

Study of Spatial Externalities of Low-Carbon Innovation and Its Portfolio on Carbon Emissions

Miao Wang, Weidong Wang, Na Lu, Caijing Zhang

School of Financial & Economics, Jiangsu University, UJS, Zhenjiang Jiangsu

Email: 3162001013@stmail.ujs.edu.cn, east_2007@126.com, luna@ujs.edu.cn, 3162001023@stmail.ujs.edu.cn

Received: Feb. 3rd, 2019; accepted: Feb. 19th, 2019; published: Feb. 26th, 2019

Abstract

The effective use of low-carbon technologies is an important way to combat climate change. The paper adopts spatial Durbin model to empirically study the mechanism of low-carbon innovation and its portfolio on carbon emissions with 30 provincial panel data of China from 2006 to 2015. The research shows that the spatial distribution of low-carbon innovation and carbon emissions has a certain deviation. And the breakthrough low-carbon innovation plays a bigger role than the incremental innovation, but the combination of the two types of innovation plays the most significant role; Urbanization, industry structure and FDI lead to increased carbon emissions, while the impact of environmental regulations on carbon emissions is still limited to local areas. This requires the collaboration of different types of innovation activities and the collaboration of different regional low-carbon governance.

Keywords

Carbon Emissions, The Breakthrough, The Incremental, The Portfolio of Low-Carbon Innovations, Spatial Durbin

低碳创新及其组合对碳排放作用的空间外部性研究

王 淼, 王为东, 卢 娜, 张财经

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

Email: 3162001013@stmail.ujs.edu.cn, east_2007@126.com, luna@ujs.edu.cn, 3162001023@stmail.ujs.edu.cn

收稿日期: 2019年2月3日; 录用日期: 2019年2月19日; 发布日期: 2019年2月26日

摘要

有效利用低碳技术是应对气候变化的重要途径。以2006~2015年中国30个省级面板数据为研究范围,采用空间杜宾模型,实证研究低碳创新及其组合对碳排放的作用机制。研究显示,低碳创新与碳排放在空间分布上存在一定偏差;更具突破性的低碳创新作用高于增量创新,但两类创新的组合作用最显著;城市化、产业结构以及FDI等引致碳排放增加,而环境规制对碳排放的抑制作用仍限于本地。这就要求既要协同不同类型创新活动,又要协同不同区域低碳治理。

关键词

碳排放, 突破式, 增量式, 低碳创新组合, 空间杜宾

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

气候变化正在逐渐危及到人类赖以生存的地球环境,是涉及地球各层级及人类社会各方面的综合性环境问题[1]。自2006年起,中国的碳排放已超过美国而成为世界上第一大碳排放国家,截至2015年,中国碳排放占世界总碳排放的27.3%,其经济的高速发展所带来的高能源消耗与高碳排放已成为造成世界气候变化的主要因素之一。在此环境压力下,中国政府承诺截止到2020年将减少40%~50% CO₂排放强度,至2030将减少60%~65%的CO₂排放强度[2]。在国家的“十三五”规划中,明确提出要到2020年单位产值CO₂排放量要达到年均累计下降18%的目标。科学和技术是应对气候变化的重要手段[3],应对气候变化关键技术的研究和创新是有效减缓或适应气候危害的重要途径[4]。技术进步是实现碳减排的根本性措施,技术创新的活动有很多,不同的创新活动对碳减排的作用各不相同[5][6],然而,不同类型创新活动的作用机制之间是否具有一定的内在关联,其组合是否会对碳排放发挥更强烈的作用目前的研究较少。据此,本文采用30个省份的面板数据,在研究不同的创新活动对减排作用,并将不同类型低碳创新活动进行组合,从空间溢出的视角实证研究低碳创新及其组合对碳排放的影响。

2. 文献综述

2.1. 低碳创新

专利是衡量创新能力的重要指标[7]。由于创新程度不同的技术作用不一样,学术界提出可依据专利质量的高低,将创新进一步划分为增量式创新和突破性创新两种类型。增量式创新被定义为现有技术系统的持续提升,突破性创新则激励新技术轨道的发展,将引起更高层次的系统变化[8]。关于专利质量问题,国外学者早在20世纪80年代便开始对专利质量的研究,从不同的侧面来反应专利质量,通过实证研究构建了一系列专利质量指标[9][10],然而用单一指标进行衡量只能反应专利质量的一个方面,所以不少学者尝试使用综合指标对专利质量进行衡量,比如Lanjouw和Schankerman从美国专利局中获取了7个技术领域的专利数据,从被引次数、权力要求数量、专利参考文献数量和专利族大小4个指标来研究专利质量[11],随后,其他学者增加了技术领域、维持年限等指标[12][13]。虽然目前尚未形成较为完

