

- 中国最具国际影响力学术期刊
- 中文社会科学引文索引 (CSSCI) 来源期刊
- 全国中文核心期刊
- 中国科技核心期刊
- RCCSE中国核心学术期刊
- 湖北省最具影响力学术期刊
- 学术期刊数字影响力100强



统计与决策®

STATISTICS & DECISION

国际标准连续出版物号 ISSN 1002-6487 国内统一连续出版物号 CN 42-1009/C

数字经济、 要素流动与共同富裕

高等教育高质量发展水平测度与时空演变
新旧动能转换推动经济双循环协调发展的效应检验
数字普惠金融对乡村产业振兴的影响效应与机制检验
中国营商环境评价及时空演化特征分析

2023 16
总第628期



2023年第16期(总第628期)
2023年8月30日出版

主管单位 / 长江出版传媒股份有限公司
主办单位 / 湖北长江报刊传媒(集团)有限公司
编辑出版 / 《统计与决策》编辑部
传播策划 / 湖北长江传媒统计与决策学术传播有限公司
地址 / 武汉市武昌区东湖路181号楚天传媒大厦A座201-213室
主编室 / (027)87818776
编辑部 / (027)87819590
87812090
88773886
综合部 / (027)87814524
财务部 / (027)87811400
88510557
发行部 / (027)87819376
网址 / www.tjyc.com
投稿邮箱 / tjyc@vip.163.com
投稿系统 / tjyc.cbpt.cnki.net
邮政编码 / 430077

国际标准连续出版物号 / ISSN 1002-6487
国内统一连续出版物号 / CN 42-1009/C
国内邮发代号 / 38-150
海外发行代号 / C 2025
发行 / 武汉市报刊发行局
订阅 / 全国各地邮局

专题研究

- 005 数字经济、要素流动与共同富裕 / 靳 媚 蔡延泽 王 艳
011 数字经济与共同富裕:赋能效应与推进路径 / 史依铭 郑媛媛 费荣荣
017 数字经济对共同富裕的影响效应检验 / 古晨光 李 蕾 李佳杰 陈洋毅
022 共同富裕发展水平的时空演变及创新驱动机制 / 严芝清 杨子生
027 创新要素配置对区域共同富裕影响的实证检验 / 王 薇 李 瑞 魏阳阳
032 西部民族地区“两山”转化指数测度及对共同富裕影响效应研究
/ 翟华云 李岱玲 李青原

统计观察

- 037 高等教育高质量发展水平测度与时空演变 / 赵志强
043 中国省域科技发展质量综合评价 / 宫诚举 周暮格 韩 岳 郭 钊
054 环境规制影响高质量发展的实证检验:来自黄河流域的证据
/ 姜 洋 杨 睿
059 不同环境政策工具对我国碳生产率的影响 / 范秋芳 张园园
064 红色旅游政策的演进特征及量化评价 / 宋 晓 梁学成 张新成
069 中国健康产业与旅游产业耦合协调度的时空演化与趋势预测
/ 王化笛 覃小华 郑菲菲 周年兴
074 碳排放效率的区域差异、动态演进及其收敛性 / 胡剑波 李潇潇 王 蕾

经济实证

- 079 新旧动能转换推动经济双循环协调发展的效应检验 / 尹希果 张 藤
085 中国经济韧性水平测度、时空演化与区域差异 / 魏 峰 殷文星
091 中国战略性新兴产业技术创新效率时空演化及驱动因素分析
/ 孟 霏 鲁志国 高颀彤
096 中国流通业全要素生产率测算及其趋同效应检验 / 吴新慧

创新生态系统共生、绿色技术创新与低碳经济高质量发展

摘要:构建创新生态共生系统对转型背景下实现“双碳”目标和转变经济发展方式具有重要的战略意义。文章基于构建的创新生态系统共生框架,测度了2015—2020年中国30个省份的创新生态系统共生程度,并通过面板Tobit模型以及动态面板门槛模型考察了创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的影响。研究表明:创新生态系统共生对低碳经济高质量发展有显著促进作用,并通过绿色技术创新能力的增强产生作用;绿色技术创新对低碳经济高质量发展存在非线性影响,呈现“显著抑制—显著促进”的演变过程;创新生态系统共生效应的促进作用主要集中于东部及污染程度低的地区。

关键词:创新生态系统;共生效应;低碳经济;绿色技术创新

中图分类号:F124.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6487(2023)16-0048-06

0 引言

自党的十九大以来,低碳经济转型已经成为当今社会发展的主旋律,低碳经济的高质量发展是完成深化新旧动能转换中心任务、构建现代化经济体系的必然要求,更是符合经济发展规律的必然要求。这使得探索低碳经济高质量发展路径成为一个具备现实意义的问题。对于经济转型的国家,创新是重要的驱动力。面对生态环境和经济发展的不平衡态势,《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030年)》指出要充分发挥各类创新主体协同作用,针对“双碳”目标的迫切需求,构建绿色转型的能源科技创新生态体系,推动低碳经济高质量发展。在创新驱动战略的驱动下,具有高协调性、自组织、开放性等特点的创新生态系统作为新一轮科技革命的核心力量正在逐渐成为产业结构调整 and 实现经济转型发展的重要驱动力。那么在经济发展正处于压力叠加的关键时期的情况下,创新生态系统对低碳经济高质量发展是否具有促进作用?

