

韩媛媛,皮荷杰,时泽楠,等. 京津冀地区工业CO₂排放测度及其影响因素研究. 世界地理研究, 2020, 29(1): 140-147.
[HAN Yuanyuan, PI Hejie, SHI Zenan, et al. Study on measurement and influencing factors of industrial CO₂ emission in Beijing-Tianjin-Hebei Region. World Regional Studies, 2020, 29(1): 140-147.]
DOI: 10.3969/j.issn.1004-9479.2020.01.2018453

京津冀地区工业CO₂排放测度 及其影响因素研究

韩媛媛,皮荷杰,时泽楠,吕儒云,廖剑宇
(湖南工业大学 城市与环境学院,湖南株洲 412007)

摘要:为探讨京津冀地区工业CO₂排放测度及其影响因素,基于2005—2016年数据对北京、天津、河北和京津冀地区工业能耗CO₂排放的时间变化趋势进行了对比分析,运用地理探测器技术分析能源结构、能耗强度、固定资产投资、轻重工业比值和规模以上工业平均用工人数对京津冀地区工业能耗CO₂排放量的影响作用大小。结果表明:①研究期内京津冀工业碳排放强度均为递减趋势。其中,河北最大,天津次之,北京最小;人均碳排放北京呈递减之势,天津和河北在波动中上升。②京津冀工业煤炭类CO₂排放占总排放量的主导地位是由河北省以煤炭为主的能源结构决定的。③能源结构对京津冀、天津和河北的CO₂排放影响最大,其次是轻重工业比值;北京市规模以上工业从业人数对CO₂排放的影响最大,其次是固定资产投资。

关键词:京津冀;工业CO₂排放;影响因素;地理探测器技术

0 引言

京津冀经济社会快速发展伴随着众多环境问题。尤其是近些年空气质量下降,灰霾天气增多,CO₂排放增加,气候变暖,成为京津冀可持续发展的短板。环保部公布2017年空气质量最差的10个城市中,京津冀地区占6个,京津冀区域13个城市平均优良天数比例为56%,低于全国平均水平。相关研究及实践表明,化石能源消费的快速增长是大气污染的重要原因之一,而京津冀地区工业能耗在总能耗中占49.11%,灰霾与CO₂排放是同根、同源、同步的。因此控制能耗总量、降低能源强度、改善能源结构,是京津冀地区低碳发展的路径。

目前,国内外许多学者对区域碳排放(文中所指的“碳排放”即为“CO₂排放”,下同)问题展开了大量研究,主要集中在国家^[1-2]、省域^[3-4]、行业^[5]和市级^[6-7]等层面,对区域工业能耗碳排放的研究较少。在国家层面,王喜等^[1]基于LMDI模型,对我国1990—2010年不同尺度区域碳排放增长的影响因素进行分解,研究我国碳排放变化的主要因素。孙艳芝等^[2]基于投入产出(IOA)与结构分解(SDA)等分析方法,探讨了1997—2012年间中国全行业碳排放变

收稿日期:2018-10-10; 修订日期:2019-01-23

基金项目:湖南省绿色工业与城市低碳发展社科研究基地开放课题(CHJD2017YB06);湖南省教育厅科研课题“长株潭地区集中式水源地浮游藻类生态分布特征及其与环境因子的响应机制研究”。

作者简介:韩媛媛(1993-),女,硕士研究生,主要从事低碳城乡规划研究,E-mail:hyy93819@163.com。

通讯作者:廖剑宇(1985-),男,博士,讲师,硕士生导师,主要研究方向为区域环境管理与评价、河湖生态治理与修复,E-mail:jy1iao85@163.com。

