金融支持技术创新

技术创新具有高投入性、高风险性、高收益性和正外部性特征,而引入绿色金融有助于降低研发风险,并推动技术成果转化为实际生产力。具体而言,绿色金融通过缓解融资约束、风险分散和信息审查机制支持绿色技术创新。第一,绿色金融通过缓解融资约束实现技术创新。在绿色企业技术创新从研发阶段逐步迈向成熟推广和产业化阶段的过程中,资金需求量巨大。绿色金融能够帮助绿色企业以较低成本获得绿色融资,进而使企业得以从银行获取更多的研发资金<sup>[42]</sup>。与此同时,绿色金融的实施也会将信号传递到金融市场,对金融市场上的资源进行重新分配,从而更多资源偏向绿色企业,提高对绿色企业的直接融资的供应,以此减少其直接债务融资投入,缓解融资约束,促进技术创新<sup>[43]</sup>。第二,绿色金融的风险分散机制助力技术创新。绿色技术创新过程中存在一定的失败风险,也就是科技开发最终没办法转化为实际生产力的可能。各类绿色金融的金融工具以及金融市场能够在技术研发向产业化发展的过程中,对绿色技术创新的风险进行有效的分散和转移<sup>[44]</sup>。第三,绿色金融信息审核机制为技术创新提供坚实保障。绿色金融的信息审查机制让银行等金融机构能够利用其征信系统和数据处理系统,对具有投资价值的项目进行审核和识别,对企业的现金流状况进行监测,或者直接指派监管人员,对企业的绿色技术创新过程进行实时监控,使企业在绿色创新中获得成功<sup>[45]</sup>。

##### 2. 技术创新赋能绿色金融

绿色金融和技术创新是相互关联的两个体系,技术创新通过需求拉动、技术供给和投入回报机制带动绿色金融的发展。首先,技术创新通过需求拉动促进绿色金融发展。在创新驱动下,新能源、新材料等科技密集型战略性新兴产业得到迅猛发展,从而催生了绿色金融领域的广泛需求。要满足各种行业对资金的需求,这将对绿色金融的发展起到促进作用,让绿色金融成为未来金融业发展的新增长点<sup>[46]</sup>。其次,技术创新提高技术供给从而促进绿色金融发展。技术创新可以将科技成果转化为实际生产力,让企业的生产效率得到明显的提升,并有助于推动全社会的科技进步,该技术应用于金融机构,将提升绿色金融的生产率<sup>[47]</sup>,从而促进绿色金融发展。再次,技术创新通过投入回报机制推动绿色金融发展。区域绿色技术创新活动的活跃,对促进该地区大学、科研院所的绿色科技进步,推动绿色科技项目的实施,以及降低企业、行业的生产成本具有重要意义。与此同时,绿色技术创新将提升劳动生产力,使财务投资获得增量的业绩回报。低成本、高利润的投资回报率有助于扩大绿色金融的规模,优化绿色金融的结构<sup>[48]</sup>,最终促进绿色金融发展。

综上,绿色金融和技术创新是一种互为因果、相互协调的耦合协调关系。绿色金融有助于缓解技术创新过程中的资金约束,降低技术研发风险,并加大监管力度,进而推动技术创新提升质量和效益。同时,技术创新又会扩大企业对资本的需求,提升融资服务的效率,提高企业投资回报率,这将有助于促进绿色金融的发展。在这种正反馈环中,绿色金融和技术创新都处于一个比较高的发展阶段,两者之间存在着一种互

相促进的关系,从而产生了一种共同的放大效应。相反,如果在绿色金融或技术创新方面的发展比较落后,就会对另一方的发展造成很大的阻碍,从而形成一种相互制约的负反馈循环<sup>[49]</sup>。

由此,本文提出假设 1:绿色金融和技术创新具有较高的耦合协调度。

## (二) 绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响机理

耦合协调关系是指系统之间或系统内各元素之间相互关联、相互影响的关系,一般采用耦合协调度来衡量耦合协调关系的强弱,即相互作用力度的大小以及相互之间关系的密切程度。当绿色金融与技术创新二者之间耦合度水平越高,相互联系越密切,说明两者之间发展状态越同步,越有利于地区绿色技术进步与规模经济的提升,进而有利于低碳经济增长。

### 1. 金融发展和技术创新耦合协调促进绿色技术进步的作用分析

若绿色金融与技术创新耦合协调度较高,绿色金融能够通过降低融资约束,为绿色技术创新项目提供融资支持,还能使其拥有多种融资方式,从而满足企业在绿色技术创新方面的融资需求。绿色技术创新所产生的新知识,还具有一定程度上的独占性。使用这种技术的公司将会得到一种具有垄断性的收益。一旦众多企业纷纷效仿,这将激发先行绿色创新企业持续进行绿色技术创新,以保持其技术优势。长期来看,此趋势将显著促进社会绿色技术的进步,从而提高绿色技术研发与应用的效率<sup>[50]</sup>。这不仅将加快绿色技术创新的步伐,而且还将推动社会经济向绿色低碳经济模式的转变,进一步促进可持续发展目标的实现。

### 2. 金融发展和技术创新耦合协调促进规模经济的作用分析

随着绿色金融发展的规模持续扩大,这也导致了绿色金融机构向投资者提供的绿色金融产品和服务的种类和规模都在不断地增加,在融资过程中会出现规模经济效应,这既能够分散投资风险,又能够缓解融资约束。在这种情况下,企业可以将原本为防范流动性风险而保留的资金用于新的研发活动,从而提升企业内部的资源配置效率,推动低碳经济的发展。此外,技术创新还会带来知识溢出效应,如果某一企业在技术创新中积累了一定的技术与生产经验,那么同类企业就可以进行模仿,从而降低生产成本、提升员工的工作效率和运营效率。企业间相互模仿所创造出来的新知识将会对整个产业产生有益的影响。在经济社会中,生产经营活动呈现出规模经济的递增,这对提升金融投资收益有很大的帮助,从而形成一个良性的融资循环,产生规模经济效应<sup>[51]</sup>,促进低碳经济发展。

综上,绿色金融与技术创新耦合协调会促进绿色技术进步,产生绿色规模经济,直接促进绿色低碳经济发展。由此,本文提出假设 2:绿色金融与技术创新耦合协调的提升助力低碳经济发展。

## (三) 绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的空间溢出效应

中国各地区之间的经济发展水平、要素禀赋等方面都有较大的差别,这就决定了在金融、创新等方面具有较强的空间外溢性。最近几年,一些学者开始从新地理学的视角研究绿色金融、技术创新和低碳经济增长的空间溢出效应。例如,张芷若和谷国锋(2019)证实金融与技术创新耦合协调度的空间相关性明显<sup>[52]</sup>。邹国良和刘娜娜(2022)通过对粤港澳大湾区经济高质量发展的实证分析,证实了科技创新对经济高质量发展的影响在本地区有着显著的正向影响,但对周边经济距离邻近的地区产生了负向的空间溢出效应<sup>[53]</sup>。李唐蓉和林辉(2023)证实了绿色金融既支持本地区经济高质量发展,又对周边地区产生良好的溢出效应<sup>[54]</sup>。所以,根据已有研究推理,绿色金融与技术创新的耦合协调关系对低碳经济发展可能存在空间效应,并且空

间效应的传导机制也主要有两种<sup>[55]</sup>。一方面,邻近地区系统耦合协调关系较强,会通过示范或带动作用对本地区产生“溢出效应”,促使本地区系统中各元素间的耦合协调程度向好发展,从而推动本地区经济增长。另一方面,邻近地区系统耦合协调关系较强,说明其在资源获取方面更具有竞争优势,对本地区产生“虹吸效应”,阻碍本地区相关耦合协调关系的发展,进而不利于本地区经济的增长。

