

郭红欣,张乐权,吴斯玥.碳排放权交易对中国低碳技术创新的影响研究:基于碳排放权交易试点的准自然实验[J].环境科学与技术,2021,44(12):230-236. Guo Hongxin, Zhang Lequan, Wu Siyue. The impact of carbon emissions trading on low-carbon technology innovation in China: a quasi-natural experiment based on the carbon emissions trading pilot[J]. Environmental Science & Technology, 2021, 44(12): 230-236.

碳排放权交易对中国低碳技术创新的影响研究: 基于碳排放权交易试点的准自然实验

郭红欣¹, 张乐权^{2*}, 吴斯玥³

(1.中南财经政法大学法学院,湖北 武汉 430073;

2.中南财经政法大学经济学院,湖北 武汉 430073;

3.香港浸会大学传理与影视学院,香港 999077)

摘要:碳排放权交易是促进低碳技术创新、降低碳排放成本的市场化环境规制工具。该研究选取2010-2017年30个省(市、自治区)的低碳专利数量指标,利用空间相关系数、自然断点法分析了中国低碳技术创新的空间集聚情况,并基于中国在7个地区开展碳排放权交易试点的准自然实验,利用DID模型检验中国碳排放权交易政策对低碳技术创新的影响。结果表明:中国低碳技术创新在东中部地区表现出明显的空间集聚效应,碳排放权交易试点的建立显著促进了区域的低碳技术创新水平。建议继续完善中国碳排放权交易市场机制,扩大试点碳市场的行业覆盖范围,发挥碳排放权交易市场对低碳技术创新的促进作用,并加强区域协同发展,增强低碳创新技术的空间溢出效应,助力碳达峰和碳中和目标的实现。

关键词:碳排放权交易; 低碳技术创新; 双重差分模型

中图分类号:X321 文献标志码:A doi:10.19672/j.cnki.1003-6504.2048.21.338 文章编号:1003-6504(2021)12-0230-07

The Impact of Carbon Emissions Trading on Low-carbon Technology Innovation in China: a Quasi-natural Experiment Based on the Carbon Emissions Trading Pilot

GUO Hongxin¹, ZHANG Lequan^{2*}, WU Siyue³

(1. Law School, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China;

2. School of Economics, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China;

3. School of Communication and Film, Hong Kong Baptist University, Hong Kong 999077, China)

Abstract: Carbon emissions trading is a market-based environmental regulation tool to promote low-carbon technology innovation and reduce the cost of carbon emissions. This research selects the low-carbon patent quantity indicators of 30 provinces from 2010-2017 to analyze the spatial clustering of low-carbon technology innovation in China by using spatial correlation coefficients and natural break-point method. In order to test the impact of China's carbon emission trading policy on low-carbon technology innovation, this research uses pilots in seven regions as a quasi-natural experiment of carbon emission trading through DID model. The results show that there has been a significant spatial agglomeration effect in the east-central region, and the establishment of carbon emission trading pilots significantly promotes the regional level of low-carbon technology innovation. Based on the findings, this paper suggests that China should continue to improve the national carbon market, expand the industry coverage of the pilot carbon market, give full play to the role of the carbon emissions trading market in promoting low-carbon technology innovation, and strengthen regional synergistic development to enhance the spatial spillover effect of low-carbon innovation technologies and help achieve the goal of carbon peaking and carbon neutrality.

