

经济增长与碳排放的脱钩效应及驱动因素研究

——以首批低碳试点城市为例

曲 润,叶善力

(浙江科技学院 理学院,杭州 310023)

摘 要: 为找寻城市经济增长与碳排放脱钩的阻碍因素,以期城市节能减排、平衡发展提供科学理论与指导,将 Tapio 脱钩模型和对数平均迪氏指数分解法(logarithmic mean Divisia index, LMDI)相结合,分析了8个不同城市2008—2019年碳排放的脱钩情况及其影响因素。结果表明:1)不同地区的脱钩类型随时间动态变化;2)在影响碳排放的5个因素中,经济水平和人口规模促进碳排放增长,能源强度抑制碳排放增长;能源结构和产业结构对碳排放的效应因地区而异。因此,为促进城市低碳集约发展,实现经济增长与碳排放的绝对脱钩,应考虑在城市自身发展基础上,制定合理的人口、产业和节能减排等措施。

关键词: 碳排放; Tapio 脱钩指数; LMDI 分析; 低碳发展

中图分类号: F127; X24

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2023)02-0101-09

Research on decoupling effects and driving factors of carbon emission and economic growth —Taking the first batch of low-carbon pilot cities as an example

QU Run, YE Shanli

(School of Science, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: In order to find the obstacles to the decoupling of urban economic growth and carbon emissions, and provide scientific theory and guidance for urban energy conservation, emission reduction and balanced development, the Tapio decoupling model was combined with the decomposition method of logarithmic mean Divisia index (LMDI) to analyze the decoupling of carbon emissions and its influencing factors in eight different cities from 2008 to 2019. The results show that: 1) the types of decoupling in different regions change dynamically with time; 2) among the five factors affecting carbon emissions, economic level and population size promote the growth of carbon emissions, while energy intensity inhibits their growth; the

收稿日期: 2022-04-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(11671357)

通信作者: 叶善力(1967—),男,福建省福州人,教授,博士,主要从事时间序列分析、统计分析与应用研究。

E-mail: slye@zust.edu.cn.

effect of energy structure and industrial structure on carbon emissions varies from region to region. Therefore, it is imperative to formulate reasonable measures for population, industry, energy conservation and emission reduction on the basis of urban self-development, for the sake of promoting urban low-carbon intensive development and realizing the absolute decoupling between economic growth and carbon emissions.

Keywords: carbon emissions; Tapio decoupling index; LMDI analysis; low-carbon development

面对过量温室气体排放引发的环境问题,作为能源消耗大国和世界第二大经济体的中国积极做出“2030 年前实现二氧化碳排放达峰、力争 2060 年前实现碳中和”的承诺。为充分调动各地区开展低碳工作,自 2010 年起中国先后设立三批低碳试点地区,通过实践不断积累“减排降碳”的经验,为“2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和”(简称“双碳”目标)贡献区域力量。如何有效地解决具有两面性的碳排放问题是政学两界关注的热点。一方面,碳排放是经济活动规模的体现,高速的经济发展必定消耗大量能源进而推动碳排放;另一方面,大量的碳排放导致温室效应,引发一系列环境问题^[1]。“双碳”目标的实现关键在于将低碳发展理念贯穿经济发展的每个环节,引领经济发展完成从“高速度”到“高质量”的过渡,实质上就是平衡好经济发展与碳排放的关系^[2]。这不仅有利于降低碳排放,更为地区经济结构调整及发展方式转型提供了靶向动力。因此,通过研究经济发展与碳排放的内在关系,能够为低碳试点地区实现碳排放达峰及找寻碳排放脱钩的阻力点提供新思路,进而制定相关的发展政策,具有重要的现实意义。