由此,本文提出假设3:本地区的低碳经济发展不仅会受自身绿色金融与技术创新的耦合协调关系的影响,也会受到邻近地区耦合协调关系的影响。

综上所述,绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响机制如图1所示。

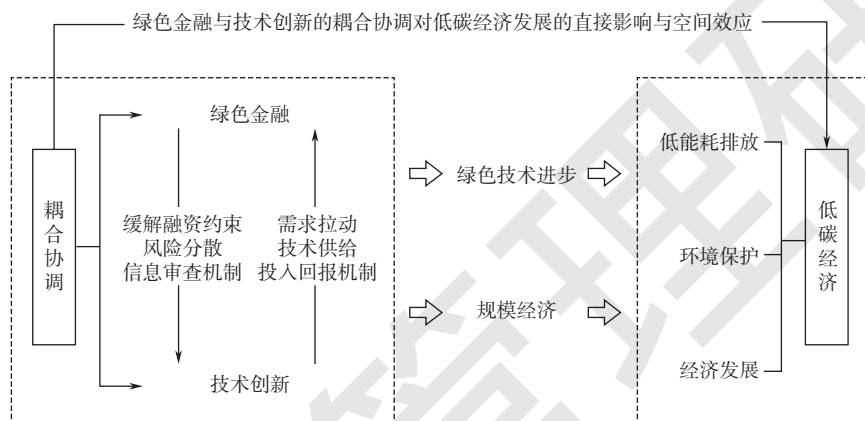


图1 绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响机制

## 四、低碳经济发展水平测度

### (一) 低碳经济发展综合指数体系构建

由前面理论可知,学者们关于低碳经济发展的概念解释丰富多样,其主要原因在于不同国家或地区的经济增长阶段存在差异<sup>[56]</sup>。在全球温室气体排放调控方面,发达国家发挥着关键作用,与此同时,发展中国家正面临经济高速发展的阶段,着力于实现经济发展、环境保护与排放控制的协调平衡<sup>[57]</sup>。因此,参考相关文献<sup>[14,56]</sup>,本文兼顾经济增长、减排与环境保护三个层次的属性,将经济发展、低能耗排放和环境保护作为系统层目标,构建低碳经济发展综合评价指标体系,如表1所示。首先,低能耗排放指标用以反映能源使用效率,用单位国内生产总值(GDP)能耗率、单位GDP产生烟尘、单位GDP产生二氧化碳等指标进行测度,指标值越大,则经济低碳化程度越高<sup>[58]</sup>。其中,参照相关文献<sup>[59]</sup>,基于各省份历年终端能源消费数据,遵循《2006年IPCC国家温室气体清单编制指南》的碳排放计算方法,对二氧化碳的排放量进行测算。其次,环境保护是能够反映出环境承载能力的一项指标,也是实现低碳经济长远发展所必需的,主要包含了生活垃圾无害化处理率、森林覆盖率、污水处理能力、废水治理投入资金等指标<sup>[15]</sup>。最后,经济发展指标是衡量推动低碳经济发展的重要指标,包含了固定资产投资增长率、公共财政收入等,该类指标越大,说明促进低碳经济发展的作用也越大<sup>[57]</sup>。本文这三个方面的数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、各省份统计年鉴以及深圳希施玛数据科技有限公司CSMAR数据库。具体指标的解释见表1。



表 1 低碳经济指数体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标衡量方式	指标单位	指标方向
低碳经济发展	能耗排放	单位 GDP 能耗率 $w_1$	能源消耗总量/GDP	吨标准煤/亿元	负
		单位 GDP 产生烟粉尘 $w_2$	烟粉尘排放量/GDP	吨/亿元	负
		单位 GDP 产生二氧化硫 $w_3$	二氧化硫排放量/GDP	吨/亿元	负
		单位 GDP 产生二氧化碳 $w_4$	二氧化碳排放量/GDP	吨/亿元	负
		人均碳排放量 $w_5$	碳排放量/常住人口总量	吨/万人	负
	环境保护	生活垃圾无害化处理率 $w_6$	生活垃圾无害化处理率	%	正
		森林覆盖率 $w_7$	森林面积/土地总面积	%	正
		污水处理能力 $w_8$	城市污水日处理能力	万立方米	正
		废水治理投入资金 $w_9$	治理废水项目完成投资	万元	正
		固体废弃物投入资金 $w_{10}$	治理固体废弃物项目完成投资	万元	正
	经济发展	人均 GDP $w_{11}$	GDP/常住人口总量	元/人	正
		固定资产投资增长率 $w_{12}$	固定资产投资(不含农户)实际到位资金增长比	%	正
		公共财政收入 $w_{13}$	地方财政税收收入	亿元	正
		第三产业占 GDP 比重 $w_{14}$	第三产业增加值/GDP	%	正
		居民消费支出 $w_{15}$	居民消费水平	元	正

## (二) 低碳经济发展水平测度的具体结果

本文基于构建的低碳经济发展水平指标体系,参考相关文献<sup>[28,60]</sup>,先对指标进行标准化处理,再采用熵权法对 31 个省份(不包括港澳台地区)在 2000—2021 年的面板数据进行测度。结果显示:低碳经济发展水平在 2000—2021 年整体呈上升趋势,但地区之间呈现出一定的空间差异。以 2021 年的情况为例,对低碳经济发展水平根据平均分和标准差把各省份划分为明星型、平庸型以及落后型<sup>[61]</sup>。同时,为了进一步了解东部、中部和西部地区的地区差异规律,又在三种类型内部根据地区进行分类,结果如表 2 所示。由表 2 可知,2021 年低碳经济发展水平按明星型、平庸型和落后型可总结为“6+17+8”结构,说明中国低碳经济发展整体处于中等水平。具体而言,第一层次是明星型,综合水平得分高于 0.283,包括广东、江苏、浙江等 6 个东部地区省份。其中,广东整体排名第一,说明其经济、产业等发展能力较强且与其他省份的协同能力也较好,是低碳经济发展的典范省份。第二层次是平庸型,包含福建、河北、辽宁等 17 个省份,占所考察省份总数的 54%。平庸型的低碳经济发展综合水平低于 0.283 而高于 0.191,大部分中部地区省份处于该层次,说明中国中部地区低碳经济发展水平有待提高。第三层次是落后型,包含山西、黑龙江、吉林等 8 个省份,其中 62%是来自西部地区的省份,说明西部地区属于重点着力区。由于不同的资源禀赋和有限的开发能力,西部地区虽然拥有独特的资源,但是受到劳动力外流、人居环境落后、基础设施不发达等因素的制约,像青海、新疆、西藏等地区低碳经济发展水平一直较低,所以促进西部地区低碳经济发展,是推动中国经济高质量发展的必由之路。

表 2 2021 年低碳经济发展综合水平区域分布

类型	东部地区	中部地区	西部地区
明星型	广东、江苏、浙江、北京、山东、上海		
平庸型	福建、河北、辽宁、天津、海南	安徽、湖北、河南、湖南、江西	四川、陕西、重庆、广西、贵州、内蒙古、云南
落后型		山西、黑龙江、吉林	宁夏、新疆、甘肃、青海、西藏

