

珠江三角洲城市碳排放效率特征研究

刘 欣, 叶长丁

(扬州大学 建筑科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘要:引用非期望产出的 SBM 模型和 ML 指数分析,静态和动态结合测算了 2010—2019 年珠江三角洲城市群碳排放效率。研究结果表明,珠江三角洲城市群碳排放效率值有上升趋势;固定资产投资和人员投入是影响城市碳排放效率的主要原因;城市产业发展布局,在很大程度上影响城市碳排放效率,城市产业发展过快导致技术效率水平发展跟不上。

关键词:碳排放;碳排放效率;珠三角;技术效率

中图分类号:F127; X321 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)16-0184-04

全球变暖已成为制约人类经济发展的重要因素。至 20 世纪末,过度依靠能源消耗带动全球经济的快速发展模式,已经不再适合人类社会环境的发展。温室气体的排放受到各国政府的持续关注,可持续发展理念在各国经济发展中起到重要作用。

国家“十四五”规划提出落实 2030 前实现碳达峰目标,2060 年前实现碳中和。在最新国家住建部的规划中,城乡建筑发展将全面转向绿色建筑,预计 2025 年,完成建筑超低能耗、近零能耗建设面积达 0.5 亿 m^2 。在国家实现“双碳”目标的背景下,城乡减碳已成为重中之重。因此,中国核心城市群的碳达峰是完成国内碳达峰的关键一步。国务院印发的《粤港澳大湾区发展规划纲要》中明确提出打造国际一流湾区和世界级城市群,珠江三角洲作为内地对接港澳地区的核心地带,作为国家高质量发展的排头兵,将发展为国家首个森林城市群,建设绿色经济。

已有的碳排放效率研究^[1-2]能更加科学地反映效率评价。蔡博峰和王金南^[3]以长江三角洲城市群为研究对象,针对 CO_2 排放特征进行研究,得出在长江三角洲城市群中,城市发育不成熟会造成城市碳排放效率水平降低。王新平等^[4]测算黄河流域城市碳排放效率发现空间格局为“中心高,四周低”,并提出优化城市产业结构是实现城市高质量发展的重要途径,具体没有展开研究。郭娜娜等^[5]认为产业结构高级化发展,碳排放的增速减缓,但没有描述经济发展的影响作用,缺乏数据支撑。史红伟

和郭银菊^[6]认为城市经济发展与碳排放之间存在弱脱钩状态,但没有具体分析两者的影响因素。郭沛和梁栋^[7]认为国家低碳试点政策能显著提升城市碳排放效率,主要是通过技术水平的提升依据城市能源结构来发挥作用。程杰晟和雷俊霞^[8]认为提升城市生态经济的发展水平,改善碳排放的结构,对城市碳排放效率具有正向促进作用。岳梦婷^[9]研究城市间碳排放效率的关联强度,得出经济水平差异化是其重要影响因素。江三良和贾芳芳^[10]提出适当发展数字经济能促进城市碳排放效率的提升,但缺少具体城市实例。

通过文献梳理发现,目前侧重对城市碳排放效率的影响因素进行研究探索,针对城市群效率水平的差异化研究较少,且对碳排放效率的测算,主要集中于省级层次,对城市层面的研究较少,研究方法多为数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型和基于变量度量(slack-based measure, SBM)模型。但传统的 DEA 模型和 SBM 模型忽略了角度的选择,影响了测量效率的准确性。采用非期望产出的超效率 SBM 模型,以非导向及规模报酬可变的角度的角度,评价珠江三角洲城市碳排放绩效,随后采用 ML 指数分析,研究技术变动效率和技术进步对城市碳排放绩效的影响,为珠江三角洲城市群高质量绿色发展提供理论依据和政策建议。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

