DOI:10.19789/j.1004-9398.2019.04.011

基于夜间灯光数据的京津冀地区碳排放的时空演化特征及影响因素*

苏旭冉 蔺雪芹

(首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048)

摘要: 基于1992—2012年京津冀地区夜间灯光数据,采用ArcGIS空间统计和空间计量模型,估算了京津冀地区的碳排放量,分析了其时空演化特征及影响因素,结果表明:(1)1992—2012年京津冀地区碳排放量呈增长趋势,碳排放居前三位的依次为天津、北京和廊坊,约占京津冀地区碳排放量的50%.承德碳排放量最少,且增速最慢.(2)碳排放呈明显圈层分化结构;以"津京"为中心的"一主一副双核"结构持续增强,空间范围基本不变,同时"石家庄-保定-唐山-邯郸"形成潜在的核密度高值区;碳排放呈显著空间自相关性,正相关的区域主要集中在自身及邻近发展水平相似的区县,负相关的区域主要出现在经济水平差异较大的相邻区县.(3)各要素对碳排放的影响存在阶段性特征.城镇化水平,人口规模一直是京津冀地区碳排放的正向推动因素,固定资产投资与社会劳动生产率对碳排放的正向推动作用逐渐凸显,经济发展水平与碳排放的关系由正相关转变为负相关,即对于京津冀地区而言,未来经济发展的同时,环境压力有望逐步减小.

关键词: 碳排放;时空演化;影响因素;京津冀地区
中图分类号: K921

0 引 言

中国自改革开放以来,伴随经济的快速增长,碳排放量迅速增加.2010年中国超过日本成为世界第二大经济体,2013年中国超过美国成为世界第一大货物贸易国,同时中国CO_2排放量由1980年的14.7亿吨增加到2013年的104亿吨,达到全球碳排放总量的29%,超过欧盟和美国碳排放量的总和,成为世界第一大碳排放国[1].巨大的碳排放量及较高的增速,使得中国经济发展面临巨大的减排压力.京津冀地区是中国经济增长的三大引擎之一,是中国重要的人口密集地区及能源消耗和工业集聚地.2012年京津冀地区能源消费总量4.56亿吨标煤,占全国能源消费量的12.6%.2015年4月,中央政治局会议审议通过了《京津冀协同发展规划纲要》,纲要指出,要将推动京津冀地区环境保护一体化作为实现京津冀协同发展的重要突破口.为此,积极探索低碳经济发展模式是京津冀地区发展的必经之路,是我国应对国际压力、承担大国责任的体现,也是实现节能减排降碳目标、减轻生态环境压力的唯一出路.

目前,关于碳排放的研究主要集中在以下几方面:(1)基于不同方法对碳排放进行的相关研究.主要方法有结构分解方法[2-3]、指数分解方法[4-6]、环境压力等式[7]、STIRPAT模型[8]、时空地理加权回归模型[9]、多指标面板数据聚类分析[10]、极值边界分析[11].(2)不同空间尺度的研究.就全国层面而言,邓吉祥等[12],程叶青等[13],孙赫等[14]分别采用不同的方法与模型研究了中国碳排放的时空差异与演变规律;在省级层面陶玉国等[15],高彩玲等[16]分别针对江苏省旅游业、河南省能源消费的碳排放进行测度及影响因素解析;在城市层面张丽峰[17],王莉雯和卫亚星[18]分别以北京、沈阳为研究区域,探讨了碳排放与经济发展的关系.(3)碳排放影响因素的研究.秦耀辰等[19],孙昌龙等[20]对城镇化影响碳排放的研究进行了系统研究与梳理,虽然研究区域,研究方法各异,但均表明城镇化与碳排放之间存在一定的相关关系;郭朝先[21],Tian和Zhang[22]认为现阶段的中国,经济总量的增长会导致碳排放的增加;张小平和方婷[23],Birdsall[24]研究

收稿日期:2018-09-14
* 国家自然科学基金重点项目(41430636);教育部人文社会科学研究青年基金项目(16YJC790056);北京市教委一般项目(KM201710028015)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了人口数量与碳排放之间的关系,表明人口总量的增长会导致温室气体的增加; 还有研究认为,产业结构决定 CO_2 排放的基本走向,刚性的产业结构使得单位 CO_2 排放居高不下,以第二产业为主导的产业结构对我国 CO_2 排放产生了明显的增速效应,延缓了 CO_2 排放倒"U"型变化过程[25-26]; 张晓平和孙磊认为提高能源效率对碳排放的升高具有抑制作用[27]; 张雷认为多元化的能源消费结构可以有效地减少碳排放[28]; (4) 碳减排策略的研究. 黄玲和张映红[29],朱永彬等[30],方恺等[31],苏杭和孙健[32] 分别从立法,发展清洁能源,开发低碳技术,政府提供资金和政策支持等方面提出了降低碳排放的措施.

目前对于碳排放的研究较为全面,但基于地理学视角,从区县微观尺度单元,对京津冀地区碳排放时空演化特征和影响机理的系统研究尚不多见. 基于此,本文采用 1992—2012 年京津冀地区 160 个区县的 DMSP/OLS 夜间灯光影像数据,利用 ArcGIS 空间分析方法和空间计量模型,分析了京津冀地区碳排放的时空演化特征,并剖析了其主要影响因素. 研究对于推动京津冀地区社会经济发展的低碳转型,为区域差异化碳减排政策的制定提供了重要的参考依据.

