

Fiscal expenditure, regional fiscal transportation supply and carbon emission reduction

Hengcheng Zhang¹ Xinhong Guo²

1. Tiantai County Ladder Culture and Art Training Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 317013, China

2. School of Mathematics and Statistics, Kashgar University, Kashgar, Xinjiang, 844099, China

Abstract

Differentiated policies are key to improving regional carbon reduction efficiency, which is crucial for mitigating climate change. We decomposed the relevant data of various provinces in China in 2017 using K-means clustering and spatial index decomposition methods, exploring the impact of local fiscal expenditures on CO₂ emissions under socio-economic conditions. The results show that there are differences in carbon emissions both within and between regions. ① The output intensity of fiscal public transportation has different effects on carbon emission differences within regions but shows similar directions in inter-regional differences, though to varying degrees. ② Fiscal expenditure scale tends to reduce inter-regional carbon emission differences in developed regions, indicating that fiscal expenditures in these areas contain effective environmental-related spending. ③ The factors of fiscal expenditure vary in direction and degree across regions, providing a basis for formulating differentiated fiscal policies at the local level.

Keywords

fiscal expenditure; public transport finance; carbon emission reduction

财政支出、地区财政交通供给与碳减排

张恒诚¹ 郭新红²

1. 天台县阶梯文化艺术培训有限公司, 中国·浙江 台州 317013

2. 喀什大学数学与统计学院, 中国·新疆 喀什 844099

摘要

差异化政策是提高地区碳减排效率的关键,这对于改善气候变迁至关重要。我们通过K-均值聚类法和空间指数分解法对中国2017年各个省份的相关数据进行分解,探讨在社会经济条件情况下,地方财政支出对于二氧化碳排放的影响。结果显示各个地区存在组内和组间的碳排放差异。①财政公共交通的产出强度对于各个地区组内碳排放差异有不同影响,但是在组间碳排放差异有方向上的相似性,程度有所不同。②财政支出规模在发达地区往往会缩小组间碳排放差异,说明发达地区的财政支出中含有有效的与环保相关的支出。③财政支出各个因素在各个地区方向和程度不一,为政府在各个地区制定差异化财政政策提供依据。

关键词

财政支出; 财政公共交通; 碳减排

1 引言

中国从2017年开始就是全球最大的二氧化碳排放国家。2020年中国二氧化碳排放量为98.94亿吨,较2019年增加了0.88亿吨。2021年中国政府报告中明确指出要在2030年前实现碳达峰,争取在2060年实现碳中和。中国的二氧化碳碳排放情况和对于碳减排的承诺受到了世界各国的关注。[1]最近这些年,在大量可以获得的数据源的情况下,很多学者

采用各种各样的方法来评估能源效率和经济增长在中国碳减排上所发挥的重要作用。[2]通过提高能源使用的效率,利用更少的能源可以达到相同的目标以及满足人们的生活需求,从而起到降低化石能源的使用频率,最终达到碳减排。此外,从长期来看,中国快速的经济增长增加化石能源的消耗,同时也增加了二氧化碳的排放。从绿色经济向循环经济转换是中国碳减排成功与否的重要标准。

中国政府在碳减排的过程中发挥着重要的作用。已经有相关研究表明中国政府的财政支出在碳减排的过程中发挥重要作用。在中国,交通是二氧化碳排放的主要来源之一。中国政府经常倡导绿色出行,低碳经济,中国政府施行新能源汽车的推广,并对新能源汽车实施补贴,但是对于新能源汽车的性能和能源使用效率都造成了不好的影响[3]。中国

【基金项目】喀什大学校级项目(项目编号:〔2022〕2765)。

【作者简介】张恒诚(1994-),男,中国浙江台州人,硕士,从事财政学研究。

的交通基础设施取得了举世瞩目的成就，市场可达性的增强显著提高了市场和企业资源配置的效率。高铁等交通基础设施的发展可以促进人力资本的流动，加快非农产业的发展，促进我国经济结构的转型。政府在交通方面的财政支出不仅降低了运输成本，还会对我国的“碳达峰、碳中和”目标的实现造成影响。此外，除了公共交通之外的其他财政支出也可能会对碳减排造成积极的影响。教育财政的支出能增加居民能源节约的意识，从而间接促进碳减排。但是财政在科学技术方面的支出在提高能源使用技术的同时，也能够促进碳减排。很少有研究考虑到不同地区社会经济条件的不同会改变财政支出对于二氧化碳排放的影响机制。