整的专利质量评定体系,学者们[14][15]多认为被引次数能够更加科学的反映的专利的质量,即专利的被引次数越多,则代表其技术水平越高,该专利属于高质量级别。Akkermans [16]考虑了几个基于引用的创新指标对整个经济体行业的创新重要性,并认为这些指标中的前 5%和前 10%的专利是激进的发明;Phene 选择生物技术领域中被引次数(排除自身引用)位于前 2%的专利作为突破式创新专利,并使用前 1%、5%和 10%的专利进行稳健性检验[17]。可见,目前鉴定突破式与增量式的创新活动多以某一领域内的前 1%、5%或前 10%进行定义。

2.2. 低碳创新与碳排放

关于气候变化影响因素的识别及其作用研究一直以来深受学术界的关注,不同的学者从不同的方面,采用不同的方法对影响碳排放的因素进行考察,目前已识别出经济增长、产业结构、城市化率、外商投资以及技术创新等因素[18]。技术创新能够影响碳排放,一方面通过创新产生的学习受益降低减排成本[5],另一方面通过降低碳价格,降低碳减排负担。如国外学者 Richmond 等[19]指出技术进步和技术创新有助于改善环境、减少碳排放;国内学者李国志[20]等使用中国数据,同样得到了技术进步减少二氧化碳排放的研究结果,而朱勤等[21]研究发现中国技术进步对二氧化碳排放的作用不明显。

但以上研究只是采用了采用了一般的普通面板回归模型,忽略了地区之间的关联性、区域间的信息和资源的交换性、以及二氧化碳在地区间的流动性,即地区间不存在任何的交换和溢出作用。然而空间计量专家 Anselin 经过探讨发现空间因素对环境问题有重要影响[22]。技术创新作为一种知识活动,创新活动本身就具有显著的空间依赖,创新活动的空间集中会有效地促进知识溢出,基于地理媒介的知识溢出会对创新活动的地理分布产生重大影响[23],进而对气候变化的空间格局产生更大范围的影响。同时碳本身也具有显著的流动性,即本地区的碳排放不仅影响本地区,对其他地区也会产生一定的影响。程叶青等[24]已直接运用了空间面板计量模型分析了影响了碳排放强度的空间格局的主要影响因素。然而目前鲜少有人考虑技术创新在空间上对碳排放的影响,关于创新组合对碳排放的影响的研究更是少之又少。

综上,本文的创新点在于:一是依据已有的较为成熟的份额估计的测度方法将低碳创新活动进行分类,在评测出合理的具有突破式作用和增量式作用的低碳创新技术的同时,考虑其组合作用对碳排放的影响;二是从空间的角度对低碳创新活动对碳排放的作用进行分析,考虑了要素之间的空间溢出性,更完整、准确的揭示影响气候变化的机制。

3. 空间计量模型的构建与变量选择

3.1. 空间计量模型设定

根据文献综述,碳排放的研究主要围绕着经济发展水平、结构性因素和技术因素对缓解气候变化的促进作用。本文在检验低碳创新活动对碳排放的促进作用时,综合考虑经济增长、产业结构、城市化率、环境规制以及外商直接投资等因素对碳排放的影响。因此,设定的初始计量模型如式(1)所示。

$$Lncarbon_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y02_{it} + \delta LnX + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中, i 代表各省市; t 代表时间; $Lncarbon$ 为被解释变量,代表碳排放量; $Y02$ 代表低碳创新专利(包含突破式创新、增量式创新及其组合); X 为一组控制变量,包含了可能对碳排放产生影响的若干变量; δ 代表控制变量的弹性系数; ε_{it} 代表残差项。

由于碳排放和低碳创新活动具有空间溢出型,普通的计量模型可能存在偏差,本文将采用空间计量模型从空间视觉验证低碳创新及其组合对碳排放的作用。本文具体采用更具一般性的空间杜宾模型