Key words: carbon emission trading market; low carbon technology innovation; difference-in-differences model

2020年,国家主席习近平在第75届联合国大会一般性辩论上宣布,我国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和,之后在多个国际重要场合重申这一承诺。“双碳”目标的

提出是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体,同时该目标的实现也需要付出艰苦的努力,其中低碳技术创新是实现“双碳”目标的决定性因素^[1]。根据“波特假说”,在合理的政策环境下,企业意识到环境技术创新所带来的收益高于政府对其进行环境规制的成本,就能够在一定程度上促进企业进行环境技术创新活动^[2]。与碳减排直接相关的政策工具是碳排放权交易,我国于2013年和2014年在7个省(市)开展第一批碳排放权交易试点,并在2021年7月6日实现全国碳市场的正式上线交易。作为我国利用市场机制控制碳排放的重大制度创新,碳排放权交易是否有效激励了企业低碳技术的创新行为,是衡量碳排放权交易市场成功与否的重要标准之一^[3]。

国外学者围绕环境规制与企业技术创新之间的关系进行了大量的讨论。Corsatea^[4]提出让低碳技术创新走向新的阶段,营造良好的低碳政策氛围,积极发挥碳市场的驱动作用是必要的选择。但Grubb等^[5]研究欧盟碳排放交易市场后提出市场排放权配额限制会对企业总体创新活动造成重大损害。Bergek等^[6]通过对比发现,以碳排放权交易为代表的市场型政策工具对低碳技术创新的影响比控制型工具更强。随着我国碳排放权交易试点工作的开展,国内学者也在持续关注碳排放的空间关联网络结构特征、低碳技术创新响应气候变化的空间溢出效应、环境规制与低碳技术创新之间的作用关系等议题^[7-10]。张海军等^[11]基于问卷调查法的研究认为,企业引入低碳技术的水平高于自主研发的水平。沈洪涛等^[12]选取试点前后2年为样本期间,运用双倍差分模型研究发现:碳排放权交易政策的实施会使得企业通过短期内减少产量的方式来达到碳减排的要求。Zhang L等^[13]用上市企业横截面数据,研究得出中国试点碳排放权交易与绿色创新有显著的正相关关系。王为东等^[14]通过实证研究发现环境规制与市场拉动是低碳技术创新的重要影响因素。刘胡珺等^[15]以2011-2016年我国上市公司数据为分析对象,验证了碳排放权交易机制的实施显著推动了减排企业的技术创新水平。

整体而言,目前学者们的研究大多支持碳交易市场的建立有助于企业的碳减排行为,且促进了企业的技术创新,但对于碳排放权交易是否促进了低碳技术创新还存在分歧。另外,以往的研究多利用R&D投入和环境全要素生产率等指标来衡量技术进步^[16],但是这2个指标都未能具体指向低碳技术方向,因此难以反映低碳技术创新的发展情况^[17]。本研究以我国30个省(市、自治区)的低碳专利数量为低碳技术创新的代理指标,利用空间相关系数和自然断点法对我国

低碳技术创新的空间集聚和冷热点情况进行分析。并基于我国在7个地区开展碳排放权交易试点的准自然实验,利用DID模型检验我国碳排放权交易政策对低碳技术创新影响,并提出如何利用碳排放权交易促进我国低碳技术创新的政策建议,从而为碳达峰和碳中和目标的实现提供参考依据。

1 研究方法、变量选择与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 低碳创新技术的空间分析

本文利用全局空间相关系数和局部空间相关系数对我国各省(市、自治区)的低碳创新水平进行全局空间自相关分析和局部空间自相关分析,并进一步利用ArcGIS软件中的自然断点法(Natural Breaks)进行热点分析,直观地展现低碳技术创新的冷热点地区以及空间集聚效应。

全局空间相关分析运用的是Moran's I系数法,其计算公式如下:

Morans's I = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{it} - \bar{x}_t)^2}} (x_{it} - \bar{x}_t) \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_{jt} - \bar{x}_t) \tag{1}

Moran's I表示全局空间相关系数,取值在-1~1之间,当其大于0时,代表低碳技术创新在空间上呈现正相关效应;当其小于0时,代表低碳技术创新在空间上的相关性为负;等于或者接近于0时,表示没有空间上的关联。 x_{it} 、 x_{jt} 分别为*i*和*j*省份在*t*年的低碳技术创新情况, \bar{x}_t 为全国各省市在*t*年低碳技术创新均值,*n*为区域数量, w_{ij} 为空间连接矩阵,位置*i*省与位置*j*省相邻时为1,不相邻为0。