关于碳排放与经济增长关系的研究有很多,研究者通常基于某一区域开展研究,如 QIANG 等^[3]测度中国在较长时间内的脱钩指数,指出不同时间段里经济与环境之间的脱钩特征;周彦楠等^[4]测度中国 29 个省份的脱钩情况,发现经济规模促进碳排放增长,结构转型和技术升级对碳排放的影响因区域而异;王敏等^[5]的研究说明青海省经济与碳排放已实现脱钩,碳排放增长的驱动因素是人口和经济增长;王越等^[6]发现东北三省碳排放与经济增长的脱钩状态随时间动态变化,经济增长对碳排放起主要促进作用。张华明等^[7]探究黄河流域的脱钩效应,发现 91.2% 的城市实现了碳排放与经济增长的相对脱钩。也有研究者探讨某一行业的碳排放与经济发展的关系,如巩小曼等^[8]以新疆纺织服装行业为研究对象,研究期内的脱钩状态有弱负脱钩和弱脱钩两种,没有达到理想、稳定的脱钩状态;翁钢民^[9]对旅游业进行研究,发现碳排放处于弱脱钩状态,技术效应是主要的促进因素;刘丽娜等^[10]的研究发现农业碳排放与经济的脱钩状态从扩张连接逐步转化为强脱钩,同时经济因素是促进农业碳排放的主要因素。鉴于已有研究多基于国家或省级层面,而关于典型区域或以城市尺度开展的相关研究尚不充分,故笔者以首批低碳试点地区为研究对象,通过计算 Tapio 脱钩指数来分析地区的脱钩状态,同时采用二阶段 LMDI 分解法从能源结构、能源强度、产业结构、经济水平、人口规模五个角度分解出地区碳排放的驱动因素,从而找出地区低碳发展的阻力点,以期政府后续开展绿色发展工作提供突破口,也为其他地区的低碳发展提供参考。

1 研究方法

1.1 排放因子法

由于碳排放量无法直接测量得到,因此碳排放没有统一标准的核算方法,只能通过估算得到。已有的研究方法包括排放因子法、实测法、物料平衡法等^[11]。排放因子法适用于国家、省份、城市等较为宏观的核算层面,可以粗略地对特定区域的整体情况进行宏观把控。碳排放核算公式为

$$C = \sum_i E_i \times \xi_i \times F_i. \quad (1)$$

式(1)中: C 为碳排放总量; E_i 为第*i*类能源的消费量; ξ_i 为第*i*类能源的标准煤折算系数; F_i 为第*i*类能源的碳排放系数。

1.2 Kaya 恒等式

Kaya 恒等式最早由学者 Yoichi Kaya^[12] 提出,它揭示了碳排放、能源消耗、人口及经济规模之间的关系。Kaya 恒等式的表达式如下:

$$C = P \times \frac{E}{G} \times \frac{G}{P} \times \frac{C}{E} \quad (2)$$

式(2)中: P 为人口数量,万人; E 为能源消耗总量,万 t 标准煤; G 为国内生产总值,亿元; $\frac{E}{G}$ 为能源效率,即单位生产值所消耗的能源量,t 标准煤/万元; $\frac{G}{P}$ 为经济水平,即人均 GDP,万元/人; $\frac{C}{E}$ 为能源排放强度,即消耗单位能源所产生的碳排放量,t/万元。

为了更加准确地分析各地区之间碳排放的影响因素,我们对 Kaya 恒等式进行扩展:

$$C = P \times \sum_j (I_j \times S_{G,j}) \times R \times \sum_i (S_{E,i} \times F_i) = P \times I \times R \times F \quad (3)$$

式(3)中: $I = \sum_j (I_j \times S_{G,j}) = \sum_j \left(\frac{E_j}{G_j} \times \frac{G_j}{G} \right) = \frac{E}{G}$,表示能源效率。其中 $I_j = \frac{E_j}{G_j}$,即第 j 个产业生产单位 GDP 值所消耗的能源量; $S_{G,j} = \frac{G_j}{G}$,表示产业结构因素,即第 j 个产业生产的 GDP 占总产值的比重。 $R = \frac{G}{P}$,表示经济水平。 $F = \sum_i (S_{E,i} \times F_i) = \sum_i \left(\frac{E_i}{E} \times \frac{C_i}{E_i} \right) = \frac{C}{E}$,表示能源排放强度。其中, $S_{E,i} = \frac{E_i}{E}$,即第 i 类能源占总能源消耗的比值; $F_i = \frac{C_i}{E_i}$,即消耗单位第 i 类源的碳排放量。

