

Research on the Influencing Factors of Carbon Emission in Transportation in the Beijing-Tianjin-Hebei Region Based on GRA

Yichi Zhang

Guangzhou College of Technology and Business, Guangzhou, Guangdong, 510850, China

Abstract

Through top-down calculation method, the total carbon emissions of transportation energy consumption in Beijing-Tianjin-Hebei in 2011-2020. The quantitative analysis method of Kaya identity is used to decompose the carbon emission of the transportation industry in Beijing-Tianjin-Hebei into population effect, economic effect, energy intensity effect, energy structure effect and carbon emission factor effect. Finally, grey correlation analysis (GRA) is used to conduct correlation analysis of the influencing factors. The results show that the population effect, energy structure intensity and energy structure effect have a great impact on the transportation carbon emission of Beijing and Tianjin, and the economic effect and energy intensity effect and energy structure effect have a great impact on the carbon emission of transportation in Hebei Province.

Keywords

transportation; carbon emission efficiency; CO₂ accounting method; Kaya identity; gray correlation analysis; carbon emission contribution

基于 GRA 的京津冀交通运输碳排放影响因素研究

张亦池

广州工商学院, 中国 · 广东 广州 510850

摘 要

通过自上而下的计算方法, 估算了京津冀 2011—2020 十年来交通运输能源消费碳排放总量。运用 Kaya 恒等式的定量分析方法将京津冀交通运输业的碳排放分解为人口效应、经济效应、能源强度效应、能源结构效应和碳排放因子效应, 最后应用灰色关联分析法 (GRA) 对各影响因素进行关联分析。结果表明: 人口效应和能源结构强度、能源结构效应对北京天津交通运输碳排放影响较大, 经济效应和能源强度效应、能源结构效应对河北省交通运输碳排放影响较大。

关键词

交通运输; 碳排放效率; CO₂核算方法; Kaya恒等式; 灰色关联分析; 碳排放贡献度

1 引言

步入 21 世纪以来, 由于化石能源的大量消耗, 全球能源危机和温室效应的负面影响严重威胁到人类的生存发展, 节能减排成为全球关注的重要课题。2016 年, 京津冀地区的碳排放量占全国总排放量的 1/5, 成为中国乃至世界碳排放量最大的地区^[1], 京津冀地区同属京畿重地, 战略地位十分重要, 2018 年中共中央、国务院明确要求以疏解北京非首都功能为目标推动京津冀协同发展, 京津冀已成为不可分

割的命运共同体, 京津冀协同发展是当前国家提出的一个重大发展战略。为促进三地经济协调持续发展, 资源环境问题仍然受到高度重视。河北省是能源消费大省, 天津是全国经济高速发展的重要城市, 发展带来的是严重的碳排放问题, 经济增长和节能减排之间的矛盾日益凸显。因此, 如何实现减排承诺以降低碳排放强度成为值得深入研究的问题。目前已有众多学者对京津冀的碳排放情况进行了研究。韩媛媛^[2]等学者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; 王树强^[3]等学者基于 2004—2016 年京津冀的面板数据, 采用面板数据模型和广义线性回归的估计方法, 实证分析了京津冀地区经济协同对环境质量的影响; 孙丽文等学者通过构建碳排放协同治理评价指标体系, 采集 2012—2016 年相关数据, 运

【课题项目】“高质量发展”目标下广东省高新技术产品国际数字贸易发展潜力研究 (项目编号: KYB202316)。

【作者简介】张亦池 (1995—), 男, 中国河北邢台人, 硕士, 从事计量经济、国际贸易研究。

用复合系统协同度模型,以环境污染严重的京津冀区域为实证对象,对其各子系统碳排放治理的有序度及整体协同度进行测度。李瑞彩学者,对 1995—2013 年京津冀地区的经济发展状况、能源消费情况及能源消费的碳排放状况进行了分析;对京津冀能源活动产生的碳排放量进行了核算;运用 LMDI 模型分别对京津冀的碳排放进行了因素分析,并就三省市碳排放影响因素作用的不同做了比较研究。

可见近年来京津冀碳排放问题逐渐引起学术界的关注,尤其是对于能源消耗和工业生产这两大部门的研究日益深入。而交通运输行业是 CO₂ 第三大排放部门,仅次于能源部门和工业部门。交通运输的碳排放量已成为社会各界关注的焦点,许多学者已对这一问题展开了研究,探讨了交通运输对碳排放的影响因素。Wang 等采用 LMDI 模型以交通运输碳排放为研究对象,研究显示对碳排放系数效应对交通运输业碳排放贡献率影响很小,而运输载重量以及运输各环节之间的配合程度是可以促进碳排放量减少的主要因素。Lee Schipper 分别应用 LMDI 和 Laspeyres 法对美国交通碳排放的影响因素进行分析,将交通碳排放影响因素分解为人口因子、运输方式因子、经济因子、利用率因子,并比较分析了各因素对碳排放的贡献程度。喻洁等应用 LMDI 法对中国交通运输业碳排放因素进行分析,以不同的运输方式为基础,从定量角度研究了碳排放变化趋势,并结合实际情况提出了交通运输节能减排的意见。欧阳斌等对中国的交通运输能耗量进行了统计分析,并以江苏省的交通运输情况为例,利用 IPCC 法计算交通运输总能耗与碳排放之间的关系,提出了基于区域的差异化研究方法,为该领域的研究方法提供了新思路。

