

范建双,周琳.城镇化及房地产投资对中国碳排放的影响机制及效应研究[J].地理科学,2019,39(4):644-653.[Fan Jianshuang, Zhou Lin. The Mechanism and Effect of Urbanization and Real Estate Investment on Carbon Emissions in China. Scientia Geographica Sinica,2019,39(4):644-653.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.04.014

城镇化及房地产投资对中国碳排放的影响机制及效应研究

范建双,周琳

(浙江工业大学管理学院,浙江 杭州 310023)

摘要:以城镇化及房地产投资对碳排放的影响机理为研究基础,首先基于变形Kaya恒等式和LMDI分解方法对1997~2015年中国30个省份的碳排放变化进行因素分解,重点考察了城镇化和房地产投资对碳排放的影响,并采用空间面板数据模型从直接影响和空间溢出效应两方面进行实证检验。研究结果表明:① 1997~2015年中国碳排放量一直保持增长趋势,房地产投资碳排放系数是最主要碳排放促减因素,城镇房地产投资强度、城镇化水平和地区总人口变化对碳排放具有促增作用,且效果逐年增大。② 各省碳排放量在空间上存在显著差异,总体上呈现东高西低的分布特征。碳排放量较少的省区空间集聚程度有所增强,地区间差异在不断缩小。③ 城镇化水平对碳排放的直接影响显著为负,但其空间溢出效应显著为正;城镇房地产投资强度对碳排放的直接影响具有促增效应,其空间溢出效应并不显著;两者的交互作用具的直接效应和空间溢出效应显著为负;经济发展水平对本地区碳排放的直接效应和空间溢出效应均显著为正;政府投资对碳排放的直接影响显著为负,但空间溢出效应并不显著;产业结构对本地区的碳排放没有显著的影响,但是其空间溢出效应显著为负;对外开放程度对本地区的碳排放具有显著的促减作用,但是对相邻地区的碳排放具有促增效应;随着城镇化水平和经济发展水平的提高,碳排放水平分别呈现出显著的U型和倒U型曲线关系。

关键词:城镇化;房地产投资;碳排放;LMDI;空间面板数据模型

中图分类号:F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2019)04-0644-10

2015年6月30日,新华社北京印发了《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》文件,其中明确提出中国政府已经将积极应对气候变化作为国家经济社会发展的重大战略,把绿色低碳发展作为生态文明建设的重要内容,并确定了2030年实现单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%的自主行动目标。改革开放以来,中国的经济一直处于快速上升的发展阶段,城镇化水平不断提高。城镇化是经济增长的重要驱动力,不仅为经济增长提供了必要内需条件,而且激励分工深化,拓展有效市场需求,通过产业外部性和规模报酬递增,产生产业集聚效应,进而有效提升产业全要素生产率,最终实现经济增长。城镇化在促进经济增长的同时,也对环境尤其是碳

排放产生了重要影响。

城镇化对碳排放的影响是多方面的,目前学术界主要形成了以下观点:第一,城镇化对碳排放的影响是城镇规模和城镇化率的函数。认为城镇规模和城镇化率是衡量城镇化进程的2个基本指标^[1];第二,通过人口的空间集聚影响碳排放。城市中人口和企业的大规模集聚会引起城市产业结构、就业结构、生活方式和空间的急剧变化,从而引起碳排放变化^[2,3]。有学者则认为人口密度的提高能适度提高能源利用效率和减少碳排放^[4]。但这种影响由于住房可支付性差和交通拥堵增长等负外部性的存在而被削弱,即同时存在正负影响^[5,6];第三,通过产业结构调整对碳排放产生影响。城镇化的过程也是产业结构转型的过程,其对第二

收稿日期:2018-01-08;**修订日期:**2018-05-15

基金项目:国家自然科学基金项目(71774142)、教育部人文社科项目(17YJAZH022)、教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(18JZD033)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (71774142), Humanities and Social Sciences Project of Ministry of Education (17YJAZH022), Key Project of Philosophy and Social Science Research of the Ministry of Education (18JZD033).]

作者简介:范建双(1980-),男,辽宁盖州人,博士,副教授,主要从事城镇化、土地政策与碳排放绩效研究。E-mail: fjsmy@zjut.edu.cn

产业的发展和第三产业的带动作用都非常明显。当服务业在国民生产总值中占比足够高时,城镇化发展更利于环境友好型社会的建立^[7,8];第四,不同的城镇化阶段和发展水平对碳排放的影响存在差异。首先是不同城镇化阶段的能源需求特征不同,其对碳排放的影响也不同^[9]。有学者提出城镇化中期不会出现碳排放峰值,认为碳排放下降拐点在城镇化后期^[10,11],并且城镇化对CO₂排放的影响存在一定的滞后性^[12]。其次是不同的经济发展阶段和水平国家与地区之间的城镇化进程存在差异,因此对碳排放影响的方向和大小也存在差异^[13-17]。已有文献讨论了城镇化通过人口集聚、产业结构变动、居民生活方式转变等途径对碳排放的影响,但是却忽略了城镇化进程中大量的固定资产投资尤其是房地产投资对碳排放的影响。而城镇化进程中固定资产投资有相当大一部分用于房屋和基础设施建设,从而引起大量的以钢筋、水泥为主的建材消耗和以电力为主的能源消费,加剧了碳排放。尽管有一些文献开始关注投资对碳排放的影响,但是研究对象主要针对固定资产投资^[18,19]、资本存量^[20]和政府投资^[21],专门针对房地产投资对碳排放影响的研究还鲜有报道。

本文除了考察现有研究普遍采用的人口城镇化率对碳排放的影响外,还将进一步考察房地产投资及二者的交互作用对碳排放的影响。同时,考虑到一个区域的城镇化和房地产投资除了对区域自身的碳排放产生直接影响,还由于区域之间的相互依赖和联系而对相邻地区的碳排放水平产生间接影响。因此,本文还将进一步采用空间面板数据模型从直接影响和间接溢出效应两方面来检验城镇化及房地产投资对碳排放的影响效应。本文尝试采用LMDI分解方法对全国及省域碳排放演变情况进行因素分解,并重点考察现有文献较少关注的房地产投资因素以图揭示城镇化和房地产投资的相互作用及其对碳排放影响的叠加效应,并从直接影响和空间溢出两个层面进行实证检验。