以城市 CO_2 排放量为非期望产出的角度测算珠

收稿日期:2023-05-12

作者简介:刘欣(1984—),女,辽宁大连人,扬州大学建筑科学与工程学院,讲师,博士,研究方向为建筑资源化管理、知识挖掘;叶长丁(1999—),男,江西景德镇人,扬州大学建筑科学与工程学院,硕士研究生,研究方向为建筑业碳排放、建筑信息化。

江三角洲城市碳排放效率。选定研究对象为 9 个地级市。因近两年受新冠肺炎疫情影响,故研究时间段为 2010—2019 年。基础数据来源于《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国碳核算数据(CEADs)》《广东省统计年鉴》。具体如表 1 所示。

表 1 城市碳排放效率指标体系		
指标类别	指标因素	单位
投入	固定资产投资	亿元
	社会就业人员	万人
	城市能源消耗	万吨标准煤
期望产出	城市生产总值	亿元
非期望产出	城市 CO ₂ 排放量	万 t

1.2 基于非期望产出的超效率 SBM 模型

采用以 CO₂ 为非期望产出的超效率 SBM 模型,对城市碳排放效率进行测算,模型公式如下:

$$\rho = \min \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^x}{x_{i0}}}{1 - \frac{1}{S_1 + S_2} (\sum_{k=1}^{S_1} \frac{S_k^y}{y_{k0}} + \sum_{l=1}^{S_2} \frac{S_l^z}{z_{l0}})} \quad (1)$$

s. t.

$$\begin{aligned} x_{i0} &\geq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \alpha_j x_j - S_i^x, \forall i; \\ y_{k0} &\leq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \alpha_j y_j - S_k^y, \forall k; \\ \begin{cases} z_{l0} \leq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \alpha_j z_j - S_l^z, \forall l \\ 1 - \frac{1}{S_1 + S_2} (\sum_{k=1}^{S_1} \frac{S_k^y}{y_{k0}} + \sum_{l=1}^{S_2} \frac{S_l^z}{z_{l0}}) > 0 \\ s_i^x \geq 0, s_k^y \geq 0, s_l^z \geq 0, \alpha_j \geq 0, \forall i, j, k, l \end{cases} \quad (2) \end{aligned}$$

式中: x_{i0} 、 y_{k0} 、 z_{l0} 、 α_j 分别为第 0 个省份的第 i 个投入、第 k 个期望产出、第 l 个非期望产出和第 j 个城市的线性组合系数; S_j^k 、 S_k^y 、 S_l^z 分别为第 i 个投入、第 k 个期望和第 l 个非期望产出的松弛变量; ρ 为城市碳排放效率值; j 为各个 DMU。

1.3 Malmquist-Luenberger 指数

Malmquist-Luenberger (ML) 指数相比 Malmquist 更能描述非期望产出的因素影响。求得的效率指数值处于区间(0,1)表示效率降低,大于 1

表示效率提升,具体公式如下:

$$ML_i^{t+1} = (ML_i^t \times MLEFFCH_i^{t+1})^{\frac{1}{2}} = MLTECH_i^{t+1} \times MLEFFCH_i^{t+1} \quad (3)$$

$$MLEFFCH_i^{t+1} = \frac{\tilde{S}_f^{t+1}(a^{t+1}, b^{t+1}, c^{t+1})}{\tilde{S}_f^t(a^t, b^t, c^t)} \quad (4)$$

$$MLTECH_i^{t+1} = \left[\frac{\tilde{S}_f^t(a^{t+1}, b^{t+1}, c^{t+1})}{\tilde{S}_f^{t+1}(a^{t+1}, b^{t+1}, c^{t+1})} \times \frac{\tilde{S}_f^{t+1}(a^t, b^t, c^t)}{\tilde{S}_f^t(a^t, b^t, c^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中: a 、 b 、 c 分别为投入、期望产出和非期望产出; t 为年份;EFFCH 为技术效率指数;TECH 为技术进步指数。