对于交通运输的碳排放量研究,已取得了许多关于碳排放特征、趋势和影响因素的成果。由于世界各地的产业结构和交通方式存在较大差异,即使在同一国家,不同地区之间也存在明显的差异。因此,根据不同地区的特点来研究相关地区的交通运输碳排放情况具有重要的现实意义。随着京津冀地区交通道路的优化和物流行业的快速发展,交通运输业的能源需求不断增加,导致大量 CO₂ 的排放。为了实现低碳交通,论文选取了京津冀地区 2011—2020 年的交通运输综合能源消耗量作为研究对象,采用变形 Kaya 恒等式的定量分析方法,对影响京津冀地区交通运输业碳排放的因素进行了分解和变形。将交通运输碳排放因素分解为人口效应、经济效应和能源效应,并运用灰色关联分析法 (GRA) 对各因素进行了定量关联分析,得出了各因素对交通运输碳排放的贡献度。最后,结合国家政策和现实情况,提出了针对京津冀地区交通运输业的减排建议。

2 研究方法和数据来源

2.1 CO₂ 排放测算方法

目前,对于交通运输能源碳排放的估算主要采用两种

方法,即“自上而下”和“自下而上”的计算方法。由于中国各种类型机动车保有量、行驶里程及单位里程燃料消耗量等数据的可获得性较差,“自上而下”方法基于终端能源消耗的碳排放测算方法具有较高的准确度。因此,本研究选择了“自上而下”的计算方法,来估算京津冀地区交通运输行业的能源消费碳排放量,并采用了相应的计算公式:

$$CO_2 = \sum_{i=1} CO_{2i} = \sum_{i=1} E_i \times EF_i = \sum_{i=1} E_i \times NCV_i \times CEF_i \times COF_i \times 44/12 \quad (1)$$

其中,CO₂ 为二氧化碳排放量; i 为能源种类; E_i 为能源消费量; EF_i 为 i 类能源的碳排放因子; NCV_i 为 i 类能源平均低位发热量; CEF_i 为 i 类能源平均热值含碳量; COF 为 i 类能源碳转化率,44/12 是二氧化碳分子量比值。

2.2 数据的收集与整理

论文的数据来源于《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》《河北经济年鉴》《中国能源统计年鉴》。在京津冀的统计年鉴中采用交通运输、仓储及邮政业的能源消费标准量估算碳排放量。交通能源包括原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、电力等方面,根据公式 (1) 估算出京津冀各年交通能源碳排放量。

2.3 Kaya 恒等式

Kaya 恒等式是定量表示二氧化碳排放量的有效形式,由日本学者 Kaya 首次提出。Kaya 恒等式可以分解碳排放总量的驱动因素,并准确量化各个驱动因素的贡献,从而为探讨低碳发展的可行策略提供了基础。这一方法是温室气体排放研究的重要成果和主要研究途径,其核心思想是利用简单的数字关系描述社会、经济、能源和排放等宏观总体因子之间的关系,以研究影响国家层面温室气体排放量变化的因素。Kaya 恒等式为式 (2) 所示。

$$E_{CO_2} = \frac{E_{CO_2}}{E_1} \times \frac{E_1}{T_G} \times \frac{T_G}{T_p} \times T_p \quad (2)$$

其中,E_{CO₂} 为二氧化碳排放量; E₁、T_G、T_p 为 Kaya 分解因素,分别表示一次能源消耗量、国内生产总值以及国内人口总量,各因素之间紧密相关,从不同层面表示了碳排放变化的促进因素; $\frac{E_{CO_2}}{E_1}$ 表示能源结构碳强度; $\frac{E_1}{T_G}$ 表示单位 GDP 能源强度; $\frac{T_G}{T_p}$ 表示人均国内生产总值。

2.4 改进 Kaya 恒等式

Kaya 恒等式具有形式简单且应用广泛等优点,在交通运输碳排放的研究方面已经得到成功的应用,例如姚丽敏学者对 Kaya 恒等式进行改进,得到可以应用到交通运输行业的 Kaya 碳排放恒等式,如式 (3) 所示,本研究选用改进的 Kaya 恒等式对京津冀碳排放影响因素进行研究。

$$E_{CO_2} = T_p \times \frac{T_G}{T_p} \times \frac{E_t}{T_G} \times \frac{\varepsilon_i}{E_t} \times \frac{E_{CO_2}}{\varepsilon_i} \quad (3)$$