1 模型构建与数据选取

1.1 模型构建

目前大量的文献采用因素分解方法研究碳排放的驱动因素。主流的分解方法有结构分解法(SDA)和指数分解法(IDA)。SDA是以投入产出

模型为基础的一种比较静态分析法,需要利用投入产出表中的数据,难以进行连续的时间序列比较分析,只能进行加法分解。IDA法是因素分解中普遍采用的方法,其优点在于数据需求量较小、分解方法多样,存在多种加法与乘法分解模式。本文将采用对数平均 Divisia 指数分解法(LMDI)对中国整体和分省的碳排放进行因素分解,源于该方法分解无残差,且对零值与负值数据能进行有效简单的技术处理。因素分解方法可以识别碳排放增长的来源,判断相关因素对碳排放影响的贡献大小,但是不能识别引起地区碳排放量差异的内在原因,因此需要选择合适的计量经济模型来对影响碳排放的各类因素进行识别,特别是深层次的制度性因素和潜在的空间溢出效应。本文将同时采用空间面板数据模型,从直接影响和空间溢出两方面来分析城镇化及房地产投资对碳排放的影响。从而检验是否存在潜在的空间溢出效应。同时,考虑到城镇化通过与房地产投资的互动机制对碳排放产生间接影响,将二者割裂开来研究其对碳排放的影响有失偏颇。本文将在线性模型的基础上进一步引入城镇化和房地产投资的交叉项,以检验二者的关联效应对碳排放的影响。

1.1.1 因素分解模型

为了同时考察城镇化和房地产投资对碳排放的影响,本文构建如下的Kaya恒等式变形:

$$C = \frac{C}{R} \times \frac{R}{U} \times \frac{U}{P} \times P \quad (1)$$

式中, C 、 R 、 U 和 P 分别表示碳排放量、房地产投资、城镇人口和地区总人口数量(本文指户籍人口)。 $CR=C/R$,表示房地产投资碳排放系数,即单位房地产投资产生的碳排放量; $RU=R/U$,表示城镇房地产投资强度,即城镇人均房地产投资额,反映了地区的房地产投资情况; $UP=U/P$,表示城镇化水平,即地区城镇人口占总人口的比重。

根据LMDI方法,对式(1)的碳排放分解有加法和乘法两种形式:

$$\Delta C = C_t - C_0 = \Delta C_{CR} + \Delta C_{RU} + \Delta C_{UP} + \Delta C_P \quad (2)$$

$$D = \frac{C_t}{C_0} = D_{CR} D_{RU} D_{UP} D_P \quad (3)$$

式中, ΔC 表示从基期 C_0 到 t 时期 C_t 的碳排放变化; ΔC_{CR} 、 ΔC_{RU} 、 ΔC_{UP} 和 ΔC_P 分别表示 CR 、 RU 、 UP 和 P 变化产生的碳排放,即贡献份额; D 表示从基期到 t 时期的碳排放的变化率; D_{CR} 、 D_{RU} 、 D_{UP} 和 D_P 分别

表示 CR 、 RU 、 UP 和 P 变化产生的碳排放贡献率。并且碳排放分解因子的权重 (W_1) 可以表达为:

$$W_1 = \frac{C_t - C_0}{\ln(C_t/C_0)} \quad (4)$$

将式(2)和式(4)进行组合,则有:

$$\Delta C = W_1 \times \ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) = W_1 \times \left(\ln \frac{CR_t}{CR_0} + \ln \frac{RU_t}{RU_0} + \ln \frac{UP_t}{UP_0} + \ln \frac{P_t}{P_0}\right) \quad (5)$$

结合式(2)和式(5),可以得到 CR 、 RU 、 UP 和 P 变化对碳排放的贡献份额分别为:

$$\Delta C_{CR} = W_1 \times \ln \frac{CR_t}{CR_0}; \quad \Delta C_{RU} = W_1 \times \ln \frac{RU_t}{RU_0}; \quad \Delta C_{UP} = W_1 \times \ln \frac{UP_t}{UP_0}; \quad \Delta C_P = W_1 \times \ln \frac{P_t}{P_0} \quad (6)$$

将式(3)两边分别取对数,得到:

$$\ln D = \ln D_{CR} + \ln D_{RU} + \ln D_{UP} + \ln D_P \quad (7)$$

另假设式(2)和式(3)各项对应成比例,进一步可得到碳排放贡献率的权重 (W_2):

$$W_2 = \frac{\ln D}{\Delta C} = \frac{\ln D_{CR}}{\Delta C_{CR}} = \frac{\ln D_{RU}}{\Delta C_{RU}} = \frac{\ln D_{UP}}{\Delta C_{UP}} = \frac{\ln D_P}{\Delta C_P} \quad (8)$$

结合式(6)和式(8),则 CR 、 RU 、 UP 和 P 变化对碳排放的贡献率 r_{CR} 、 r_{RU} 、 r_{UP} 、 r_P 可以分别表示为:

$$r_{CR} = \exp(W_2 \Delta C_{CR}); \quad r_{RU} = \exp(W_2 \Delta C_{RU}); \quad r_{UP} = \exp(W_2 \Delta C_{UP}); \quad r_P = \exp(W_2 \Delta C_P) \quad (9)$$

1.1.2 空间计量模型

本文首先构建普通面板数据模型如下:

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln UP + \beta_2 (\ln UP)^2 + \beta_3 \ln RU + \beta_4 \ln UP \times \ln RU + \beta_5 \ln y + \beta_6 (\ln y)^2 + \beta_7 \ln GI + \beta_8 \ln IS + \beta_9 \ln Trade + \varepsilon \quad (10)$$