我国低碳创新局部空间集群情况可以通过局部空间自相关系数进行计算,其计算公式如下:

I_{it} = \frac{n (x_{it} - \bar{x}_t)}{\sum_{i=1}^n (x_{it} - \bar{x}_t)} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (x_{jt} - \bar{x}_t) \tag{2}

式(2)各指标含义与式(1)相同。局部空间自相关在空间表现为高值集聚(High-High),低值集聚(Low-Low),高低值集聚(High-Low)和低高值集聚(Low-High)。

为了更清晰地展示高值或低值要素在空间上发生聚类的位置,本文借助热点分析工具进一步对各地区的低碳技术创新数据进行Getis-Ord G_i^* 统计分析(简称 G_i^*),公式如式(3)所示。

G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{n} [\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}} \tag{3}

式(3)各指标含义与式(1)相同。低碳技术创新数据集中返回的 G_i^* 统计是 z 得分。如果统计学上具有显著性的正 z 得分越高,则表示高值(热点)的聚类就越紧密,反之,统计学上具有显著性的负 z 得分越低,低值(冷点)的聚类就越紧密。

1.1.2 双重差分模型

双重差分模型主要被运用于各类政策实施效果的评估,该模型通过将样本分为被纳入政策的处理组(Treat Group)以及不被政策所影响的对照组(Control Group),计算出在政策开始前2组被影响变量值之间的差距,并通过比较2组在政策实施后被影响变量值之间差距的变化来检验政策实施对于处理组冲击的净影响。

2013-2014年,我国共有北京、上海、天津、重庆、广东、深圳和湖北7个省(市)成为第一批碳排放权交易试点地区,2017年四川省和福建省成为第二批碳排放权交易试点地区。碳排放权交易试点的实施为本文利用DID模型检验该政策对低碳技术创新影响研究提供了非常好的准自然实验。由于四川省和福建省开展试点的年份较短,本文选择第一批7省市作为实验组,将其他省份作为对照组,利用DID模型研究碳排放权交易市场对低碳技术创新影响。DID模型如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Trerat_i + \beta_2 Post_t + \beta_3 Trerat_i \times Post_t + \sum \beta_k X'_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, Y_{it} 是 i 省在 t 年的低碳技术创新情况, $Trerat_i$ 为政策实施对象的虚拟变量,如果该地区建立了碳排放权交易试点,被政策所影响,则它属于处理组,所对应的 $Trerat_i$ 取值为1;若该地区没有建立碳排放权交易试点,则其属于对照组,所对应的 $Trerat_i$ 取值为0。 $Post_t$ 为政策实施时间的虚拟变量,在政策实施之前 $Post_t$ 取值为0,政策实施之后 $Post_t$ 取值为1。交叉项 $Trerat_i \times Post_t$ 的系数即反映了政策实施对低碳技术创新的净影响, β_3 是本文关注的关键系数,如果 β_3 显著,则表明碳排放权交易对区域低碳技术创新产生了显著影响。 X'_{it} 为控制变量向量, μ_i 表示个体固定效应, ν_t 为时间固定效应, ε_{it} 为随机误差项。

1.2 变量选择

1.2.1 低碳技术创新变量

欧洲专利局(EPO)与美国专利及商标局(USPTO)于2013年颁布联合专利分类体系(CPC体系),2017年,EPO又对该专利体系进行更新,提出以Y02这一专业分类涵盖所有可以用于控制气候变化的技术专利,即低碳技术专利,目前,该分类已经被广泛用于低碳技术的研究中^[18]。本研究以CPC-Y02专利体系作为分类,在Incopat数据库查询与低碳技术相关