已有研究对创新生态系统、绿色技术创新和低碳经济高质量发展进行了丰富的研究^[1-3],但更关注两者之间的影响关系。也有文献探讨了创新生态系统对低碳经济高质量发展的作用路径,发现创新生态系统因其体量较大以及模块环节的畅通会形成显著的绿色循环,通过低碳知识生产扩散、创新主体选择以及资源优化对低碳经济转型产

生正向影响,并为低碳经济循环转型注入强大动能。但由于对其“生态化、自组织性”认识不足,导致创新生态实践大多停滞于创新要素的机械拼凑,其对低碳经济高质量发展的驱动效能也并未得到充分发挥。

本文以共生理论为指导,将创新生态系统共生、绿色技术创新和低碳经济高质量发展纳入同一框架,从绿色技术创新视角探讨创新生态系统间要素动态互动(即共生)对低碳经济高质量发展的整体效应,进一步揭示创新生态系统共生影响低碳经济高质量发展的运作机理,为进一步完善市场导向的绿色技术创新体系提供建议。

1 理论分析与研究假设

“共生”概念来源于生物学,最初是指不同物种按某种物质和模式联系而生存在一起,反映了不同种类或者成员之间永久性的物质联系。事实上,从创新的视角来看,作为一种类比自然生态系统的系统框架,创新生态系统遵循着耗散结构及自组织演化过程,通过区域各创新主体与创新环境的动态协调形成良性互动的整体效应关系(见下页图1)。

作为一个基础知识生产和技术转移的系统,创新生态系统共生主要包括共生单元、共生基质、共生平台、共生网络和共生环境,以制度设计的形式调整适合地区发展的模式,通过物质流、能量流、信息流的链接传导推动生产要素的改进和生产效率的提高,随着创新活动的持续推进,创

基金项目:河南省软科学研究重点项目(202400410051);河南省哲学社会科学规划办委托项目(2022DWT097);**河南省本科高校研究性教学改革研究与实践项目(2022SYJXLX017)**

作者简介

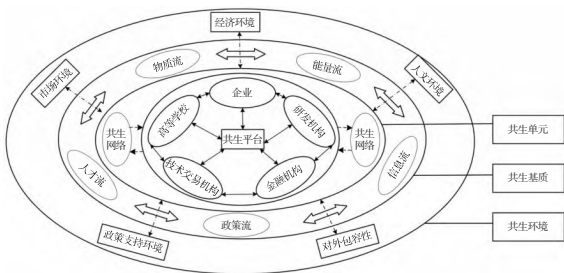


图1 创新生态系统共生模型

新生态系统共生对经济绿色低碳转型的作用不容忽视。本文从正反两个方面对创新生态系统共生影响低碳经济高质量发展的内在机制展开分析。

首先,创新生态系统共生程度越高的地区,低碳创新活动开展得越多,主体单元的丰富度和合作意愿一致性越高,进而可以实现经济向低碳转型的方向发展。从共生关系维度特征来看^[4],共生维度分别为成员关系、治理机制和共享机制。从三个维度看创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的影响主要表现在:(1)成员关系。创新生态系统共生程度越高的省份,系统开放性越高,进而会有新的主体加入创新生态系统的融通合作之中,加强绿色低碳创新网络联结,增强低碳转型的驱动力。创新生态系统的开放性赋予各创新主体弹性化组织功能,使各创新主体可以延伸组织边界,按照实际需要进行绿色创新主导角色和辅助角色的转换,通过不断地持续交流协调创新活动,在一致的低碳战略目标下实现组织功能的协调运作^[5]。(2)治理机制。多方主体发起活动的影响主要表现在两个方面:一方面是制度化活动的开展。创新生态系统各主体在同一制度环境下会有比较相近的价值规范和观念,因此更容易产生相互之间的信任,减少沟通合作的模糊性以及交易费用的不确定性,规范低碳创新活动中多元主体的行为原则,为绿色低碳创新活动的顺利开展提供保障^[6]。另一方面,平台组织化活动的开展可以将单个主体的资源在多重连接中聚合放大,实现低碳发展内生活力和外部环境的良性循环^[7]。(3)共享机制。随着低碳创新生态系统互动水平的提高,各主体间会建立高度信赖的合作关系,降低创新成果的交易费用和知识技术的扩散成本。系统信任度的提高会克服要素的黏滞性,跨越因管理、商业、法律等方面的障碍引起成果转化困难的“达尔文之海”现象。