式中, C 表示碳排放量,为因变量; β_0 表示常数; UP 和 RU 为自变量。其中 UP 表示城镇化水平,并引入二次项来检验城镇化对碳排放是否存在非线性影响; RU 表示城镇房地产投资强度,用来衡量地区的房地产投资情况。其余均为控制变量。其中, y 表示经济发展水平。为了验证经济发展与环境质量之间是否呈现倒“U”型关系,即环境库兹涅茨曲线(EKC),本文引入了变量 y 的二次项; GI 表示政府投资情况; IS 表示产业结构; $Trade$ 表示对外开发程度; ε 表示误差项。

本文进一步构建了如下空间计量模型来研究

城镇化水平和房地产投资热度等因素对各省碳排放影响的空间关联性:

$$\ln C_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} \ln C_{jt} + \beta X_{it} + \theta \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} + u_i + v_i + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

$$\varepsilon_{it} = \psi \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} \varepsilon_{jt} + u_{it}$$

式中, i 、 j 分别表示地区 i 、 j , t 表示年份, C 表示碳排放量, α 表示常数; ρ 表示碳排放空间自回归系数; X 表示城镇化水平、城镇房地产投资强度等自变量和控制变量的变量向量; β 和 θ 均表示变量 X 的回归系数; w 表示空间权重矩阵; ψ 表示相邻两个单元内生变量互相影响程度的未知参数; u 表示地区效应, v 表示时间效应; ε 表示残差项。

空间面板计量模型主要包括空间误差模型(SEM)、空间滞后模型(SAR)和空间杜宾模型(SDM),式(11)为包含了所有空间效应的一般嵌套模型(GNS)。若模型中只包含内生交互项,即 $\rho \neq 0$ 、 $\theta = 0$ 、 $\psi = 0$,则该模型为 SAR;若只包含误差项的交互作用,即 $\rho = 0$ 、 $\theta = 0$ 、 $\psi \neq 0$,则该模型为空 SEM;若只包含外生交互项,即 $\rho = 0$ 、 $\theta \neq 0$ 、 $\psi = 0$,则该模型为空间滞后解释变量模型(SLX);若模型中包含了内生和外生交互项,即 $\rho \neq 0$ 、 $\theta \neq 0$ 、 $\psi = 0$,则该模型为 SDM;若包含了外生交互项和误差项的交互作用,即 $\rho \neq 0$ 、 $\theta \neq 0$ 、 $\psi \neq 0$,则该模型为空间杜宾误差模型(SDEM)。本文将通过研究上述模型,通过一定检验方法选择最佳估计模型。

1.2 数据来源与变量说明

考虑到数据的最大可得性,本文选取了 1997~2015 年中国整体数据作为研究样本,各变量数据由 30 个省份的相应数据加总得到(港澳台及西藏地区数据严重缺失,予以剔除)。相关数据主要来源于《中国统计年鉴》(1998~2016)^[22]、《中国能源统计年鉴》(1998~2016)^[23]和《新中国 60 年统计资料汇编》(1998~2016)^[24],个别缺失数据通过查找相应省份的统计年鉴补齐。

变量选取方面,首先是碳排放量。碳排放量需要间接测算。中国现有的统计资料中并没有对各省份碳排放量的统计数据,大多数文献采用 IPCC 的思路用各类能源的消耗量乘以相应的碳排放系数来计算,并以煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气 8 类化石燃料为统计对象。不同于已有研究,本文系统收集了中国 30 个省区

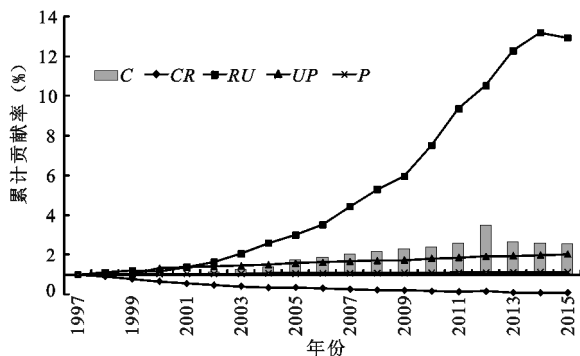
1997~2015年的17种化石燃料^①加上热力和电力的数据,并采用IPCC(2006)中提供的各类化石燃料的碳排放系数来估算各类能源的碳排放量^[25];其次是城镇化水平。用人口城镇化率来衡量,即城镇人口占总人口的比重。城镇人口和总人口均采用户籍人口的统计口径;第三,房地产投资碳排放系数。用地区碳排放量除以房地产开发投资额来衡量。房地产开发投资数据采用固定资产投资价格指数以1997年为基期进行了价格调整;第四,城镇房地产投资强度。用地区房地产投资额除以该地区的城镇人口来测度。

除了上述变量之外,在空间计量模型中还涉及到4个控制变量。其中,经济发展水平用人均地区生产总值来表示;产业结构用第二三产业产值占GDP的比重来表示;对外开发程度用地区进出口贸易总额占GDP的比重来表示;政府投资情况用人均政府投资来测度。

2 模型计算结果分析

2.1 碳排放历史演变的因素分解结果与讨论

本文利用LMDI分解方法,首先将1997~2015年全国整体碳排放量分解为 CR 、 RU 、 UP 和 P 变化,并计算了每个驱动因素对碳排放的累积贡献率如图1所示。可以看到1997~2015年中国整体碳排放呈现先增后减的趋势。从4类分解要素来看, CR 一直是其最主要的也是唯一的碳排放促减因素,且其促减作用逐年增强。表明房地产投资中绿色建材和绿色技术的投资逐渐增加,这与中国大力推进绿色建筑密不可分。1998年首次定义了“四节一环保”的绿色建筑概念,2003年、2006年分别颁布了相关评估体系及评价标准,这一系列政策促进了房地产业节能减排投资比重的上升,并且房地产投资具有较低的减排成本特征,其绿色建筑的发展在节能减排方面具有很大的潜力。 RU 对碳排放的贡献率最大且显著为正,在2003年后对碳排放的贡献率显著增加并远超其他因素。这说明2003年以来,城镇化进程中房地产投资比重越来越大,房地产投资热度越来越高,但是房地产投资在带动住宅和商业地产的开发建设的同时也带动了上下游产业链相关产业的发展,如建筑业、建材家装业、钢铁水泥产业,而这些产业的生产活