的专利,进行汇总即可得到各地区的低碳技术专利数量,用来表征各地区低碳技术创新的程度。

1.2.2 控制变量

为控制其他因素对于低碳技术创新的影响,本文将产业结构高级化(第三产业产值与第二产业产值的比重,INC)、经济发展情况(以2010年价格进行折算的人均GDP,PGDP)、政府投资(财政支出与财政收入之比,GOV)、外商直接投资情况(外商直接投资情况与当年GDP之比,FDI)、科技人力资本(R&D人员全时当量占当年就业人数的比重,R&D)作为控制变量。

1.3 数据来源

低碳专利数量来源于Incopat数据库,控制变量来自于历年《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》,本文选择2010-2017年中国大陆30个省、市、自治区(不包括西藏)的面板数据进行分析。

2 实证结果

2.1 地区低碳技术创新和空间集聚分析

2.1.1 地区低碳技术创新的对比分析

本文选取试点开始前2012年和试点运行后的2017年2个时间点分析我国各省、市、自治区低碳技术创新的发展情况和空间集聚情况。从图1可以发现,从时间对比来看,除个别地区外,各省、市、自治区的低碳技术创新都呈现增长趋势,相比于2012年,广东、江苏、安徽3省增长量是最大的。从空间对比对比来看,江苏、广东、浙江在3个时期的低碳技术创新水平也都是最高的。

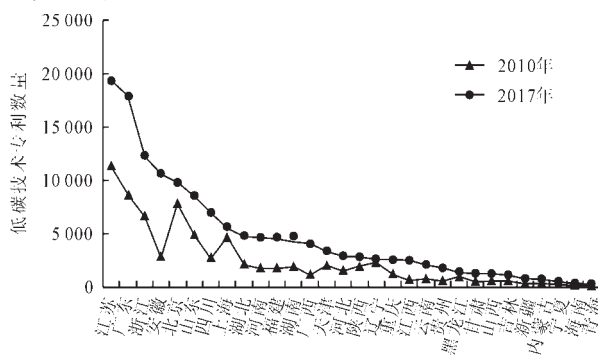


图1 各省(市、自治区)低碳技术创新情况
Fig.1 Low-carbon technology innovation of provinces (city, autonomous region)

将北京、天津、上海、广东(包括深圳)、湖北和重庆等7个碳排放权交易试点区域归为处理组,其他24个省(市、自治区)归为控制组,计算2个组低碳技术创新水平的平均水平,如图2所示。可以看到,2组的低碳技术创新水平随着时间一直在增长,而且实施碳排放权交易试点的区域,其平均低碳技术创新水平一直高于非试点地区,特别是从2015年开始,两者之间的差

距在加大,2017年又有所收窄。

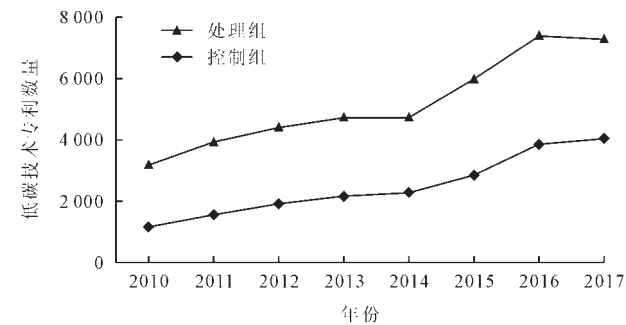


图2 碳排放权交易试点地区与非试点地区低碳技术创新比较
Fig.2 Comparison of low carbon technology innovation between pilot and non-pilot regions for carbon emissions trading

2.1.2 地区低碳技术创新空间分析

2012年和2017年的Moran' I值分别为0.050和0.046,对应的P值分别为0.296和0.323,表明我国地区之间的低碳技术创新水平在空间上存在着一定的相关