1.3 二阶段 LMDI 因素分解模型

Kaya 恒等式是一种指数分解法(index decomposition analysis, IDA),LMDI 模型是对 IDA 模型的进一步改进,被广泛用于能源强度、碳排放等问题的研究;利用 LMDI 模型对影响因素进行分解具有分解后残差项为 0 的优点。因此本研究参考 Ang^[13] 的分析模型,按照加法模式对式(3)进行分解:

$$\Delta C = \Delta C_P + \Delta C_I + \Delta C_{S_G} + \Delta C_R + \Delta C_{S_E} + \Delta C_{RSD} \quad (4)$$

式(4)中: ΔC 为碳排放量总效应; ΔC_P 为人口规模因素; ΔC_I 为能源强度因素; ΔC_{S_G} 为产业结构因素; ΔC_R 为经济水平因素; ΔC_{S_E} 为能源结构因素; ΔC_{RSD} 为分解余量。

在式(4)中同时含有能源结构因素和产业结构因素,由于无法同时分解两个结构因素,故参考徐国泉^[14] 的二阶段分解,将式(3)做如下分解:

$$C = P \times I \times R \times \sum_i (S_{E,i} \times F_i); \quad (5)$$

$$C = P \times \sum_j (I_j \times S_{G,j}) \times R \times F \quad (6)$$

对式(5)及式(6)进行 LMDI 的加法分解,得到的分解结果见表 1。

表 1 LMDI 二阶段分解结果

Table 1 LMDI two-stage decomposition results

阶段	分解结果				
第一阶段	$\Delta C_P =$	$\Delta C_I =$	$\Delta C_{S_E} =$	$\Delta C_R =$	$\Delta C_F =$
	$\sum_i W_i \times \ln \frac{P^t}{P^0}$	$\sum_i W_i \times \ln \frac{I^t}{I^0}$	$\sum_i W_i \times \ln \frac{S_{E,i}^t}{S_{E,i}^0}$	$\sum_i W_i \times \ln \frac{R^t}{R^0}$	$\sum_i W_i \times \ln \frac{F_i^t}{F_i^0}$
第二阶段	$\Delta C_P =$	$\Delta C_I =$	$\Delta C_{S_G} =$	$\Delta C_R =$	$\Delta C_F =$
	$\sum_j W_j \times \ln \frac{P^t}{P^0}$	$\sum_j W_j \times \ln \frac{I_j^t}{I_j^0}$	$\sum_j W_j \times \ln \frac{S_{G,j}^t}{S_{G,j}^0}$	$\sum_j W_j \times \ln \frac{R^t}{R^0}$	$\sum_j W_j \times \ln \frac{F^t}{F^0}$

注: $t=1,2,\dots,16$ 时为报告期, $t=0$ 时为基期; $W_i = \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0}$; $W_j = \frac{C_j^t - C_j^0}{\ln C_j^t - \ln C_j^0}$ 。

1.4 Tapio 脱钩指数

“脱钩”概念由经济合作与发展组织提出,用于衡量环境变化与经济之间的关系^[15],近年来被广泛用于研究碳排放变化与经济增长的关系。主流的脱钩模型有经济合作与发展组织(organisation for economic cooperation and development,OECD)脱钩指数模型与 Tapio 脱钩指数模型^[16],其中,Tapio 脱钩指数模型根据弹性值的变化范围划分不同类型的脱钩状态^[17],能够有效克服 OECD 脱钩指数模型在基期选择上较为困难的缺陷。故本研究选用 Tapio 脱钩指数模型来探究低碳试点地区的碳排放与经济增长的关系,其计算公式如下:

$$D_{C,G} = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta G}{G}} \quad (7)$$