1　研究方法和数据来源

1.1　研究方法

1.1.1　夜间灯光数据值与 CO_2 排放量的拟合关系

苏泳娴等[33] 基于市级单元夜间灯光数据,建立了夜间灯光数值与 CO_2 排放量之间的关系方程,认为 CO_2 排放与夜间灯光数据(night-time satellite data, SDN) 具有较好的线性相关关系,在 0.01 水平上显著相关,模拟的碳排放量与统计数据计算值的相对误差为 7.65%. 具体关系如公式(1) 所示. 本文采用上述方法,基于夜间灯光数据对京津冀地区碳排放进行估算.

$$CO_2 = SDN/0.041. \tag{1}$$

为了验证夜间灯光数据估算的碳排放量的可信度,基于数据可获性,本文选取 2012 年北京、天津、河北省 11 市的能源消费数据,根据 IPCC 公布的《2006 温室气体排放清单》,公式(2) 所示[34],计算出 13 市分类别的能源消耗产生的实际碳排放量,经比较发现夜间灯光数据估算的碳排放精确度高达 90.3%,相对误差绝对值在 0.8% ~3.5% 之间(表 1),在可接受范围之内. 由此可见,基于夜间灯光数据估算的碳排放量的精度良好,可用于开展京津冀地区碳排放的时空演化机理及影响因素研究.

$$CO_2 = \sum_{i=1}^{10} K_i E_i, \tag{2}$$

式中 K_i 为能源 i 碳排放系数(万吨碳)/(万吨标准煤); i 为能源种类,E_i 为能源 i 消费量,按标准煤计算,单位为万吨; 各种能源的标准煤折算系数和碳排放系数见表 2.

表 1　2012 年夜间灯光数据估算所得碳排放量与能源消费碳排放量

城市	夜间灯光数据估算的碳排放量/万吨	能源消费碳排放量/万吨	相对误差绝对值
北京	7 390	7 590	2.7%
天津	9 120	9 439	3.5%
石家庄	2 900	2 938	1.3%
唐山	3 900	4 029	3.3%
保定	2 050	2 108	2.8%
秦皇岛	1 980	1 996	0.8%
廊坊	5 200	5 309	2.1%
沧州	2 830	2 884	1.9%
邯郸	3 240	3 334	2.9%
衡水	2 170	2 235	3.0%
邢台	2 680	2 766	3.2%
承德	420	431	2.6%
张家口	730	738	1.1%

表 2　能源碳排放系数表

能源种类	原煤	焦炭	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气	液化石油气	其他石油制品
标准煤/万吨	0.714 3	0.971 4	1.428 6	1.471 4	1.471 4	1.457 1	1.428 6	1.33×10^{-3}	1.71	1.229×10^{-4}
碳排放系数/(万吨碳·万吨标准煤$^{-1}$)	0.755 9	0.855 0	0.585 7	0.553 8	0.571 4	0.592 1	0.618 5	0.448 3	0.504 2	2.213 1

1.1.2　核密度分析法

核密度分析是运用 ArcGIS 空间平滑技术,对点状数据进行平滑处理[35],进而得到数据的聚类特征. 其原理是以 P 点为圆心,以阈值 h 为半径,统计以 P、h 为圆的范围内要素点的数量并除以圆的面积[36]. 以 P 点为圆心的碳排放量的核密度方程为:

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$p(x) = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}\left\{k\left[\frac{d(x,x_i)}{h}\right]\right\}, \quad (3)$$

式中,n 表示距离尺度范围内所包含的区县数量;k 表示核密度函数;h 表示距离阈值,即核密度估计法的尺度;$d(x,x_i)$ 表示两点之间的欧式距离.

1.1.3 空间自相关检验

Moran´s I 包括全局 Moran´s I 和局部 Moran´s I[37]. 全局 Moran´s I 能有效反映区域整体碳排放集聚情况,值介于 -1 ~1 之间,大于 0 为正相关,且越接近 1,正相关性越强,即邻接空间单元之间具有很强的集聚性;小于 0 为负相关,且越接近 -1,负相关性越强,即邻接空间单元之间具有很强的差异性,接近 0 则表示邻接空间单元不相关. 局部 Moran´s I 能识别局部区域碳排放的空间集聚特性.

(1) 全局自相关检验.

$$\text{Moran´s } I = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}W_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}W_{ij}\right)\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}. \quad (4)$$

(2) 局部自相关检验.

$$\text{LocalMoran´s } I = \frac{n(x_i-\bar{x})\sum_{j=1}^{m}W_{ij}(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}. \quad (5)$$

其中,x_i、x_j 分别代表 i、j 区(县)的碳排放观测值;n 为样本总数,代表被观测的 160 个区县;W_{ij} 为空间权重矩阵,本文采用邻接标准来定义,当区(县) i 与区(县) j 相邻时,$W_{ij}=1$,否则,$W_{ij}=0$,$i=1,2,\cdots,n$,$j=1,2,\cdots,m$.

1.1.4 碳排放影响因素与模型选择

碳排放受众多因素的影响. 参照已有研究[2,4,6,11,16],考虑京津冀地区社会经济发展特征及区县尺度数据的可获性,选取碳排放量(CO_2)作为因变量,人口规模(POP)、人均 GDP(PGDP)、城市化水平(URB)、第二产业比重(IND)、固定资产投资(FAI)、社会劳动生产率(LAB)作为自变量构建碳排放影响因素的分析模型来分析京津冀地区社会经济要素对区域碳排放的影响.

一般情况下,碳排放并不是一个完全独立的观测值,其变化要受到周边区域一系列因素的影响[38],因此,不能忽视空间效应. 考虑空间效应的空间计量回归模型一般有空间滞后模型(SLM)与空间误差模型(SEM). 选择空间模型时,需要根据普通最小二乘法(OLS)的拉格朗日乘数的显著性确定模型选择. 若拉格朗日乘数 LM(lag)比 LM(error)在统计上显著,且 R-LM(lag)比 R-LM(error)显著,则选择空间滞后模型进行分析,其一般形式为:

$$Y = c + \rho WY + X\beta + \varepsilon, \quad (6)$$

式中:c 为常数项,ρ 是空间自回归系数,W 为空间权重矩阵,Y 表示被解释变量的观测值;X 为自变量,β 是 k 维列向量,表示相应解释变量的系数;ε 为随机误差项.