其次,创新生态系统作为多主体共存的复杂系统,需要建立多主体间的创新合作和资源传递共享机制才能保证系统高效运转。一旦各主体间的合作关系或者资源传递共享出现问题,可能会引起创新系统生产效率低下,甚至使创新生态系统结构遭到破坏。创新生态系统共生的潜在前提是各创新主体包括企业、高校以及其他机构等具备相互合作的意愿,且在创新资源共享互补以及供给需求相互匹配上具备一致性的合作期望^[8]。因此若有一方存在合作机会主义、合作意愿缺失或者无法形成创新资源能力互补空间,或者在创新收益层面分配不当,则难以实现创新生态系统高度共生,并导致绿色低碳技术研发以及低碳

转型受阻等系列风险。

最后,创新生态系统通过影响绿色技术创新的“双重外部性”特征,即创新知识公共性的正外部性和环境污染带给社会的负外部性,进而诱发绿色技术创新水平提高,实现低碳经济向高质量的方向发展。一方面,由于公共创新知识所带来新技术的复制或模仿创新,会占据知识创新主体的利润空间,降低可收获的绿色创新收益,因此会造成知识创新主体的创新动力不足以及绿色低碳技术应用的推广扩散;另一方面,由于缺乏完善的碳排放权定价机制,碳排放支付成本远远低于社会成本,进而导致各创新主体在环境友好型绿色创新方面的激励丧失。相应地,创新生态系统共生可以在绿色创新项目的初始阶段通过使政府相关主体协同完善创新相关投融资体系来降低绿色创新风险,使绿色低碳技术应用的推广扩散以及绿色创新相关活动开展得到保障^[9]。

通过以上分析可以看出,创新生态系统共生程度高的地区,由于低碳创新活动的开展、主体单元的丰富度和低碳创新成果的市场化导致其在绿色低碳技术进步中占优,这将进一步加快经济发展低碳转型。但同时创新生态系统共生仍存在着合作意愿不一致、缺乏资源能力共享互补空间、创新主体价值导向有差异等问题,阻碍低碳经济的高质量发展。基于以上机制分析,本文提出了以下待检验的假设:

假设1:创新生态系统共生程度越高,越能显著促进低碳经济高质量发展。

假设2:创新生态系统共生能够带动绿色技术创新水平提升,进而促进低碳经济高质量发展。

2 研究设计

2.1 重要变量及测度

2.1.1 被解释变量

全要素碳排放率是反映低碳经济高质量发展水平(*lce*)的重要指标,本文借鉴相关文献^[10]采用数据包络分析法计算。经济的高质量发展要兼顾生态环境的效益,故将地区生产总值作为期望产出,碳排放量作为非期望产出。投入指标采用资本存量、劳动力投入和能源投入来表示。资本存量使用永续盘存法来计算,劳动力投入用该地区总就业人员数表示,能源投入用相应能源总消耗表示。

2.1.2 解释变量

解释变量为创新生态系统共生程度(*ds*),本文参考李晓娣和小燕(2019)^[11]的研究并结合创新生态系统发展实际,依据其内涵主要从共生单元、共生基质、共生平台、共生网络以及共生环境五个方面进行考察,确定各子系统的细分指标(具体见下页表1)。创新生态系统共生是从生态学视角出发的各要素互动演化的复杂现象,其与复杂系统协同论的思想具有一定的理论匹配性,因此本文将使用复杂系统协同的思想测度创新生态系统共生程度。

表1 创新生态系统共生指标体系

一级指标	二级指标	单位	指标权重	指标属性
共生单元 (S1)	规上企业数(s11)	个	0.035	正向
	普通高等学校数(s12)	个	0.011	正向
	规上工业企业办研发机构数(s13)	个	0.077	正向
	金融服务机构数(s14)	个	0.016	正向
	技术交易机构合同数(s15)	项	0.045	正向
共生基质 (S2)	产业政策激励(s21)	个	0.038	正向
	金融机构贷款(s22)	亿元	0.026	正向
	高等学校毕业生数(s23)	万人	0.016	正向
	规上工业企业R&D人员折合全时当量(s24)	人年	0.047	正向
	互联网宽带接入端口数(s25)	万个	0.018	正向
	电信主营业务收入(s26)	亿元	0.021	正向
	技术市场技术合同流出金额(s27)	亿元	0.064	正向
	技术市场技术合同流入金额(s28)	亿元	0.039	正向
共生平台 (S3)	科技孵化器数量(s31)	个	0.040	正向
	高新技术企业数(s32)	个	0.053	正向
	技术转移示范机构数(s33)	个	0.028	正向
	国家级生产力促进中心数(s34)	个	0.019	正向
	每百家企业拥有网站数(s35)	个	0.003	正向
共生网络 (S4)	高校、研究机构经费来自企业的数量(s41)	个	0.066	正向
	高等学校R&D经费内部支出中政府资金(s42)	万元	0.035	正向
	购买境内技术经费支出(s43)	万元	0.074	正向
	技术市场成交额(s44)	亿元	0.062	正向
	组织交易活动(s45)	次	0.050	正向
共生环境 (S5)	人均GDP(s51)	万元	0.019	正向
	人均受教育年限(s52)	年	0.008	正向
	社会消费品零售额(s53)	亿元	0.023	正向
	地区国外技术引进额(s54)	亿美元	0.068	正向