式(7)中; $D_{C,G}$ 为碳排放总量与国内生产总值 G 之间的脱钩指数,也称为碳排放变化与经济增长(此处用 GDP 衡量)的弹性系数,表示经济水平每变动一个单位导致碳排放变化的情况; ΔC 为研究期的碳排放变化情况,即报告期碳排放与基期碳排放的差值; C 为基期碳排放; ΔG 为研究期的经济变化情况,即报告期 GDP 与基期 GDP 的差值; G 为基期 GDP。共有 3 种脱钩类型:脱钩、连接和负脱钩。脱钩指经济增长不会引起碳排放变化;连接指碳排放与经济的变化大致同步;负脱钩指经济增长与碳排放处于关联状态,当经济发生变化时,碳排放会有相应的变化。三种类型可进一步细分为 8 种脱钩状态,脱钩状态判断标准见表 2。

表 2 脱钩状态判断标准

Table 2 Criteria for determining decoupling status

脱钩状态		ΔC	ΔG	脱钩指数 $D_{C,G}$
脱钩	强脱钩	<0	>0	$(-\infty, 0)$
	弱脱钩	>0	>0	$(0, 0.8)$
	衰弱脱钩	<0	<0	$(1.2, +\infty)$
连接	增长连接	>0	>0	$(0.8, 1.2)$
	衰弱连接	<0	<0	$(0.8, 1.2)$
负脱钩	强负脱钩	>0	<0	$(-\infty, 0)$
	弱负脱钩	<0	<0	$(0, 0.8)$
	增长负脱钩	>0	>0	$(1.2, +\infty)$

2 研究区域与数据

2.1 研究区域

研究区域选取首批低碳试点城市,共计 8 个,分别为天津、重庆、深圳、厦门、杭州、南昌、贵阳、保定。作为国家应对气候变化展开低碳工作的第一批城市群,要求当选城市把控制本地区温室气体排放纳入地区发展规划,倡导低碳生活和消费模式,实施有利于地区节能减排的低碳发展政策,进而促进地区的低碳发展,优先迈入“碳达峰”城市行列。

2.2 数据来源与处理

研究期设定为 2008—2019 年。8 个城市的人口、GDP、不同行业的产值及能源消耗量等数据均来自各城市的统计年鉴、国民经济和社会发展公报及《中国能源统计年鉴》。其中 GDP、不同行业的产值等数据以 2008 年为基期进行了平减处理。本研究核算了原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气、电力共 10 种常用能源的碳排放量,其中折标准煤系数和碳排放系数参考许士春的研究成果^[18]。为了便于研究,对缺失值和奇异值用均值插补法进行处理^[19]。由于部分地区的能源消耗量统计资料缺失,参考 Shan 等^[20]的研究成果,根据省级能源数据核算出城市级的能源数据,缺失数据及核算过程如下:

对 2008—2009 年重庆市的缺失指标值 E_i 采用如下公式进行换算:

$$E_i = E_{i,ADS} \times \frac{G_C}{G_I} \quad (8)$$

式(8)中; $E_{i,ADS}$ 为规模以上工业的第 i 种能源的消耗值; G_C 为该城市的国内生产总值; G_I 为工业生产总值。

对于 2008—2009 年深圳市的缺失指标值 E_j , 以及 2008—2010 年保定市的缺失指标值 E_j , 采用如下公式进行换算:

$$E_{j,C} = E_{j,P} \times \frac{G_C}{G_P} \quad (9)$$

式(9)中: $E_{j,C}$ 为该城市第 j 种产业的能源消耗值; $E_{j,P}$ 为当期该城市所在省份的第 j 种产业的能源消耗值; G_P 为对应省份的国内生产总值。

3 实证分析

3.1 碳排放变化分析

为了更具体地描述碳排放与经济发展之间的变化关系, 本文对 8 个城市 2008—2019 年的碳排放量进行核算, 并绘制了各地区的 GDP 变化曲线图, 结果如图 1 所示。