(SDM), 它是空间滞后模型(SLM)和空间误差模型(SEM)的一般形式, 表达式如式(2)所示。

$$y_{it} = c + \rho \sum_{i=1}^n W_{ii} y_{it} + \alpha x_{it} + \sum_{i=1}^n W_{ii} x_{it} \gamma + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中, y_{it} 为因变量, x_{it} 为自变量, α 为自变量系数, c 为常数项, ρ 为因变量空间自回归系数, γ 为自变量空间滞后系数, μ_i 、 δ_i 分别表示空间效应和时间效应, ε_{it} 为残差项, 为空间权重矩阵, 表示各个空间要素之间的关联性和相互影响程度, 本文选取空间邻接矩阵, 即相邻地区为 1, 不相邻地区为 0。表示本地区自变量对因变量的影响; 表示本地区自变量对邻近地区因变量的影响, 即空间溢出效应。

3.2. 指标选取

3.2.1. 被解释变量

本文预期低碳创新及其组合对气候变化具有正作用, 即随着突破性创新专利的不断增长, 碳排放量不断减少, 同时低碳创新的组合的影响机制显著与单项低碳创新活动。碳排放的核算参考 IPCC 提供的核算方法, 公式如式(3)所示。

$$carbon_i = \frac{12}{44} \left[\sum_n E_{n,i} \times \alpha_n \times \beta_n \right] E_{n,i} \quad (3)$$

式中, i 指不同省市; $carbon_i$ 值 i 省市碳排放, 单位为万 t; $E_{n,i}$ 指 i 省市第 n 种能源终端消费量, 焦炉煤气、其他煤气、天然气的单位为 m^3 ; 其他能源为万 t; α_n 指第 n 种能源折标准煤系数; β_n 指第 n 种能源 CO_2 排放系数, 单位万 t/万 t ce。

3.2.2. 核心解释变量

低碳创新专利(IP)以 2013 年美国 and 英国联合颁布的 CPC(合作专利分类法)中 Y02 分类申请专利数来衡量[25], 只采用中国人在国内申请专利, 不包括外国人在中国的申请专利。关于突破性专利与增量式专利的定义, 采用 Phene 的被引次数的方法, 取被引次数的前 1% 专利作为突破性专利, 剩下的为增量式专利; 低碳创新组合以两者去中心化后的交叉相乘项进行测度, 以避免异方差的干扰。

3.2.3. 控制变量

考虑到碳排放还会受经济结构、人口结构、外商需求等其他变量的影响, 参照已有成果[18], 本文选择经济增长(PGDP)、产业结构(IS)、城市化率(UR)、外商直接投资(GDP)以及环境规制(ER)等 5 个因素作为控制变量。其中各省人口数据为各省份上年年末人口数与本年年末人口数的算术平均数; 经济增长用各地区人均生产总值表示; 产业结构用第二产业占地区生产总值的比重表示; 城市化率用城镇人口占总人口的比来表示; 人均外商投资用直接外商投资占总人口的比重来表示; 环境规制以作为投资的污染治理支出进行衡量。

3.3. 数据来源与处理

本文以 2006~2013 年为研究区间, 30 个省份为研究对象(因西藏及港澳台数据缺失, 不予以考虑)。各省份的 Y02 专利数据来自 incopat 专利数据库; 能源消费、折标煤系数以及碳排放系数来源于《中国能源统计年鉴》; 各省份的人口数据来源于国家统计局; 地区产值以及外商直接投资来源于《中国统计年鉴》。为了统一货币单位, 采用人民币兑美元年均汇率将美元为单位的外商直接投资换成人民币。同时为了消除价格波动的影响, 以 2006 年为基期, 对经济变量做不变价处理, 为了消除异方差, 对部分变量进行取对数处理。

4. 实证研究

4.1. 空间相关性检验

空间相关性是指邻近空间分布对象属性值之间的统计相关性，在进行空间计量模型之前需要对核心变量进行空间自相关检验，通常采用 Moran's I 指数检验区域变量是否存在自相关。全局空间自相关反映了变量在全部样本区域的空间依赖程度，检验结果如表 1 所示。可以看出，在邻接权重矩阵下，碳排放与低碳创新专利的全局 Moran's I 指数均为正，绝大多数通过 5% 水平检验，说明这三项指标均存在空间正相关性。

Table 1. Global Moran's I of carbon emission and low carbon innovation in China from 2004 to 2015