2 实证分析

采用非期望产出的超效率 SBM 模型,利用 MaxDEA 软件测算珠江三角洲城市碳排放效率值,结果如表 2 所示。

珠江三角洲城市群绝大部分的效率值均小于 1,其中年均值在 0.8 上下波动。效率值高的城市主要集中在城市群核心圈区域,外围城市的碳排放效率值偏低。说明碳排放效率需要进一步的改善,在产业空间布局上,需要一定调整,且有很大的上升空间。

根据测算结果分析显示,只有深圳的碳排放效率值大于 1,说明该市的投入产出比已达到最优水平,发展更加注重绿色可持续,以及资源利用方面采取了有效的措施。这与深圳较早发展高新技术产业的政策密不可分。其中,佛山、肇庆、东莞、惠州的效率值低于平均水平,广州、深圳、珠海、中山等地的碳排放效率值在平均水平以上。总体而言,一半以上城市的碳排放还处在较低的水平,区域碳排放治理有待改善。

结合基础数据发现城市固定资产投资投入高的城市,其碳排放效率不一定高。佛山固定资产投资均高于珠海和中山,且接近两倍,但碳排放效率值远低于两市。影响碳排放效率的更多的是城市产业结构,高质量的创新发展规划。这些能给城市带来

表 2 2010—2019 年城市碳排放效率

城市	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	平均值
广州	1.03	1.02	1.00	1.05	1.04	1.04	1.02	1.00	0.63	1.00	0.98
深圳	1.29	1.44	1.48	1.46	1.50	1.48	1.45	1.45	1.45	1.43	1.44
佛山	1.01	0.59	0.56	0.59	0.56	0.59	0.61	0.60	0.60	0.64	0.64
肇庆	0.46	0.47	0.46	0.54	0.50	0.53	0.56	0.56	0.58	0.62	0.53
东莞	0.56	0.51	0.49	0.50	0.50	0.56	1.01	1.05	1.10	1.10	0.74
惠州	0.44	0.43	0.41	0.49	0.46	0.50	0.51	0.50	0.48	0.48	0.47

续表											
城市	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	平均值
珠海	1.00	0.76	0.77	1.00	1.01	1.03	1.03	1.06	1.06	1.07	0.98
中山	0.76	0.74	0.68	0.83	0.88	0.86	1.01	1.19	1.39	1.67	1.00
江门	0.50	0.47	0.46	0.49	0.47	0.50	0.53	0.53	0.54	0.58	0.51
均值	0.78	0.71	0.70	0.77	0.77	0.79	0.86	0.88	0.87	0.95	0.81

强劲的发展动力。

广州的碳排放效率是低于深圳,尽管广州每年的城市固定资产投入高于深圳,但对比产业结构优化、城市发展布局情况,深圳处于领先地位。中山 2016—2019 年碳排放效率明显上升,得益于 2016 年提出构建“一中心、四组团”差异化发展,针对产业资源配置进行配置、整合,打造高新技术产业。

针对建筑业碳排放效率分析,除了 SBM 模型的静态分析,进一步运用 ML 指数进行动态分析。为了准确地比较区域碳排放效率的差异,将综合技术效率分解为技术效率指数(EC)和技术进步指数(TC),结果如表 3 所示。

广州、深圳 2010—2013 年碳排放绩效呈现下降的趋势,通过分解的情况来看,城市碳排放绩效水平较低且在下降。广州 2018—2019 年的碳排放绩效虽上升,但技术进步指数下降幅度过大,主要是由技术效率指数的提升带动增长。广州作为省会城市,第三产业发达,大量人才聚集。深圳作为经济特区,因其临靠香港,且获得中央政策支持,高水平人才集聚,高新技术产业发达。中山 2013—2016

