

双碳背景下的京津冀地区碳排放影响因素研究

崔炳伟, 石莹莹

北方工业大学理学院, 北京

收稿日期: 2023年4月21日; 录用日期: 2023年5月6日; 发布日期: 2023年6月29日

摘要

全球气候变暖是全世界所有国家共同面临的挑战, 中国作为有责任和作为的负责任大国, 一直积极推进碳减排工作的实施。本文根据京津冀地区碳排放特点建立STIRPAT模型, 采用岭回归方法进行参数确定, 建立情景分析法对碳排放进行预测。研究发现人口数量、人均收入水平、能源强度、能源价格、产业结构、城镇化率的增长都会使京津冀地区的碳排放量增加, FDI、公共交通的增长会使京津冀地区的碳排放量减少。其中能源强度对碳排放量的影响最大, FDI对碳排放量的影响最低。FDI作为衡量外资的指标, 对碳排放量影响很小。各因素处于低速模式对于碳排放的降低最有效果, 但是人均收入水平和城镇化率低速增长不利于京津冀地区的经济增长与城镇化建设; 高速模式相比较其他模式, 在碳排放预测中具有显著优势, 且能够促进京津冀地区经济增长, 符合国家期望与相应政策。

关键词

碳排放, 京津冀, STIRPAT模型, 情景分析法

Research on the Influencing Factors of Carbon Emissions in the Jingjinji Region under the Dual Carbon Background

Bingwei Cui, Yingying Shi

College of Science, North China University of Technology, Beijing

Received: Apr. 21st, 2023; accepted: May 6th, 2023; published: Jun. 29th, 2023

Abstract

Global climate change is a common challenge faced by all countries around the world. As a responsible and responsible major country, China has been actively promoting the implementation of

carbon reduction work. This article establishes a STIRPAT model based on the characteristics of carbon emissions in the Beijing Tianjin Hebei region, uses ridge regression method to determine parameters, and establishes scenario analysis method to predict carbon emissions. The study found that the growth of population, per capita income, energy intensity, energy price, industrial structure and urbanization rate will increase the carbon emissions in Beijing Tianjin Hebei region, while the growth of FDI and public transport will reduce the carbon emissions in Beijing Tianjin Hebei region. Among them, energy intensity has the greatest impact on carbon emissions, while FDI has the lowest impact on carbon emissions. FDI, as a measure of foreign investment, has little impact on carbon emissions. The low-speed mode of various factors is most effective in reducing carbon emissions, but the low growth rate of per capita income and urbanization rate is not conducive to economic growth and urbanization construction in the Beijing Tianjin Hebei region; Compared with other modes, high-speed mode has significant advantages in carbon emission prediction and can promote economic growth in the Beijing Tianjin Hebei region, which meets national expectations and corresponding policies.

Keywords

Carbon Emissions, Jingjinji, STIRPAT Model, Scenario Analysis Method

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

中国是世界第一制造大国,有“世界工厂”的称号。相关数据显示,我国二氧化碳排放 70%以上来自工业生产或生成性排放[1]。全球气候变暖是全世界所有国家共同面临的挑战,中国作为有责任和作为的负责任大国,一直积极推进碳减排工作的实施,2020 年 9 月中旬中国提出 2030 年“碳达峰”和 2060 年“碳中和”的目标。为实现我国“双碳”目标,科学地解释碳排放的影响因素是明确减排路径的基础。

黄蕊等[2]采用 STIRPAT 模型对江苏省能源消费碳排放做了影响因素分析,设置了发展的不同情景并进行趋势预测。当人口、经济保持低速增长,并保持高技术增长率时,有利于控制江苏省的能源消费碳排放量,2020 年江苏省的能源消费碳排放量预测值为 202.81 MtC。潘伟[3]等采用 2003~2016 年不同种类能源的消耗量测算了各行业的碳排放量,并利用 LMDI 分解法对我国不同行业的碳排放量进行了驱动因素分析,发现我国的碳排放的驱动因素主要是人均经济产出拉动碳排放,其次是能源强度效应的抑制作用和人口规模效应的促进作用,且工业碳排放减排对国家整体碳排放减排起到不可替代的作用。唐赛[4]等以中国主要经济区的典型城市为例,采用扩展的 SPIRPAT 模型将城市碳排放影响因素进行了分解,为推进碳减排提供借鉴。杨欣[5]等研究了武汉城市圈的碳排放时空格局和影响因素分解研究,以 IPCC 清单为依据构建碳排放指标,利用 LMDI 模型对武汉城市圈的碳排放影响因素进行了分解,研究发现废弃物处理是武汉城市圈碳排放量最多的项目,碳排放主要集中在武汉、黄石、孝感和黄冈等市,能源结构和能源效率是抑制碳排放的主要原因,经济水平是碳排放增长的主要原因。刘美君[6]构建 STIRPAT 模型进行影响因素分析,运用了岭回归方法来确定参数,结合情景分析法,对 2020~2035 年长江经济带碳排放进行情景预测。长江经济带碳排放会在 2030 年达峰,峰值为 402,265 万吨。