对于多级政府，我们需要重点关注不同级别的政府在促进碳减排发挥的作用。在中国除了有多级政府之外（中央政府、省级政府和市级政府），还存在着“条块分割”的行政体制，政治集权和财政分权，中央政府和地方政府之间财权和事权的不匹配。政治集权意味着低一层级的政府人员由高一层级政府来任命。财政分权是由中央政府授予地方政府税收征收的权力和财政支出的权力。地方财政支出占中央财政支出的比重越大，地方财政分权的程度越高。在中国财政分权的体制下，财政分权的程度越高，意味着地方政府有着更高的财政自主权。但是，这并不意味着地方政府在碳减排方面有着更多的财政支出。这是因为地方政府缺乏降低碳排放量的激励[4]。一方面，空气是公共物品，存在着产权不清晰，交易成本高昂的现象，市场机制很难发挥作用，所以各个经济主体都有激励向空气中排放污染物，以此来获取经济利益。污染后的空气会产生负的外部性，使得社会成本远高于私人成本。相比较于其他污染物，地区居民不能直接感受到地区二氧化碳对于他们日常生活的影响。因此，他们没有足够的激励督促地方政府来降低碳排放量[5]。另一方面，下级官员的晋升取决于上级政府的考核。相比较于碳减排，上级政府更加关注经济指标。因此，地方政府更加愿意使用财政资金来促进经济发展。已有研究表明随着地方政府财政分权的程度加深和地方政府财政权力的增加，地区二氧化碳排放量可能不会减少，反而会增加。因此，中央政府应该直接管制地区二氧化碳的排放工作。虽然已有文献研究了省级二氧化碳排放量的差异性。但是本篇论文从统计学聚类分析和空间指数分解的角度来研究与财政相关的各个因素对于省级二氧化碳排放量的影响。

当中央政府直接监管地方政府二氧化碳的减排效率的时候，有必要根据各个地区的差异性制定具体的相关碳减排策略。由于各个地区社会经济条件和政府管理能力的不同，这会影响政府政策的有效性。但是已有的研究并没有将这些差异化对碳减排的影响区分出来。此外，尽管通过市场机制设置了碳排放交易市场，本文也承认这确实会在一定程度上影响地区二氧化碳的排放量，但是这远远不能完成中国的碳减排目标。因此通过财政支出鼓励低碳经济的发展，优化能源

结构，提高能源使用效率是促进政府碳减排的主要方式[6]。

本文研究的目的是从地区财政支出的角度探讨不同社会经济条件的地区二氧化碳排放的差异性。本文的三个主要边际贡献如下：①本文从不同的社会经济条件和资源禀赋下，以及多级政府的相关关系，从财政支出和地区公共交通供给角度探讨地区间碳排放差异的驱动因素。通过控制地区社会经济条件的差异性，并将财政支出和地区公共交通供给的因素引入地区碳排放差异的框架，从而探讨财政支出、地区财政交通供给对不同地区二氧化碳排放的差异。②本文从空间指数分解的方法和统计学K-均值聚类的方法探讨地区间二氧化碳排放的差异性。先前已有学者Ang用多地区空间指数分解的方法来探讨地区间二氧化碳与全国平均水平差异的驱动因素。但是研究的可靠性依赖于地区间二氧化碳排放差异的驱动因素。我们需要考虑不同聚类组的条件收敛。中国省级经济体增长路径存在异质性，物质资本、地理位置和人均收入虽然有解释力，但是不可以忽视全要素生产率的贡献。由于地区间社会经济条件和资源禀赋的不同，不同的地区有着各自经济发展路径和稳态水平。本文从社会经济条件的五个聚类指标对30个地区进行聚类，考虑了它们相似社会经济条件的相对趋同。③本文研究的结果可以为中央政府在制定差异化的碳排放政策提供参考依据[7]。当中央政府针对碳减排制定相关政策的时候，需要考虑不同社会经济条件聚类组的碳排放差异，也要考虑相似社会经济条件聚类组的碳排放差异。此外，由于地区财政支出和地区公共交通供给对不同地区的碳排放影响不一样，所以中央政府应该针对不同地区制定差异化的碳减排政策。