2.1.3 机制变量

本文以绿色技术创新水平($\ln gti$)作为机制变量检验创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的间接影响机制。现有文献大多使用绿色专利来表示绿色技术创新水平,而绿色专利包括绿色专利申请数和授权数,绿色专利申请数在一定程度上只反映了对绿色技术的重视程度,并不实际代表绿色技术能力的提升,因此本文依据中国研究数据服务平台中的绿色发明专利授权数的对数来度量绿色技术创新水平。

2.1.4 控制变量

参照相关研究文献^[12,13],引入控制变量:(1)公路里程(hm),使用每平方公里交通线路里程数表示。(2)外商直接投资水平(fdi),采用外商直接投资与GDP的比值来度量。(3)公共服务($\ln ps$),使用当地医院床位数量的对数来表示。(4)人口密度($\ln pd$),采用当地常住人口与区域面积之比的对数表示。(5)市场化水平(mt),采用非国有单位就业人数占比进行测量。

2.2 研究方法

2.2.1 计量模型

使用数据包络分析法测算全要素碳排放率时,由于其数值介于(0,1),若使用普通最小二乘法进行回归,则参数估计值可能会有偏和出现非一致性。因此对于受限被解释变量,本文运用面板Tobit模型进行分析,构建基本计量

模型如下:

$$lce_{c,t} = \alpha_0 + \alpha_1 ds_{c,t} + \alpha_m Control_{c,t} + \lambda_c + \delta_t + \varepsilon_{c,t} \quad (1)$$

其中,下标 c 和 t 分别表示年份和省份; $lce_{c,t}$ 是 t 省份在 c 年的低碳经济高质量发展水平, $ds_{c,t}$ 表示 t 省份在 c 年的创新生态系统共生程度, α_0 表示截距项, α_1 是本文关注的估计系数,表示创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的影响效应, $Control_{c,t}$ 代表一组控制变量。 $\varepsilon_{c,t}$ 为随机扰动项。

本文将绿色技术创新水平设定为门槛变量,进一步检验不同水平下创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的影响。在式(1)的基础上构建模型如下:

$$lce_{c,t} = \chi_0 + \chi_1 ds_{c,t} \cdot I(\ln gti < \varphi_1) + \chi_2 ds_{c,t} \cdot I(\varphi_1 < \ln gti < \varphi_2) + \chi_3 ds_{c,t} \cdot I(\ln gti > \varphi_2) + \chi_m Control_{c,t} + \lambda_c + \delta_t + \varepsilon_{c,t} \quad (2)$$

其中, $\ln gti$ 为绿色技术创新水平; φ_1 、 φ_2 为绿色技术创新水平的门槛值; $I(\cdot)$ 为指示函数,若括号内条件成立则取1,否则取0;其他变量同式(1)。

2.2.2 复合系统协同模型

设创新生态共生系统为 D , 创新生态子系统为 $D_j = \{D_1, D_2, \dots, D_5\}$, 各子系统序参量为 $S_j = \{s_{j1}, s_{j2}, \dots, s_{jn}\}$, ζ_{ji} 为序参量的上限和下限, n 为子系统指标数量,假定 $s_{j1}, s_{j2}, \dots, s_{jn}$ 取值越大系统有序度越高,即其为正向影响因素; $s_{j1+1}, s_{j1+2}, \dots, s_{jn}$ 取值越大系统有序度越低,即其为负向影响因素。则子系统 D 序参量分量的有序度为:

$$d_j(s_j) = \begin{cases} \frac{s_{ji} - \zeta_{ji}}{\tau_{ji} - \zeta_{ji}}, & i \in [1, l] \\ \frac{\zeta_{ji} - s_{ji}}{\tau_{ji} - \zeta_{ji}}, & i \in [l+1, n] \end{cases} \quad (3)$$

采用算术加权法得到各子系统序参量有序度:

$$d_j(s_j) = \sum_{i=1}^n w_i d(s_{ji}), w_i \geq 0, \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4)$$