年碳排放绩效呈现下降趋势,原因是产业发展过快,技术效率水平发展跟不上,城市管理总体水平升级难度大,造成的城市碳排放绩效波动下降。

除了佛山、东莞、珠海 2011—2012 年碳排放绩效降低,总体呈现上升局势。技术效率进步指数的上升带动了绩效的增长。其原因是 2012 以后,这些地区的传统加工、制造业开始转向技术密集型的产业,产业在升级改造,这是个长期的过程,所以绩效水平在波动上升。但东莞 2018—2019 年 ML 指数下降幅度较大,其主要原因是技术进步指数和技术效率变动均有一定程度上的降低,珠三角核心圈的辐射作用开始变小。

江门、肇庆和惠州的碳排放绩效总体变化幅度不大,其技术效率变动指数一直处于较低水平。很大程度上是由于位于珠江三角洲城市群的外围,受到港澳地区的辐射较小,产业发展相比其他城市较为缓慢。外部需求以及工业投资较少,产业结构、资源制约等问题需要解决。江门碳排放绩效呈现上升趋势,但增长幅度低,主要原因是其地理位置较为偏,城市发展水平不均,管理效率有待提升。

表 3 2010—2019 年珠江三角洲城市碳排放效率 ML 指数及其分解

城市	2010—2011 年			2011—2012 年			2012—2013 年			2013—2014 年		
	ML	EC	TC	ML	EC	TC	ML	EC	TC	ML	EC	TC
广州	1.18	0.99	1.19	1.05	0.98	1.08	1.03	1.05	0.98	1.01	0.99	1.01
深圳	1.21	1.12	1.08	1.39	1.03	1.35	0.88	0.99	0.89	1.15	1.03	1.12
佛山	0.98	0.98	0.98	1.05	1.05	1.05	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02
肇庆	1.11	1.03	1.07	0.98	0.97	1.01	0.99	1.19	0.84	1.04	0.92	1.13
东莞	1.03	0.91	1.13	1.03	0.96	1.07	1.02	1.03	0.99	1.06	1.01	1.05
惠州	1.07	0.97	1.10	1.00	0.96	1.04	1.07	1.20	0.89	1.02	0.93	1.10
珠海	1.03	0.76	1.35	1.01	1.01	1.00	0.94	1.30	0.73	1.05	1.01	1.05
中山	1.10	0.97	1.13	0.99	0.92	1.08	1.20	1.22	0.98	0.97	1.05	0.97
江门	1.04	0.95	1.10	1.00	0.97	1.03	0.97	1.08	0.90	1.01	0.94	1.01

城市	2014—2015 年			2015—2016 年			2016—2017 年			2017—2018 年			2018—2019 年		
	ML	EC	TC	ML	EC	TC	ML	EC	TC	ML	EC	TC	ML	EC	TC
广州	1.02	0.99	1.03	1.03	0.98	1.04	1.05	0.98	1.07	1.02	0.63	1.62	1.11	1.58	0.71
深圳	1.01	0.99	1.01	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	0.99	1.07
佛山	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.03	1.10	1.10	1.10
肇庆	1.00	1.06	0.94	1.06	1.07	0.99	1.03	0.99	1.04	1.06	1.04	1.03	1.07	1.06	1.00
东莞	1.10	1.12	0.98	1.07	1.80	0.59	1.10	1.04	1.06	1.12	1.04	1.07	0.97	1.00	0.97
惠州	1.02	1.08	0.95	1.04	1.04	1.00	1.02	0.98	1.04	0.99	0.95	1.04	1.01	0.99	1.01
珠海	1.01	1.01	1.00	1.07	1.00	1.07	1.22	1.03	1.19	1.07	0.99	1.08	1.25	1.01	1.23
中山	0.95	0.98	0.97	0.96	1.18	0.81	1.09	1.18	0.93	1.06	1.17	0.91	1.13	1.2	0.94
江门	1.02	1.08	0.94	1.03	1.05	0.98	1.03	0.99	1.04	1.06	1.02	1.03	1.07	1.09	0.99