若拉格朗日乘数 LM(error)比 LM(lag)在统计上显著,且 R-LM(error)比 R-LM(lag)显著,则选择空间误差模型进行分析,其一般形式为:

$$Y = C + X\beta + \mu, \mu = \lambda W\mu + \varepsilon, \quad (7)$$

式中:μ 为 $n\times 1$ 维残差矩阵,λ 为残差自相关系数.

为反映影响碳排放影响因素的变化,基于数据可获性,选取京津冀 2000 年与 2012 年的数据,经检验发现空间滞后模型通过显著性检验且拟合程度较好(表 3),因此选用空间滞后模型验证影响京津冀地区碳排放的影响因素. 具体模型设定如下:

$$\ln CO_2 = c + \rho W\ln CO_2 + \beta_1\ln POP + \beta_2\ln PGDP + \beta_3\ln FAI + \beta_4\ln LAB + \beta_5 URB + \beta_6 IND + \varepsilon, \quad (8)$$

式中,$\ln CO_2$,lnPOP,lnPGDP,lnFAI,lnLAB 分别是碳排放,人口规模,人均 GDP,人均固定资产投资,劳动生产率的自然对数值,以减少异方差对模型估计的影响.

表 3 SLM 模型和 SEM 模型估计结果

	MI/DF	当前值	p 值
Moran´s I (error)	0.4679	1.563	0.117
Robust LM (lag)	1	8.760	0.003
Robust LM (error)	1	5.537	0.018
Lagrange Multiplier (lag)	1	5.002	0.025
Lagrange Multiplier (error)	2	1.779	0.182
Lagrange Multiplier (SARMA)	1	10.540	0.005

1.2 数据来源

本文使用的京津冀地区 DMSP/OLS 城市夜间灯光影像数据来自于密歇根大学中国信息研究中心的中国空间信息系统(China geo-explorer)数据库. 数据来源于 2000 与 2012 年的《中国能源统计年鉴》《河北省统计年鉴》、北京、天津、石家庄、唐山、保定、廊坊、沧州、秦皇岛、衡水、邯郸、承德、邢台、张家口 13 市统计年鉴、中国县域统计年鉴、中国区域经济统计年鉴.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　结果与分析

2.1　京津冀地区碳排放的时空演化特征

本部分主要对京津冀地区碳排放的时空演化特征进行了深入分析,旨在探究京津冀地区碳排放随时间与空间变化的演化特征,对于明确京津冀地区各区县碳排放的时间与空间演化趋势具有重要意义.

2.1.1　京津冀地区碳排放的时间演化特征

从碳排放体量看(图 1),1992—2012 年京津冀地区碳排放量随时间推移大致呈波动上升的趋势,碳排放在 2010 年达到峰值,之后碳排放量与增速有所缓和. 2012 年碳排放量比 1992 年增长 27 150 万吨. 分地区来看,碳排放量居前三位的依次为天津、北京、廊坊. 天津 CO_2 排放量最高,2012 年碳排放量达 9 120 万吨,比 1992 年增加 5 291 万吨. 北京市 2012 年碳排放量为 7 390 万吨,比 1992 年增加 3 683 万吨. 廊坊 2012 年碳排放量为 5 200 万吨,较 1992 年增加 3 566 万吨,与此同时,廊坊市也是河北省 CO_2 排放最多的地区. 京津冀地区 CO_2 排放量最少,增速最慢的为承德,2012 年碳排放量为 420 万吨,较 1992 年增长 347 万吨. 碳排放位居倒数第二位的为张家口. 整个河北省呈现廊坊 > 唐山 > 邯郸 > 石家庄 > 沧州 > 邢台 > 衡水 > 保定 > 秦皇岛 > 张家口 > 承德的格局.

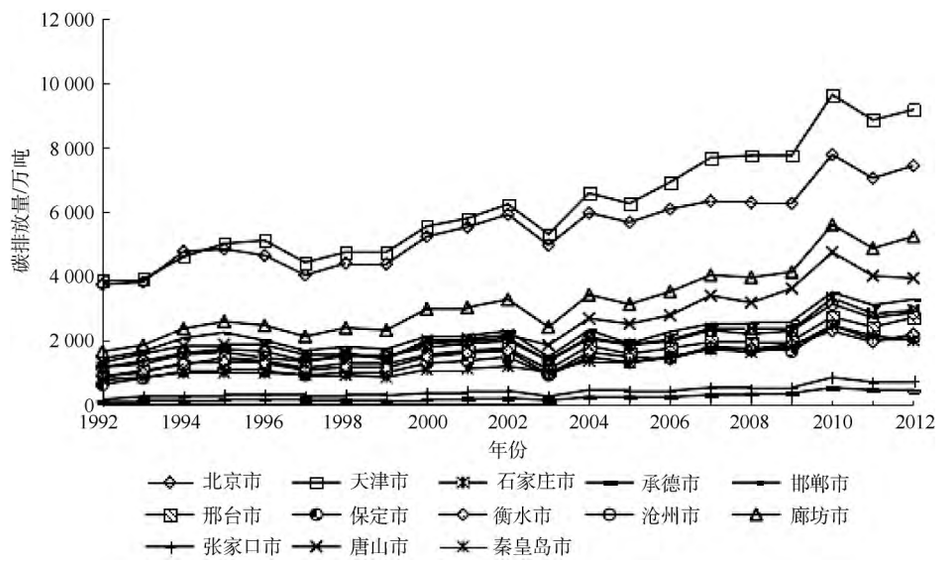


图 1　1992—2012 年京津冀地区碳排放量时间变化趋势图

从各城市碳排放占京津冀地区碳排放总量的比重看(图 2),21 年间京津廊碳排放量约占京津冀地区碳排放总量的一半,其中北京,天津两市所占比重的变化走势大致相同,除 2003 年有大幅提高达到峰值之外,基本呈波动下降的趋势,尤以北京碳排放比重下降幅度最大. 廊坊碳排放比重则大致呈现出逐年递增的态势; 此外唐山,邯郸,石家庄的碳排放量也位居前列. 唐山所占比重的变化趋势大致为波动上升; 邯郸碳排放比重大致呈波动下降的趋势; 石家庄碳排放比重变化则表现的较为稳定; 碳排放比重最小的仍然为承德与张家口.