表 1. 2006~2013 年中国各省市碳排放及低碳创新全局 Moran'I 表

年份	碳排放强度			突破式低碳创新专利			增量式低碳创新专利		
	Moran's I	Z 值	p 值	Moran's I	Z 值	p 值	Moran's I	Z 值	p 值
2006	0.273	1.934	0.027	0.097	0.901	0.184	0.254	1.803	0.036
2007	0.309	2.116	0.017	0.227	1.794	0.036	0.300	2.072	0.019
2008	0.292	2.012	0.022	0.009	0.294	0.385	0.265	1.879	0.030
2009	0.309	2.118	0.017	0.011	0.307	0.379	0.288	2.025	0.021
2010	0.338	2.312	0.010	0.200	1.548	0.061	0.323	2.248	0.012
2011	0.268	1.903	0.029	0.250	1.858	0.032	0.328	2.281	0.011
2012	0.304	2.115	0.017	0.124	1.018	0.154	0.379	2.658	0.004
2013	0.299	2.087	0.018	0.249	1.876	0.030	0.366	2.568	0.005
2014	0.243	1.749	0.040	0.227	1.721	0.043	0.264	1.873	0.031
2015	0.245	1.756	0.040	0.239	1.165	0.049	0.307	2.166	0.015

局部空间自相关采用 Moran's I 散点图用来验证各省市碳排放及低碳创新专利与其邻近地区之间的关系。局部自相关共有四种模式，对应分布在四个象限。分别为第一象限的高值区周围是高值区(HH 型)，表明两者空间差异小；第二象限的低值区周围是高值区(LH 型)，表明两者空间差异大；第三象限的低值区周围是低值区(LL 型)，表明两者空间差异小；第四象限的高值区周围是低值区(HL 型)，表明两者空间差异大。(由于篇幅有限)本文选取碳排放的 2006 年和 2012 年的散点图进行展示，结果如图 1 所示。可以看出碳排放局部空间集聚特征较明显，总体以 HH 集聚和 LL 集聚类型为主，并随着时间的变化，各省份的类型呈现动态变化特征。

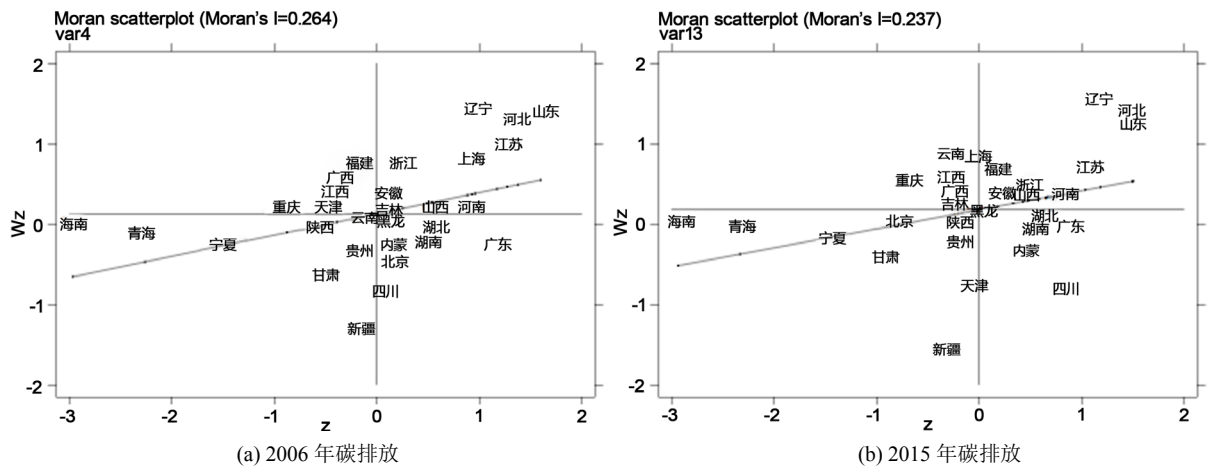


Figure 1. Local Moran's I scatterplot of low carbon innovation and carbon emissions
图 1. 碳排放 Moran's I 散点图