## 五、绿色金融与技术创新耦合协调度分析

### (一) 构建指标体系

根据绿色金融与技术创新耦合协调度的内涵及特征,参照现有相关文献<sup>[24]</sup>,建立绿色金融与技术创新耦合协调度指标体系,如表3所示。

表3 绿色金融与技术创新耦合协调度综合指标体系

子系统	维度	指标及衡量方式	指标单位	指标方向
绿色金融	绿色信贷	环保项目贷款占比=环保项目信贷总额/信贷总额	%	正
	绿色投资	环境治理投资占比=环境治理投资/GDP	%	正
	绿色证券	绿色债券发行程度=绿色债券发行总额/所有债券发行总额	%	正
	绿色保险	环境污染责任保险推广程度=环境污染责任保险收入/总保费收入	%	正
	碳金融	金融低碳化水平=贷款余额/碳排放量	亿元/吨	正
技术创新	创新投入	研发人员全时当量	人年	正
		地方财政科学技术支出	亿元	正
		规模以上工业企业研发经费	万元	正
	创新产出	发明专利授权数	项	正
		外观专利数量	项	正
		实用新型专利数量	项	正

#### 1. 绿色金融体系

根据绿色金融的相关研究<sup>[62]</sup>,绿色金融子系统从绿色信贷、绿色投资、绿色证券、绿色保险、碳金融5个维度构建。其中,绿色信贷要求银行业金融机构将节约资源、治理污染、保护环境等因素作为信贷决策的重要依据,通过合理配置信贷资源,引导全社会使用尽量低的资源和能源消耗,绿色信贷具体指标用环保项目贷款占比表示<sup>[28]</sup>;绿色投资是企业将资金用于改善资源、环境友好型项目的投资,选取环境污染治理投资占GDP比重<sup>[63]</sup>表示;绿色证券是旨在筹集资金以支持绿色产业、绿色项目或绿色经济活动的有价证券,其发行程度用绿色债券发行总额占所有债券发行总额的比重来衡量<sup>[64]</sup>;绿色保险与保险推广程度息息相关,使用环境污染责任保险推广程度衡量<sup>[65]</sup>;碳金融是指金融机构在追求自身利益、降低环境风险、遵守国家节能减排政策的同时,为支持碳金融发展而采取的行动,这些行为可以用金融低碳化指标来表示<sup>[66]</sup>。绿色金融指标体系的数据主要来源于国家统计局、科技部和中国人民银行等权威机构,这些机构通过发布各类统计年鉴和环境公报等报告,为绿色金融指标体系提供数据支持。

#### 2. 技术创新体系

参考相关研究<sup>[67-68]</sup>,本文从科技投入和科技产出两个角度对技术创新发展子系统进行测度。一方面,技术创新投入是开展创新活动的基础,主要表现为人员、财务等方面的投入,本文选用研发人员全时当量、政府科技拨款占财政支出比重和规模以上工业企业研发投入作为技术创新投入的评价指标。另一方面,技术创新产出衡量的是进行创新活动时的效益成果,可通过专利数来体现,本文选用发明专利授权数、外观专利数量和实用新型专利数量作为技术创新产出的评价指标。相关数据源自《中国统计年鉴》《中国区域经济发展统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及各省份统计局网站。

### (二) 耦合协调发展评价方法

#### 1. 耦合度

在物理学中,耦合是指不同系统通过相互作用而相互影响的程度<sup>[69]</sup>。本文对于绿色金融和技术创新两



个子系统耦合度的测算公式如下:

$$C = \frac{\sqrt{u_1 \times u_2}}{\sqrt{u_1 + u_2}} \quad (1)$$

其中,  $u_1$  和  $u_2$  分别表示绿色金融和技术创新。耦合度  $C$  的值介于 0 和 1 之间, 其值越大, 表明该地区绿色融资和技术创新之间的发展越有序, 实现良性共振耦合的可能性越大。  $C$  越接近 0, 则表明绿色金融和技术创新耦合状态越差。

## 2. 耦合协调度

绿色金融和技术创新分别为两个结构丰富、内涵深厚的复杂体系, 其耦合关系既展现在互动与影响之上, 也体现在协同效应与共生共赢之中。耦合度能够象征二者之间的互动强度, 却无法代表其协调发展程度<sup>[70]</sup>。为了能更好地看出绿色金融和技术创新两个子系统之间的交互或互补程度, 需对二者的耦合协调度进行计算, 具体公式如下:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (2)$$

其中,  $T$  代表绿色金融和技术创新的综合发展水平, 其计算公式为  $T = a \times u_1 + b \times u_2$ 。本文认为绿色金融和技术创新同等重要, 因此取  $a = b = 1/2$ 。  $D$  值越大则代表该区域两者协调水平越高, 反之则代表协调水平越低。本文参照已有文献<sup>[68]</sup>, 应用四分法把绿色金融和技术创新耦合发展协调水平划分为四个阶段: 当  $D$  值在 0 到 0.2 之间时, 处于低耦合协调阶段; 当  $D$  值在 0.2 到 0.5 之间时, 处于中度耦合协调阶段; 当  $D$  值在 0.5 到 0.8 之间时, 处于良性耦合协调阶段; 当  $D$  值在 0.8 到 1 之间时, 处于高度耦合协调阶段。

## (三) 结果分析

运用熵值法分别测算 2000—2021 年绿色金融综合指数和技术创新综合指数, 并根据这两个综合指数计算得到 31 个省份(不含港澳台地区)的绿色金融和技术创新耦合协调发展水平, 具体结果如图 2 所示。