2.1.2　京津冀地区碳排放的空间演化特征

ArcGIS 空间统计图(见图 3)显示,京津冀地区碳排放存在显著的时空分异特征,且呈明显的圈层分化格局. 将碳排放量分为 3 个类型区,即低值区(<3 000 万吨)、中值区(3 000 ~ 5 000 万吨)及高值区(>5 000 万吨). 从 1992、2000、2008 和 2012 年碳排放的时空分布及体量来看,京津冀地区 CO_2 排放量呈现持续增长的态势. 具体可分析出如下 3 个特征:

(1)高值区空间分布较为稳定,主要集中在城市的中心市区.

碳排放高值区主要集中在北京、天津主城区及石家庄、唐山、秦皇岛、保定、邢台、邯郸、沧州市 7 个市辖区,长期以来基本没有变化. 究其原因中心市区基础设施完善,人口集聚程度高,交通路网更为通畅,城市运转、人口活动时间较长,人口对资源

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

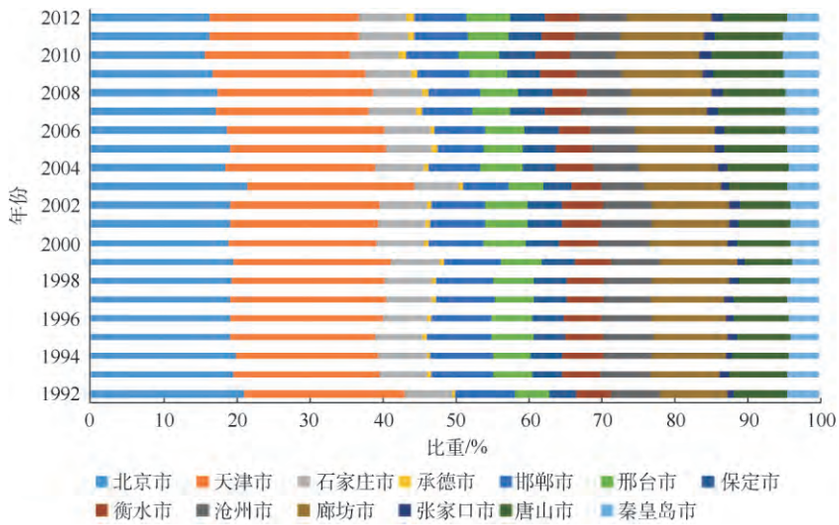


图 2　1992—2012 年京津冀地区分城市 CO_2 排放量比重图

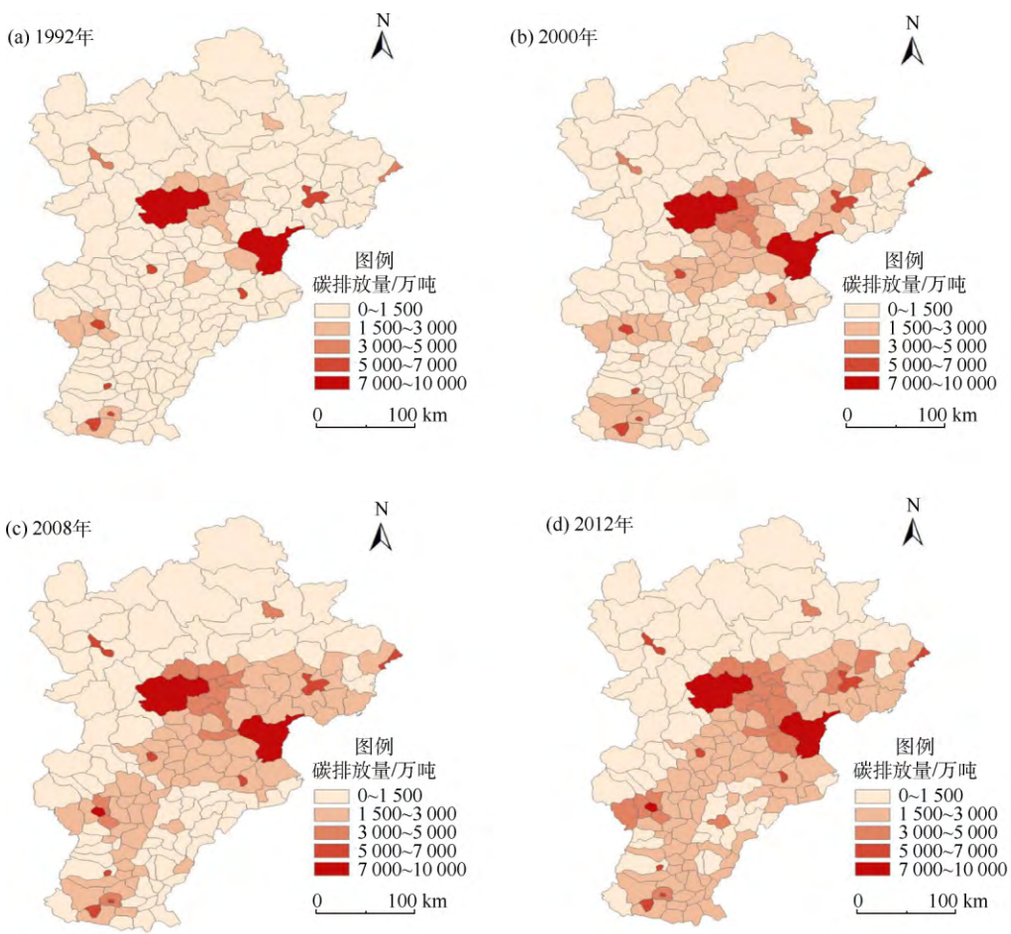


图 3　京津冀地区碳排放量空间分布

能源的消耗力度较大. 因此决定了碳排放量高值区主要集中在中心市区.