4.2. 空间模型检验结果

通过前文的空间相关性检验可知，碳排放和低碳创新活动的 Moran's I 均为正的空间自相关性，且绝大多数通过了 5% 显著性检验，因此在构造模型时，有必要纳入空间因素。首先根据普通面板数据模型(OLS)回归残差的空间自相关检验显示，LMlag、Robust-LM lag 和 LMerror、Robust-LM error 的 p 统计值均在 1% 显著性水平下显著，说明构建空间计量模型比较合理；接着对 SDM 模型进行 LR 检验，结果显示均通过了 1% 显著性水平检验，说明 SDM 模型不可退化为 SLM 或 SEM 模型；最后 Hausman 检验结果，以及空间杜宾模型的空间自相关系数(rho)显示应该选用随机效应形式(具体模型结果见表 2)。

Table 2. Estimation results of spatial Dubin panel model (SDM) and model decomposition (1)
表 2. 空间 Dubin 模型(SDM)回归结果及模型分解(1)

	SDM 模型		SDM 模型分解		
	固定效应	随机效应	直接效应	间接效应	总效应
disr	-0.00265** (-0.0011)	-0.00252** (-0.00126)	-0.00251* (-0.00134)	-0.0005 (-0.00306)	-0.0031 (-0.00368)
incr	-3.64e-05** (1.43e-05)	-3.42e-05** (1.59e-05)	-3.64e-05** (1.63e-05)	-0.0000 (3.24e-05)	-0.0001 (3.92e-05)
lnpgdp	-0.0212 (-0.0166)	-0.0290* (-0.0173)	-0.0397** (-0.0179)	-0.188*** (-0.0503)	-0.228*** (-0.0613)
ur	3.565*** (-0.526)	3.272*** -0.5630	3.308*** (-0.518)	0.5960 (-0.606)	3.904*** (-0.435)
is	1.150*** (-0.25)	(1.220***) -0.2530	1.283*** (-0.246)	0.954* (-0.526)	2.237*** (-0.601)
lner	2.2730 (-2.284)	(-1.199) -2.6000	-1.0720 (-2.689)	0.0716 (-7.8)	-1.0000 (-9.032)
lnfdi	0.0572*** (-0.0216)	-0.0374 (-0.0249)	0.0597** (-0.0267)	0.334*** (-0.118)	0.393*** (-0.129)
C		10.73*** (-1.127)			

Continued

rho	-0.1330 (-0.0852)	0.351*** (-0.0631)	
Log-likelihood	229.1803	77.6818	
R-sq	0.2030	0.5692	
Hausman	-16.6600		
LM-lag			37.556***
Robust LM-lag			36.422***
LM-error			24.25***
Robust LM-error			12.90***
LR-lag			28.64***
LR-error			28.14***

注：*、**、***分别表示通过10%、5%、1%的显著性检验；括号内的值为标准误。

空间杜宾模型将变量的滞后因子纳入研究范围，因此解释变量的系数不能直接拿来反映对因变量的影响，但从模型的回归结果中可以看出突破时低碳创新与增量式低碳创新对碳排放估计系数显著为负，表明低碳创新活动对碳排放具有明显的抑制作用，与预期相符。

4.2.1. 突破式低碳创新与增量式低碳创新

从直接效应来看：突破式低碳创新(disr)对本地区碳排放的影响系数为-0.00251，通过了10%的显著性检验，增量式低碳创新(incr)对本地区的碳排放的影响系数为-0.0000364，通过了5%的显著性检验，尽管影响力度不是很理想，可能的原因是专利从开始到被发掘、大量被引，发挥作用需要一定的时间[26]，但突破式低碳创新与增量式低碳创新对碳排放都具有明显的抑制作用，其中突破式创新的影响力度要强于增量式创新，符合预期，即突破式低碳创新更容易造成“技术突袭”，为解决碳排放问题带来新的机遇。

从间接效应来看：突破式低碳创新与增量式低碳创新的空间溢出效应为负，说明一个地区的低碳创新活动对其他地区的碳排放也具有抑制作用，但尚不显著，表明目前一个地区的低碳创新活动还主要局限于本地，区域的联动性与技术发展水平不高，共同推进低碳创新的机制尚未形成。