不包括港澳台及西藏地区数据

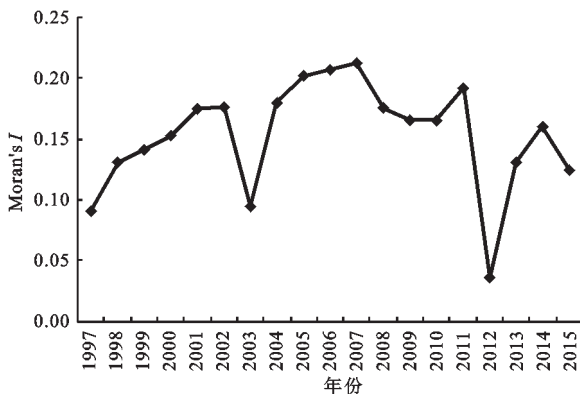
图1 1997~2015年全国碳排放变化驱动因素的累积贡献率
Fig. 1 Cumulative contribution rate of the driving factors of carbon emission changes in China in 1997-2015

动均会产生大量的碳排放。 UP 对碳排放也有促进作用,这表明城镇化进程改变了土地利用结构、产业结构、人口迁移、城镇地域空间拓展与基础设施建设增加而影响居民的出行方式、产业集聚方式和交通运输方式,进而增加了碳排放。 P 对碳排放也有促增作用,且效果逐年增大,但相对于其他因素较小,进一步观察其变动趋势,不难发现其促增效应与 UP 呈十分相似的变动趋势,说明两个因素之间具有联动作用。

2.2 空间计量实证结果分析

2.2.1 Moran's I 指数

进行相关空间计量分析之前,首先对碳排放(被解释变量)进行空间自相关分析,本文用Moran's I 来计算碳排放的空间相关性。图2是1997~



不包括港澳台及西藏地区数据

图2 1997~2015年全国碳排放量Moran's I 指数

Fig. 2 Moran's I of carbon emission in China in 1997-2015

① 17种化石燃料包括原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤、焦炭、焦炉煤气、其他煤气、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、天然气、其他石油制品和其他焦化产品。

2015年全国碳排放量的空间自相关的全局Moran's I 指数。1997年以来,中国碳排放全局Moran's I 指数均为正,且大部分都在5%显著性水平下显著($P>0.05$),表明该时期内中国碳排放存在显著正向的空间关联特征,总体上1997~2007年正向空间集聚效应越来越大,2007年以后呈现下降趋势。

2.2.2 空间格局演变特征

根据全局Moran's I 指数特征,利用GeoDa软件绘制1997年和2015年碳排放的空间分布四分位图(图3)。从图3可知,中国各省碳排放量在空间上存在显著差异,总体上呈现东高西低的分布特征:1997年东部集聚效应显著,河北、山东、辽宁的碳排量最高,这主要源于东北地区重工业发展迅速,碳排放量显著高于其他地区,海南、青海、宁夏等西南部地区碳排放最低。2015年东部沿海地区仍是碳排放的主要区域,但是可以看出碳排放集聚重心逐渐向中西部转移。从南北差异来看,1997年南北差异明显,而2015年南北差异逐渐减小,故在今后的发展中,碳排放政策应致力于缩小东西方差距,提高东部地区节能减排技术,在促进西部地区经济发展的同时注重绿色发展的可持续性,严格控制污染企业的生产。

2.2.3 LISA空间集聚

为了研究各地区碳排放的局部空间相关性,进一步绘制1997年和2015年碳排放的LISA空间集聚图(图4)。由图4可知,碳排放局部空间集聚趋势下降,1997年高高(HH)聚集的地区主要在东北地区,低低(LL)集聚主要分布在中西部地区;

2015年HH集聚逐渐向东南地区移动,但辽宁、河北、山东、江苏一带HH集聚效应依然显著,LL集聚变化不大。从数量和空间动态分布来看,1997~2015年HH集聚地区减少了2个,LL集聚地区增加了2个,这说明碳排放量较少的省区空间集聚程度有所增强,地区空间差异有进一步缩小的趋势。

2.2.4 空间面板数据回归结果

本文首先采用非空间面板数据进行估计和残差检验(表1)。通过检验可知,空间固定效应和时间固定效应的LR检验结果均在1%显著性水平下显著,说明模型中即包含时间固定效应又包含空间固定效应。因此,应该在空间和时间固定效应模型的基础上计算LM统计结果。而空间和时间固定效应模型的LM spatial lag和LM spatial error均通过检验,则需进一步比较R-LM spatial lag和R-LM spatial error,结果显示也均通过检验,则说明SAR和SEM模型均成立,需要进一步估计SDM模型。空间固定效应LR检验和时间固定效应LR检验分别为1 091.572和83.011,均在1%水平下显著。

表2是时间和空间固定效应下SDM模型的估计结果,由于参数估计中可能会产生偏误,本文针对SDM模型进行了误差修正。从Wald检验结果可知,空间滞后项和空间误差项均通过了1%的显著性检验,说明SDM模型比SAR和SEM模型更加适用。最后Hausman检验的统计值为12.855(0.846),表示不能拒绝存在随机效应的原假设,因此采用空间和时间随机效应下的SDM模型更有效。