化的驱动力效应。在省域层面,赵巧芝等^[3]通过核密度分布和莫兰指数对中国 2000—2015 年 30 省份碳排放强度的动态趋势及集聚特征进行测度,并利用空间杜宾模型对其主要影响因素进行分析;何永贵等^[4]运用 STIRPAT 模型以产业结构调整优化为目的,就河北省碳排放及其影响因素变化趋势进行研究。行业方面,李雪梅等^[8]通过计算 1998—2015 年天津市 32 个工业行业各类能源消耗碳排放量,将其划分为高、中高、中、中低、低排放行业五个类别,并应用 LMDI 方法,将天津市工业行业碳排放分解为六个因素,分析每一类行业的碳排放影响因素;邓荣荣^[5]测算了 2002—2012 年湖南省工业碳排放量,并分析了直接碳排放系数、中间生产技术、工业结构等因素,对碳排放量变化的影响。

上述研究表明,当前国内外学者在碳排放方面的研究中,对全社会碳排放量及影响因素分析的较多,对特定区域尤其是城市群尺度的工业能耗碳排放研究得较少;对工业能耗碳排放以国家或省区层面的研究较多,而对城市群或区域层面的研究却较少;对影响因素的分析大多以 LMDI 和 STIRPAT 等方法为主,而运用地理探测器技术来分析影响机理的研究较少。

京津冀地区工业能耗占京津冀全社会能耗的 49.11%,因而工业能耗碳排放也占全社会能耗碳排放的一半左右。本研究以京津冀地区 2005—2016 年的工业能源数据为基础,测算历年的工业能耗碳排放强度和人均碳排放及其变化情况,分析其能源结构及变化,并运用地理探测器模型分析能源结构、能耗强度、固定资产投资、轻重工业比值和规模以上工业从业人数对京津冀地区工业能耗碳排放量的影响作用大小。拟对以下方面进行补充:①对京津冀地区工业能耗碳排放进行测算分析,是对当前区域工业能耗碳排放研究薄弱之处的补充和丰富。②运用地理探测器模型探究和比较京津冀地区工业能耗碳排放变化的影响因素大小,是探求碳排放影响机理的一种新方法。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 碳排放量测算方法 京津冀工业能源消费种类主要包括原煤、焦炭、洗精煤、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气、热力、电力等十七种。根据联合国政府间气候变化专门委员(IPCC)碳排放计算指南^[9],采用碳排放量的计算采用公式为:

$$C = \sum_{i=1} M_i \times N_i \quad (1)$$

式中,C为碳排放量, M_i 为能源*i*的消费量,按标准煤计算; N_i 为能源*i*碳排放系数;*i*为能源种类。

1.1.2 地理探测器模型 地理探测器是用来探测空间分异性以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法,其擅长于因变量Y为数值量(如碳排放)、自变量X为类型量(如土地利用图)的分析^[10-11]。本文运用地理探测器模型,分析京津冀工业能耗碳排放各影响因素的作用大小和相互之间的关系。地理事物的空间分异性,通常受到自然环境或社会经济环境的深刻影响,探究其形成机理及分析其影响因素很有意义。地理探测器技术首次应用于探析地方性疾病的形成原因^[12],其模型公式如下:

$$P_{D,U} = 1 - \frac{1}{n\delta_U^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \delta_{U_{D,i}}^2 \quad (2)$$

式中, $P_{D,U}$ 为京津冀工业能耗碳排放量的影响因素探测力指标, $n_{D,i}$ 为次一级区域(类型)样

本数; n 为整个区域(类型)样本数; m 为次级区域(类型)个数; $\delta_{U_{D,i}}^2$ 为碳排放量的方差; 为次一级区域(类型)的方差。假设 $\delta_{U_{D,i}}^2 \neq 0$, 模型成立, $P_{D,U}$ 的取值区间为 $[0, 1]$, $P_{D,U}=0$ 时, 表明碳排放量分布呈随机分布, $P_{D,U}$ 值越大, 说明分区(类型)因素对碳排放量的影响越大。本文选取能源结构、能耗强度、固定资产投资、轻重工业比值和规模以上工业从业人数, 分别探测各项指标对京津冀地区工业能耗碳排放量的影响作用大小。