4.2.2. 其他控制变量

从控制变量的直接效用和间接效应来看：1) 经济增长(lnpgdp)。人均GDP对无论本地区还是临近地区的碳排放都具有显著的反向作用，即经济越发达，碳排放反而越少。说明随着人们对生态问题的不断关注，经济越是发达的地区越是加快调整产业结构、改变发展模型。2) 城市化率(ur)。城市化率对本地区的碳排放具有显著的正向作用，即城市化水平的提高会促进碳排放。出现这种现象说明随着城镇人口不断增加，生活方式不断发生改变，对城镇的资源结构和城市公共设施的需求的也不断提高，进而增加对能源的需求，从而造成了碳排放的增加。而本地区的城市化率对其他地区的碳排放的作用效果不显著，即空间溢出效应不显著。3) 产业结构(is)。产业结构的直接效应更大，且通过了1%水平的显著性检验，间接效应为较微弱。由于第二产业是我国经济高速发展时期的主导产业，且第二产业是碳排放的主要来源之一，因此产业结构对碳排放的增加具有显著的正向影响，产业结构对本地区的碳排放具有显著的正

向作用,但每个地区经济实力不通、产业结构也各有差异,主要受本地区因素影响制约,对相邻地区的影响就较微弱。4) 环境规制(Iner)。环境规制对碳排放的直接效应为负,间接效应为正,尽管尚不显著,表明环境规制对碳排放的抑制作用主要限于本地区,形成对本地碳排放的压力和减排动力,但可能由于地区之间大多各自为政,未形成政策的扩散与流动,所以对其他地区的碳排放不明显。5) 外商直接投资(Infdi)。外商直接投资对本地区的直接效应与其他地区的空间溢出效应均为正向作用,且均通过了1%的显著性水平检验。这表明增加人均外商投资,虽然可能会给地区带来经济的增长,同时低质量的外商投资也会将碳排放转移到我国,造成本地区碳排放的增加。同时由于市场的临近性,一个地区的人均外商投资不仅影响本地区市场的调整,也会引起跨地区整合的供应链活动。

4.2.3. 突破式低碳创新与增量式低碳创新的组合项

以上研究发现突破式低碳创新与增量式低碳创新对碳排放都具有显著的抑制作用,但以上研究只将两者看作独立的个体,尚未考虑两者同作为低碳创新活动的子项目,组合起来是否会对碳排放产生更大的效应?基于此,将突破式低碳创新与增量式低碳创新进行交叉相乘作为组合项,带入原模型,考量低碳创新组合是否会对碳排放产生更大的作用机制。模型的选择过程同上文,检验结果显示选择随机效应下的空间杜宾模型。模型的结果见表3。

Table 3. Estimation results of spatial Dubin panel model (SDM) and model decomposition (2)

表 3. 空间 Dubin 模型(SDM)回归结果及模型分解(2)

	SDM 模型		SDM 模型分解		
	固定效应	随机效应	直接效应	间接效应	总效应
disr	-0.0010 (-0.00124)	-0.0004 (-0.0014)	-0.000313 (-0.00145)	0.00104 (-0.00314)	0.000726 (-0.00359)
incr	0.0000 (1.80e-05)	0.0000 (2.01e-05)	7.15E-06 (1.95e-05)	3.15E-05 (3.92e-05)	3.86E-05 (4.46e-05)
disr*incr	-9.28e-07*** (2.81e-07)	-1.13e-06*** (3.21e-07)	-1.22e-06*** (3.25e-07)	-1.75e-06** (7.99e-07)	-2.96e-06*** (9.51e-07)
lnpgdp	-0.0194 (-0.0165)	-0.0284* (-0.017)	-0.0395** (-0.0174)	-0.177*** (-0.0455)	-0.216*** (-0.0548)
ur	3.495*** (-0.528)	3.172*** (-0.56)	3.163*** (-0.517)	-0.23 (-0.628)	2.933*** (-0.495)
is	1.154*** (-0.246)	1.160*** (-0.249)	1.218*** (-0.244)	0.675 (-0.504)	1.893*** (-0.56)
Iner	2.6860 (-2.259)	-0.7460 (-2.559)	-0.702 (-2.768)	0.641 (-7.371)	-0.0613 (-8.529)
Infdi	0.0527** (-0.0214)	0.0309 (-0.0245)	0.0496** (-0.0244)	0.313*** (-0.12)	0.363*** (-0.13)
C		11.38*** (-1.151)			
rho	-0.1370 -0.0852	0.329*** (-0.0639)			
Log-likelihood	234.7048	85.0275			
R-sq	0.1934	0.5893			

Continued

Hausman	-24.3700	
LM-lag		28.718***
Robust LM-lag		27.259***
LM-error		15.037***
Robust LM-error		13.578***
LR-lag		35.19***
LR-error		34.28***