由于以上检验采用了点估计的方法,实证结果可能存在偏差,因此本文进一步借鉴LeSage和

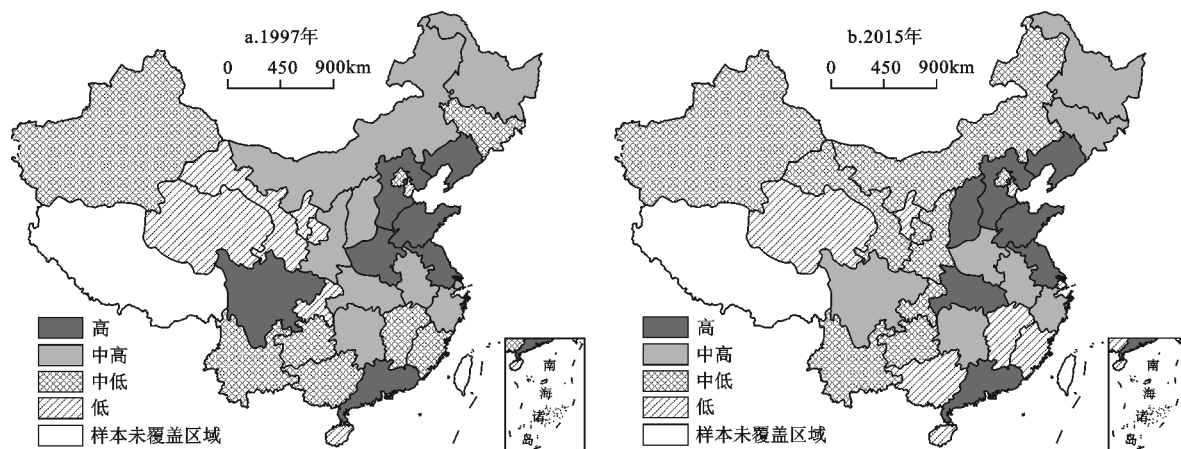


图3 1997年和2015年碳排放空间分布四分位图

Fig.3 Spatial distribution four-bit bitmap of carbon emissions in 1997 and 2015

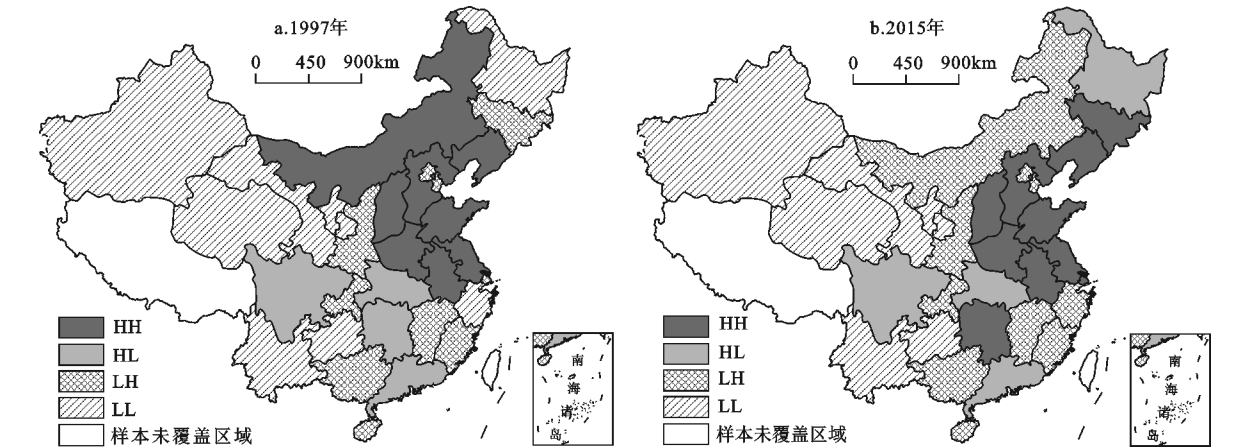


图4 1997年和2015年碳排放LISA空间集聚

Fig.4 LISA spatial agglomeration of carbon emissions in 1997 and 2015

表1 非空间面板模型的系数估计和残差检验				
Table 1 Coefficient estimation and residual test for non-spatial panel model				
变量名称	混合估计模型	空间固定效应模型	时间固定效应模型	空间和时间固定效应模型
<i>LM spatial lag</i>	23.158***	20.744***	2.201	1.873***
<i>LM spatial error</i>	2.558	11.396***	0.166	2.646***
<i>R-LM spatial lag</i>	45.160***	14.844***	4.317**	1.624***
<i>R-LM spatial error</i>	24.560***	5.497**	2.282	2.398***

注:***、**和*分别表示在1%、5%、10%水平下显著。

表2 空间和时间效应下的SDM模型估计结果			
Table 2 Estimation results of SDM model with the spatial and temporal effects			
变量名称	固定效应模型	固定效应模型(误差修正)	随机效应模型
<i>Wald spatial lag</i>	60.032***	54.029***	57.787***
<i>Wald spatial error</i>	56.403***	56.403***	55.130***
<i>Hausman</i>	-	12.855	-

注:***、**和*分别表示在1%、5%、10%水平下显著;“-”表示无此项。

Pace的思路^[26],将解释变量对被解释变量的影响按来源不同,利用求偏微分方程的方法将其系数分解为直接影响和溢出效应(表3)。

从表3可知,城镇化水平对碳排放的直接影响显著为负,这说明城镇化进程对本地区的碳排放具有促减效应,城镇化进程中人口的空间集聚带动了产业的集聚,同时产生经济外部性,使得城市的产业结构和资源配置更加有效。人力资本的集

表3 各变量对碳排放量的直接影响和空间溢出效应			
Table 3 The direct and spatial spillover effects on carbon emissions of variables			
变量名称	空间和时间固定效应模型		
	直接影响	空间溢出效应	总效应
<i>lnUP</i>	-0.229*(-2.404)	1.312**(2.619)	1.083*(1.991)
<i>(lnUP)²</i>	-0.011*(-2.616)	0.869*(2.611)	0.858**(2.476)
<i>lnRU</i>	0.240*(1.794)	0.325(1.189)	0.565**(2.128)
<i>lnUP×lnRU</i>	-0.157*(-2.123)	-0.315*(-2.627)	-0.471*(-2.606)
<i>lny</i>	0.543*** (3.409)	0.675* (1.704)	1.218*** (2.924)
<i>(lny)²</i>	0.110*** (2.816)	-0.333*** (-4.076)	-0.223*(-2.873)
<i>lnGI</i>	-0.369*** (-3.615)	-0.242 (-0.991)	-0.611** (-2.559)
<i>lnIS</i>	0.181 (0.641)	-0.908** (-2.418)	-0.726 (-1.005)
<i>lnTrade</i>	-0.035*** (-3.186)	0.084*** (2.996)	0.049 (1.639)