1.2 数据来源

考虑到能源数据和国民经济数据的可获得性, 本文选取了2005—2016年北京、天津、河北和京津冀地区工业能耗的碳排放量、能耗强度和能源结构、固定资产投资、规模以上工业轻重工业比值和规模以上工业平均用工人人数等指标进行研究, 数据来源于《中国能源统计年鉴》(2006~2017)、《北京市统计年鉴》(2006~2017)、《天津市统计年鉴》(2006~2017)、《河北省经济年鉴》(2006~2017)以及三省市的国民经济统计公报。为保证数据的一致性和可获得性, 其中: ①碳排放量由工业的各种能源消费量计算得出; ②工业增加值选取2005年为基准年, 剔除物价涨跌因素的影响; ③能耗强度数据定义为单位工业增加值的能耗, 能源结构定义为煤炭类能源所占总能耗的比例; ④规模以上工业轻重工业比值是由轻重工业的产值相比得出的; ⑤规模以上工业平均用工人人数直接从年鉴中获得。

2 结果分析

2.1 京津冀工业能耗碳排放测算

根据公式(1)分别计算出2005—2016年北京、天津、河北和京津冀地区工业能耗碳排放量, 并进一步计算出北京、天津、河北和京津冀的碳排放强度和人均碳排放, 结果如图1、2所示。由图1看出, 北京、天津、河北和京津冀的碳排放强度基本上都呈逐年递减趋势, 说明单位工业增加值产生的碳排放量均在逐年降低。其中, 2005—2016年碳排放强度变化为: 河北的碳排放强度最大, 从8.56吨/万元降低到24.67吨/万元; 北京的碳排放强度从4.74吨/万元降低到1.22吨/万元; 天津从3.69吨/万元降低到1.69吨/万元。从图2看出, 2005—2016年人均碳排放变化为: 北京人均碳排放量在波动中呈递减趋势, 从70.8吨/

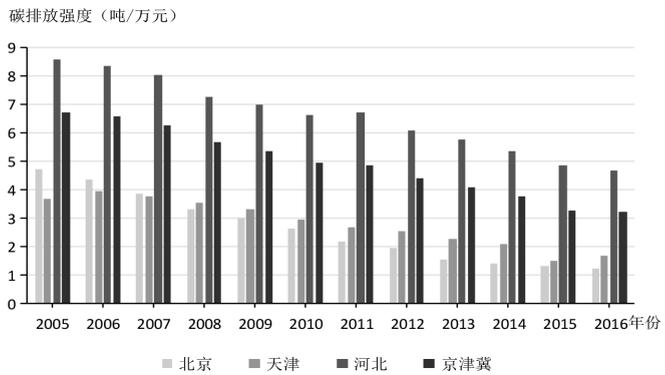


图1 京津冀地区工业碳排放强度

Fig.1 Industrial carbon emission intensity in Beijing-Tianjin-Hebei region

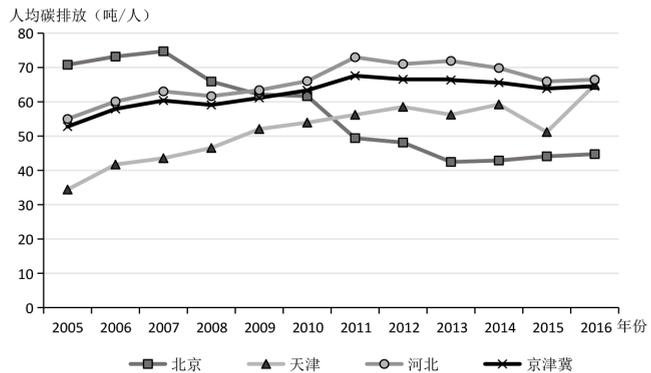


图2 京津冀地区工业人均碳排放

Fig.2 Per capita carbon emissions in the Beijing-Tianjin-Hebei region

人降低到 44.74 吨/人;天津在波动中递增,从 34.41 吨/人增长到 64.91 吨/人;河北呈先增后降之势,从 2005 年的 55 吨/人增长到 2011 年的 72.98 吨/人,之后降低到 2016 年的 66.45 万吨/人。2005—2009 年北京的人均碳排放高于天津和河北的,2010—2016 年河北的人均碳排放高于北京,2011—2016 年天津的人均碳排放高于北京。