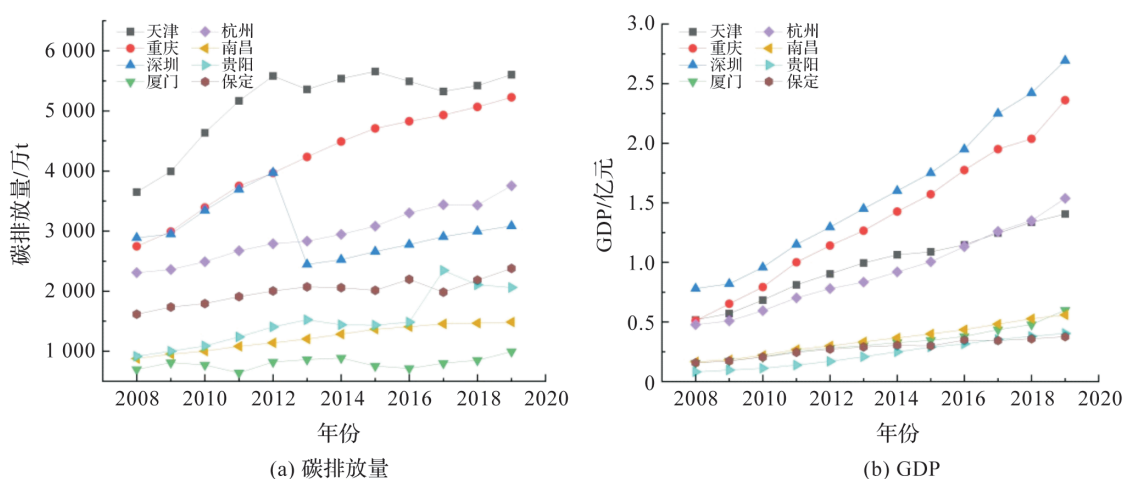


图 1 2008—2019 年 8 个城市的碳排放量及 GDP 变化

Fig. 1 Changes of carbon emissions and GDP in eight cities from 2008 to 2019

由图 1 可知, 研究期内, 8 个城市的碳排放量在总体上呈递增的趋势, 并且地区间的碳排放量有明显分层现象, 因此将其划分成 3 个层次。第一层是“高碳排放区”, 分别为天津、重庆。其中, 天津的碳排放量一直处于 8 个城市的最高水平, 在 2015 年碳排放量达到最大值 5 656.92 万 t, 之后有所下降。天津的 GDP 水平低于重庆, 说明天津的经济发展以消耗能源、增加碳排放为代价。第二层是“中碳排放区”, 涉及杭州、深圳、保定。深圳的 GDP 水平远超其他地区, 碳排放量在 2013 年“断崖式”下降到 3 594.42 万 t, 之后每年以不超过 5% 的速度缓慢增加并始终低于杭州。近些年深圳的第三产业对 GDP 的贡献逐年增长, 以能源消耗为主的第二产业因高额的经营成本而逐渐向外转移, 因此出现“高经济、低碳排”的发展模式。杭州的碳排放量与 GDP 的增长趋势相同, 主要是因为杭州抓住了信息化时代社会发展的契机, 形成“二三产业”主导的经济结构, 但能耗较高的城市基础建设及交通运输等仍是建设“低碳城市”的关键点。第三层是“低碳排放区”, 涵盖贵阳、南昌、厦门。三个城市的碳排放量都处于低水平, 南昌和厦门的碳排放量平均每年分别以 3%、5% 的速度增长, 贵阳则在 2017 年出现增速为 58% 的快速增长后缓慢下降。

3.2 脱钩效应分析

根据式(7)计算出 8 个城市 2008—2019 年间的碳排放与经济增长的 Tapio 指数, 进而得到相应的脱钩状态, 见表 3, 由表可知, 城市间的 Tapio 指数变化差异性特征显著。按照阶段性的脱钩状态变化, 大致可将这些城市分为 3 种类型。