注:括号内为系数的*t*值,***、**和*分别表示在1%、5%、10%水平下显著。

聚,通过学习效应、模仿效应和知识溢出效应促进了技术创新水平的提高,生产效率和能源使用效率因此也得到了大幅度的提升,从而降低了碳排放。城镇化水平的空间溢出效应显著为正,说明城镇空间的扩张和蔓延会影响相邻地区碳排放,相邻地区因为引资竞争而竞相大规模建设基础设施,导致了碳排放的增加。城镇房地产投资强度对本地区碳排放具有显著的促增效应,说明房地产投资明显增加了能源消耗,增加了碳排放,但是其空间溢出效应并不显著。值得注意的是,城镇化与城镇房地产投资强度交互作用的直接效应和空间溢出效应均显著为负,这说明二者的交互作用并没有对碳排放产生叠加效应,而是对本地和

相邻地区产生了促减作用。一方面城镇化水平的提高增加了绿色建筑投资在房地产投资中的比例,激发了绿色建筑的发展在节能减排方面的潜力;另一方面房地产投资强度的增加提升了空间城镇化水平,同时增长的房价在一定程度上抑制了过度城镇化。经济发展水平的直接效应和空间溢出效应均显著为正,且在所有直接影响因素中,经济发展水平对碳排放的影响程度最大。经济发展水平每提高1%,本地区的碳排放增加0.543%,同时带来相邻地区碳排放增加0.675%。说明地区经济的发展必然伴随着碳排放的增加,中国正处于城镇化和工业化高速发展阶段,经济发展越快其能耗越大,碳排放越多,因此经济规模的扩大对环境产生了负面影响;同时经济发展在空间上具有正向溢出效应,一个地区的经济发展会影响相邻地区,如长江三角洲城市群、珠江三角洲城市群、京津冀城市群等就是典型的代表,一个地区经济增长在带动相邻地区经济增长的同时也带动了碳排放的增加。政府投资对碳排放的直接影响显著为负,政府投资极大地调动了地区经济的活跃性,且具有明显的导向性,近年来地方政府逐渐意识到绿色经济和环境可持续性发展的重要性,在促进地方GDP的增长的同时,对企业环境的管制越来越苛刻,一些高污染、高排放企业逐渐退出市场,政府更加注重对第三产业的招商引资,有效减少了碳排放的增加,但是政府投资的空间溢出效益并不显著。产业结构对本地区的碳排放没有显著影响,但是其空间溢出效应显著为负。说明一个地区产业结构的优化显著降低了相邻地区的碳排放量。产业结构的调整可以促进能源结构的调整,实现资源优化配置,从而对碳排放具有促减效应。对外开放程度对本地区的碳排放具有促减效应,但是对相邻地区的碳排放具有促增效应。这是因为对外贸易的技术溢出效应促使地区积极学习低碳技术,对碳排放具有促减作用;另一方面地区对外开放使得一些环境管制严格的地区向发展较落后的地区转移污染型企业,加剧了相邻地区的碳排放量。

本文在回归模型中加入 UP 和 y 的二次项后,得到城镇化水平总效应的二次项系数显著为正,城镇化水平对碳排放存在先减少后增加的“U”型变动趋势。说明城镇化发展的初期和中期科学技术发展迅速,城市发展主要依靠经济和技术的投

入,产业集聚效应越来越高,有利于减少碳排放,当城镇化水平达到某一最优阈值后,城镇化发展就会造成城市无序蔓延,建设用地扩张,产生规模效应,能源供需增加,从而增加了碳排放量。而经济发展水平总效应的二次项系数显著为负。经济发展水平对碳排放存在先增加后减少的倒“U”型变动趋势。这说明经济发展水平较低时,经济的发展存在盲目性,其很大程度上是以牺牲环境为代价的,当经济发展到一定程度后人们逐渐意识到经济可持续发展的重要性,经济的发展会产生明显的正外部性,当超过某一临界点后,将有利于碳排放的减少。进一步,我们可以根据一次项和二次项系数计算经济发展水平和城镇化水平对碳排放影响的临界值。若 a_1 、 a_2 和 b_1 、 b_2 分别表示城镇化水平和经济发展水平的一次项与二次项系数,则它们的临界值可分别表示为 $\ln UP_0 = -a_1/2a_2$ 、 $\ln y_0 = -b_1/2b_2$ 。因此,城镇化水平对碳排放的临界值为 $\ln UP_0 = -0.632$,均值为 -0.586 ,这意味着城镇化水平已达到最优阈值,提高城镇化水平不利于减少碳排放。经济发展对碳排放的临界值为 $\ln y_0 = 2.727$,均值为 1.219 ,并且落在临界点左侧,说明经济发展水平未超过临界值,中国目前经济发展水平的提高伴随着碳排放的增加。

3 结论

本文首先基于变形Kaya恒等式构和LMDI分解方法对1997~2015年中国30个省份的碳排放变化进行因素分解,分析了各影响因素对碳排放的贡献率。研究表明:1997~2015年中国碳排放一直保持增长趋势,就所考察的4个驱动因素而言,房地产投资碳排放系数一直是其最主要也是唯一的碳排放促减因素;城镇房地产投资强度、城镇化水平和地区总人口变化对碳排放贡献率具有促增作用,且效果逐年增大。进一步采用空间面板数据模型实证检验了城镇化水平和城镇房地产投资强度对碳排放的直接影响和空间溢出效应。实证结果表明:① 城镇化水平对碳排放的直接影响显著为负,但其空间溢出效应显著为正;② 城镇房地产投资强度对碳排放的直接影响具有促增效应,其空间溢出效应并不显著;③ 城镇化与城镇房地产投资强度交互作用的直接效应和空间溢出效应均显著为负,二者的交互作用并没有对碳排放产生叠加效应,而是对本地和相邻地区产生

了促减作用;④控制变量对碳排放的影响各异,经济发展水平对本地区的碳排放直接影响和空间溢出效应均显著为正,且直接影响程度最大,经济发展水平提升1%,本地区的碳排放量增加0.543%,同时带来相邻地区碳排放增加0.675%。政府投资对碳排放的直接影响显著为正,空间溢出效应检验参数未通过显著性检验。产业结构对本地区的碳排放没有显著的影响,但是其空间溢出效应显著为负。对外开放程度对本地区的碳排放具有显著的促减作用,但是对相邻地区的碳排放具有促增效应;⑤随着城镇化水平和经济发展水平的提高,碳排放水平分别呈现出显著的U型和倒U型曲线关系。