可以看出,河北单位工业增加值产生的碳排放量最高,人均碳排放量逐年递增,这是由于河北是一个重化工业大省,其碳排放量在京津冀地区工业能耗碳排放总量约占 80%,以煤炭为主的能源结构,产业结构偏重,能源消耗大、污染重。北京碳排放强度和人均碳排放都在递减,因为随着北京经济社会的发展,逐渐转变经济发展方式,主要以第三产业和高新技术产业为主,能源主要以电力、天然气等低碳能源为主,煤炭使用量在递减,将部分高能耗工业逐渐转移到河北和天津,工业碳排放逐渐降低,人均碳排放也随之降低。由于北京大部分高耗能工业又转移到了河北、天津等京外地区,所以其碳排放量在逐年递减,碳排放强度也逐年降低。天津碳排放强度递减,人均碳排放递增,由于天津是一个工业城市,经济结构以工业为主,随着发展承接了北京市的部分产业转移,碳排放增多。工业平均用工人数量虽有增长,但增速远低于工业碳排放的增速。

2.2 京津冀工业能源结构分析

通过计算北京、天津、河北和京津冀地区的煤炭类、石油类、天然气、热力和电力四大类能源在各自总工业能耗中的比重,指出各地四大类能源 2005—2016 年的变化趋势,分析各省市的能源结构,探究四大类能源对碳排放量的影响程度(图 3)。北京 2005—2016 年煤炭类能耗在其总能耗中的占比不断降低,从 55.46% 降到 12.58%,石油类占比不断增长从 32.87% 增长到 60.33%,天然气、热力和电力的占比较小且均在不断增长,说明北京从以煤炭类为主转变为以石油类为主,逐步利用清洁能源。天津煤炭类能耗在总能耗中的占比在波动中递减,从 55.02% 降到 46.97%;石油类在总能耗中的占比在波动中增长,从 26.71% 增长到 38.11%;天然气的占比在逐年稳步增长,从 0.38% 增长到 1.14%;热力和电力占比在波动中下降,占比从 15.48% 降到 9.95%。河北 2005—2016 年煤炭类占河北总能耗的 90% 左