(2) 中值区紧凑高值区出现且范围逐年增大，大都集中于各大城市的近郊区.

1992 年中值区主要分布在张家口，秦皇岛市辖区; 2000 年秦皇岛市辖区转变为高值区，中值区在张家口市辖区的基础上范围进一步扩大，廊坊市辖区、承德市辖区及北京的顺义-通州-大兴也位列其

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中; 2008 年又增加了昌平,霸州,正定,栾城,邯郸县; 2012 年衡水市辖区,廊坊香河县,天津武清县、静海县,石家庄鹿泉区,井陉矿区,唐山丰润县,迁安也步入中值区. 包围城市的近郊区是城市空间及人口扩张的主阵地,受城市中心区的辐射带动作用较强. 因此中值区就会首先出现在紧邻城市中心区的近郊区,由此范围逐渐扩大.

(3) 随着时间推移低值区碳排放量整体在逐渐增多,低值区有向中值区转化的倾向.

京津冀地区西北部(张家口,承德及保定市西部县域)和衡水碳排放量一直居于整个研究区域的最低值. 西北部地区及衡水受城市功能定位影响,产业多以第一产业及相关延伸产业为主,经济开发,工业化与城镇化建设强度低,因此碳排放最少; 河北省中南部及沿海城市区县的碳排放呈逐渐增多的趋势. 该区域区位条件优越,积极承接京津地区的产业转移,工业基础较好,经济发展模式具有一定的外向型特征,工业化发展水平较高,耗能力度大,碳排放也相对较高.

2.1.3　京津冀地区碳排放的空间结构演化特征

经核密度分析法得到京津冀地区碳排放核密度(图 4). 1992 年碳排放空间格局呈“一主一副双核”结构,分别为以天津市区及周边区县为主核心,以北京市区及周边区县为副核心. 2000 年,碳排放的“一主一副双核”结构继续强化,空间范围略有扩大,同时在石家庄、邯郸、唐山出现碳排放较高的集聚区域. 2008 年由于北京奥运会的举办,为保证空气质量,京津冀地区实行协同减排,碳排放得到有效控制,京津冀大部分地区碳排放量下降,空间结构由“双核”转变为以北京、天津、唐山、邯郸、保定、沧州、石家庄、秦皇岛、张家口等为中心的“低密度多片区结构”. 2012 年,“一主一副双核”结构持续增强,空间范围基本不变,同时在石保唐邯等地形成潜在的碳排放核密度高值区.