可以看出,对碳排放影响因素的分解研究,众多学者采用迪氏对数指标分解模型(LMDI)或 STIRPAT 模型进行分解,两模型均存在一定应用限制,因此运用模型对碳排放影响因素进行分解时应充分考虑不

同地区的发展情况。本文应用 STIRPAT 模型, 结合京津冀地区特点, 在分析京津冀地区人口数量、人均收入水平、能源强度、能源价格、产业结构、城镇化率、FDI、公共交通对能源消费产生的碳排放量的影响。基于回归结果, 设置了 5 种不同发展情景, 对未来京津冀地区能源消费碳排放量进行预测, 为该地区节能减排工作提供参考和依据。

2. 理论基础与模型介绍

2.1. 情景分析法

情景分析是就某一主体或某一主题所处的宏观环境进行分析的一种特殊研究方法。概括地说, 情景分析的整个过程是通过对环境的研究, 识别影响研究主体或主题发展的外部因素, 模拟外部因素可能发生的多种交叉情景分析和预测各种可能前景。

2.2. STIRPAT 模型

STIRPAT 模型[7]是 Dietz 和 Rosa 在 IPAT 模型的基础上扩展而得, 为可扩展的随机性的环境影响评估模型, 其标准形式为:

$$I = aP^b A^c T^d e \quad (1)$$

其中, I 、 P 、 A 、 T 表示为环境影响、人口、富裕度和技术水平; a 是模型系数; b 、 c 、 d 为待估系数; e 为误差项。

将模型两边分别取对数:

$$\ln I = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + \ln e \quad (2)$$

2.3. 岭回归模型

岭回归是一种专用于共线性数据分析的有偏估计回归方法, 实际上是一种改良的最小二乘估计法, 通过放弃最小二乘法的无偏性, 以损失信息、降低精度为代价获得回归系数更为符合实际、更可靠的回归方法, 对病态数据的拟合要强于最小二乘法[8]。

最小二乘法定义损失函数为残差的平方:

$$\|X\theta - y\|^2 \quad (3)$$

其中, X 为自变量矩阵, y 为因变量, θ 为待估参数。通过最小化损失函数求得待估参数 θ 。

岭回归将最小二乘法的损失函数加上一个正则化项, 变为:

$$\|X\theta - y\|^2 + \|\Gamma\theta\|^2 \quad (4)$$

定义 $\Gamma = \alpha I$, 则 $\theta(\alpha) = (X^T X + \alpha I)^{-1} X^T y$, α 为控制参数, I 为单位阵。

3. 京津冀地区碳排放影响因素及预测分析

3.1. 指标选取和数据整理

本文选取的指标包括碳排放总量、人口数量、人均收入水平、能源强度、能源价格、产业结构、城镇化率、FDI、公共交通。下面对指标测算及数据来源进行说明。

1) 碳排放总量(CE, 单位: 万吨)。由八种主要化石能源消费折算得到京津冀三地的地区碳排放量, 将三地加总得到京津冀碳排放总量, 化石能源数据来源为 EPS 数据平台下的中国能源数据库。

2) 人口数量(P, 单位: 万人)。将京津冀三地区年末人口数加总来衡量人口数量指标。数据来源为

2006~2021 年《中国统计年鉴》。

3) 人均收入水平(PGDP, 单位: 元)。将京津冀三地区的地区生产总值进行加总得到京津冀地区生产总值, 将其与人口数量之比作为人均收入水平的衡量。数据来源为 2006~2021 年《中国统计年鉴》。

4) 能源强度(EI, 单位: 万标准煤/亿元)。将京津冀地区能源消费量的综合与地区生产总值之比作为能源强度的衡量。三地能源消费量数据来源为 2006~2021 年《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省统计年鉴》。