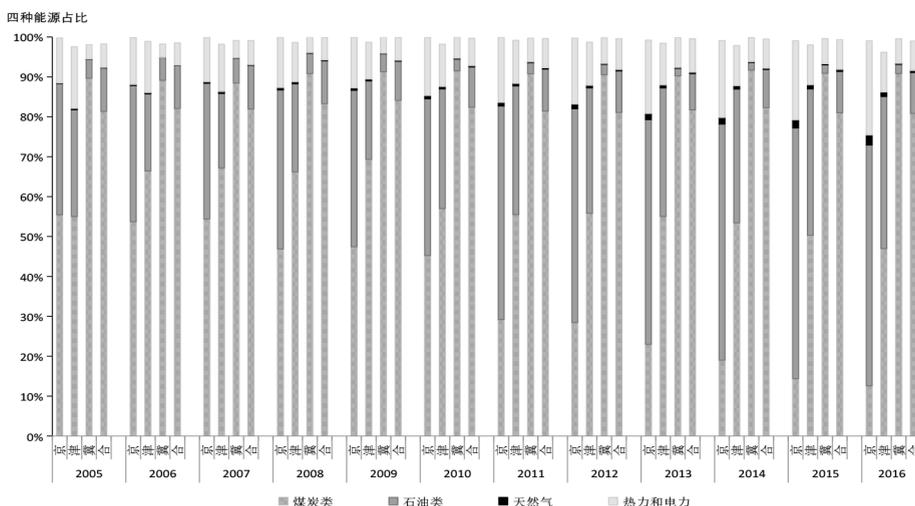


图3 2005—2016年京津冀工业能源结构

Fig.3 Beijing-Tianjin-Hebei Industrial Energy Structure in 2005-2016

右,且占比以极慢的速度波动上升,从2005年的89.67%增长到2016年的90.84%,石油类、天然气、热力和电力占比极小,总趋势均上升。说明河北虽也在逐步优化能源结构,但相对于北京和天津来说步伐较为缓慢,改变以煤炭类为主体的能源结构,任重而道远。由于历年河北工业能耗在京津冀工业总能耗中占比平均在77%左右,所以京津冀地区工业总能耗中四大类能耗的变动趋势与河北省的大致保持一致。

综上,北京近年来工业发展过程中由于改善了以煤炭占主体的能源结构,由此降低了工业能耗碳排放。天津煤炭类占比较之北京仍较高,但在呈逐年递减趋势,能源结构也在逐步优化,碳排放量就随之递减。由于河北煤炭类在京津冀工业总能耗中占有较大的比重,河北与京津冀的能源结构较为相似,均占主导地位,其他能源占比均相对较小,京津冀地区的工业能耗碳排放总量也随着河北的增长而增长。

2.3 京津冀工业能耗碳排放的影响因素分析

2.3.1 京津冀工业能耗碳排放各影响因素的相关性分析 根据(1)式计算出京津冀工业能耗碳排放量,运用SPSS24.0中的皮尔逊相关系数来分析因变量京津冀工业能耗碳排放Y与自变量能源结构 X_1 、能耗强度 X_2 、固定资产投资 X_3 、轻重工业比值 X_4 和规模以上工业平均用工人数 X_5 这5个影响因素之间的关系,以及自变量之间的相关关系。本文分析运用皮尔逊相关系数只是选用了一种分析相关性的方法,分析自变量之间的关系,是出于对自变量之间多重共线性的考量,以筛选出对因变量影响因素较大的自变量。

结果表明,京津冀工业能耗碳排放与规模以上工业平均用工人数、能耗强度、固定资产投资之间的相关性较大,说明目前京津冀工业主要以劳动密集型和资本密集型为主,重工业比重高,轻工业比重小,能耗强度大,从而碳排放量也较大;能源结构对碳排放的影响不显著,这是由于煤炭消费比重居高不下造成的。能耗强度与固定资产投资相关性最大,是因为固定资产投资越多,产业规模就越大,能耗强度可能越高。能耗强度与规模以上工业平均用工人数相关性系数为0.941,说明用工人数越多,能耗越高,能耗强度也可能越大。固定资产投资与规模以上平均用工人数相关性系数为0.941,说明投资越多,规模越大,需要的用工人数可能越多。其余自变量之间的相互影响较小。

2.3.2 京津冀工业能耗碳排放影响因素的差异性分析 京津冀地区工业能耗碳排放与各影响因子的年度变化存在显著差异(表2)。2005—2013年工业碳排放量逐年递增,从55329万吨增长到90866万吨,涨幅为64.23%,其间固定资产投资与平均用工人数也逐年递增;2013—2016年碳排放量逐年递减,从90866万吨降低到84793万吨,降幅为6.68%。轻重工业比值、能源结构变化不大,说明以重工业为主的产业结构变化不大,以煤炭为主的能源结构没有改变,占京津冀工业碳排放77%的河北重化工业比重大,又承接了北京和天津一部分重工业产业转移,同时河北产业的科技水平较低,工业生产能耗的煤炭比重更高,能源效率较低。但是能耗强度降低幅度较大,说明单位工业增加值所耗费的工业能耗下降明显。