其中,各序参量分量的权重 w_i 采用熵权法计算得到。式(5)为指标的信息熵,式(6)为用熵权法所求权重。

$$Y_{ji} = d_j(s_{ji}) / \sum_{i=1}^n d_j(s_{ji}) \quad (5)$$

$$w_i = (1 + 1 / \ln 30 \sum_{i=1}^n Y_{ji} \ln Y_{ji}) / \sum_{i=1}^n (1 + 1 / \ln 30 \sum_{i=1}^n Y_{ji} \ln Y_{ji}) \quad (6)$$

假定初始时刻 t_0 和另一时刻 t_1 的序参量有序度分别为 $d_j^0(s_j)$ 、 $d_j^1(s_j)$, $j=1, 2, 3, 4, 5$, 则创新生态系统共生协同度为:

$$D(S) = \theta \sqrt[5]{\prod_{j=1}^5 [d_j^1(s_j) - d_j^0(s_j)]} \quad (7)$$

其中, θ 决定创新生态系统共生发展方向;当且仅当 $d_j^1(s_j) - d_j^0(s_j) > 0$ 时, θ 取值为1,复合系统才有正的协同度;反之, θ 取值为-1。

2.3 样本与数据说明

本文基于2014—2020年中国30个省份(不包括西藏、港澳台)的面板数据实证研究创新生态系统共生与低碳经济高质量发展之间的关系。相关数据来自《中国火炬统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及各省份统计年鉴。缺失数据采用线性插值法处理,同时,为避免异方差问题,本文将取值差距较大的变量进行取对数处理。

3 实证分析

3.1 数据特征化事实分析

为了探寻创新生态系统共生的内在特征,本文先对数据中包含的特征化事实进行总结。创新生态系统共生程度指标主要涉及省份层面,在整个样本期间内对不同省份的共生程度平均值和年增长率进行制表(见表2),以观察省份层面创新生态系统共生程度的平均差异性。从整体结果来看,2015—2020年我国创新生态系统共生程度在逐年增加,年均增长率为54.5%,总体上处在系统共生的平稳发展过程中。

表2 创新生态系统共生程度

区域	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2015—2020	
							均值	增长率
全样本	0.476	1.027	1.601	2.269	3.050	3.796	2.037	0.545
东北经济区	0.013	0.016	0.024	0.038	0.033	0.045	0.028	0.301
北部沿海经济区	0.059	0.093	0.125	0.173	0.262	0.320	0.172	0.406
东部沿海经济区	0.046	0.085	0.162	0.214	0.343	0.414	0.211	0.577
南部沿海经济区	0.080	0.183	0.242	0.353	0.458	0.570	0.314	0.520
黄河中游经济区	0.011	0.037	0.056	0.087	0.105	0.139	0.072	0.778
长江中游经济区	0.035	0.061	0.108	0.150	0.204	0.258	0.136	0.505
大西南经济区	0.003	0.050	0.100	0.150	0.142	0.181	0.104	3.668
大西北经济区	0.005	0.003	0.012	0.012	0.013	0.021	0.011	0.795

此外,初步观测创新生态系统共生程度与低碳经济高质量发展水平的关系(见图2),从数据内包含的历年平均值来看,两者之间具有相关性,但同时也存在着一定的差异,尤其是创新生态系统共生程度的值在某些省份的波动比较大。因此探讨创新生态系统共生与低碳经济高质量发展之间的关系是有必要的。

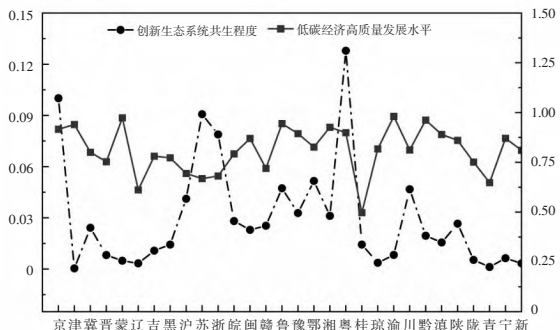


图2 创新生态系统共生程度与低碳经济高质量发展水平

3.2 基本估计结果分析

创新生态系统共生影响低碳经济高质量发展的回归结果如表3所示。其中,列(1)为考虑控制变量并且以创新生态系统共生程度作为解释变量的回归结果,其估计系

数为正且通过显著性检验。结果表明,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展具有促进作用,因此假设1得到验证。

表3 基准回归与机制检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>lce</i>	<i>lngti</i>	<i>lce</i>
<i>ds</i>	0.538*** (3.360)	5.048*** (9.170)	0.410** (2.120)
<i>lngti</i>			0.025 (1.180)
<i>hm</i>	-0.009 (0.400)	0.168** (2.130)	-0.013 (-0.580)
<i>fdi</i>	-0.722 (-0.940)	7.479*** (2.830)	-0.913 (-1.160)
<i>lnps</i>	0.039 (0.630)	2.046*** (9.440)	0.012 (-0.160)
<i>lnpd</i>	-0.135** (-2.220)	-1.591*** (-7.610)	-0.094 (-1.360)
<i>mt</i>	0.922*** (5.660)	-5.445*** (-9.040)	0.854*** (-4.060)
<i>_cons</i>	2.090*** (6.400)	15.906*** (13.450)	1.907*** (3.370)
Pseudo R ²	0.451	0.761	0.457
地区哑变量	控制	控制	控制