5) 能源价格(PPIRM, 单位: %)。将京津冀三地的地区燃料、动力类购进价格指数进行加权平均得到能源价格指数, 作为能源价格的衡量, 权重为三地的 GDP 比值。地区燃料、动力类购进价格指数数据来源为 2006~2021 年《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省统计年鉴》。

6) 产业结构(IS, 单位: %)。以京津冀三地的第二产业产值综合占地区生产总值的比重作为产业结构的衡量。三地第二产业产值来源为 2006~2021 年《中国统计年鉴》。

7) 城镇化率(UR, 单位: %)。由分地区年末城镇人口比重计算分地区年末城镇人口, 将京津冀三地的年末城镇人口总和与年末人口数的比值作为城镇化率的衡量。分地区年末城镇人口比重数据来源为 2006~2021 年《中国统计年鉴》。

8) FDI (单位: 万美元)。即实际利用外商直接投资额。数据来源为 2006~2021 年《北京市统计年鉴》《天津市统计年鉴》《河北省统计年鉴》。

9) 公共交通(PT, 辆)。将京津冀三地的公共气电车数与轨道交通运营车数加总得到公共交通工具运营数, 以每万人拥有公共交通工具运营数作为公共交通的衡量。数据来源为 2006~2021 年《中国统计年鉴》。

为方便模型待估参数计算, 将上述指标数据取对数。

3.2. 碳排放影响因素分析

3.2.1. STIRPAT 模型构建

为研究京津冀地区的碳排放影响因素, 结合京津冀地区的实际情况, 对模型进行扩展, 构建模型如下:

$$\ln CE = \ln c + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln PGDP + \beta_3 \ln EI + \beta_4 \ln PPIRM + \beta_5 \ln IS + \beta_6 \ln UR + \beta_7 \ln FDI + \beta_8 \ln PT + \ln e \quad (5)$$

其中, CE 为碳排放总量, P 为人口数量, $PGDP$ 为人均收入水平, EI 为能源强度, $PPIRM$ 为能源价格, IS 为产业结构, UR 为城镇化率, FDI 为实际利用外商直接投资额, PT 为公共交通; c 为模型系数, β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 、 β_7 、 β_8 为待估参数; e 为误差项。

3.2.2. 模型结果分析

利用 Python 对京津冀地区碳排放的影响因素进行回归分析, 回归结果见表 1。

Table 1. Ordinary least squares estimation results

表 1. 普通最小二乘法估计结果

Variable	Coefficient	s.e.	t-test	p-value
Constant	-151.217	68.274	-2.215	0.069
lnP	5.547	7.217	0.769	0.471
lnPGDP	8.483	1.602	5.295	0.002
lnEI	11.638	2.568	4.532	0.004

Continued

lnPPIRM	0.764	0.332	2.297	0.061
lnIS	1.210	1.063	1.138	0.298
lnUR	4.821	5.371	0.898	0.404
lnFDI	-0.237	0.376	-0.630	0.552
lnPT	-1.007	1.206	-0.835	0.436
n = 15	$R^2 = 0.959$	$R_a^2 = 0.903$	F = 17.32	P(F) = 0.001

决定系数 $R^2 = 0.959$, 且通过了 F 检验, 但是变量 lnP、lnPPIRM、lnIS、lnUR、lnFDI、lnPT 都不显著, 可能存在多重共线性。各变量 VIF 值见表 2。

Table 2. Variance inflation factor
表 2. 方差膨胀因子

Variable	VIF 值
lnP	279.330
lnPGDP	749.646
lnEI	1089.765
lnPPIRM	2.340
lnIS	31.751
lnUR	509.910
lnFDI	56.306
lnPT	93.967
Average	351.634

可以看出, 各变量之前存在严重多重共线性, 普通最小二乘法得出的估计量将不具备一致性。为了消除多重共线性的影响, 采用有偏估计的岭回归分析进行模型拟合。为消除量纲, 对各变量进行了标准化处理。

Hoerl and Kennard (1976) 提出, 控制参数 α 可取固定值:

$$\alpha = \frac{k\hat{\sigma}^2(0)}{\sum_{i=1}^k [\hat{\theta}_i(0)]^2} \quad (6)$$