针对本文的研究结论提出以下节能减排的政策建议:①积极推进绿色建筑发展,建立绿色建筑相关的法律法规,扶持绿色技术及评价的研究,增加绿色建材的使用,降低能源强度;②加快转变经济增长方式,对传统工业技术进行革新,积极探索经济发展的结构性变革路径,改变GDP与碳排放之间的关系,致力于发展绿色经济;③适当控制城镇化速度,提高城镇化质量,着力推进以人为本的城镇化体系,引导农民工从工业部门转向经济服务部发展,遏制城市的无序蔓延,提高城市综合实力,努力降低城镇化对碳排放的贡献;④大力推进住宅产业化和绿色建筑技术。住宅部品的大规模定制和工厂化生产能够极大提供建筑材料的使用效率,同时降低碳排放。而施工现场的装配式工艺和绿色技术同样能够降低人工、材料和机械的消耗量,从而降低碳排放;⑤优化产业结构,大力扶持第三产业和高新技术产业的发展,使其充分发挥空间溢出效应。鉴于产业结构调整对碳排放具有显著的负向空间溢出效应,各地区应积极推进产业结构优化调整,实现清洁性生产,对以煤为主要能源消费结构的高消耗、高污染、高排放产业进行转型升级,特别是东北、中西部等高度依赖能源的地区;⑥充分发挥政府的宏观调控作用,正确引导投资方向。改变以GDP为核心的地方政府竞争考核机制,倡导绿色经济增长方式,严格控制高污染企业的门槛。因地制宜开展减排工作,对于北京等现代服务业比较成熟的地区,其产业结构已得到优化,高能耗企业已逐渐被市场淘汰,政府应将减排的中心转向绿色消费观念,大力发展公共交通事业,推广节能建筑,促进科技减排

的正向溢出效应;而对于欠发达的中西部地区,可以适当的承接部分东部地区产业,但是在承接的过程中要注意同时承接其绿色的管理模式和技术,不能将其作为污染的转移地。

参考文献(References):

- [1] 王钦池. 城市规模、城市化率与碳排放关系研究:基于近半世纪161个国家的数据[J]. 西北人口, 2015, 36(3):1-5+12. [Wang Qinch. City size, urbanization rate and carbon emissions: Based on empirical data of 161 countries in the past half century. Northwest Population, 2015, 36(3):1-5+12.]
- [2] 吴婵丹,陈昆仑. 国外关于城市化与碳排放关系研究进展[J]. 城市问题,2014(6):22-27. [Wu Chandan, Chen Kunlun. Foreign literature concerned with the relationship between urbanization and carbon emissions. Urban Problems, 2014(6):22-27.]
- [3] Zha D L, Zhou D Q, Zhou P. Driving forces of residential CO₂ emissions in urban and rural China: An index decomposition analysis [J]. Energy Policy, 2010, 38(7): 3378-3383.
- [4] 陆铭, 冯皓. 集聚与减排:城市规模差距影响工业污染强度的经验研究[J]. 世界经济, 2014(7):86-114. [Lu Ming, Feng Hao. Agglomeration and emission reduction: An empirical study on the influence of urban scale gap on industrial pollution intensity. The Journal of World Economy, 2014(7):86-114.]
- [5] 郭炳南, 魏润卿, 程贵孙. 外商直接投资、城市化与中国 CO₂ 排放:来自时间序列和省际面板数据的经验证据[J]. 山西财经大学学报,2013, 35(8):12-20. [Guo Bingnan, Wei Runqing, Cheng Guisun. Foreign direct investment, urbanization and China's carbon dioxide emissions: Empirical evidence from the time series and provincial panel data. Journal of Shanxi Finance and Economics University, 2013, 35(8):12-20.]
- [6] Clark T A. Metropolitan density, energy efficiency and carbon emissions: Multi-attribute tradeoffs and their policy implications [J]. Energy Policy, 2013(53): 413-428
- [7] Chikaraishi M, Fujiwara A, Kaneko S et al. The moderating effects of urbanization on carbon dioxide emissions: a latent class modeling approach [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2015(90), Part A: 302-317
- [8] 刘贤赵,高长春,张勇,等. 中国省域碳强度空间依赖格局及其影响因素的空间异质性研究[J].地理科学,2018,38(5):681-690. [Liu Xianzhao, Gao Changchun, Zhang Yong et al. Spatial dependence pattern of carbon emission intensity in China's provinces and spatial heterogeneity of its influencing factors. Scientia Geographica Sinica, 38(5): 681- 690.]
- [9] 林伯强, 刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放:影响因素和减排策略[J]. 经济研究,2010(8): 66-78. [Lin Boqiang, Liu Xiying. China's carbon dioxide emissions under the urbanization process: Influence factors and abatement policies. Economic Research Journal, 2010(8): 66-78.]
- [10] 孙昌龙,靳诺,张小雷,等. 城市化不同演化阶段对碳排放的影响差异[J]. 地理科学,2013, 33(3):266-272. [Sun Changlong,