表1 相互独立变量之间的相关性检验结果

Tab.1 The result of the correlation test between the independent variables

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Y	1					
X_1	-0.304	1				
X_2	0.904**	0.333	1			
X_3	0.899**	0.386	0.992**	1		
X_4	-0.325	-0.574	-0.612*	0.661*	1	
X_5	0.987**	-0.316	0.940**	0.941**	0.426	1

注:**在0.01级别(双尾),相关性显著;*在0.05级别(双尾),相关性显著。

表 2 能耗 CO₂排放量及其影响因素的变化Tab.2 Changes in energy consumption CO₂ emissions and their influencing factors

年份	碳排放量 /万吨	能源结构	能耗强度	固定资产投资 /亿元	轻重工业比 值	平均用工人数 /万人
2005	55328.94	0.8131	1.6753	2741.87	0.2525	1048.38
2006	62458.94	0.8204	1.6348	4156.28	0.2317	1078.22
2007	68385.34	0.8190	1.5181	5836.11	0.2315	1132.94
2008	68618.78	0.8328	1.3870	7353.86	0.2274	1161.38
2009	72495.03	0.8412	1.2831	9511.28	0.2269	1186.01
2010	77556.71	0.8237	1.1862	11554.18	0.2156	1224.68
2011	87148.20	0.8141	1.1422	13075.16	0.2237	1289.37
2012	89044.12	0.8109	1.0466	15546.58	0.2380	1338.05
2013	90866.00	0.8171	0.9915	17668.16	0.2546	1369.57
2014	89105.51	0.8230	0.9095	20039.93	0.2589	1358.58
2015	84886.19	0.8101	0.7904	21546.75	0.2827	1329.35
2016	84793.38	0.8084	0.7794	21416.41	0.3028	1313.34

注:能源结构=煤炭消耗量/总能耗,能耗强度=工业能耗/工业增加值,轻重工业比值=轻工业产值/重工业产值,二者单位均为百分比。

2.3.3 基于地理探测器技术的能耗碳排放影响因素分析 利用公式(2)来分析北京、天津、河北和京津冀工业能耗碳排放与各要素 $P_{D,u}$ 值,结果表明(表3),各影响因素对京津冀工业能耗碳排放影响从大到小分别为:能源结构、轻重工业比值、能耗强度、固定资产投资、规模以上工业平均用工人数,说明优化能源结构,减少煤炭使用量,降低重化工业比重,提高能源利用效率,是减少京津冀地区工业能耗碳排放的必由之路;各影响因素对北京工业能耗碳排放的影响从大到小为:规模以上工业平均用工人数、固定资产投资、轻重工业比值、能耗强度、能源结构,可见规模以上工业平均用工人数对北京的影响最大,固定资产投资次之;天津工业能耗碳排放的影响因素从大到小依次为:能源结构、轻重工业比值、能耗强度、规模以上工业平均用工人数、固定资产投资,能源结构对天津的影响最大,轻重工业比值次之,说明天津可通过减少煤炭使用量、多加开发利用新能源、减少重化工业占比,方可降低碳排放;河北工业能耗碳排放的影响因素从大到小为:能源结构、轻重工业比值、能耗强度、固定资产投资、规模以上工业平均用工人数;能源结构对河北的影响最大,轻重工业比值次之,因而河北省需降低煤炭消耗比重,开发使用清洁能源,大幅降低重化工业比重,这是其节能减碳的主要方向。

表 3 京津冀能耗碳排放影响因素的地理探测分析

Tab.3 Geographical detection and analysis of factors affecting carbon emission of Beijing-Tianjin-Hebei

区域	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
京津冀	0.9997	0.0138	0.0099	0.1802	0.0086
北京	0.0013	0.0024	0.1816	0.1531	0.1974
天津	0.9550	0.0533	0.0088	0.2701	0.0148
河北	0.9998	0.0126	0.0073	0.6630	0.0065