其中, $\hat{\theta}_i(0)$ 为对数据拟合模型时获得的最小二乘估计, $\hat{\sigma}^2(0)$ 为相应的残差均方。

利用上述公式计算得出控制参数 $\alpha = 0.002539$ 。利用 python 的 sklearn 包进行岭回归拟合, 用原始变量的形式可表示为:

$$\begin{aligned} \ln CE = & -96.279 + 1.365 \ln P + 6.768 \ln PGDP + 8.748 \ln EI + 0.557 \ln PPIRM \\ & + 1.066 \ln IS + 4.996 \ln UR - 0.010 \ln FDI - 1.558 \ln PT + \ln e \end{aligned} \quad (7)$$

决定系数 $R^2 = 0.949$, 且均方误差 $MSE = 0.048$, 模型精度为 95% 左右, 且均方误差较小。将原始数据带入拟合模型, 得到模拟值与真实值的对比图(见图 1), 可以看出模型拟合效果良好。

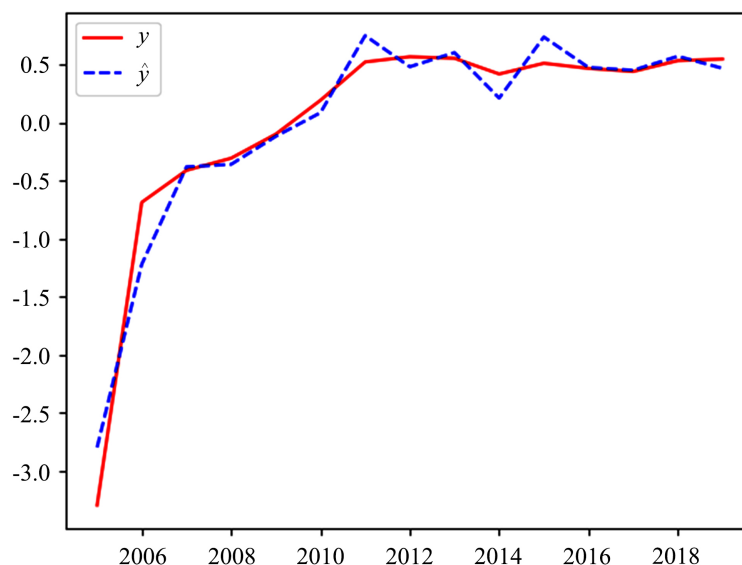


Figure 1. Comparison diagram of simulated range of true values

图 1. 模拟值域真实值的对比图

根据拟合模型, 人口数量、人均收入水平、能源强度、能源价格、产业结构、城镇化率的增长都会使京津冀地区的碳排放量增加, FDI、公共交通的增长会使京津冀地区的碳排放量减少。其中, 能源强度对碳排放量的影响最大, 能源强度每减少 1%, 碳排放量将降低 8.748%; 人均收入水平、城镇化率、公共交通、人口、产业结构、能源价格对碳排放量的影响依次减小, 公共交通每增加 1%, 碳排放量将降低 1.558%, FDI 对碳排放量的影响最低。人口数量、人均收入水平是影响碳排放量的两个重要因素, 说明京津冀地区仍处于经济发展期, 随着经济增长与人口的增加, 碳排放量也会增加; FDI 作为衡量外资的指标, 对碳排放量影响很小, 说明外资投资项目不会使得京津冀地区碳排放量增加; 产业结构对碳排放量的影响那根线正相关, 即京津冀地区的第二产业发展依旧会使得碳排放量的增加, 说明京津冀地区的加工制造业低碳转型还有进步空间; 公共交通作为主要低碳出行方式, 能够有效环节碳排放压力, 公共交通工具正在由汽转电, 这会更加有效的减少碳排放量, 体现了京津冀地区交通运输部门的绿色低碳转型发展的有效性。

3.3. 情景预测分析

3.3.1. 模式设定

考虑到未来的不确定性因素, 本文将采用情景分析法来对京津冀地区的碳排放进行预测, 即对相关指标分层设定情景模式, 继而进行各种情景模式下的碳排放的预测。结合我国双碳背景, 本文设定的预测区间为 2021 年至 2035 年。本文以我国的五年规划为依据, 对十四五规划中的 2021~2025 年采用相同的增长速度, 2026~2030 年为相同的增长速度, 2031~2035 年采用相同的增长速度。在岭回归模型公式中发现, 人口数量、人均收入水平、能源强度、城镇化率以及公共交通的系数相对较大, 其中人口数量由于京津冀区域的人口吸引力都在下降, 人口增长处于低速增长的状态, 所以将不被选取。接下来对指标的增速进行一个基准情景模式的设定, 具体见表 3:

Table 3. Profile settings
表 3. 情景模式设置

情景模式	人均收入	能源强度	城镇化率	公共交通
低速模式	低速	低速	低速	低速
高速模式	高速	高速	高速	高速

由于京津冀地区的相关指标具有一定特征及差异, 本文现将根据京津冀地区 2005~2020 年历史数据进行计算分析, 以确定相关指标的各模式选择。

3.3.2. 指标参数设定

在已经设定好的预测年限区间里, 本文将对所有指标的增速进行设定, 为确保结果的可靠性及说服力, 本文将以政府最近的相关公告以及文献来设定指标参数, 其中指标增速的正负代表该指标变化率的上升或下降, 绝对值表示上升或下降的速度, 高中低速按照绝对值大小来划分。

(一) 人均收入增速设定

人均收入水平(元)。中国国家统计局 2022 年 10 月 11 日发布的中共十八大以来经济社会发展成就系列报告显示, 2021 年, 中国居民人均可支配收入比 2012 年累计实际增长 78%。居民收入保持较快增长, 与经济增长基本同步。

京津冀地区 2020 年年末人均收入水平达到 78254.68 元, 较 2010 年增长了 87.1%, 比上年增长了 1.98%。本文基于 2005~2020 年京津冀的历史数据, 计算各年的人均收入水平, 对京津冀未来的人均 GDP 进行估计。2006~2010 年平均每年人均收入增长率为 13.62%, 2011~2015 年平均每年人均收入增长率为 8.71%, 2016~2020 年平均每年人均收入增长率为 4.42%。增长速度呈逐年缓慢降低的趋势, 其中 19 年 20 两年增速降低程度较大。最近的五年平均增速的降低程度接近上一个五年的 50%。故本文设置低速模式下, 2021~2025 年平均每年人均收入水平增速为 2.2%, 2026~2030 年平均每年人均收入水平增速为 1.1%, 2031~2035 年平均每年人均收入水平增速为 0.6%。高速模式以此为基础做相应调整, 人均收入水平设定见表 4。

Table 4. Setting the growth rate of per capita income level
表 4. 京津冀地区人均收入水平增速设定

模式	2021~2025	2026~2030	2031~2035
低速	2.2%	1.1%	0.6%
高速	2.8%	1.8%	1.2%

(二) 能源强度增速设定

能源强度(EI, 千克标准煤/元): 能源消费量与地区生产总值之比。于上海举行的 BP 世界能源展望 2018 版发布会上, BP 集团首席经济学家戴思攀表示, 未来 25 年, 中国总体能源需求会每年增长 1.5%, 中国能源需求的增长和 GDP 增长有一些差异, 其实在未来 25 年, 中国的能源强度也会下降。

2020 年京津冀地区的能源强度为 0.55 万标准煤/亿元, 相比较 2009 年下降了 45.32%, 比上一年下降了 3.11%。对 2005~2020 年京津冀地区能源强度的下降率进行计算, 分别对京津冀未来的能源强度进行估计。2006~2010 年平均每年能源强度降低率为 8.61%, 2011~2015 年平均每年能源强度降低率为 5.46%,

2016~2020 年平均每年能源强度降低率为 3.63%。故本文设置低速模式下, 2021~2025 年平均每年能源强度增速为-2.3%, 2026~2030 年平均每年能源强度增速为-1.5%, 2031~2035 年平均每年能源强度增速为-0.9%。高速模式以此为基础做相应调整, 能源强度设定见表 5。

Table 5. Energy intensity growth rate setting

表 5. 京津冀地区能源强度增速设定

模式	2021~2025	2026~2030	2031~2035
低速	-2.3%	-1.5%	-0.9%
高速	-2.4%	-1.6%	-1.1%

(三) 城镇化率增速设定

城镇化率(UR, %)是地区常住人口占该地区总人口的比例。国家发改委印发“十四五”新型城镇化实施方案的通知中指出,“十三五”以来,国家新型城镇化取得重大进展,城镇化水平和质量大幅提升,2020 年末全国常住人口城镇化率达到 63.89%。国家统计局统计公报显示 2021 年,城乡区域协调发展扎实推进。年末全国常住人口城镇化率为 64.72%,比上年末提高 0.83 个百分点。接下来主要目标是到 2025 年,全国常住人口城镇化率稳步提高,户籍人口城镇化率明显提高,户籍人口城镇化率与常住人口城镇化率差距明显缩小。《人口与劳动绿皮书:中国人口与劳动问题报告 No.22》预计,中国将在“十四五”期间出现城镇化由高速推进向逐步放缓的“拐点”,2035 年后进入相对稳定发展阶段,中国城镇化率峰值大概率出现在 75%至 80%。世界上发达国家城镇化率均超过 80%,并趋于稳定。