2 数据、指标与模型设定

2.1 财政支出各项因素对碳排放差异的影响

文章从各省级财政支出的角度出发探讨各地区二氧化碳排放的差异的原因。正如我们引言所提到的那样，各地区的经济状况、财政支出、人口规模以及公共交通的供给情况都会对二氧化碳的排放造成影响。有研究发现，由于居民消费，包括住宅、食物、交通以及生活用品等会产生一定量的二氧化碳排放，所以人口规模会是造成二氧化碳排放的主要原因之一。基于影响二氧化碳排放各个因素之间的相互联系，GDP、各省财政支出情况，人口规模、各地区公共交通财政支出情况，其他财政支出，我们使用等式（1）来表达影响二氧化碳排放的主要驱动因素：

$$C = \sum_i \frac{C_i}{czzcy_i} * \frac{czzcy_i}{gdp_i} * \frac{\frac{gdp_i}{jt-czzcy_i} * \frac{renkou_i}{qita-czzcy_i}}{\frac{jt-czzcy_i}{czzcy_i} * \frac{qita-czzcy_i}{czzcy_i}} * \quad (1)$$

其中C表示二氧化碳的排放，czzcy表示财政支出，gdp代表国民产出，renkou代表人口数，jt-czzcy代表公共交通的财政支出，qita-czzcy代表其他财政支出情况，i代表各个省份。

我们将等式(1)的各项因素进行重新定义,可得:

$$C = \sum_i CFE_i * FEY_i * YPTFE_i * POFE_i * TFE_i * OFE_i \quad (2)$$

其中 CFE 代表各省财政支出的碳排放强度, FEY 代表省级财政支出规模。FEY 也可以代表各省政府财政支出的活跃程度。当 FEY 比较大的时候,这就意味着各省财政支出在各省的 GDP 产出占比比较大,那么各省政府的财政活动越活跃。YPTFE 是用来测量财政交通支出情况对人均资本产出的影响,从而最终影响二氧化碳的排放。因此在文章中简称为财政交通支出对二氧化碳排放的影响。由于人口是影响二氧化碳排放的重要因素之一,所以 POFE 被用来衡量财政其他支出对人口的影响,从而最终影响二氧化碳的排放。在文章中简称为财政其他支出对二氧化碳排放的影响。TFE 代表财政交通支出的比例, OFE 代表财政其他支出的比例。

通过以上式子,我们可以得到六项对各个省的地区政府财政支出因子。我们通过各个省二氧化碳排放的差异,利用空间指数分解的方法,来研究地区财政因子对各个省二氧化碳排放差异的影响。根据 Ang 和 Li 等人的研究,我们使用全国二氧化碳平均排放水平作为基准。通过比较各个省二氧化碳与全国二氧化碳平均排放水平的差异,我们通过等式(3)来表达:

$$\Delta C_i = C_i - C^* \quad (3)$$

其中 ΔC_i 代表各个省二氧化碳排放与全国平均水平的差异。 C^* 代表全国平均水平的二氧化碳排放量。

但是,地区间二氧化碳排放的差异也会受到地区间社会经济条件不同的影响。各个地区间有着不同的禀赋和资源条件,所以他们会有自己的经济增长路径和稳态条件。当然,只有相同社会经济条件的地区才能收敛到相同的长期经济增长路径。社会经济条件的相似或者差异也会影响地区间二氧化碳排放的差异,所以,我们改写等式(3)可以得到(4)

$$\Delta C_i = (C_i - \bar{C}_j) + (\bar{C}_j - C^*) \quad (4)$$

$\bar{C}_j$ 代表 j 组的平均二氧化碳排放水平,我们把具有相同社会经济条件的区域归并到一组。文章中 $(C_i - \bar{C}_j)$ 代表组内差异, $(\bar{C}_j - C^*)$ 代表组间差异。

文章中用指数分解的方式可以得到等式(5)

$$\begin{aligned} \Delta C_i &= C_i - C^* = \Delta C_i^{wit} + \Delta C_i^{bet} = L(C_i, C^*) * \\ &\ln\left(\frac{C_i}{\bar{C}_j}\right) + L(C_i, C^*) * \ln(\bar{C}_j / C^*) \\ &= \Delta C_{i,CFE}^{wit} + \Delta C_{i,FEY}^{wit} + \Delta C_{i,YPTFE}^{wit} + \Delta C_{i,POFE}^{wit} + \\ &\Delta C_{i,TFE}^{wit} + \Delta C_{i,OFE}^{wit} + \Delta C_{i,CFE}^{bet} + \Delta C_{i,FEY}^{bet} + \\ &\Delta C_{i,YPTFE}^{bet} + \Delta C_{i,POFE}^{bet} + \Delta C_{i,TFE}^{bet} + \Delta C_{i,OFE}^{bet} \end{aligned} \quad (5)$$