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,括号内为t值。下同。

3.3 作用机制分析

前文从理论角度分析了在创新生态系统共生影响低碳经济高质量发展过程中绿色技术创新的传导作用,接下来采用中介效应模型对其进行检验,回归结果见表3。列(2)为创新生态系统共生对绿色技术创新的影响,结果显示回归系数显著为正,证实了创新生态系统共生可促进绿色技术创新水平,列(3)是在列(1)基础上加入机制变量绿色技术创新后的回归结果。结果表明,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的回归系数在加入绿色技术创新后仍显著为正,表明绿色技术创新在创新生态系统共生影响低碳经济高质量发展的过程中存在部分中介效应。假设2得到初步验证。

3.4 门槛效应分析

为进一步探究创新生态系统共生、绿色技术创新和低碳经济高质量发展之间的具体关系,对假设2进行进一步验证,本文将绿色技术创新作为门槛变量,采用面板门槛模型进行分析。表4为绿色技术创新的门槛效应检验结果。结果表明,单一门槛和双重门槛P值都显著,三重门槛P值并不显著。因此,关于创新生态系统对低碳经济高质量发展的驱动作用,本文基于双重绿色技术创新门槛进行分析。

表4 门槛效果检验

类别	F值	P值	BS次数	临界值		
				1%	5%	10%
单一门槛	20.500**	0.023	300	14.828	18.412	22.756
双重门槛	39.330**	0.000	300	14.154	15.909	18.523
三重门槛	4.650	0.920	300	42.145	50.165	66.970

注:BS次数为采用Bootstrap方法反复抽样的次数。

下一页表5双重门槛模型结果表明,绿色技术创新双重

门槛值分别为8.130和8.223。根据这两个门槛值将数据划分为低水平绿色技术创新($\ln gti < 8.130$)、中等水平绿色技术创新($8.130 \leq \ln gti < 8.223$)、高水平绿色技术创新($\ln gti \geq 8.223$)3类。另外,为了验证门槛值存在的真实性,构造门槛变量的似然比函数图。当所得门槛值位于置信区间的LR值范围内时,说明门槛值为真实值。由图3可知绿色技术创新的单一门槛值和双重门槛值均落在95%置信区间内,因此模型通过检验。

表5 门槛估计结果

类别	门槛估计值	95%置信区间
单一门槛	8.130***	(7.874, 8.150)
双重门槛	8.223***	(8.212, 8.246)
三重门槛	6.966	(6.261, 6.420)

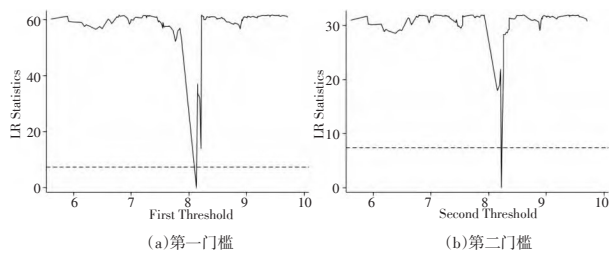


图3 门槛模型似然比函数图

不同门槛水平差异下的门槛效应估计结果如表6所示。随着绿色技术创新水平的增强,低碳经济转型驱动力存在差异。局部来看,当绿色技术创新水平低于门槛值8.130时,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展具有显著的负向抑制作用;而在8.130和8.223之间时,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的抑制影响明显减弱;然后随着绿色技术创新水平继续提高,超过8.223时,创新生态系统共生开始正向促进低碳经济高质量发展。

表6 门槛回归估计结果

变量	相关系数	标准误差	t值	95%置信区间
hm	-0.204*	0.108	-1.890	(-0.418, 0.009)
fdi	-1.293*	0.675	-1.920	(-2.628, 0.041)
lnps	0.163**	0.074	2.200	(0.016, 0.309)
lnpd	0.505	0.375	1.350	(-0.237, 1.247)
mt	-0.437	0.331	-1.320	(-1.092, 0.217)
ds ($\ln gti < 8.130$)	-14.374**	6.739	-2.130	(-27.697, -1.051)
ds ($8.130 \leq \ln gti < 8.223$)	-3.775***	1.138	-3.320	(-6.024, -1.525)
ds ($\ln gti \geq 8.223$)	7.388***	2.568	2.880	(2.310, 12.466)
常数项	-3.416	3.077	-1.110	(-9.499, 2.667)