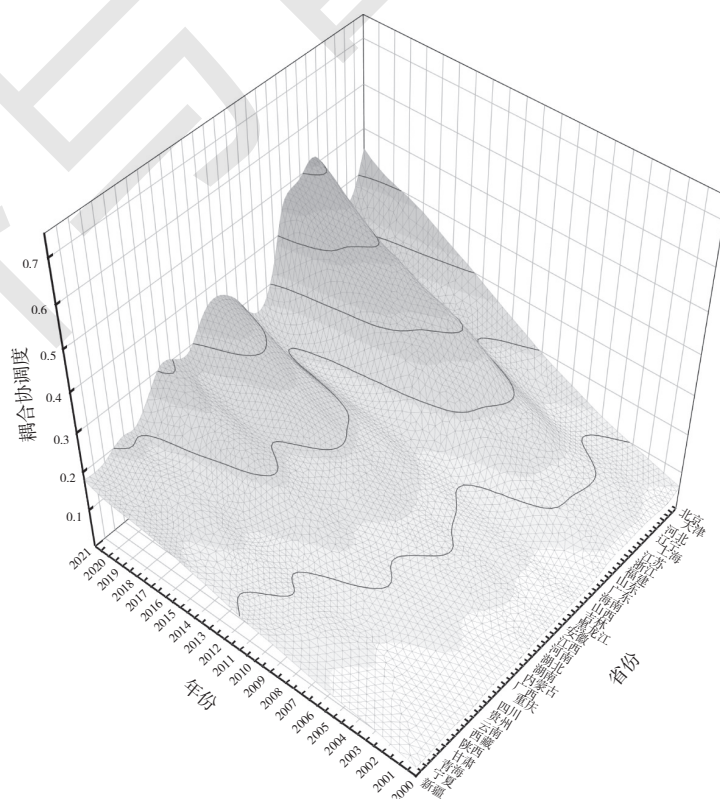


图 2 2000—2021 年耦合协调度水平的分布动态

由图2可知,各省份绿色金融与技术创新耦合协调度从2000年的0.04上升至2021年的0.32,整体也经历了两个阶段,即2000—2014年的低度耦合协调阶段和2014年之后的中度耦合协调阶段。也就是说在2014年后,绿色金融与技术创新耦合协调发展水平处于0.2以上,说明进入了中度耦合协调阶段,相互作用的影响较大。2008年全球金融危机爆发,中国政府迅速出台“4万亿”计划,同时为配合政策落地、帮助地方政府融资,中央也放宽了对地方融资平台和银行信贷的限制,促进金融发展,鼓励创新。2014年后各项政策配合越见成效,促进了绿色金融与技术创新耦合协调发展。进一步测算绿色金融与技术创新耦合协调发展的年增长率可知,增长率呈现波动式下降,说明耦合协调发展的后劲不足。绿色金融与技术创新耦合协调度呈现“东优、中平、西劣”的状态。上海、江苏和浙江在东部形成了一个高峰,而中部以河南、湖北和江西为一个高峰,西部以四川和重庆为一个高峰。三个高峰在2021年的耦合协调度分别位于0.5、0.35和0.3左右,表明绿色金融与技术创新的耦合协调度自东向西逐渐降低。因为东部地区在绿色金融与技术创新发展方面具有显著优势,加之金融资源配置相对均衡,故该区域绿色金融与技术创新的耦合协调度较高。此外,内陆发展缓慢而沿海发展迅速,所以耦合协调的空间格局的差异在扩大。2000年绿色金融与技术创新耦合协调度由沿海到内陆地区呈现出显著的三级梯度递减的规律,其中沿海江苏是内陆青海的2.4倍,而到2021年变成了3.7倍,说明差距在扩大。综上,2000—2021年各个省份的耦合协调度呈现出每年递增的趋势,而在空间上存在从沿海到内地逐渐减少的趋势,在今后一段时期内总体差异仍将由区域间差距占主导,如何缩小区域间的发展不均衡性是绿色金融与技术创新耦合协调发展空间治理的重要方向。

## 六、基于双向固定效应模型的实证分析

### (一) 变量与数据

#### 1. 变量选取

(1)被解释变量:被解释变量为低碳经济发展( $LCE$ ),采用上文熵值法计算出的综合指标衡量,具体包括能耗排放( $LCE_1$ )、环境保护( $LCE_2$ )和经济发展( $LCE_3$ )3个维度。

(2)解释变量:绿色金融与技术创新耦合协调( $Coord$ )是本文的解释变量,直接采用上文计算的绿色金融与技术创新耦合协调度衡量。

(3)控制变量:除了绿色金融与技术创新耦合协调以外,低碳经济的发展还可能受到其他一些因素的影响,因此有必要控制这些因素的干扰。本文借鉴相关研究<sup>[71-72]</sup>,选取财政支出( $Gov$ )、城镇化率( $Cou$ )、公路通达强度( $Roa$ )、研发投入( $Res$ )等控制变量。除上述控制变量外,模型还考虑了个体(省份)和年份的影响。

所有变量的具体定义及说明见表4。

表4 变量定义及说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	低碳经济发展	$LCE$	低碳经济发展综合指数
		$LCE_1$	能耗排放
		$LCE_2$	环境保护
		$LCE_3$	经济发展

表4(续)

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
解释变量	绿色金融与技术创新耦合协调	<i>Coord</i>	绿色金融与技术创新耦合协调度
控制变量	产业结构	<i>Str</i>	第三产业增加值/第二产业增加值
	外贸依存度	<i>Exp</i>	进出口贸易总额/GDP
	财政支出	<i>Gov</i>	财政支出/GDP
	金融发展	<i>Sav</i>	存贷款之和/GDP
	研发投入	<i>Res</i>	研发支出/GDP
	公路通达强度	<i>Roa</i>	公路公里数
	城镇化率	<i>Cou</i>	城镇人口/地区总人口

## 2. 数据与描述性统计

本文选取 2000—2021 年 31 个省份的相关数据,其中被解释变量和解释变量由上文建立的综合指标体系测算所得,而控制变量主要出自 CSMAR 数据库。表 5 为主要变量描述性统计结果。

表 5 主要变量的描述性统计

变量名称	均值	最小值	最大值	标准差	样本量
<i>LCE</i>	0.165	0.037	0.502	0.082	682
<i>LCE</i> <sub>1</sub>	0.017	0.007	0.019	0.002	682
<i>LCE</i> <sub>2</sub>	0.083	0.008	0.354	0.043	682
<i>LCE</i> <sub>3</sub>	0.064	0.008	0.311	0.054	682
<i>Coord</i>	0.167	0.016	0.718	0.115	682

## (二) 模型设定

### 1. 基准回归模型

基准回归模型用于探讨解释变量对被解释变量的影响,即检验绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的作用,参考相关研究<sup>[71-72]</sup>,设计基准回归模型如下:

$$LCE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Coord_{it} + \alpha_2 Str + \alpha_3 Exp + \alpha_4 Gov + \alpha_5 Sav + \alpha_6 Res + \alpha_7 Roa + \alpha_8 Cou + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中,系数  $\alpha_1$  表示绿色金融与技术创新耦合协调促进低碳经济发展的效果,是本文所关注的核心估计系数,回归结果如果显著为正,那么可证实假设 2,即绿色金融与技术创新耦合协调促进了低碳经济发展,反之绿色金融与技术创新耦合协调降低低碳经济发展。 $\mu_i$  为个体固定效应, $\delta_t$  为时间固定效应, $\varepsilon_{it}$  为随机误差项。

### 2. 空间计量模型

为分析绿色金融与技术创新耦合协调对邻近地区低碳经济发展存在的影响,本文利用空间计量模型进行实证分析,以期揭示绿色金融和技术创新的协同效应对地区低碳经济发展的作用机理。据此,参考相关文献<sup>[60,73]</sup>建立空间计量模型如下:

$$LCE_{it} = \rho WLCE_{it} + \beta_0 Coord_{it} + \beta_1 Str + \beta_2 Exp + \beta_3 Gov + \beta_4 Sav + \beta_5 Res + \beta_6 Roa + \beta_7 Cou + \theta WX_{it} + \mu_{it} \quad (4)$$

$$\mu_{it} = \lambda W\mu_{it} + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中,  $X_{it}$  表示解释变量和控制变量;  $W$  为  $n \times n$  阶的空间权重矩阵;  $\rho$  与  $\theta$  是空间相关系数,  $\lambda$  为空间误差系数;  $\varepsilon_{it}$  和  $\mu_{it}$  表示随机误差向量, 符合正态分布。如果  $\rho \neq 0$ 、 $\theta = 0$  且  $\lambda = 0$ , 模型为空间滞后模型(SAR); 如果  $\rho = 0$ 、 $\theta = 0$  且  $\lambda \neq 0$ , 模型为空间误差模型(SEM); 如果  $\rho \neq 0$ 、 $\theta \neq 0$  且  $\lambda = 0$ , 模型为空间杜宾模型(SDM)。

### (三) 回归结果及分析

#### 1. 基准回归

为了证实假设 2, 也就是证实绿色金融与技术创新耦合协调助力低碳经济发展的效果, 利用模型(3)进行回归分析, 结果如表 6 所示。其中表 6 列(1)是不包含控制变量的回归结果, 列(2)是包含控制变量的结果。增加控制变量后,  $R^2$  的值从 0.772 增至 0.811, 表明模型的解释力有所增强。列(2)绿色金融与技术创新耦合协调的回归系数  $\alpha_1$  为 0.725 并且在 1% 的水平上显著, 表明低碳经济发展与绿色金融与技术创新耦合协调之间具有正相关性。就控制变量而言, 产业结构和外贸依存度的回归系数都显著为正, 说明产业和外贸发展都促进了低碳经济发展, 这与之前的研究<sup>[74-75]</sup> 结论一致。然而, 金融发展<sup>[76]</sup>、研究投入<sup>[77]</sup> 以及公路通达强度<sup>[78]</sup> 的回归系数都显著为负, 这可能是因为低碳经济发展分别与三者之间存在 U 型关系所致。此外, 从城镇化率的回归系数显著为负可知, 城镇化的发展提高了碳排放, 从而降低低碳经济发展<sup>[79]</sup>。