3 结论与政策建议

3.1 结论

基于 2005—2016 年京津冀地区工业能耗碳排放展开研究,运用地理探测器模型分析能

源结构、能耗强度、固定资产投资、轻重工业比值和规模以上工业平均用工人数这些影响因素的作用大小,并进行变量之间的相关性和差异性分析,结论如下:

1)京津冀工业碳排放强度均为递减趋势。其中,河北最大,天津次之,北京最小。人均碳排放北京呈递减之势,天津和河北在波动中上升,天津涨幅较大。

2)北京市近些年逐渐转变煤炭类占主体的能源结构,石油类、天然气、热力和电力的消费逐渐增多。天津市能源结构以煤炭类为主体,2005—2009年煤炭类占比逐渐提高,2009—2016年煤炭类占比逐渐降低。由于河北省工业能耗在京津冀地区工业总能耗中占有较大比重,因而河北与京津冀的能源结构较为相似,煤炭类均占主导地位,其余能源占比很小。

3)地理探测器技术分析表明,能源结构对京津冀、天津和河北的工业能耗碳排放影响最大,工业从业人数对北京市的影响最大。

3.2 政策建议

由于京津冀三省市的技术水平和能源利用效率不尽相同,必须结合三地资源禀赋、工业发展特点和技术水平来节能减碳,而不能简单通过减缓经济发展来实现。在京津冀协同发展背景下,为推动工业领域的低碳发展,在此给出如下建议:

1)优化能源结构,减少煤炭使用量,降低重化工业产值,提高能源利用效率,是降低京津冀地区工业能耗碳排放的必由之路。北京市要进一步减员增效,降低重化工业固定资产投资,疏解能耗较高的工业行业,进一步降低工业能耗碳排放。天津市可通过减少煤炭使用量、多加开发利用新能源、减少重化工业比重。河北省降低煤炭消耗比重,开发使用清洁能源,大幅降低重化工业比重,是其节能减碳的主要方向。

2)实行差异化的减排政策。河北应当更加注重生产端的节能减排,借助疏解北京非核心功能之机,引进京津等地先进生产技术和工艺,淘汰落后产能,调整和优化工业产业结构。应当在整个京津冀地区开展节能、低碳技术的研发和推广。

3)大力降低重化工业比重。河北省应充分利用土地成本和商务成本较低,劳动力价格较低的优势,承接京津地区非重化工业转移,并依托北京、天津的科技优势,加强自身工业的技术升级改造。北京和天津在调整、优化自身产业的同时,加强技术转移,帮助河北进行产业低碳节能改造,实行三地低碳协同发展。

参考文献(References):

- [1] 王喜,张艳,秦耀辰,等. 我国碳排放变化影响因素的时空分异与调控. 经济地理, 2016, 36(08): 158-165. [Wang X, Zhang Y, Qin Y, et al. The Spatial-Temporal Differentiation of the Influence Factors of Carbon Emissions and the Regulation in China. Economic Geography, 2016, 36(08): 158-165.]
- [2] 孙艳芝,沈镭,钟帅,等. 中国碳排放变化的驱动力效应分析. 资源科学, 2017, 39(12): 2265-2274. [Sun Y, Shen L, Zhong S, et al. Driving force analysis of carbon emission changes in China. Resources Science, 2017, 39(12): 2265-2274.]
- [3] 赵巧芝,闫庆友,赵海蕊. 中国省域碳排放的空间特征及影响因素. 北京理工大学学报:社会科学版, 2018, 20(01): 9-16. [Zhao Q, Yan Q, Zhao H. Research on Spatial Characteristics and Influencing Factors of Provincial Carbon Emissions in China. Journal of Beijing Institute of Technology: Social Sciences Edition, 2018, 20(01): 9-16.]
- [4] 何永贵,于江浩. 河北省碳排放及其影响因素变化趋势研究. 环境科学与技术, 2018, 41(01): 184-191. [He Y, Yu J. Study on the change trend of carbon emissions and its influencing factors in Hebei Province. Environmental Science & Technology, 2018, 41(01): 184-191.]
- [5] 邓荣荣. 湖南省工业碳排放变化、影响因素及减排对策研究——基于22个工业行业的实证. 南华大学学报:社会科学版, 2016, 17(01): 55-62. [Deng R. The Change, Affecting Factors and Countermeasures of Hunan's Industrial Carbon Emissions—Based on analysis of 22 industrial sectors. Journal of University of South China, 2016, 17(01): 55-62.]