具体来说,绿色技术创新水平存在双重门槛的原因可能是在创新生态系统共生初始阶段,缺乏必要的生产能力和经验,以及创新人力资源和资金投入等创新环境较差,系统内各主体在绿色新兴技术和相关产品的生产制造上受到了较大约束,导致绿色创新水平在较长一段时间内没有较大提升。在创新生态系统共生形成与成长阶段,一旦解决了初始阶段创新创业活动激励不足的问题,创新系统内各主体必然会对绿色低碳行业及市场有更深入的认识,具备一定的技术和生产能力,并且形成主体间的竞争压力。在创新生态系统共生成熟与转移阶段,随着绿色新兴技术合法性的建立、创新创业活动数量的增加,各主体的规模也在不断扩大,生产质量不断提高。

3.5 异质性检验

(1)基于地理区位的异质性检验。梅亮等(2014)^[14]发现传统创新范式中各主体一般将自己看作是单个封闭组织,只强调自身发展和利益而忽略合作相关者的整体利益,导致创新活动进步较慢,造成区域发展不平衡的现象。与传统创新范式不同的是,创新生态系统范式重视知识、技术的联系和应用,强调各模块的互动和信息流通。因此在省份内部,创新生态系统共生程度的提高是否可以缓解区域发展不平衡的局面?根据表7列(1)、列(2)的回归结果可知,创新生态系统共生对东部省份的促进作用大于中西部省份。究其原因可能是东部城市的创新基础和人均受教育水平较高^[15],因而创新生态系统共生所带来的要素流动和人才聚集产生的规模经济较大。

表7 异质性检验结果

变量	东部	中西部	碳排放强度	
	(1)	(2)	(4)	(5)
	<i>lce</i>	<i>lce</i>	<i>lce</i> (高)	<i>lce</i> (低)
ds	0.573*** (4.770)	0.974 (1.370)	-0.199 (-0.910)	0.847** (2.040)
hm	0.100*** (3.840)	-0.064** (-2.050)	0.432*** (5.500)	0.048 (1.220)
fdi	-0.204 (-0.310)	-2.183 (-1.300)	-1.619*** (-2.750)	1.044 (1.320)
lnps	-0.097 (-0.990)	0.048 (0.570)	-0.028*** (-3.650)	0.007 (0.010)
lnpd	0.018 (0.220)	-0.156* (-1.770)	-0.568 (-0.940)	-0.037 (-0.440)
mt	-0.819*** (-3.530)	-1.236*** (-5.200)	0.025*** (-2.660)	-0.917*** (-4.800)
_cons	1.074** (2.440)	0.012*** (4.260)	5.275*** (6.910)	1.250** (2.290)
Pseudo R ²	0.459	0.516	0.963	0.822
地区哑变量	控制	控制	控制	控制

(2)基于不同污染程度的异质性检验。区域创新水平越高,在新创新主体进入和旧创新主体退出时对环境敏感度的敏感度越高。同时创新主体也会考虑地区的未来发展潜力,地区受污染程度大小会在一定程度上影响人才流和资金流的涌动。本文收集整理了2014—2020年各省份碳排放的数据,以平均值50分位数为分界点将样本省份划分为高污染省份和低污染省份,然后进行异质性回归检验。根据表7列(3)、列(4)的异质性检验结果发现,省份碳排放强度越高,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的效果越低,碳排放强度在低碳经济高质量发展过程中起着不可抗拒的负向共生环境诱导作用。究其原因可能是碳排放强度高的地区更容易增加人力资本流动的可能性,可能会促使人力资本向环境质量较好的地区迁移,从而抑制高污染程度地区的创新活力。

3.6 稳健性检验

为考察回归结果的稳健性,本文使用三种方式进行稳健性检验:(1)考虑到样本数据中可能存在有异常数据的问题,对总体样本数据进行1%双侧缩尾处理。(2)考虑到低碳经济高质量发展可能需要一定的时间,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的影响可能存在着滞后效

应。因此,本文将核心解释变量替换为其滞后一期,对基准模型再一次进行估计。(3)替换低碳经济高质量发展水平指标,使用碳生产率作为低碳经济高质量发展水平的替代变量^[6],即用各省份GDP与碳排放总量的比值表示。稳健性检验的回归估计结果见表8,由表8可知,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展仍存在显著的正外部性。验证了本文结论的稳健性。

表8 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	缩尾处理	被解释变量滞后	替换被解释变量
<i>ds</i>	0.605*** (3.830)	0.624*** (4.230)	3.380*** (6.410)
<i>hm</i>	-0.012 (-0.580)	-0.009 (-0.410)	0.041 (0.540)
<i>fdi</i>	-0.485 (-0.550)	-1.067 (-1.130)	6.257** (2.470)
<i>lnps</i>	0.025 (0.440)	0.024 (0.370)	0.793*** (3.820)
<i>lnpd</i>	-0.123* (-2.210)	-0.119* (-1.860)	-1.039*** (-5.190)
<i>mt</i>	-1.051*** (-6.330)	-0.979*** (-5.620)	-2.120*** (-3.670)
<i>_cons</i>	2.002*** (6.330)	1.975*** (5.470)	6.969*** (6.150)
Pseudo R ²	0.461	0.498	0.567
地区哑变量	控制	控制	控制