其中 $L(C_i, C^*) = (C_i - C^*) / (\ln C_i - \ln C^*)$ 代表指数分解的权重系数。

2.2 基于社会经济条件的分区聚类分析

聚类分析是一种正式的方法的研究,它将一些具有相

似特征的地区根据一些未标识的模式聚类在一起。根据技术的不同,聚类算法可以分为两类:分层型和分区型。相比较于分层算法,分区算法在模式识别中更受欢迎。这些算法的类型被广泛的应用于各个领域,比如目标识别和数据挖掘。在近期的研究中,聚类算法被逐步引进到二氧化碳排放的相关领域。可以从空间角度研究不同地区二氧化碳排放具有差异性的原因。目前很多对于中国二氧化碳排放的研究,根据地区的特征进行聚类。由于中国省级的研究由于样本量较少而受到限制。很多研究仍然不能解释具有相同或者类似社会经济条件的地区二氧化碳排放量具有差异性的原因。

在这篇文章中,我们运用 K-均值算法来聚集地区。K-均值算法由于它的高效和实证方面的成功,从而成为最受欢迎的分区聚类算法。此外, K-均值算法在聚类规模分布明显不均的数据集时具有更好的效果。各个地区在社会经济条件方面分布不均匀,所以选择有效的分组依据是正确分组的关键。

我们根据 IPAT 理论对各个地区进行聚类。IPAT 理论是一个被广为接受的理论,可以用来分析社会经济条件对环境的影响。根据 IPAT 理论,社会经济条件对环境的影响有三个驱动因素:人口、富裕与技术。以往的研究通常使用 IPAT 理论来直接解释主要环境产品造成二氧化碳排放差异的原因。我们试图控制相类似的社会经济条件对二氧化碳排放的影响。五个特征因素用来对各个地区进行聚类[8]。各个省的人口数代表 IPAT 的人口数。此外各个省整体的经济水平,第二产业比如电力、蒸汽和制造业是造成各个地区二氧化碳排放的主要驱动因素。各个地区城镇居民可支配收入对来自家庭消费造成的二氧化碳排放有着重要的影响。我们使用 GDP、第二产业产值和各个地区人均可支配收入代表 IPAT 理论中的财富。在以往的研究中,研发指数被广泛用来代表各个地区的技术水平。但是,在二氧化碳排放的相关领域有学者努力选择替代指标来表示各个地区的能源效率和技术水平,例如由 GDP 带来的二氧化碳排放的比率。由于能源效率水平的提高可以有效反映减排技术的发展和运用,因此这一比率可以有效反映碳减排的技术水平。我们将各个地区二氧化碳的排放量除以 GDP 来代表 IPAT 中的技术。

文章聚类的宗旨是除最后一项外,前面几项的总和应该尽量包含多的样本数据,最后一项占比最少,前面几项占比最多。所以我们选择聚类三组。

表 1: 聚类地区列表

聚类组别	地区名	地区数量
I	北京、河北、上海、浙江、安徽、福建、河南、湖北、湖南、四川	10
II	天津、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江西、广西、海南、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆	17
III	江苏、山东、广东	3

3 结论和政策建议

文章是从聚类的方法考察地区间社会经济条件和治理能力的差异,从地区政府财政支出的角度探讨地区间二氧化碳排放量的激励机制。本文采用的是中国2017年各个省份的横截面数据,我们使用空间指数分解的方法探讨影响地区间二氧化碳排放量的六个因素。本文做的进一步的研究是运用聚类的方法地区间相似社会经济条件的二氧化碳排放量和不同社会经济条件地区聚类组的二氧化碳排放量。主要的结论如下:

其一,与全国平均二氧化碳排放水平相比,有着高二氧化碳排放量的地区比低排放量的地区差异性更大。这就意味着有着高二氧化碳排放量的地区在国家“碳达峰、碳中和”目标中承担更大的责任。此外,对于低排放量的地区,例如青海、海南等地,组内碳排放的差异占总排放差异的比重要比组间碳排放差异占总排放差异的比重来得大。这就意味着有相似社会经济条件的地区具备碳减排的优势。这个优势是指他们可以相互借鉴组内的碳排放政策来促进碳减排。