性,但是相关性还不高。进一步对比2012年和2017年我国低碳技术创新水平的局部自相关情况,如图3所示(西藏没有数据,下同)。可以看到我国确实没有形成全国性的低碳技术创新空间集聚现象;2012年低碳技术创新的高值集聚(High-High)主要发生在东部地区,包括的碳排放交易试点是上海;广东的低碳技术创新水平明显高于周边地区,从而形成高低值集聚(High-Low);低高值集聚(Low-High)主要发生在中部的河南和江西;而北京、天津、重庆和湖北没有和周边省份形成空间集聚效应。2017年东部低碳技术创新的空间集聚效应进一步逐渐向中部扩展,湖北和河南进入高值集聚(High-High)区域,广东的低碳技术创新水平明显上升,也带动了周边地区的低碳技术创新水平,反而导致高低值集聚的态势不明显,但是没有形成高值集聚(High-High)。

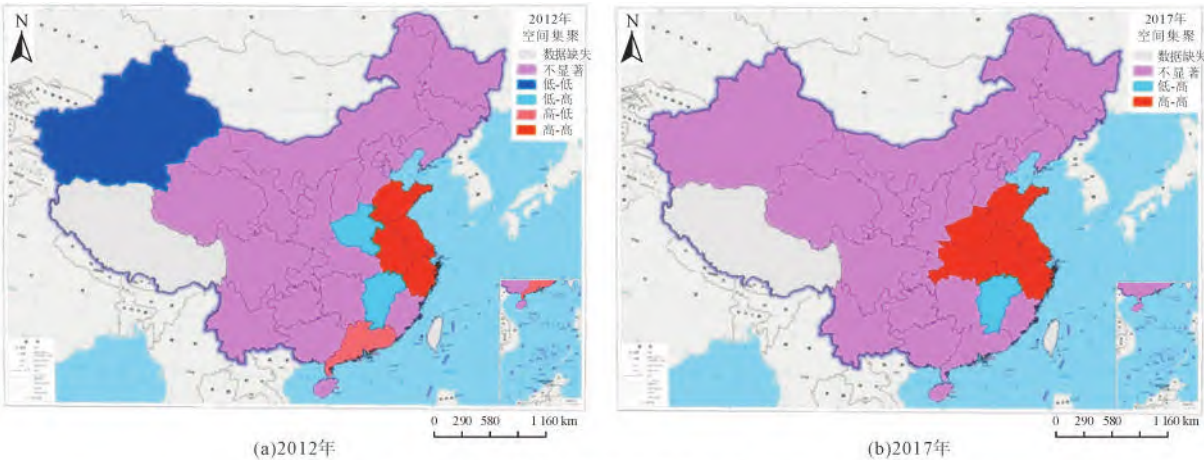


图3 低碳技术创新局部空间相关情况
Fig.3 Spatial correlation of low carbon technology innovation

图4进一步描述了低碳技术创新的冷热点分布,可以看到,低碳技术创新的热点区域主要集中于东部沿海地区,以安徽省为中心,逐渐向外扩散发展,其中,安徽、湖北、浙江发展迅速,整体来看没有低碳创