京津冀地区是经济发展的重点地区,资源优越。京津冀地区 2020 年年末城镇化率 68.61%,比 2012 年增长了 16.7%,比上年增长 1.14%。对 2005~2020 年京津冀地区城镇化率的年增长率进行计算,分别对京津冀未来的城镇化率进行估计。2006~2010 年平均每年城镇化率增长率为 2.8%,2011~2015 年平均每年城镇化率增长率为 2.1%,2016~2020 年平均每年城镇化率增长率为 1.8%。故本文设置低速模式下,2021~2025 年平均每年城镇化率增速为 1.3%,2026~2030 年平均每年城镇化率增速为 1%,2031~2035 年平均每年城镇化率增速为 0.7%。高速模式以此为基础做相应调整,城镇化率设定见表 6。

Table 6. Setting of urbanization rate growth rate

表 6. 京津冀地区城镇化率增速设定

模式	2021~2025	2026~2030	2031~2035
低速	1.3%	1%	0.7%
高速	1.6%	1.3%	1%

(四) 公共交通增速设定

公共交通(PT, 辆): 每万人拥有公共汽电车与轨道交通运营车数(年末公共交通工具运营数)。据交通运输部统计公报显示,自 2016 年截止至 2021 年年末,2021 年年末全国拥有城市公共汽电车 70.94 万辆,比 2016 年增长了 16.56%,比上年末增长 0.7%;且 2020 年开始依次往前比上年末增长结果为:1.6%、3%、3.4%、6.9%。可以看出增长速率逐渐降低。

公共交通数量增加可以促进更大范围的低碳生活。京津冀地区 2020 年年末每万人拥有公共汽电车与轨道交通运营车数达到 6.73 辆,比 2011 年增长了 40.5%,比上年增长 0.91%。对 2005~2020 年京津冀地区每万人拥有公共汽电车与轨道交通运营车数年增长率进行计算,分别对京津冀未来的每万人拥有公共

汽电车与轨道交通运营车数进行估计。2006~2010 年平均每年每万人拥有公共汽电车与轨道交通运营车数增长率为 3.6%，2011~2015 年平均每年增长率为 5.2%，2016~2020 年平均每年增长率为 2.6%。且近几年的增长速度都处于降低状态。故本文设置低速模式下，2021~2025 年平均每年每万人拥有公共汽电车与轨道交通运营车数增速为 1%，2026~2030 年平均每年增速为 0.6%，2031~2035 年平均每年增速为 0.3%。高速模式以此为基础做相应调整，公共交通设定见表 7。

Table 7. Public transportation growth rate setting
表 7. 京津冀地区公共交通增速设定

模式	2021~2025	2026~2030	2031~2035
低速	1%	0.6%	0.3%
高速	1.5%	1%	0.5%

3.3.3. 情景预测

本文在情景预测中有四个指标，每个指标设立了低速高速两种情况，现对各个指标的不同模式进行组合，在考虑现实因素与国家鼓励对低碳与经济发展推动政策的情况下，人均收入水平和城镇化率越高越好。结合合理性考虑，现将人均收入水平和城镇化率保持在高速情境下。对能源强度和公共交通做低高速搭配。因此加上模式设定中的低高速基准模式，现一共 5 种模式。例：S1 是情景 1，具体情景模式见表 8。

Table 8. Setting the growth rate of various scenario indicators
表 8. 京津冀地区各情景指标增速设定

模式	人均收入水平(PGDP)	能源强度(EI)	城镇化率(UR)	公共交通(PT)
S1	高速	低速	高速	低速
S2	高速	低速	高速	高速
S3	高速	高速	高速	低速
低速模式	低速	低速	低速	低速
高速模式	高速	高速	高速	高速

根据各参数的设定，结合岭回归估计的模型公式(7)。
先对情景分析中的各因素根据参数进行 2021~2030 年的预测，将其他指标以近十年平均年增长速度为固定增长速度进行预测，其中产业结构到达 20 时将不再下降对京津冀地区 2021~2030 年的碳排放进行估计，同时把预测趋势相类似的作为同一类，并作出折线图。