为了更加形象地说明式 (3) 中各因子的含义,对其中的因子表达式进行如下变换: $p = T_p$, $g = \frac{T_G}{T_p}$, $e = \frac{E_t}{T_G}$, $u_i = \frac{\varepsilon_i}{E_t}$,

$$v_i = \frac{E_{co_2}}{\varepsilon_i} \text{从而得到式(3)的等价表达式:}$$

$$E_{co_2} = p \times g \times e \times u_i \times v_i \quad (4)$$

其中, T_p 为京津冀的人口数量; T_G 为京津冀生产总值; E_i 为京津冀交通运输能源消耗量; ε_i 为交通运输能源 i 碳排放系数; E_{co_2} 为京津冀交通运输碳排放总量; p 为人口效应, 表示人口数量的变化对交通运输碳排放的影响程度; g 为经济效应, 用来衡量京津冀的经济发展水平对交通运输碳排放的影响程度; e 为能源强度效应, 表示单位 GDP 的能源消耗量; u_i 表示能源结构效应, 反映了交通运输能源组成与碳排放的关系; v_i 表示碳排放因子效应, 表示相应能源对碳排放量的贡献能力。

2.5 灰色关联分析法

灰色关联分析 (Grey Relational Analysis, GRA) 是由中国学者邓聚龙提出的一种衡量动态变化系统各因素之间的作用关系的定量表示方法。有效利用灰色信息可以更好地理解系统运行规则, GRA 的主要思想是首先研究各因素之间的发展异同程度, 确定其相关关系的数学表达式, 然后对各因素的重要程序进行排序, 找出对系统影响最大的因素, 从而分析系统的主要特征。本研究选取交通运输碳排放量作为参考向量, 人口效应、经济效应、能源强度效应、能源结构效应和碳排放因子效应作为比较向量。

3 实验结果与分析

3.1 京津冀交通运输行业碳排放的计算

利用“自上而下”的方法对京津冀地区交通运输行业的碳排放量进行计算。交通运输行业消费的能源包括原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、电力等。这些能源的消耗数据以及平均低位发热量、碳氧化因子等系数来源于历年的《中国电力年鉴》《中国能源年鉴》和《中国统计年鉴》等资料。

3.2 Kaya 恒等式的碳排放驱动因素分解

运用 Kaya 恒等式对京津冀的碳排放驱动因素进行分解, 根据式(3)分解为人口效应、经济效应、能源强度效应、能源结构效应和碳排放因子效应。碳排放系数采用原煤、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、液化石油气碳排放量平均数, 为 0.58。

3.3 灰色关联分析法实验结果分析。

通过上一部分的 Kaya 恒等式分析出了影响京津冀碳排放的影响因素, 接下来运用灰色关联分析法 (Gray) 计算各因素与碳排放量的关联度, 表 1 为京津冀各因素与碳排放量的关联度, 从中可以看出北京市和天津市人口因素的关联度达到 98% 以上, 最接近于 1, 说明人口因素对北京天津的交通运输碳排放量的影响最大, 这与北京天津这种大城市人

口增长迅速具有一定关系。综合能源消耗量北京天津都达到了 90% 以上, 说明对于北京天津来说, 交通运输能源结构对交通运输碳排放量的影响较大。对于河北省人口因素的影响只排在了第三位, 这与河北省经济发展的缓慢, 外来人口数量少具有直接的关系, 综合能源消耗量排在第一位, 说明交通运输能源结构对交通运输碳排放量的影响最大。GDP 因素对于京津冀来说都是排在第四位, 说明经济产值对于交通运输碳排放的影响相对较小。

表 1 京津冀各因素与碳排放量的关联度

城市	因素	人口	GDP	人均 GDP	综合能源消耗量
北京	关联度	0.984177	0.480025	0.852586	0.923746
	贡献度排序	1	4	3	2
天津	关联度	0.982709	0.441387	0.874332	0.92034
	贡献度排序	1	4	3	2
河北	关联度	0.839706	0.455581	0.92548	0.979953
	贡献度排序	3	4	2	1

4 结论及建议

本研究采用了“自上而下”方法, 基于终端能源消耗的碳排放测算, 对京津冀地区的碳排放量进行了估算, 并对该地区的碳排放情况展开了研究。接着, 采用改进后的 Kaya 恒等式对京津冀地区交通运输碳排放因素进行了解, 以探究各因素与碳排放量之间的相关性。最后, 运用灰色关联分析法 (GRA) 对各影响因素进行了关联分析。研究结果显示, 不合理的经济结构和交通能源结构是导致碳排放量不断增加的主要原因, 为从根本上解决交通运输碳排放问题提供了理论依据。本研究给出如下建议:

- ①促进新技术的应用, 加强物流共同化建设。
- ②加强基础平台的建设, 推动物流园区的发展。
- ③支持新能源的应用, 优化行业能源结构。
- ④立足于优化产业结构与提高经济效率, 注重经济增长的质量的提升。
- ⑤提倡低碳消费。

参考文献

[1] 闫云凤. 京津冀碳足迹演变趋势与驱动机制研究[J]. 软科学, 2020(8):10-14.

[2] 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[J]. 世界地理研究, 2020, 29(1):140-147.

[3] 王树强, 徐娜. 京津冀区域经济发展的环境效应及其影响机制[J]. 企业经济, 2019, 38(2):67-74.