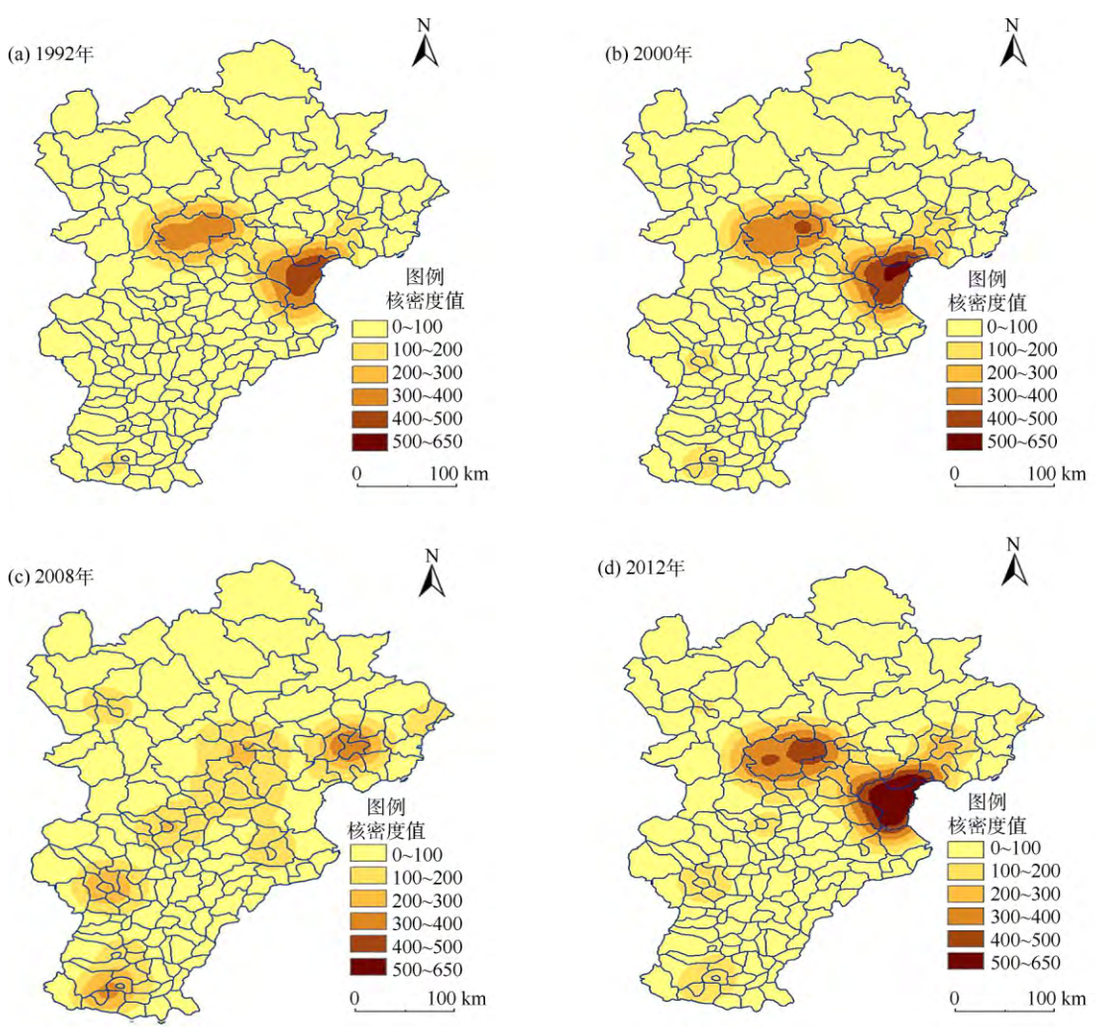


图 4　京津冀地区碳排放核密度分析

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.1.4 京津冀地区碳排放的空间相关性分析

为进一步揭示京津冀地区区县尺度 CO_2 排放量的空间集聚特征,对 1992、2000、2008 及 2012 年京津冀地区碳排放量进行全局与局部自相关分析(见图 5). 结果显示京津冀地区 160 个区县四年间全局 Moran's I 分别为 0.497 8、0.615 9、0.431 8、0.627 0,呈现显著正相关的发展态势.

高高聚集区的分布经历了从无到有,且范围不断扩大. 2000 年主要分布于廊坊市区、北京大兴县,2008 年范围南移,主要分布在石家庄鹿泉、栾城,邯郸市辖区,2012 年范围北移,且空间范围扩大,在 2008 年基础上增加了北京昌平,廊坊霸州; 高低集聚区空间分布较为稳定,主要分布于张家口市区、承德市区; 低高聚集区主要集中在冀中地区环京津区县带; 低低聚集区的空间分布相对也较稳定,主要分布在张家口北部,西部,承德北部,保定西部,衡水市区.

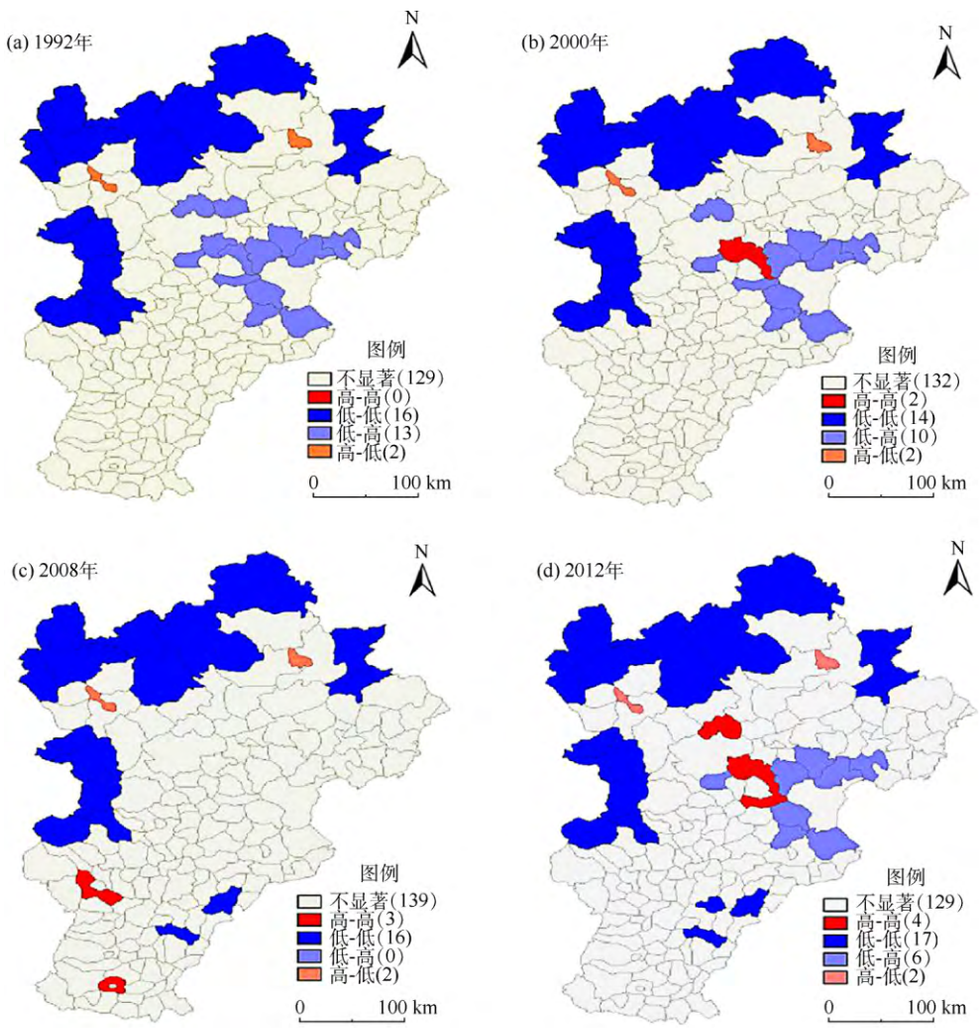


图 5 京津冀地区 CO_2 排放的局部空间自相关分析

2.2 京津冀地区碳排放的影响因素分析

从空间滞后模型下 2000 和 2012 年碳排放的影响因素分析(表 4)可以看出,2000 年城镇化水平、第二产业增加值占比、人口规模、人均 GDP 对京津冀地区碳排放呈显著正向影响,并且这些指标对区域碳排放的带动作用依次减小. 城镇化水平提高实质是城镇人口的迅速增长及与之配套的基础设施的建设. 人口规模对碳排放的影响可归结为对物资能源的消费与需求体量、乡村人口转变为城镇人口过程中在生活方式、土地利用方式的变化上; 第二产业是能源消耗的主要部门,工业能源利用效率不高,且以煤炭为主的单一能源消费结构促使了碳排放的增加; 2000 年京津冀地区人均 GDP 虽然有了显著增长,但经济发展结构尚未改变,经济发展方式仍较为粗放,形成了较高的碳排放,造成了经济发展的不可持续[39].