Table 9. 2021~2035 carbon emission forecast
表 9. 京津冀地区 2021~2035 年碳排放预测

年份	S1	S2	S3	低速	高速
2021	109196.7582	108359.8392	108222.885	98773.61414	107393.43
2022	104766.5754	103166.8003	102906.1833	93376.53875	101334.8162
2023	100516.128	98222.63261	97850.67709	88274.36421	95617.99983

Continued

2024	96438.12391	93515.40934	93043.53437	83450.97688	90223.69837
2025	92525.5671	89033.77511	88472.55375	78891.14359	85133.7171
2026	96414.33005	92203.96009	91375.41706	73798.84727	87385.09414
2027	100466.5341	95487.0244	94373.52591	69035.25048	89696.00927
2028	104689.0484	98886.98728	97470.00537	64579.13619	92068.03698
2029	109089.0311	102408.0111	100668.0831	60410.65691	94502.7934
2030	113673.9409	106054.4064	103971.0926	56511.24625	97001.93742
2031	115712.8477	107622.1123	103981.9846	53360.77898	96711.48064
2032	117788.3252	109212.9922	103992.8778	50385.94833	96421.89359
2033	119901.0294	110827.3887	104003.7721	47576.96266	96133.17367
2034	122051.628	112465.6493	104014.6676	44924.57621	95845.31826
2035	124240.8006	114128.1268	104025.5642	42420.05868	95558.3248

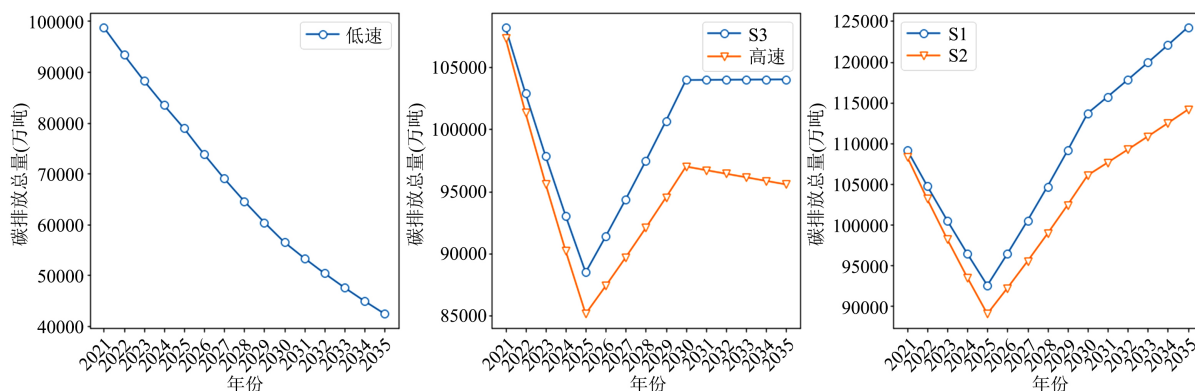


Figure 2. Carbon emission trend chart

图 2. 碳排放趋势图

表 9 为京津冀地区 2021~2035 年的碳排放预测结果。

如图 2, 从左到右依次是类型一、类型二、类型三。

在类型一中, 有情景 1 和情景 2 两种情况, 2025 年之前碳排放预测先呈降低趋势, 2025~2030 年呈增长趋势, 2030 年之后呈缓慢增长趋势。这两种情形中, 能源强度的降低速度都处于低速模式。在 S1 情景 1 下, 人均收入水平和城镇化率处于高速增长模式, 能源强度下降处于低速状态, 公共交通增长处于低俗状态, 此时碳排放在 2025 年下降之后将持续增长且增长速度最快。

类型二中, 有情景 3 和高速两种情况, 碳排放量在 2025 年之前呈下降趋势, 且这里的下降趋势比类型一中下降趋势大, 2025~2030 年呈缓慢增长趋势, 2030 年之后呈平稳趋势不再上升, 且高速模式呈缓慢下降趋势。这两种模式中能源强度都处于高速模式。当人均收入、城镇化率及公共交通全部处于高速增长发展模式, 能源强度处于高速降低模式时, 碳排放量将在 2025 年之前呈下降趋势, 2025 年之后处于逐年缓慢增长状态; 在 2030 年之后呈平稳且缓慢下降趋势。