新技术的冷点区域。山东省存在着由次热点地区退化为热点不显著的情况,部分原因是由于中东部地区低碳技术创新整体水平的快速发展导致区域间的差距逐步减小。

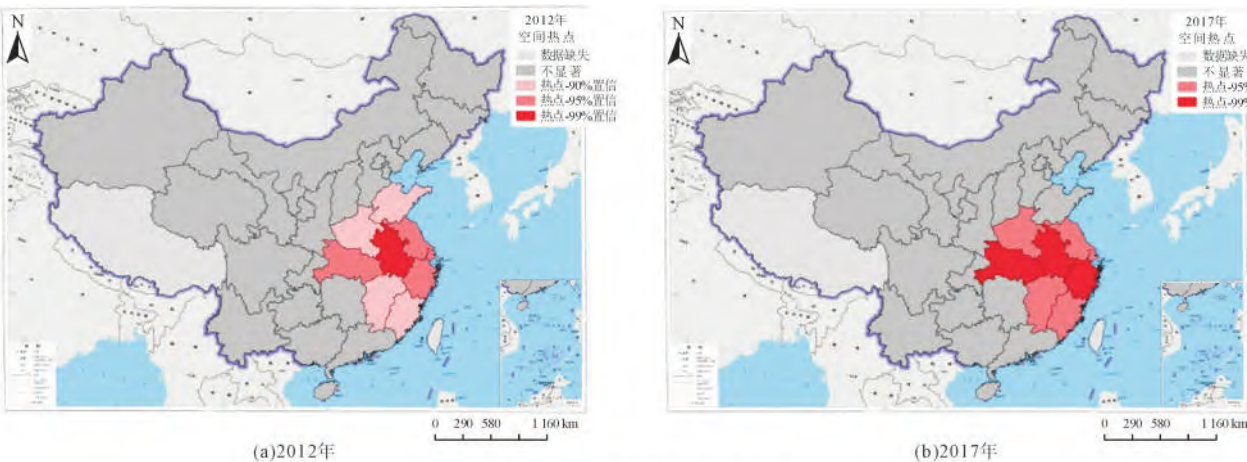


图4 低碳技术创新冷热点分析

2.2 碳排放权交易试点政策对低碳技术创新的影响分析

2.2.1 平行趋势分析

图2已经显示了碳排放权交易试点地区(处理组)和非碳排放交易试点地区(控制组)的平均碳技术创

新都随着时间呈现上升态势,显示出平行趋势,我们进一步对其进行平行趋势假定检验,结果如图5所示。

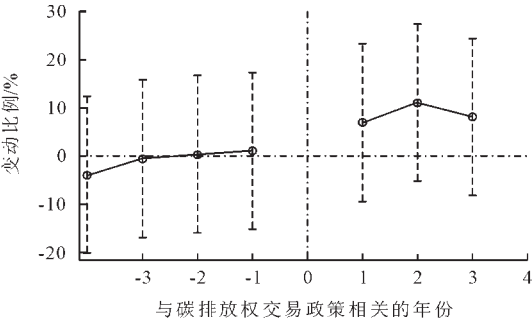


图5 DID模型的平行趋势假定检验
Fig.5 Parallel trend assumption test for DID model

可以看到,以2014年作为政策实施年份,2014年之前,试点地区与非试点地区的低碳技术创新是同趋势变动,但是2014年之后,两者之间仍呈现同趋势,但

是差距开始加大,符合平行趋势假定。

2.2.2 碳排放权交易试点对低碳技术创新影响的实证检验

由于我国第一批7个碳排放权交易试点在2013年和2014年开始运行,本研究首先将2014年作为政策实施年份,运行DID模型,再将2013年作为政策实施年份,运行DID模型进行稳健性检验,结果如表1所示。可以看到,无论是否添加控制变量,4个模型中交叉项Treat×Post的系数均为正,这表明相对于没有非试点地区,碳排放权交易政策实施后,明显提升了试点地区的低碳技术创新水平,表明我国碳排放权交易市场的创建对于低碳技术创新水平有着显著的促进作用。此外,产业结构高级化既第三产业相对于第二产业的占比越高,越不利于低碳技术创新水平的提高,因此当年我国工业领域的碳排放比重是最高的,低碳创新活动也通常发生在该领域,其次人均GDP、政府财政支出水平、外商直接投资和R&D人员占比都有利于促进低碳技术创新,但是经济发展对于低碳技术创新的促进是最为显著的。

表 1 我国试点地区碳排放权交易对低碳技术创新影响的DID检验结果
Table 1 DID test results of the impact of China's carbon emissions trading on low-carbon technology innovation in pilot regions