注：*、**、***分别表示通过 10%、5%、1%的显著性检验；括号内的值为标准误。

从模型的回归结果可以明显看出低碳创新组合对碳排放的估计系数为负，且通过了 1%的显著性检验，表明低碳创新组合对碳排放具有抑制作用。从模型的分解结果来看，无论是直接效应还是间接效应以及总效应，低碳创新组合对碳排放都具有反向作用，且分别在 1%、5%、1%的水平上显著，表示低碳创新组合不仅能够有效的抑制本地区的碳排放，对改善其他地区的碳排放问题具有辅助作用，即空间溢出效应明显。

将两次模型的回归结果进行对比分析，在未加入创新组合前，突破式低碳创新、增量式低碳创新对碳排放具有显著的抑制作用，在加入创新组合变量后，突破式低碳创新对本地区的碳排放虽仍为负向作用，但作用效果不显著，且对其他地区的作用效果由反向作用变为正向作用，尚不显著；增量式低碳创新的作用机制在加入创新组合后，影响效果几乎未零，说明相较于低碳创新对碳排放的单独作用机制，创新组合对碳排放的影响效果更大，即要实现碳减排问题不仅要看创新某一单方面要素的影响，要尝试不同要素之间的组合，最大化的发挥要素之间的协同作用。其他控制变量的变化不是很显著。

5. 结论与政策

本文在鉴别和筛选突破式与增量式低碳专利的基础上，以 2006~2015 年 30 个省份为研究对象，采用空间杜宾模型实证检验低碳创新专利及其组合对碳排放的直接效应和空间溢出效应。研究结论如下：1) 样本期间，中国的碳排放与低碳创新整体空间分布具有较强的集聚性，局部空间集聚性具有一定的差异，并且随着时间的变化，局部空间集聚性呈现动态演变特征；2) 突破式低碳创新对碳排放的影响强于增量式低碳创新，低碳创新组合的作用机制强于突破式与增量式低碳创新，且创新组合对其他创新的作用机制具有一定的排它性。但由于知识创新活动作用可能的滞后性，低碳创新活动及其组合的作用效果不是很突出。3) 城市化、产业结构升级以及外商直接投资等都会导致中国碳排放的增长，而经济增长并没有显著引致碳排放增加，环境规制则对本地碳排放起到了抑制作用，尽管对其他地区作用不显著。

以上研究结论得出的政策建议如下：1) 由于中国具有突破式的低碳创新专利作用效果仍较微弱，科技政策的重心应该进一步放在具有重要影响的突破式创新专利上，继续加入研发投入，突破常规的研发。2) 在发挥低碳创新活动的作用时，应注重不同的创新活动之间的关联性与互补性，通过不同类型创新的组合最大化创新活动的作用。3) 政府充分发挥宏观调控作用、整合优化资源配置，各地区积极构建信息共享机制，共同促进地方经济的持续发展和节能减排目标的实现。

基金项目

教育部人文社科基金(16YJC630125): 面向持续生态创新的我国制造业集群动态能力形成机制研究(201607-201912);

江苏省社科基金项目(17GLB020): 生态创新与构建江苏制造业集群竞争新优势研究(201711-202012);

江苏省高校自然科学研究面上资助项目(17KJB170004): 中国建筑业碳排放效率的空间格局演变及影响因素研究(201711-202012);

江苏省大创重点项目: 中国如何进行颠覆式低碳创新? 基于绿色专利数据挖掘的研究(201810299018Z);