表 6 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>Coord</i>	0.780 *** (0.017)	0.725 *** (0.024)
<i>Str</i>		0.012 *** (0.003)
<i>Exp</i>		0.001 *** (0.001)
<i>Gov</i>		-0.000 (0.001)
<i>Fin</i>		-0.011 *** (0.002)
<i>Res</i>		-4.170 *** (0.643)
<i>Roa</i>		-0.001 *** (0.001)
<i>Cou</i>		-0.030 * (0.016)



表6(续)

变量	(1)	(2)
常数项	0.029*** (0.007)	0.085*** (0.011)
观测值	682	682
$R^2$	0.772	0.811

注: \*、\*\*和\*\*\*依次代表10%、5%和1%的显著性水平;括号内为稳健标准误;后表同。

## 2. 稳健性检验

为验证基准回归的可靠性,本文进行了一系列稳健性检验,结果如表7所示。

(1)内生性检验:低碳经济发展和绿色金融与技术创新耦合协调可能存在双向因果关系。这种关系表明,绿色金融与技术创新耦合协调在推动低碳经济发展的同时,低碳经济发展的提升也将回馈并推动绿色金融与技术创新耦合协调的发展。因此,本文在模型中引入滞后变量,以减轻双向因果问题对模型的影响。参考相关文献<sup>[80]</sup>,使用绿色金融与技术创新耦合协调滞后一期作为工具变量,并采用两阶段最小二乘法进行检验,表7列(1)汇报了工具变量的回归结果。绿色金融与技术创新耦合协调的回归系数为0.615,并在1%的水平上显著,说明在考虑了内生性问题后,绿色金融与技术创新耦合协调促进低碳经济发展的结论依然成立,与基准回归结果基本一致。

(2)替换回归方法:为了验证基准回归结果的稳健性,本文替换了回归方法,相关结果详见表7列(2)—列(5)。从表7中结果可知,解释变量绿色金融与技术创新耦合协调的回归系数无论是用普通最小二乘回归(OLS)、随机效应(RE)、系统矩估计(SYS-GMM)还是广义矩估计(GMM),其系数都是正的且显著,符合基本的理论假设。由此可知,前文用固定效应模型分析的结果是有效且稳健的。

(3)替换被解释变量:上文使用了低碳经济综合指标进行分析,为检验结论的稳健性,替换被解释变量,采用碳生产率来衡量低碳经济<sup>[81]</sup>,结果如表7列(6)所示。从结果可知,替换被解释变量后的回归系数仍然是正的且显著,与之前利用低碳经济综合指数的回归结果一致,这表明上文分析结果是有效而且稳健的。

(4)调整样本期:考虑到时间周期的选择可能会影响到回归结果,本文将样本期限缩短至2006—2019年,以排除过早时期对低碳经济不够重视以及近年来对二氧化碳排放过于严格的极端影响。从表7列(7)可以看出,调整样本期后,回归系数和显著性并未发生明显变化。虽然由于样本量减少, $R^2$ 略有下降,但这属于正常情况,说明基准回归的结论具有稳健性。

(5)样本缩尾的再检验:为了有效控制可能存在的样本中的极端值,本文对样本进行了1%分位上的双边缩尾,并重新进行回归。通过表7列(8)的回归结果可知,对样本进行双边缩尾后的估计结果与前文基准回归结果基本一致,即在考虑了可能存在的异常值后,回归结果仍然有较高的稳健性。

表7 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Coord</i>	0.615*** (0.036)	0.725*** (0.024)	0.725*** (0.024)	0.744*** (0.029)	0.746*** (0.024)	3.164*** (0.161)	0.341*** (0.055)	0.690*** (0.030)

表7(续)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
常数项	-0.001*** (0.020)	0.074*** (0.012)	0.074*** (0.012)		0.069*** (0.009)	-0.226*** (0.078)	0.260*** (0.044)	0.088*** (0.012)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	682	682	682	620	651	682	434	598
R <sup>2</sup>	0.846	0.873				0.685	0.761	0.798

注:列(1)为工具变量回归;列(2)—列(5)分别采用OLS、RE、SYS-GMM和GMM回归;列(6)替换被解释变量回归;列(7)调整样本期回归;列(8)对样本双边缩尾后回归。

### 3. 空间效应检验

(1)空间自相关检验:空间效应检验之前,需要对低碳经济发展和绿色金融与技术创新耦合协调进行空间自相关检验,本文采用全局莫兰指数分析地理权重矩阵下的空间分布是否具有空间相关性,具体结果如表8所示。限于篇幅,仅展示近十年的结果。尽管低碳经济的全局莫兰指数少部分不显著,但这并不能完全说明低碳经济不存在空间自相关<sup>[82]</sup>。根据低碳经济发展和绿色金融与技术创新耦合协调度的全局莫兰指数多数大于0且在1%的水平上显著的结果,可知低碳经济发展和绿色金融与技术创新耦合协调度存在明显的空间自相关,满足进行空间计量分析的基本要求。

表8 空间自相关检验

年份	LCE			Coord		
	全局莫兰指数	标准差	z值	全局莫兰指数	标准差	z值
2012	0.092***	0.035	3.591	0.184***	0.035	6.216
2013	0.171***	0.033	6.109	0.201***	0.034	6.912
2014	0.038***	0.032	2.202	0.119***	0.033	4.857
2015	-0.035	0.035	-0.082	0.111***	0.035	4.178
2016	0.064***	0.035	2.787	0.156***	0.035	5.411
2017	0.114***	0.034	4.315	0.161***	0.035	5.607
2018	0.041***	0.033	2.246	0.121***	0.033	4.627
2019	-0.052	0.035	-0.548	0.095***	0.035	3.713
2020	0.004	0.035	1.066	0.081***	0.035	3.250
2021	0.119***	0.034	4.454	0.194***	0.035	6.532

(2)空间溢出效应检验:经过LM检验、豪斯曼(Hausman检验)和LR检验等,得出绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的空间效应分析应采用双向固定的空间杜宾模型(SDM)。为了验证假设3,本文利用双向固定的空间杜宾模型,探究绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的空间效应,具体结果如表9所示。其中,多数解释变量的系数显著,且系数符号与预期相符。

具体而言,通过表9列(1)空间杜宾模型的主回归结果可知,绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的回归系数为0.74且在1%水平上显著,说明绿色金融与技术创新耦合协调越高,则低碳经济发

展得越强。

表9列(2)为空间杜宾模型的次回归结果,通过该列结果可以看出,绿色金融与技术创新耦合协调对邻近地区低碳经济发展的回归系数为1.107且显著,说明本地区绿色金融与技术创新耦合协调对邻近地区低碳经济发展有促进作用。

表9列(2)中的 $\rho$ 值为-0.946,并在1%水平上显著,说明相邻地区低碳经济发展是负向关系。换言之,在某一地区低碳经济发展水平上升之际,其周边地区的低碳经济发展水平则呈现下滑趋势。这一现象可能与绩效考核机制和官员晋升竞争有关,因为部分地区为了维持低碳经济增长,将污染企业迁移到行政边界处,进而将环境负外部性扩散至相邻地区<sup>[83]</sup>。

对于空间计量模型而言,回归系数能够在一定程度上反映出变量的影响,但它并不能很好地解释各变量的边际效应,要想准确把握变量在空间上的变动机制,就必须对其进行效应分解<sup>[84]</sup>,表9列(3)—列(5)给出了各变量对经济增长的直接效应、间接效应和总效应。其中,绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济的影响总体为正,而直接效应系数为0.726,间接效应系数为0.238,说明直接效应大于间接效应,也就是说本地区绿色金融与技术创新耦合协调主要促进了本地区低碳经济发展,同时通过一定的辐射效应促进了周边地区的低碳经济发展。