类型三中, 只有低速一种模式, 京津冀地区碳排放量在 2021~2035 年期间将持续下降。可以看出, 当人均收入水平、城镇化率及公共交通全部处于低速增长发展模式, 能源强度处于低速降低模式时, 碳排放量将持续下降。

4. 结论与建议

4.1. 结论

1) 人口数量、人均收入水平、能源强度、能源价格、产业结构、城镇化率的增长都会使京津冀地区的碳排放量增加, FDI、公共交通的增长会使京津冀地区的碳排放量减少。其中, 能源强度对碳排放量的影响最大, FDI 对碳排放量的影响最低。FDI 作为衡量外资的指标, 对碳排放量影响很小, 说明外资投资项目不会使得京津冀地区碳排放量增加。京津冀地区仍处于经济发展期, 随着经济增长与人口的增加, 碳排放量也会增加。京津冀地区的加工制造业低碳转型还有进步空间。公共交通作为主要低碳出行方式, 能够有效缓解碳排放压力, 公共交通工具正在由汽转电, 这会更加有效的减少碳排放量, 体现了京津冀地区交通运输部门的绿色低碳转型发展的有效性。

2) 在情景分析中, 各因素处于低速模式对于碳排放的降低最有效果, 但是人均收入水平和城镇化率低速增长不利于京津冀地区的经济增长与城镇化建设。能源强度的高速模式与低速模式对碳排放预测结果有重要的影响。高速模式相比较其他模式, 在碳排放预测中具有显著优势, 且能够促进京津冀地区经济增长, 符合国家期望与相应政策。

4.2. 建议

1) 科学发展低碳技术。京津冀地区的碳排放量还未进入拐点, 绿色经济与低碳技术还有待进一步发展。加工制造业还有低碳转型技术进步空间, 北京要起到模范带头作用, 共享科技水平。

2) 高速推进碳减排工作。由于能源强度对碳排放量的影响最大, 可以适当将京津冀地区能源产业向外迁移。外资对碳排放量的影响较小, 可以适当加大吸收外资力度, 改进低碳技术。鼓励人均收入水平和城镇化率的高速增长模式, 并适当提高公共交通增长与能源强度降低的速度。

3) 完善低碳循环发展体系。目前京津冀地区正处于拐点的关键时期, 平稳度过拐点期, 深入巩固好减碳低碳相关措施尤为重要。要不断完善低碳循环发展体系, 强化低碳经济制度与科技创新, 既要保持经济健康发展, 也要维护绿色生态环境。公共交通作为低碳出行的代表, 可以有效缓解碳排放压力, 建议大力发展汽转电, 鼓励居民多乘坐公共交通, 减少私家车使用。

4) 推动产业绿色升级, 加快产业结构调整, 强化对企业降碳的监督和考核制度。严控碳排放量, 对运用高效降碳减排设备的企业给予适当的技术和制度支持, 巩固维持京津冀地区整体的碳排放与经济增长之间的强脱钩状态。

参考文献

- [1] 陈海波. 实现“双碳”目标, 制造业何为[N]. 光明日报, 2022-07-30(009).
<https://doi.org/10.28273/n.cnki.ngmrb.2022.003597>
- [2] 黄蕊, 王铮, 丁冠群, 龚洋冉, 刘昌新. 基于 STIRPAT 模型的江苏省能源消费碳排放影响因素分析及趋势预测[J]. 地理研究, 2016, 35(4):781-789.
- [3] 潘伟, 胡程. 我国不同行业能源消费碳排放分解研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(4): 141-145.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyc.2019.04.033>
- [4] 唐赛, 付杰文, 武俊丽. 中国典型城市碳排放影响因素分析[J]. 统计与决策, 2021, 37(23): 59-63.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyc.2021.23.013>

-
- [5] 杨欣, 蔡银莺, 张安录. 武汉城市圈碳排放的时空格局及影响因素分解研究——基于 2001~2009 年市级面板数据的实证[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(11):1389-1396.
- [6] 刘美君. 长江经济带碳排放影响因素及预测分析[D]: [硕士学位论文]. 蚌埠: 安徽财经大学, 2022.
- [7] York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T. (2003) STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts. *Ecological Economics*, **46**, 351-365.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5)
- [8] Hoerl, A.E. and Kennard, R.W. (1970) Ridge Regression: Biased Estimation for Nonorthogonal Problems. *Technometrics*, **12**, 55-67. <https://doi.org/10.1080/00401706.1970.10488634>