大创项目: 我国突破式创新对工业绿色增长影响的空间溢出效应研究(201810299240W)。

参考文献

- [1] 姜彤, 李修仓, 巢清尘, 等. 《气候变化 2014: 影响、适应和脆弱性》的主要结论和新认知[J]. 气候变化研究发展, 2014(3): 157-166.
- [2] Feng, K. and Hubacek, K. (2006) Carbon Implications of China's Urbanization. *Energy, Ecology and Environment*, **1**, 39-44. <https://doi.org/10.1007/s40974-016-0015-x>
- [3] Lorenzoni, I., Nicholson-Cole, S. and Whitmarsh, L. (2007) Barriers Perceived to Engaging with Climate Change among the UK Public and Their Policy Implications. *Global Environmental Change*, **17**, 445-459. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.01.004>
- [4] 马志云, 刘云. 应对气候变化关键技术创新差异的时空格局[J]. 中国人口资源与环境, 2017, 27(9): 102-111.
- [5] Gerlagh, R. (2007) Measuring the Value of Induced Technological Change. *Energy Policy*, **35**, 5287-5297. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.034>
- [6] Acemoglu, D., Ghion, P., Bursztyn, L., et al. (2009) The Environment and Directed Technical Change. NBER Working Paper, No. 15451.
- [7] Acs, Z.J., Anselin, L. and Varga, A. (2002) Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge. *Research Policy*, **31**, 1069-1085. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00184-6)
- [8] Leonidou, L.C., Leonidou, C.N., Fotiadis, T.A. and Aykol, B. (2015) Dynamic Capabilities Driving an Eco-Based Advantage and Performance in Global Hotel Chains: The Moderating Effect of International Strategy. *Tourism Management*, **50**, 268-280. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.03.005>
- [9] Lerner, J. (1994) The Importance of Patent Scope: An Empirical Analysis. *The RAND Journal of Economics*, **25**, 319-333.
- [10] Nagaoka, S. (2007) Assessing The R&D Management of a Firm in Terms of Speed and Science Linkage: Evidence From the US Patents. *Journal of Economics&Management Strategy*, **16**, 129-156. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2007.00135.x>
- [11] Lanjouw, J.O. and Schankerman, M. (2004) Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators. *The Economic Journal*, **495**, 441-465. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2004.00216.x>
- [12] Yueh, L. (2009) Patent Laws and Innovation in China. *International Review of Law and Economics*, **29**, 304-313. <https://doi.org/10.1016/j.irle.2009.06.001>
- [13] Van Zeebroeck, N. (2010) The Puzzle of Patent Value Indicators. *Economics of Innovation and New Technology*, **20**, 33-62. <https://doi.org/10.1080/10438590903038256>
- [14] Ahuja, G. and Lampert, C.M. (2001) Entrepreneurship in the Large Corporation: A Longitudinal Study of How Established Firms Create Breakthrough Inventions. *Strategic Management Journal*, **22**, 521-543. <https://doi.org/10.1002/smj.176>
- [15] Trajtenberg, M. (1990) A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *The RAND Journal of Economics*, **21**, 172-187. <https://doi.org/10.2307/2555502>
- [16] Akkermans, D.H.M., Castaldi, C. and Los B. (2009) Do "Liberal Market Economies" Really Innovation More Radically than "Coordinated Market Economies"? *Research Policy*, **38**, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.10.002>
- [17] Phone, A.K. and Fladmoe-Linquist, L.M. (2006) Breakthrough Innovations in the U.S. Biotechnology Industry: The Effects of Technological Space and Geographic Origin. *Strategic Management Journal*, **27**, 369-388. <https://doi.org/10.1002/smj.522>

- [18] 周五七, 聂鸣. 中国碳排放强度的下降: 结构效应和专利效用[J]. 科研管理, 2013, 6(34).
- [19] Richmond, A. and Kaufman, R.K. (2006) Is There a Turning Point in the Relationship between Income and Energy Use and/or Carbon Emission. *Ecological*, **56**, 176-189. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.011>
- [20] 李国志, 李宗植. 人口、经济和技术对二氧化碳排放的影响分析——基于动态面板模型[J]. 人口研究, 2010(3): 32-39.
- [21] 朱勤, 彭希哲, 陆志明, 于娟. 人口与消费对碳排放影响的分析模型与实证[J]. 中国人口资源与环境, 2010(2): 98-102.
- [22] Anselin, L. (2001) Spatial Effects in Econometric Practice in Environmental and Resource Economics. *American Journal of Agricultural Economics*, **83**, 705-710. <https://doi.org/10.1111/0002-9092.00194>
- [23] 李国平, 王春扬. 我国省域创新产出的空间特征和时空演化——基于探索性空间数据分析的实证[J]. 地理研究, 2012(1): 95-106.
- [24] 程叶青, 王哲野, 张守志, 等. 中国能源消耗碳排放强度及其影响因素的空间计量[J]. 地理学报, 2013, 68(10): 1418-1431.
- [25] Blan, Y., He, P. and Xu, H. (2013) Estimation of Potential Energy Saving and Carbon Dioxide Emission Reduction in China Based on an Extended Non-Radical DEA Approach. *Energy Policy*, **63**, 962-971.
- [26] 万小丽. 专利质量指标中“被引次数”的深度剖析[J]. 情报科学, 2014, 32(1): 68-73.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7924, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jlce@hanspub.org