表9 空间回归结果

变量	SDM			效应分解	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Coord</i>	0.740*** (0.022)	1.107*** (0.219)	0.726*** (0.023)	0.238** (0.094)	0.964*** (0.093)
$\rho$		-0.946*** (0.179)			
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	682	682	682	682	682
$R^2$	0.832	0.832	0.832	0.832	0.832

注:列(1)为SDM主回归,列(2)为SDM次回归;列(3)为直接效应,列(4)为间接效应,列(5)为总效应。

#### 4. 异质性分析

上文证实了绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展影响的存在,在此基础上,本文预期绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响会由于地区不同而存在差异性。为了验证该理论,把全样本分为东部、中部和西部三个地区组,以识别基准回归的区域异质性。表10结果显示,东中西部三组的绿色金融与技术创新耦合协调的回归系数都显著,且通过了组间系数差异检验(邹检验),说明绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响会由于地区不同而不同。同时,东部绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济的回归系数是0.774,比中部和西部的回归系数都大,整体呈现东部地区>中部地区>西部地区,说明绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展影响对于东部地区影响更大,对于中西部地区影响较小。为此,中部和西部地区应加大绿色技术创新的资金投入,并积极吸引科技人才入驻。东部地区应加强对中部及西部地区的绿色技术创新支持,促进各地区人才与技术的互动交流,构建紧密协作机制。

表 10 区域异质性分析结果

变量	东部地区	中部地区	西部地区
Coord	0.774*** (0.057)	0.677*** (0.081)	0.655*** (0.036)
常数项	0.082*** (0.015)	0.078*** (0.023)	0.123*** (0.024)
邹检验	0.132 [0.012]	0.117 [0.065]	-0.151 [0.002]
控制变量	控制	控制	控制
观测值	242	176	264
$R^2$	0.783	0.785	0.880

注:中括号内数值是邹检验(Chow test)的P值。

## 七、结论与政策建议

### (一) 主要结论

本文通过建立评估指标体系并综合运用熵值法、耦合协调度模型,评估了2000—2021年中国31个省份绿色金融与技术创新的耦合协调状况,并探究了绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响,详细的结论如下:(1)低碳经济发展的测度。以经济增长、减排与环境保护协同发展为评价原则,构建低碳经济发展水平测度体系,利用熵权法进行测度,结果发现低碳经济总体呈现“东高、中平、西低”的分布格局。(2)绿色金融与技术创新耦合协调的分析。运用耦合协调度模型对绿色金融与技术创新进行耦合协调度分析,研究表明,从时间上,绿色金融与技术创新相互促进、相互协调,二者之间的耦合协调发展趋势逐年明显;在空间维度上,绿色金融与技术创新的耦合协调程度呈现出东部地区省份普遍高于中西部地区省份的分布规律,且差距逐年扩大。(3)基准回归。基准回归模型结果表明,低碳经济发展和绿色金融与技术创新耦合协调正相关,也就证实了绿色金融与技术创新耦合协调确实能够提高低碳经济发展的水平。(4)空间效应。空间效应检验结果表明,低碳经济发展和绿色金融与技术创新的耦合协调具有正向的空间自相关性,分析其空间依赖特征是有意义的;本地区绿色金融与技术创新耦合协调促进本地区低碳经济发展,且通过辐射效应提升了周边区域的低碳经济发展;由于特殊的政绩考核机制,低碳经济发展水平越高的地区,其相邻地区的低碳经济发展水平反而越低。(5)区域异质性分析结果显示,绿色金融与技术创新耦合协调对低碳经济发展的影响在东部地区更大,而在中西部地区影响较小。(6)在经过内生性处理和稳健性检验后,研究结论依然成立。

### (二) 政策建议

绿色金融和技术创新是促进绿色经济发展的必要条件,尽管两者之间的耦合协调发展总体上呈现出良好的趋势,但是仍然存在着空间不平衡、整体水平低下等问题。为进一步优化绿色金融与技术创新协调发展和助力低碳经济发展,本文提出如下政策建议:

#### 1. 注重“绿色”和“蓝色”资源优势,实施差异化低碳经济发展战略

根据低碳经济发展综合指标分析,低碳经济发展存在区域发展不均衡的问题。因此,应尊重地域差异这一客观现实,实行差异化的低碳经济发展战略。具体而言,在中西部地区,应充分利用其绿色生态资源的经济价值,以满足新时代对绿色产品的高需求。通过推动区域绿色金融与技术创新的协调发展,为中、西部



地区的绿色资源优势产业提供有力支持。同时,对于东部沿海地区,应发挥其海洋资源优势,大力发展“蓝色”经济。面对劳动力成本上升、资源短缺和陆地环境承载能力紧张等问题,东部沿海地区应将产业转型为海洋经济,以推动低碳经济发展。为了实现这一目标,需要扩大绿色金融的支持范围,支持东部地区发展海洋经济创新示范区,并不断探索新的海洋经济发展模式,以促进蓝色经济的形成。

## 2. 以“空间治理”为抓手,促进区域绿色金融和技术创新协同发展

各省份的耦合协调度呈现逐年增长态势,空间分布上表现为由沿海向内陆逐渐降低。因此,应以“空间治理”为突破口,推动绿色金融与技术创新耦合协调发展。空间治理应始于构建区域绿色科技金融支持平台。通过设立该平台,政策性银行及其他相关部门可以发挥信息收集优势,整合区域内的科技资源和绿色融资资源,降低创新者和投资者之间的信息搜寻和交易成本。同时,政府部门可以运用区域绿色科技金融平台,制定实质性优惠政策(如存款扶持、利率补助等),鼓励科技担保、保险等市场金融资本投入技术创新领域。此举旨在降低创新者与投资者之间的信息不对称,实现投资者风险与收益平衡,进而促进地区绿色金融支持技术创新渠道多样化。

## 3. 完善协同政策,有效提升新质生产力

政府和相关部门应当着力加强政策协同的机制建设,确保各项政策的衔接与配合,以最大程度释放新质生产力,推动低碳经济高质量发展。在具体实践中,政府应通过制定健全的法律法规和行政制度,为绿色金融与技术创新的协调发展提供保障,提升低碳经济的整体生产效率和创新能力。同时,通过政策指导和监管,防止发展失衡的情况出现。针对绿色金融过度发展可能导致的企业“空心化”问题,政府应加大监管力度,确保绿色资金有效投入绿色技术创新领域,实现绿色金融与技术创新的协调发展。

## 4. 加强区域空间重塑,充分发挥耦合协调的空间溢出效应

地方政府应摒弃“本位主义”思想,采取合作共赢理念,加强经济联系,减弱行政壁垒等空间修复方式,在更广泛的范围内与其他省份建立联系,以释放绿色金融与技术创新对低碳经济的空间贡献能力,形成低碳经济的空间溢出效应。通过重新配置要素资源、调整区域功能、优化区域空间组合等方式进行空间重塑,尤其是在中西部地区培育更多新的低碳经济发展极,增强远距离外围城市与核心城市的经济关联度,获得绿色金融与技术创新的空间溢出红利,从而促进区域内的低碳经济发展。

### 参考文献:

- [1] 张华, 丰超. 创新低碳之城: 创新型城市建设的碳排放绩效评估[J]. 南方经济, 2021(3): 36-53.
- [2] 金涌, 周禹成, 胡山鹰. 低碳理念指导的煤化工产业发展探讨[J]. 化工学报, 2012, 63(1): 3-8.
- [3] 刘承毅, 李欣. 环境规制对高碳制造业绿色低碳发展的影响——基于数字技术的调节效应[J]. 首都经济贸易大学学报, 2023, 25(3): 18-31.
- [4] ZHAO Z Y, GAO L, ZUO J. How national policies facilitate low carbon city development: a China study[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 234: 743-754.
- [5] 王文举, 向其凤. 中国产业结构调整及其节能减排潜力评估[J]. 中国工业经济, 2014(1): 44-56.
- [6] CHEN S X, DING D L, SHI G H, et al. Digital economy, industrial structure, and carbon emissions: an empirical study based on a provincial panel data set from China[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2022, 20(4): 316-323.
- [7] 刘志华, 徐军委, 张彩虹. 科技创新、产业结构升级与碳排放效率——基于省际面板数据的PVAR分析[J]. 自然资源学报, 2022, 37(2): 508-520.
- [8] QU F, XU L, HE C Y. Leverage effect or crowding out effect? Evidence from low-carbon city pilot and energy technology innovation in China[J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 91: 104423.
- [9] 王巧, 尹晓波. 数字普惠金融能否有效促进碳减排? ——基于阶段性效应与区域异质性视角[J]. 首都经济贸易大学学报, 2022, 24(6): 3-13.