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4 空间滞后模型下 2000 和 2012 年碳排放的影响因素分析

变量	系数		Z 值	
	2000 年	2012 年	2000 年	2012 年
W_CO_2	0.605***	0.586***	11.885	10.297
CONSTANT	-1.984***	0.006	-4.122	0.006
POP	0.454***	0.674***	4.671	6.813
PGDP	0.401**	-0.274*	2.275	-1.098
URB	1.273***	0.603***	9.318	4.568
IND	0.694***	0.223	3.237	1.160
FAI	0.024	0.276***	0.346	2.698
LAB	-0.017	0.022*	-1.232	1.702

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著

2012 年对京津冀地区碳排放具有正向影响的因素由大到小依次为人口规模、城镇化水平、固定资产投资、劳动生产率. 与 2000 年相比,人口规模碳排放贡献率成为最显著影响因素,固定资产投资和劳动生产率也由 2000 年不显著转变为显著影响因素. 我国固定资产投资较大比重都投放在基础设施建设上[40],基础设施建设过程中必不可少的要消耗大量化石能源,由此加剧了碳排放; 劳动生产率提高使得商品价格下降,刺激了消费造成了碳排放的增长; 2012 年人均 GDP 与碳排放的关系发生显著变化,转变为负相关,即随着人均 GDP 的提高,京津冀地区碳排放量下降,即对于京津冀地区而言,经济发展的同时,碳排放有望逐步减小.

3 结论与建议

3.1 结论

本文采用 1992—2012 年京津冀地区分区县的夜光灯数据值,定量分析了京津冀地区区县尺度碳排放的时空演化特征,并对碳排放的影响因素进行了分析. 研究表明:

(1) 从时间变化来看,1992—2012 年京津冀地区 13 市碳排放大体上呈逐渐增长的趋势,碳排放量位居前三的依次为天津、北京、廊坊,约占整个京津冀地区碳排放总量的一半. CO_2 排放量最少,增速最慢的为承德.

(2) 碳排放空间分布呈明显的圈层结构,高、中、低值区由中心市区-近郊区-远郊县依次分布,高值区空间分布较为稳定,低值区有向中值区转化的倾向且以津京为中心的“一主一副双核”结构持续增强,空间范围基本不变,同时石保唐邯形成潜在的核密度高值区; 碳排放呈显著空间自相关,呈正相关模式的区域主要集中在自身及邻近发展水平相似的区县,负相关的区域主要出现在经济水平差异较大的相邻区县.

(3) 社会经济要素对碳排放呈现阶段性的影响. 城镇化水平,人口规模一直是京津冀地区碳排放的正向推动因素,固定资产投资与社会劳动生产率对碳排放的正向推动作用逐渐凸显,经济发展水平与碳排放的关系由正相关转变为负相关,表明经济发展水平对于碳排放的遏制作用日益显著.

3.2 建议

从本文的研究结论来看,城镇化、人口规模与经济发展水平是碳排放的重要影响因素. 需要指出的是,以上因素对碳排放的影响呈显著的阶段性特征,碳排放要受到诸多因素复杂作用的影响,相关要素对碳排放的方向与强度存在质与量的差异. 为此,本文提出如下建议.

(1) 十三五规划纲要提出: 要全面推进以人为核心的新型城镇化建设目标,加快农业转移人口市民化. 因此,在探讨遏制碳排放的手段时,要避免完全否定城镇化与人口规模的扩张,应找准经济发展、城镇化建设与生态环境保护之间的平衡点,合理控制人口规模,避免人口过度膨胀给资源环境带来的负面影响.

(2) 京津冀三地要共同落实协同减排目标以增强经济发展的可持续性. 具体要做到: 合理调整三次产业结构,积极开发利用清洁能源,减少化石能源的使用,改进工业生产技术以提高能源利用效率,降低固定资产投资的能耗强度,树立全民绿色消费理念,促使经济向低能耗、低排放的新路子发展.

参 考 文 献

[1] 刘占成,王安建,于汶加,等. 中国区域碳排放研究[J]. 地球学报,2010,31(5):727-732.

[2] 王会,王奇. 中国城镇化与环境污染排放: 基于投入产出的分析[J]. 中国人口科学,2011(5): 57-66.

[3] CORTÉS-BORDA D, RUIZ-HERNáNDEZ A, GUILLÉN-GOSáLBEZ G. GHG emissions minimization at the

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

macroeconomic level via a multi-objective optimization/input-output approach: a case study of the EU-25 economy [J]. Computer Aided Chemical Engineering,2014, 33: 1069 - 1074.

[4] PARK S H. Decomposition of industrial energy consumption: an alternative method [J]. Energy Economics,1992,14(4): 265 - 270.

[5] LIU X Q,ANG B W,ONG H L. The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption [J]. Energy Journal,1992,13(4): 161 - 177.

[6] 徐国泉,刘则渊,姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995—2004 [J]. 中国人口·资源与环境,2006, 16(6): 158 - 161.

[7] EHRLISH P R, HOLDREN J P. Impact of population growth [J]. Science, 1971, 171: 1212 - 1217.

[8] 杨晓军, 陈浩. 中国城镇化对 CO_2 排放的影响效应: 基于省级面板数据的经验分析 [J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2013,13(1): 32 - 37.

[9] 肖宏伟, 易丹辉. 基于时空地理加权回归模型的中国碳排放驱动因素实证研究 [J]. 统计与信息论坛, 2014, 29(2): 83 - 89.

[10] ZHANG C G, Yan L. Panel estimation for urbanization, energy consumption and CO_2 emissions: a regional analysisin China [J]. Energy Policy, 2012,49: 488 - 498.

[11] 王立平,张海波,刘云. 基于 EBA 模型的中国碳排放稳健性影响因素研究 [J]. 地理科学,2014, 34(1): 47 - 53.

[12] 邓吉祥,刘晓,王铮. 中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解 [J]. 自然资源学报,2014,29(2): 189 - 200.

[13] 程叶青,王哲野,张守志,等. 中国能源消费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.