4 结论与建议

创新驱动发展战略的深入实施以及创新合作活动的频繁开展,为中国在开放条件下实现低碳经济转型发展起到了助推作用。基于此,本文以创新生态系统共生为切入点,深入探讨创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的具体影响。采用2015—2020年中国各省份的创新生态系统共生程度与同期低碳经济高质量发展水平进行实证分析。研究发现:创新生态系统共生显著推进了低碳经济高质量发展,并通过提升绿色技术创新水平产生作用。创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的促进作用在东部地区以及污染程度低的省份表现得更加明显,存在显著的异质性特征。绿色技术创新水平对低碳经济高质量发展存在门槛效应,并且呈现“显著抑制—显著促进”的特征。

根据研究结论,本文提出以下对策建议:

(1)实行差异化的创新和产业发展策略,由绿色创新链运作作为原始动力驱动产业链生成,引导低碳经济转型发展。整体来看,创新生态系统共生对低碳经济高质量发展有正向促进作用,东部地区创新生态系统共生对低碳经济高质量发展的促进作用较为明显,这就要求各地区创新和产业发展战略差异化,根据区域发展差异打造不同的创新生态系统功能区,突破时空障碍以深化分工程度和提高专业化水平,从而打破创新生态系统的空间不平衡约束,形成具有互补性的专业化分工格局。

(2)构建可持续创新生态系统共生体系,强调创新生

态系统智慧型自组织生长。一方面,以可持续发展为关键价值导向,将绿色增长纳入创新生态系统框架,推动高活跃度创新群落建设,保证创新物种的多样性、群居性和近距离化态势;另一方面,重视市场对创新资源配置的决定性作用,促进各创新主体协同使用公共投入,驱动区域自身创新能力的增长,加速地区产业链创新链融合,提高低碳经济高质量发展水平。

(3)营造有益于绿色技术创新的生态环境,加快绿色技术转化应用,提升绿色技术和产品对低碳经济高质量发展的正向促进作用。一方面,积极健全绿色技术推广机制,以清洁能源、生态保护修复和资源集约循环利用为重点,规范绿色技术产品使用条件和程序,并且加强绿色技术跟踪管理,建立动态调整机制;另一方面,要稳步推进绿色技术产品交易市场建设,根据区域绿色技术产品发展优势和供需情况建设绿色技术交易平台,并同步健全绿色技术交易管理制度,提升绿色技术和绿色产品的转化。

参考文献:

- [1]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).
- [2]胡海,庄天慧.共生理论视域下农村产业融合发展:共生机制、现实困境与推进策略[J].农业经济问题,2020,(8).
- [3]Autio E, Thomas L D W. Researching Ecosystems in Innovation Contexts [J].Innovation & Management Review,2021,(1).
- [4]卢珊,蔡莉,詹天悦,等.组织间共生关系:研究述评与展望[J].外国经济与管理,2021,43(10).
- [5]周全,程梦婷,吴绍波.战略性新兴产业创新生态圈的五螺旋创新机制与实施路径[J].科学管理研究,2022,40(2).
- [6]Cassi L, Plunket A. Research Collaboration in Co-inventor Networks: Combining Closure, Bridging and Proximities [J].Regional Studies, 2013,(6).
- [7]喻国明,滕文强,王希贤.分布式社会的再组织:基于传播学的观点——社会深度媒介化进程中协同创新理论的实践逻辑[J].学术界, 2022,(7).
- [8]陈劲,阳镇,朱子钦.“十四五”时期“卡脖子”技术的破解:识别框架、战略转向与突破路径[J].改革,2020,(12).
- [9]柴娟娟,施子杨,方来.风险投资对绿色技术创新的空间效应[J].统计与决策,2022,(17).
- [10]李娜.绿色创新、财政分权与碳生产率[J].统计与决策,2023,(1).
- [11]李晓娣,张小燕.区域创新生态系统共生对地区科技创新影响研究[J].科学学研究,2019,37(5).
- [12]韦东明,顾乃华.城市低碳治理与绿色经济增长——基于低碳城市试点政策的准自然实验[J].当代经济科学,2021,43(4).
- [13]董梅,李存芳.低碳省区试点政策的净碳减排效应[J].中国人口·资源与环境,2020,30(11).
- [14]梅亮,陈劲,刘洋.创新生态系统:源起、知识演进和理论框架[J].科学学研究,2014,32(12).
- [15]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,(15).
- [16]黎新伍,黎宁,谢云飞.数字经济、制造业集聚与碳生产率[J].中南财经政法大学学报,2022,(6).

(责任编辑/浩 天)