- [10] ZHAO X, XUE Y M, DING L L. Implementation of low carbon industrial symbiosis systems under financial constraint and environmental regulations: an evolutionary game approach[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 277: 124289.
- [11] 沈世铭,许睿,陈非儿. 我国绿色低碳循环经济高质量发展的空间非均衡性及收敛性[J]. *中国流通经济*, 2023, 37(2): 18-30.
- [12] 胡剑波,王楷文. 碳达峰目标下中国绿色低碳循环发展的协同效应研究[J]. *河海大学学报(哲学社会科学版)*, 2022, 24(5): 62-73.
- [13] 陈金晓. “双碳”目标下的经济循环: 循环低碳化与低碳循环化[J]. *经济学家*, 2022(9): 78-87.
- [14] 康绍大,王健. 科技进步与城市低碳经济发展的互动效应研究[J]. *宏观经济研究*, 2016(8): 116-122.
- [15] 李苏,刘浩南. 空间视角下绿色金融对低碳经济发展的影响[J]. *北方民族大学学报*, 2023(1): 140-147.
- [16] 王仁祥,陆鹏飞. 科技创新、绿色金融与产业政策的耦合关系——基于我国节能环保产业的分析[J]. *北京邮电大学学报(社会科学版)*, 2019, 21(1): 26-37.
- [17] 王馨,王莹. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. *管理世界*, 2021, 37(6): 173-188.
- [18] 戴志敏,余志伟,郭露. 数字普惠金融与科技创新的空间耦合关联及协调性研究[J]. *中国科技论坛*, 2023(5): 59-68.
- [19] PENG W B, YIN Y, KUANG C G, et al. Spatial spillover effect of green innovation on economic development quality in China: evidence from a panel data of 270 prefecture-level and above cities[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2021, 69: 102863.
- [20] 顾海峰,下雨晨. 科技-金融耦合协同提升了企业融资效率吗? ——基于中国 755 家科技型上市公司的证据[J]. *统计与信息论坛*, 2020, 35(9): 94-109.
- [21] 王静. 我国绿色金融发展驱动因素与进展研究[J]. *经济体制改革*, 2019(5): 136-142.
- [22] 袁祥飞,于晓龙,邱杰杰. 绿色金融支持绿色发展动因及其机制研究[J]. *海南金融*, 2018(9): 19-23.
- [23] 彭福扬,王胜. 以绿色消费创新促进技术创新生态化转向[J]. *求索*, 2005(2): 35-36.
- [24] 崔和瑞,段春林,赵巧芝. 绿色金融与绿色科技耦合协调发展——理论机制与演化特征[J]. *工业技术经济*, 2023, 42(2): 48-58.
- [25] Department of Trade and Industry. Energy white paper: our energy future-creating a low carbon economy[R]. London: TSO, 2003.
- [26] 邬彩霞. 中国低碳经济发展的协同效应研究[J]. *管理世界*, 2021, 37(8): 105-117.
- [27] 吕指臣,胡鞍钢. 中国建设绿色低碳循环发展的现代化经济体系: 实现路径与现实意义[J]. *北京工业大学学报(社会科学版)*, 2021, 21(6): 35-43.
- [28] 张友国,窦若愚,白羽洁. 中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平测度[J]. *数量经济技术经济研究*, 2020, 37(8): 83-102.
- [29] 付加锋,庄贵阳,高庆先. 低碳经济的概念辨识及评价指标体系构建[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(8): 38-43.
- [30] WANG Y N, FANG X L, YIN S W, et al. Low-carbon development quality of cities in China: evaluation and obstacle analysis[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2021, 64: 102553.
- [31] 梁刚. 中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平测度[J]. *统计与决策*, 2021, 37(15): 47-51.
- [32] 王向英,潘杰义. 基于漂移度的陕西省制造业低碳经济发展水平评价研究[J]. *科技管理研究*, 2019, 39(24): 240-246.
- [33] 李梦茹,周黎. 基于因子分析法的低碳经济发展评价研究[J]. *内蒙古统计*, 2023(1): 15-18.
- [34] 董锋,龙如银. 江苏区域低碳经济发展水平的测度与分析[J]. *软科学*, 2012, 26(11): 85-89.
- [35] 彭斯震,孙新章. 中国发展绿色经济的主要挑战和战略对策研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(3): 1-4.
- [36] 张修凡,范德成. 数字经济发展赋能我国低碳经济转型研究——基于国家级大数据综合试验区的分析[J]. *科技进步与对策*, 2023, 40(19): 118-128.
- [37] 田丰,贾燕冰,任海泉,等. 考虑碳捕集系统的综合能源系统“源-荷”低碳经济调度[J]. *电网技术*, 2020, 44(9): 3346-3355.
- [38] 杜祥琬,杨波,刘晓龙,等. 中国经济发展与能源消费及碳排放解耦分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(12): 1-7.
- [39] 吴卫红,蔡海波,刘佳,等. 技术创新双重效应与重污染行业绿色转型升级——基于碳排放的视角[J]. *经济与管理研究*, 2023, 44(11): 45-61.
- [40] 余硕,王巧,张阿城. 技术创新、产业结构与城市绿色全要素生产率——基于国家低碳城市试点的影响渠道检验[J]. *经济与管理研究*, 2020, 41(8): 44-61.
- [41] AN K X, WANG C, CAI W J. Low-carbon technology diffusion and economic growth of China: an evolutionary general equilibrium framework[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2023, 65: 253-263.
- [42] 连莉莉. 绿色信贷影响企业债务融资成本吗? ——基于绿色企业与“两高”企业的对比研究[J]. *金融经济研究*, 2015, 30(5): 83-93.
- [43] 王玉林,周亚虹. 绿色金融发展与企业创新[J]. *财经研究*, 2023, 49(1): 49-62.
- [44] 汪泉,曹阳. 科技金融信用风险的识别、度量与控制[J]. *金融论坛*, 2014, 19(4): 60-64.
- [45] 王莹,冯佳浩. 绿色债券促进企业绿色创新研究[J]. *金融研究*, 2022(6): 171-188.