3 结论和建议

基于非期望产出的 SBM 模型,将城市资产投入、劳动力和能源消耗作为投入指标,城市碳排放量为非期望产出、城市 GDP 为期望产出,对珠江三角洲城市群 9 个城市 2010—2019 年的城市碳排放效率进行测算。通过 ML 指数模型分解,从静态和动态两个方面分析。

3.1 结论

绝大部分城市的碳排放效率值小于 1,均值在 0.8 左右,水平较高。

珠江三角洲城市群碳排放效率值表现为波动上升趋势,但增长速率较为缓慢。主要受到固定资产投资以及人员投入的资源配置的低效率影响。

在城市产业发展布局中,技术效率跟不上,会很大程度影响城市碳排放效率。

3.2 建议

对于一些碳排放效率高的城市,在城市发展规划中,可增加碳吸项目的建立,比如提高城市的绿化率,抵消碳排放量,进一步提升环境质量。针对于碳排放效率低的地区,人才利用效率低,可引进高端技术人才,推进产业高质量发展。城市核心圈中技术效率下降的城市,改变单纯通过产业规模增收的观念,追求高新技术带来的效益。经济发展不是造成碳排放污染的因素,节能政策需在城市发展布局中引起重视。区域发展可参考高质量发展城市例子,比如深圳作为城市群中高质量发展的领头羊,可提供经验参考,在珠江三角洲区域技术交流

中发挥引导作用,率先增进与国外低碳高质量产业的交流与合作,推动先进技术和人才管理经验流入,进一步扶持区域内低效率城市的发展。区域内低效率的城市可调整城市产业结构,加快新技术与新设备的推广。

参考文献

[1] 李雪,顾莉丽,李瑞.我国粮食主产区粮食生产生态效率评价研究[J].中国农机化学报,2022,43(2):205-213.

[2] 文高辉,胡冉再琪,唐璇,等.洞庭湖区耕地利用碳排放与生态效率时空特征[J].生态经济,2022,38(7):132-138.

[3] 蔡博峰,王金南.长江三角洲地区城市二氧化碳排放特征研究[J].中国人口·资源与环境,2015,25(10):45-52.

[4] 王新平,沈颖双,苏畅.黄河流域城市碳排放效率时空分异及其溢出效应研究[J].生态经济,2023,39(4):26-34.

[5] 郭娜娜,乔英,高岳林.区域异质性视角下的碳排放、经济增长与产业结构——基于 PVAR 模型的实证研究[J].科技和产业,2023,23(4):184-191.

[6] 史红伟,郭银菊.黄河流域经济发展和碳排放的脱钩关系分析[J].科技和产业,2022,22(2):226-230.

[7] 郭沛,梁栋.低碳试点政策是否提高了城市碳排放效率——基于低碳试点城市的准自然实验研究[J].自然资源学报,2022,37(7):1876-1892.

[8] 程杰晟,雷俊霞.环境规制对国家级城市群生态旅游产业碳排放效率的时空动态影响[J].中南林业科技大学学报,2023,43(3):175-186.

[9] 岳梦婷.中国城市碳排放效率空间关联网络的时空格局及影响因素研究[D].上海:华东师范大学,2022.

[10] 江三良,贾芳芳.数字经济何以促进碳减排——基于城市碳排放强度和碳排放效率的考察[J].调研世界,2023(1):14-21.

Characteristics of Carbon Emission Efficiency in Pearl River Delta cities

LIU Xin, YE Zhangding

(School of Architectural Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the SBM model and ML index analysis of non-expected output, the carbon emission efficiency of the Pearl River Delta urban agglomeration from 2010 to 2019 was calculated statically and dynamically. The results show that the carbon emission efficiency of the Pearl River Delta urban agglomeration has an upward trend, and fixed assets input and personnel input are the main reasons affecting urban carbon emission efficiency. Urban industrial development layout will greatly affect urban carbon emission efficiency, which is too fast to match the technical efficiency level of the development.

Keywords: carbon emissions; carbon emission efficiency; the Pearl River Delta; technical efficiency