其二,社会经济条件不能完全解释地区间二氧化碳排放差异的原因。这就意味着地区碳排放不仅受到该地社会经济条件的影响,还会受到其他因素的影响,例如,地区财政支出以及地区公共交通财政支出的影响。由于碳排放会受到除社会经济条件之外其他因素的影响,所以我们也应该关注具有相似社会经济条件的地区的碳排放组内差异。

其三,对于不同社会经济条件的地区,六项财政支出的因素对于碳排放差异的影响存在的方向和程度上的差异性。因此,对于不同组别,我们需要采取差异化的碳减排政策。

其四,对相似社会经济条件的地区,地方政府财政支出的因素对组内碳排放的影响也是不同的。相同聚类组的地区社会经济条件是相似的,但是空间指数分解的结果表明不同地区仍然存在着组内的碳排放差异。因此,对于相同组不同地区,财政支出的相关因素对于地区组内碳排放差异的影响是不同的。所以对于相同组,我们需要采取不同的财政政策来降低地区的碳排放量。

针对上述结论,我们有如下建议:

其一,当中央政府努力实现地区碳减排目标的时候,必须对地区的碳排放量实施差异化的财政政策,对于财政支出进行绩效评估,提高财政对于环保支出的效率。对于碳排放量较高的地区要纳入政府管控的目标之中,优先解决这些地区在碳减排过程中遇到的困难。对于碳排放量较低的地区,要优先考虑与他们类似社会经济条件地区碳排放的差异。在制定碳减排策略时,应该更加关注组内的碳排放差异。

上级政府在评估下级政府官员政绩的时候,应该将环境改善纳入评估体系,对类似社会经济条件的地区应该进行排名,并形成激励机制[9]。

其二,如果中央政府想要有效的实现各地区的碳减排,就需要充分考虑各个地区的组内差异和组间差异,财政支出各项因素对于组内各个地区影响上存在较大差异,应该具体地区具体分析。财政支出各项因素对于组间各个地区存在着相似性,所以各个地区有互相借鉴的意义。

其三,中央政府想要通过地区财政支出实现各个地区的碳减排,就很有必要针对各个地区的具体情况制定差异化的财政政策,增强能够实现碳减排的因素,减少能够增加碳排放量的因素。比如浙江,财政公共交通的产出强度是增加碳排放量的主要因素,增加财政支出规模可以有效的实现碳减排。在北京,增强财政支出的碳强度可以有效地实现碳减排。因此,我们很有必要研究在相似社会经济条件的地区财政支出对于二氧化碳造成的压力,从而调整政府财政支出的结构,提高政府支出的财政绩效。

参考文献

- [1] Al-Ghussain L. Global warming: review on driving forces and mitigation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 2019; 38(1):13-21.
- [2] Wang C, Wang F, Zhang X, et al. Examining the driving factors of energy related carbon emissions using the extended STIRPAT model based on IPAT identity in Xinjiang. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017;67:51-61.
- [3] Cheng S, Fan W, Chen J, et al. The impact of fiscal decentralization on CO₂ emissions in China. *Energy*. 2020;192:116685.
- [4] Cheng S, Fan W, Meng F, et al. Toward low-carbon development: Assessing emissions-reduction pressure among Chinese cities. *Journal of Environmental Management*. 2020;271:111036.
- [5] Cheng S, Wu Y, Chen H, Chen J, Song M, Hou W. Determinants of changes in electricity generation intensity among different power sectors. *Energy Policy*. 2019;130:389-408.
- [6] 陈洲, 陈钊, 陈诗一. 阶梯式补贴与企业的策略反应——基于新能源汽车企业的分析. *经济学动态*. 2021;(02):32-49.
- [7] 吴群锋, 刘冲, 刘青. 国内市场一体化与企业出口行为——基于市场可达性视角的研究. *经济学(季刊)*. 2021;21(05):1639-1660.
- [8] 刘冲, 吴群锋, 刘青. 交通基础设施、市场可达性与企业生产率——基于竞争和资源配置的视角. *经济研究*. 2020;55(07):140-158.
- [9] 张军, 李睿, 于鸿宝. 交通设施改善、农业劳动力转移与结构转型. *中国农村经济*. 2021;(06):28-43.