- Jin Nuo, Zhang Xiaolei et al. The impact of urbanization on the CO₂ emission in the various development stages. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(3):266-272.]
- [11] 曾德珩, 王霞. 不同国家城市化中期阶段与碳排放关系研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2015, 21(1):46-50. [Zeng Deheng, Wang Xia. Comparative study of relationship between carbon emission and medium-term urbanization in different countries. *Journal of Chongqing University (Social Science Edition)*, 2015, 21(1):46-50.]
- [12] 肖周燕. 中国城市化发展阶段与 CO₂ 排放的关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(12):139-145. [Xiao Zhouyan. Study on the relationship between urbanization and carbon dioxide emissions in China. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(12):139-145.]
- [13] Zhang C, Y Lin. Panel estimation for urbanization, energy consumption and CO₂ emissions: A regional analysis in China [J]. *Energy Policy*, 2012(49): 488-498.
- [14] Al-mulali U, Sab C N B, Fereidouni H G. Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission [J]. *Energy*, 2012, 46 (1): 156-167
- [15] Al-mulali U, Fereidouni H G, Y M Lee J et al. Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO₂ emission in MENA countries [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013(23): 107-112
- [16] Sadorsky P. The effect of urbanization on CO₂ emissions in emerging economies[J]. *Energy Economics*, 2014(41): 147-153.
- [17] Wang Y, Chen L L, Kubotab J. The relationship between urbanization, energy use and carbon emissions: Evidence from a panel of Association of Southeast Asian Nations countries [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 112: 1368-1374.
- [18] 郑蕾, 唐志鹏, 刘毅. 中国投资引致碳排放与经济增长的空间特征及脱钩测度[J]. 资源科学, 2015, 37(12):2330-2340. [Zheng Lei, Tang Zhipeng, Liu Yi. Spatial characteristics and decoupling of carbon emissions and economic growth induced by Chinese investments. *Resources Science*, 2015, 37(12): 2330-2340.]
- [19] 邵帅, 张曦, 赵兴荣. 中国制造业碳排放的经验分解与达峰路径: 广义迪氏指数分级和动态情景分析[J]. 中国工业经济, 2017(3):44-63. [Shao Shuai, Zhang Xi, Zhao Xingrong. Empirical decomposition and peaking pathway of carbon emissions of China's manufacturing sector: Generalized division index method and dynamic scenario analysis. *China Industrial Economics*, 2017(3):44-63.]
- [20] 陈诗一, 严法善, 吴若沉. 资本深化、生产率提高与中国二氧化碳碳排放变化——产业、区域、能源三维结构调整视角的因素分解分析[J]. 财贸经济, 2010(12):111-119. [Chen Shiyi, Yan Fashan, Wu Ruochen. Capital deepening, productivity promotion and CO₂ emission in China. *Finance & Trade Economic*, 2010(12):111-119.]
- [21] 彭昱. 地方投资行为、经济发展水平与碳排放——基于中国省级面板数据分析[J]. 经济社会体制比较, 2013(3):92-99. [Peng Yu. Investment behavior of local government, the level of economic development and carbon emissions: An empirical analysis based on Chinese provincial panel data. *Comparative Economic & Social Systems*, 2013(3):92-99.]
- [22] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴(1998-2016)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998-2016. [National Bureau of Statistics of People's Republic of China. *China statistical yearbook (1998-2016)*. Beijing: China Statistics Press, 1998-2016.]
- [23] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴(1998-2016)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998-2016. [Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics. *China energy statistical yearbook (1998-2016)*. Beijing: China Statistics Press, 1998-2016.]
- [24] 国家统计局国民经济综合统计司. 新中国 60 年统计资料汇编(1998-2016)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998-2016. [National Bureau of Statistics, National Bureau of Statistics. *China compendium of statistics (1998-2016)*. Beijing: China Statistics Press, 1998-2016.]
- [25] 范建双, 虞晓芬, 周琳. 南京市土地利用结构碳排放效率增长及其空间相关性[J]. 地理研究, 2018, 37(11):2177-2192. [Fan Jiانشuang, Yu Xiaofen, Zhou Lin. Carbon emission efficiency growth of land use structure and its spatial correlation: A case study of Nanjing City. *Geographical Research*, 2018, 37(11): 2177-2192.]
- [26] James LeSage, R Kelly Pace. Introduction to spatial econometrics [M]. Boca Raton, US Florida: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.

The Mechanism and Effect of Urbanization and Real Estate Investment on Carbon Emissions in China

Fan Jianshuang, Zhou Lin

(School of Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: Urbanization and real estate investment are important influencing factors of carbon emission in a region. Therefore, it is necessary to systematically analyze and test the internal impact mechanism of urbanization and real estate investment on carbon emission. Combining the deformation of Kaya identity and LMDI decomposition, this article decomposes the carbon emission changes of 30 provinces in China (due to data limitation, the data of Hong Kong, Macao, Taiwan and Tibet are not included in the study area) from 1997 to 2015. The spatial evolution characteristics of carbon emissions in Chinese provinces are described by Moran's I index and LISA spatial agglomeration map. This article further uses the spatial panel data model to empirically test the effects of urbanization and real estate investment on carbon emission from both direct impact and spatial spillover effects. The results are as follow: First, from the time trend, China's carbon emission has maintained a growth trend from 1997 to 2015. From the perspective of the decomposition factors of carbon emission, the carbon emission coefficient of real estate investment is the main driving factor to curb carbon emissions, while the intensity of urban real estate investment, the level of urbanization and the change of total population in the region have positive effects on carbon emission, and the effects are increasing year by year. Second, from the spatial distribution characteristics of carbon emission, there are significant differences for the carbon emission in the provincial-level, and the distribution characteristics are generally expressed as higher carbon emission in the east and lower in the west. The spatial concentration of provinces with less carbon emission has increased, and the regional differences among them have been shrinking. Third, from the regression results of the spatial panel data model, the direct impact of urbanization on carbon emission is significantly negative, but the spatial spillover effect is significantly positive. The direct effect of the intensity of urban real estate investment on carbon emission is positive, but its spillover effect is not significant. The direct effect and spatial spillover effect of the interaction between urbanization and the intensity of urban real estate investment are significantly negative. The direct effect and spatial spillover effect of economic development on carbon emission are significantly positive. The direct impact of government investment on carbon emission is significantly negative, but the spillover effect is not significant. Industrial structure has no significant direct effect on the carbon emission, but its spatial spillover effect is negatively negative. The degree of opening to the outside world has a significant negative direct effect on the carbon emission, but it has a positive effect on the carbon emission in the adjacent areas. With the improvement of the level of urbanization and economic development, there is a significant U-shaped and inverted U-shaped curve relationship between the two and carbon emission, respectively. This article further proposes countermeasures and suggestions to improve regional carbon emission reduction from the perspective of urbanization and real estate policies.

Key words: urbanization; real estate investment; carbon emissions; LMDI; spatial panel data model