因变量: 低碳创新技术	政策执行期=2014		政策执行期=2013	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Treat × Post	724.500* (393.092)	816.351** (409.355)	677.633* (406.597)	843.854** (414.104)
Treat	-3 888.375*** (639.908)	-4 347.132*** (804.176)	-3 949.646*** (660.721)	-4 505.226*** (817.957)
Post	3 005.367*** (324.152)	2 723.821*** (758.551)	3 014.740*** (325.278)	2 689.396*** (756.340)
INC		-1 755.688** (718.833)		-1 772.160** (719.526)
PGDP		2 686.235*** (1 097.091)		2 731.736** (1 093.842)
GOV		478.053 (589.529)		410.167 (590.176)
FDI		995.540 (953.683)		1 136.341 (937.179)
R&D		11 899.030 (35 696.290)		13 778.670 (35 654.800)
_cons	3 873.396 (479.830)	-23 089.020 (11 417.240)	3 885.650*** (481.629)	-23 416.450** (11 388.630)
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
Adj R ²	0.882	0.889	0.881	0.890
n	240	240	240	240

注:***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

3 结论与建议

3.1 结论

基于2010–2017年各省市的低碳专利申请数值,本研究分析了我国低碳技术创新的空间集聚效应,并

基于碳排放权交易试点的准自然实验,利用双重差分模型检验了我国碳排放权交易试点对低碳技术创新的影响。

(1)碳排放权交易促进低碳技术创新的空间集聚效应,但是并不显著。低碳技术创新空间集聚效应与

区域发展水平具有密切的关联性,空间集聚主要发生在东部地区,东部地区经济发展水平较高,重点城市对周边的技术辐射效果明显。对比同为东部地区的长三角地区和珠三角地区可见,低碳技术创新空间聚集效应与区域产业结构、创新要素与环境的互动以及合作关系与强度有着较为密切的关联性。随着碳排放权交易政策的推进,低碳技术创新的空间聚集效应逐渐向中部地区溢出。

(2)DID 的模型进一步显示我国碳排放权交易试点的建立对于区域的低碳技术创新水平具有显著的促进作用,该结论支持“波特”假说。这一结果也支持了我国建立碳市场的初衷,即用最小社会成本促进企业低碳技术创新,从而实现碳减排和经济效益增长的双重目标。模型的结果还发现产业结构高级化不利于低碳技术创新水平的提高,原因是低碳技术专利主要发生在工业领域,而产业结构的高级化发展本身就有利于降低碳排放,因此促进产业结构调整仍是我国实现双碳目标的重要举措。

3.2 建议

本文基于以上分析和结论,提出如下政策建议。

(1)为更好地发挥碳排放权交易规制工具对低碳技术创新的促进作用,应深化区域产业结构调整,采取促进区域技术协同创新发展的相关政策工具。

(2)全国性碳排放权交易应扩大碳排放权交易市场覆盖行业及相应的温室气体重点排放单位,进一步激活碳排放权交易市场,同时推动区域性服务市场、共享性技术平台等基础设施建设,激发企业自愿积极开发新型低碳技术的积极性,增强区域空间溢出效应。

(3)本研究显示东部地区始终是我国低碳技术创新的优势区域,应借助碳排放交易市场充分利用东部地区所拥有的资金、技术、人才等方向的优势,发挥空间溢出的正面效应,缩小地域间的技术差距,促进我国低碳经济更加全面而均衡的发展。

【参考文献】

[1] Fischer C, Newell R G. Environmental and technology policies for climate mitigation[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2008,55(2):142-162.

[2] Porter M E, van der Linde C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995,9(4):97-118.

[3] Pizer W A, Popp D. Endogenizing technological change : matching empirical evidence to modeling needs[J]. *Energy Economics*, 2008,30(6):2754-2770.

[4] Corsatea T D. Technological capabilities for innovation activities across Europe:evidence from wind, solar and bioenergy technologies[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014,37:469-479.

[5] Grubb M, Azar C, Persson U M. Allowance allocation in the European emissions trading system: a commentary[J]. *Climate Policy*, 2005,5(1):127-136.

[6] Bergek A, Berggren C. The impact of environmental policy instruments on innovation: a review of energy and automotive industry studies[J]. *Ecological Economics*, 2014, 106: 112-123.