- [46]方先明,郭旻申,夏文灏.数字经济时代长江经济带高技术产业创新发展的科技金融支持研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2023,25(2):108-117.
- [47]王玉凤,张淑芹.绿色金融改革创新对环保企业投融资的影响——基于绿色金融改革创新试验区的经验证据[J]. 中国流通经济,2023,37(5):118-128.
- [48]张江朋,邱添,张璞.科技金融与区域创新系统协同发展机理——基于空间计量模型的实证分析[J]. 科技管理研究,2019,39(7):14-24.
- [49]徐玉莲,王玉冬,林艳.区域科技创新与科技金融耦合协调度评价研究[J]. 科学学与科学技术管理,2011,32(12):116-122.
- [50]王仁祥,杨曼.科技创新与金融创新耦合关系及其对经济效率的影响——来自35个国家的经验证据[J]. 软科学,2015,29(1):33-36.
- [51]吕屹云,方凯.中国区域经济-科技-金融耦合关系研究——基于粤港澳大湾区的对比分析[J]. 科技管理研究,2020,40(13):149-156.
- [52]张芷若,谷国锋.科技金融与科技创新耦合协调度的空间格局分析[J]. 经济地理,2019,39(4):50-58.
- [53]邹国良,刘娜娜.科技创新对经济高质量发展影响的空间效应:以粤港澳大湾区为例[J]. 统计与决策,2022,38(21):122-126.
- [54]李唐蓉,林辉.区域绿色金融、空间溢出与经济高质量发展[J]. 经济问题探索,2023(4):157-174.
- [55]张佩,王姣娥,孙勇,等.中国省域创新基础设施与创新产出水平的耦合协调发展及其影响因素[J]. 经济地理,2022,42(9):11-21.
- [56]朱欢,郑洁,赵秋运,等.经济增长、能源结构转型与二氧化碳排放——基于面板数据的经验分析[J]. 经济与管理研究,2020,41(11):19-34.
- [57]郭彩霞.“一带一路”沿线国家低碳经济发展水平测度与对比分析[J]. 贵州社会科学,2022(10):108-117.
- [58]段梅,陈福生.中国省际低碳经济发展能力测度与评价[J]. 广东财经大学学报,2015,30(1):23-32.
- [59]赵先超,彭竞霄,胡艺觉,等.基于夜间灯光数据的湖南省县域碳排放时空格局及影响因素研究[J]. 生态科学,2022,41(1):91-99.
- [60]周兵,李艺,张弓.数字乡村建设赋能乡村振兴的影响机制与空间效应[J]. 中国流通经济,2023,37(7):3-16.
- [61]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.
- [62]马骏.论构建中国绿色金融体系[J]. 金融论坛,2015,20(5):18-27.
- [63]廖显春,李小慧,施训鹏.绿色投资对绿色福利的影响机制研究[J]. 中国人口·资源与环境,2020,30(2):148-157.
- [64]肖黎明,李秀清.绿色证券对企业绿色投资效率的影响——基于六大高耗能行业上市企业的检验[J]. 金融监管研究,2020(12):78-97.
- [65]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(4):144-147.
- [66]刘蕴喆.中国省域碳金融发展水平及影响因素的分析与路径[J]. 经济问题探索,2014(7):118-123.
- [67]冯俊华,韩美.技术创新与碳排放效率耦合协调关系及驱动力研究——以装备制造业细分行业为例[J]. 环境污染与防治,2023,45(1):128-132.
- [68]韩永楠,葛鹏飞,周伯乐.中国市域技术创新与绿色发展耦合协调演变分异[J]. 经济地理,2021,41(6):12-19.
- [69]刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报,2005(1):105-112.
- [70]温璐歌,沈体雁.省际多维度城镇化的时空分异及耦合协调发展研究[J]. 统计与决策,2023,39(11):49-54.
- [71]杨志江,刘志铭,邹文.技术引进、环境规制与低碳经济增长——基于中国省际面板数据的经验研究[J]. 广东社会科学,2019(5):36-43.
- [72]贺丹,唐娅华,胡绪华.绿色服务产业政策对中国低碳经济增长的影响[J]. 资源科学,2022,44(4):730-743.
- [73]雷明,虞晓雯.地方财政支出、环境规制与我国低碳经济转型[J]. 经济科学,2013(5):47-61.
- [74]郭爱君,张传兵.数字经济如何影响碳排放强度?——基于产业结构高级化与合理化的双重视角[J/OL]. 科学学与科学技术管理,2023[2023-12-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1117.G3.20231130.1033.004.html>.
- [75]任慧敏,王圣云.全球人类福祉提升的碳强度差异测度:影响因素及空间溢出效应[J]. 生态学报,2023,43(12):4858-4867.
- [76]丁昕,刘文琦.金融发展与城市低碳经济转型[J]. 江西社会科学,2022,42(6):53-64.
- [77]林伯强,徐斌.研发投入、碳强度与区域二氧化碳排放[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版),2020(4):70-84.
- [78]于克美,武剑红,李红昌.我国铁路运输业碳排放效率与影响因素分析[J]. 技术经济,2020,39(11):70-76.
- [79]黄德春,沈雪梅,竺运.长江经济带制造业碳排放效率的时空演变及影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(6):1113-1126.
- [80]孟维福,刘婧涵.绿色金融促进经济高质量发展的效应与异质性分析——基于技术创新与产业结构升级视角[J]. 经济纵横,2023(7):100-110.
- [81]陈峰,杨艳艳,张萍.基于空间杜宾模型(SDM)的中国低碳发展溢出和调节效应实证研究[J/OL]. 中国管理科学,2023[2023-12-11]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0671>.
- [82]赵磊,方成,吴向明.旅游发展、空间溢出与经济增长——来自中国的经验证据[J]. 旅游学刊,2014,29(5):16-30.
- [83]黎文勇,杨上广,吴玉鸣.区域市场一体化对碳排放效益的影响研究——来自长三角地区的空间计量分析[J]. 软科学,2018,32(9):52-55.
- [84]徐秋艳,房胜飞,马琳琳.新型城镇化、产业结构升级与中国经济增长——基于空间溢出及门槛效应的实证研究[J]. 系统工程理论与实践,2019,39(6):1407-1418.

## Impact of Coupling Coordination of Green Finance and Technological Innovation on Low-carbon Economic Development

ZHOU Bing, LI Yi

(Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)

**Abstract:** The coupling coordination of green finance and technological innovation constitute a pivotal focus for fostering novel high-quality productive forces, as well as a crucial pathway towards attaining low-carbon economic development. To further examine whether this partnership promotes the low-carbon economy, this paper uses data from 31 provincial-level regions in China from 2000 to 2021 and adopts the entropy method to calculate the comprehensive index of low-carbon economic development. Moreover, it utilizes the two-way fixed effects model to test the impact of the coupling coordination of green finance and technological innovation on low-carbon economic development.

The findings are as follows. Firstly, low-carbon economic development exhibits a consistent upward trend with a regional distribution pattern characterized by higher levels in eastern regions, moderate levels in central regions, and lower levels in western regions. Secondly, the coupling coordination between green finance and technological innovation demonstrates a high level, which gradually decreases from coastal areas to inland areas. Thirdly, the coupling coordination has a positive spillover effect on the low-carbon economy. This finding is still valid after a series of robustness. Fourthly, the coupling coordination is more significant in eastern regions, while its impact on the central and western regions remains limited.

Therefore, it is recommended to implement differentiated strategies for low-carbon economic development based on “green” and “blue” resources, promote regional coordination between green finance and technological innovation through spatial governance measures, enhance coordinated policies to enhance new quality productivity, and strengthen the spatial spillover effect of coupling coordination by reshaping regional space.

Compared to the existing literature, this paper makes the following contributions. Firstly, in terms of theory, it elucidates the impact mechanism of coupling coordination between green finance and technological innovation on China’s low-carbon economic development. Secondly, in terms of methodology, it evaluates the coupling coordination by constructing an evaluation index system and using the entropy method and the coupling coordination model. Thirdly, in terms of empirical analysis, it applies a spatial econometric model to assess the spatial spillover effect of the coupling coordination between green finance and technological innovation on low-carbon economic development. Finally, it analyzes regional heterogeneity in the impact of the coupling coordination on low-carbon economic development, emphasizing the urgency to improve green finance policies, promote technological innovation, and narrow regional development imbalances.

**Keywords:** low-carbon economy; green finance; technological innovation; coupling coordination; new productive force; spatial spillover effect

责任编辑:宛恬伊;周 斌