[14] 孙赫,梁红梅,常学礼,等. 中国土地利用碳排放及其空间关联 [J]. 经济地理,2015,35(3): 154 - 162.

[15] 陶玉国,黄震方,吴丽敏,等. 江苏省区域旅游业碳排放测度及其因素分解 [J]. 地理学报,2014,69(10): 1438 - 1448.

[16] 高彩玲,高歌,田采霞. 河南省能源消费碳排放的因素分解及减排途径 [J]. 中国矿业,2011,20(3): 46 - 49.

[17] 张丽峰. 北京人口经济居民消费与碳排放动态关系研究 [J]. 干旱区资源与环境,2015,29(2): 8 - 13.

[18] 王莉雯,卫亚星. 沈阳市经济发展演变与碳排放效应研究 [J]. 自然资源学报,2014,29(1): 27 - 38.

[19] 秦耀辰,荣培君,杨群涛,等. 城市化对碳排放影响研究进展 [J]. 地理科学进展,2014,33(11): 1526 - 1534.

[20] 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.

[21] 郭朝先. 产业结构变动对中国碳排放的影响 [J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(7): 15 - 20.

[22] TIAN L X,ZHANG B B. Factor decomposition analysis of carbon emissions change in China [J]. Chinese Population, Resources and Environment,2011,21(11): 1 - 7.

[23] 张小平,方婷. 甘肃省碳排放变化及影响因素分析 [J]. 干旱区地理,2012,35(3): 487 - 493.

[24] BIRDSALL N. Another look at population and global warming population, health and nutrition policy research [C]. Working Paper, Washington. D C: World Bank, WPS1020, 1992.

[25] 霍金炜,杨德刚,唐宏. 新疆碳排放影响因素分析与政策建议 [J]. 地理科学进展,2012,31(4): 435 - 441.

[26] 肖慧敏. 中国产业结构变动的碳排放效应研究: 基于省级面板数据 [J]. 地域研究与开发,2011,30(5): 84 - 92.

[27] 张晓平,孙磊. 中国工业能源消费强度变化的分解分析 [J]. 资源科学,2010,32(9): 1685 - 1690.

[28] 张雷. 经济发展对碳排放的影响 [J]. 地理学报,2003,7(4): 629 - 637.

[29] 黄玲,张映红. 德国新能源发展对中国的战略启示 [J]. 资源与产业,2010,12(3): 48 - 53.

[30] 朱永彬,王铮,庞丽,等. 基于经济模拟的中国能源消费与碳排放高峰预测 [J]. 地理学报,2009,64(8): 935 - 944.

[31] 方恺,沈万斌,董德明. 经济增长和技术进步对吉林省能源足迹的影响分析 [J]. 干旱区地理,2013,36(1): 186 - 193.

[32] 苏杭,孙健. 财政政策在日本低碳经济发展中的作用 [J]. 东北财经大学学报,2010,(6): 61 - 65.

[33] 苏泳娴,陈修志,叶玉瑶,等. 基于夜间灯光数据的中国能源消费碳排放特征及机理 [J]. 地理学报,2013,68(11): 1513 - 1526.

[34] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume 2 [EB/OL]. (2008-07-20) [2018-06-12]. http://www.ipcc.ch/ipccreports/Methodology-reports.htm.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[35] 李强,王士君,梅林. 长春市中心城区大型超市空间演变过程及机理研究[J]. 地理科学,2013,33(5):553 - 561.
[36] 魏海洋,靖常峰,杜明义. 不同尺度下核密度分析对城市管理案件分布趋势的影响[J]. 城市勘测,2015,20(1):18 - 20.
[37] GETIS A,ORD J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. Geographical Analysis, 1992,(24): 189 - 206.
[38] 蔺雪芹,王岱. 中国城市空气质量时空演化特征及社会经济驱动力[J]. 地理学报,2016,71(8):1357 - 1371.
[39] 王中英,王礼茂. 中国经济增长对碳排放的影响分析[J]. 安全与环境学报,2006,6(5):88 - 91.
[40] 李秋妍,曹翠. 固定资产投资对 CO_2 排放影响的实证研究: 基于省际面板数据模型[J]. 科技管理研究,2014,(14):221 - 225.

Analysis of Temporal and Spatial Evolution Characteristics and Influencing Factors of Carbon Emission in Beijing, Tianjin and Hebei Based on Night Light Data

SU Xuran LIN Xueqin

(College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract: Based on the night light data of Beijing-Tianjin-Hebei region from 1992 to 2012, ArcGIS spatial statistical analysis and spatial econometric model were used to calculate the carbon emission, the temporal and spatial evolution characteristics and the influencing factors of carbon emission. The results showed: (1) Carbon emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region showed a gradual increased trend, the top three carbon emitters were Tianjin, Beijing and Langfang, which accounted for half of the carbon emissions in the entire study region. It was Chengde that having the least and slowest growth rate of carbon emissions. (2) The carbon emission showed a significant structure of circular differentiation. The structure of "one main, one minor and two cores" centered on Tianjin and Beijing had been continuously enhanced, and the scope of space had basically remained unchanged. Meanwhile, Shijiazhuang, Baoding, Tangshan, Handan had formed a potential nuclear density high value areas; carbon emissions showed significant spatial autocorrelation regions with a positive correlation pattern were mainly concentrated in the districts with similar development levels, negative related regions mainly occured in neighboring districts with large differences in economic levels. (3) The impact of factors on carbon emissions had phased characteristics. Urbanization and population have always been positive drivers of carbon emissions, the effect of fixed assets investment and social labor productivity had gradually become more prominent. The relationship between economic development level and carbon emissions had changed from positive correlation to negative correlation. Beijing-Tianjin-Hebei regions´ environmental pressure is expected to gradually decrease while the economy developing in the future.

Keywords: carbon emissions; spatiotemporal evolution; influencing factors; Beijing-Tianjin-Hebei region

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net