[7] 李爱,王雅楠,李梦,等. 碳排放的空间关联网络结构特征与影响因素研究:以中国三大城市群为例[J]. *环境科学与技术*, 2021,44(6):186-193.

Li Ai, Wang Yanan, Li Meng, et al. Study on the structural characteristics and influencing factors of spatial correlation network of carbon emissions: a case study of three major urban agglomerations in China[J]. *Environmental Science & Technology*, 2021,44(6):186-193.

[8] 王为东,卢娜,张财经. 空间溢出效应视角下低碳技术创新对气候变化的响应[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018,28(8): 22-30.

Wang Weidong, Lu Na, Zhang Caijing. Low-carbon technology innovation responding to climate change based on perspective of spatial spillover effect[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018,28(8):22-30.

[9] 孟凡生,韩冰. 政府环境规制对企业低碳技术创新行为的影响机制研究[J]. *预测*, 2017,36(1):74-80.

Meng Fansheng, Han Bing. Research on impact of government environmental regulation on enterprises' low carbon technology innovation behavior[J]. *Forecasting*, 2017,36(1): 74-80.

[10] 姜秉文,万丁乙. 中小企业低碳技术创新与政府行为演化博弈[J]. *中国集体经济*, 2019(30):69-72.

Lou Bingwen, Wan Dingyi. Evolutionary game of low carbon technology innovation and government behavior of small and medium enterprises[J]. *China Collective Economy*, 2019(30):69-72.

[11] 张海军,段茂盛,李东雅. 中国试点碳排放权交易体系对低碳技术创新的影响:基于试点纳入企业的实证分析[J]. *环境经济研究*, 2019,4(2):10-27.

Zhang Haijun, Duan Maosheng, Li Dongya. The impact of China's pilot carbon emissions trading systems on low-carbon technology innovation: an empirical analysis of pilot-covered enterprises[J]. *Journal of Environmental Economics*, 2019,4(2):10-27.

[12] 沈洪涛,黄楠,刘浪. 碳排放权交易的微观效果及机制研究

- [J]. 厦门大学学报:哲学社会科学版, 2017(1):13-22.
- Shen Hongtao, Huang Nan, Liu Lang. A study of the micro-effect and mechanism of the carbon emission trading scheme [J]. Journal of Xiamen University: Arts & Social Science, 2017(1):13-22.
- [13] Zhang L, Cao C C, Tang F, et al. Does China's emissions trading system foster corporate green innovation—evidence from regulating listed companies[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2019,31(2):199-212.
- [14] 王为东,王冬,卢娜. 中国碳排放权交易促进低碳技术创新机制的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020,30(2):41-48.
- Wang Weidong, Wang Dong, Lu Na. Research on the impact mechanism of carbon emissions trading on low-carbon innovation in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2020,30(2):41-48.
- [15] 胡珺,黄楠,沈洪涛. 市场激励型环境规制可以推动企业技术创新吗?基于中国碳排放权交易机制的自然实验[J]. 金融研究, 2020(1):171-189.
- Hu Jun, Huang Nan, Shen Hongtao. Can market-incentive environmental regulation promote corporate innovation—a natural experiment based on China's carbon emissions trading mechanism[J]. Journal of Financial Research, 2020(1): 171-189.
- [16] 王班班,赵程. 中国的绿色技术创新:专利统计和影响因素[J]. 工业技术经济, 2019,38(7):53-66.
- Wang Banban, Zhao Cheng. China's green technological innovation: patent statistics and influencing factors[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2019,38(7):53-66.
- [17] Dechezleprêtre A, Glachant M, Haščič I, et al. Invention and transfer of climate change-mitigation technologies: a global analysis[J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2011,5(1):109-130.
- [18] Cael R, Dechezleprêtre A. Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market[J]. Review of Economics and Statistics, 2016,98(1):173-191.