- [6] 韩媛媛, 廖剑宇, 张旺, 等. 长沙市规模以上工业能耗碳排放测算与预测研究. 国土与自然资源研究, 2017(05):46-50. [Han Y, Liao J, Zhang W, et al. Calculation and Prediction of Carbon Emission from Industrial Scale Energy Consumption in Changsha. Territory & Natural Resources Study, 2017(05):46-50.]
- [7] 孙艳伟, 李加林, 李伟芳, 等. 海岛城市碳排放测度及其影响因素分析——以浙江省舟山市为例. 地理研究, 2018, 37(05): 1023-1033. [Sun Y, Li J, Li W, et al. Estimating the carbon emissions and influencing factors of island city: A case study in Zhoushan Islands, Zhejiang province. Geographical Research, 2018, 37(05): 1023-1033.]
- [8] 李雪梅, 郝光菊, 张庆. 天津市高碳排放行业碳排放影响因素研究. 干旱区地理, 2017,40(5): 1089-1096. [Li X, Hao G, Zhang Q. Influencing factors of high-emission for industrial sub-sectors in Tianjin. Arid Land Geography, 2017, 40(05): 1089-1096.]
- [9] Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., et al. Chapter 2: Energy. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006.
- [10] Wu R N, Zhang J Q, Bao Y H, et al. 2016. Geographical detector model for influencing factors of industrial sector carbon dioxide emissions in Inner Mongolia, China. Sustainability, 8(2): 149-160.
- [11] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器:原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116- 134. [Wang J, Xu C. Geodetector: Principle and prospective. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116- 134.]
- [12] Wang J, Li X, Christakos G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun Region, China. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.

Study on measurement and influencing factors of industrial CO₂ emission in Beijing-Tianjin-Hebei Region

HAN Yuanyuan, PI Hejie, SHI Zenan, LV Ruyun, LIAO Jianyu

(College of Urban and Environmental, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China)

Abstract: In order to explore the measurement of industrial CO₂ emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region and its influencing factors, the paper analyzed them based on 2005-2016 data. Firstly, the time trends of industrial energy CO₂ emissions in Beijing, Tianjin, Hebei and Beijing-Tianjin-Hebei region were compared and analyzed. And then the geographical detector technology was used to analyze the influence on the CO₂ emissions from industrial energy consumption with energy structure, energy intensity, fixed asset investment, light and heavy industry ratio and the number of employees of industries above designated size in Beijing-Tianjin-Hebei region. The result showed that: ① During the study period, the industrial carbon emission intensity of Beijing-Tianjin-Hebei was a decreasing trend. Among them, Hebei is the largest, Tianjin is the second, and Beijing is the smallest; per capita carbon emissions are declining in Beijing, and Tianjin and Hebei are rising in fluctuations. ② The dominant position of CO₂ emissions from coal types fuel was determined by the energy structure of main coal types for Hebei Province in Beijing, Tianjin and Hebei region. ③ The energy structure had the greatest impact on the CO₂ emissions of Beijing-Tianjin-Hebei, Tianjin and Hebei, followed by the ratio of light and heavy industry; the number of employees of industries above designated size in Beijing had the greatest impact on CO₂ emissions, followed by fixed-asset investment. Therefore, it was necessary to adopt differentiated measures for energy conservation and CO₂ reduction for different regions.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei; industrial CO₂ emissions; influencing factors; geographical detector technology