表 3 8 个城市的脱钩状态

Table 3 Decoupling status of eight cities

年份	天津	重庆	深圳	厦门	杭州	南昌	贵阳	保定
2008	2	2	1	1	2	2	1	2
2009	2	2	2	4	2	2	2	2
2010	3	3	3	1	2	2	2	2
2011	3	2	3	1	2	2	3	2
2012	2	2	2	4	2	2	3	2
2013	1	2	1	2	2	2	2	2
2014	2	2	2	2	2	1	1	1
2015	2	2	2	1	2	2	1	1
2016	1	2	2	1	2	2	2	2
2017	1	2	2	3	2	2	4	1
2018	2	2	2	2	1	2	1	4
2019	2	2	2	4	4	2	1	4

注:“1”表示强脱钩;“2”表示弱脱钩;“3”表示增长连接;“4”表示增长负脱钩。

一是脱钩效应优势地区,典型代表是贵阳。该市在 2008 年处于强脱钩状态,之后经历弱脱钩和增长连接,在 2018 年转为强脱钩状态并持续到 2019 年。结合图 1 对贵阳的脱钩效应进行综合分析可知,该市一方面确定碳峰值,采用倒逼机制强力降低地区碳排放,另一方面发展健康医药、新能源、高端制造业等新兴产业,构建循环经济体系来帮助降低污染物排放。因此取得了较好的脱钩效果,同时也为其他城市迈向更高层次的脱钩类型提供了借鉴经验。

二是脱钩效应潜力地区,以南昌、重庆、天津和深圳为主。这些城市在近些年一直维持着弱脱钩状态,脱钩状态良好,有实现强脱钩的潜力。天津、重庆和深圳在 2011 年之前出现过几次增长连接,自 2012 年之后维持在强脱钩和弱脱钩两个状态。南昌则在研究期内总体上维持在弱脱钩状态。结合图 1 对以上 4 个城市的脱钩效应进行综合分析,可知这些城市经济发展速度与碳排放增长幅度存在不协调的比例,前者的发展以后者的增长为代价,出现这种结果与这些地区的现实情况密不可分。如天津最初拥有比重大且高污染的第二产业和发展缓慢却低耗能的第三产业,近些年产业结构调整 and 能源绿色升级的举措虽有显著的效果,但未来的绿色发展仍有一定的上升潜力与空间。作为老工业基地的重庆,工业结构中高耗能的化工、冶金、建材等行业虽占比下降但仍是经济发展过程中不可缺少的组成部分。既要通过发展有重要占比的工业来完成经济目标,又无法克服工业进程中高污染高排放能源的消耗,面对经济发展和环境保护的双重压力,这两个城市在推进社会现代化过程中,低估了经济发展对环境保护产生的负面影响。南昌处于“二三一”到“三二一”的产业结构转型阶段,主推优先发展经济的现实需求难免伴随碳排放量的增加,但新能源汽车、生物医药、航空装备等新型产业体系的构建及高新技术企业的引进势必加速理想脱钩状态的实现。深圳所做的一系列低碳工作,如调整能源结构、优化产业结构、推广新能源交通、普及使用生物质能、发展碳交易市场、创新碳金融产品等取得了一定的减排效果。随着政府大力提倡可再生能源发展策略及引导资金流向绿色企业,城市将迈向绿色发展为导向的高质量发展之路,从而实现由脱钩效应潜力地区向优势地区的转变。

三是脱钩效应欠佳城市,包括杭州、厦门和保定。三个城市在 2019 年均是增长负脱钩。厦门的脱钩状态变化复杂,研究期内 4 种脱钩状态交错出现。另外两个城市前期脱钩状态一直良好,近两年却出现了经济增速不及碳排放增速的状态。结合图 1 对以上 3 个城市的脱钩效应进行综合分析,可知厦门在发展经济以及节能减排的过程中,实行高能耗高污染的工业结合低碳排放的服务业、金融业等行业的发展

模式。在考虑降低化石燃料比重、优化能源结构、产业结构转型等传统减排途径的同时,却忽视了建立碳市场、普及碳交易、发展碳金融等新型降碳方法。保定在以工业为支柱产业强力发展经济的同时忽略了原材料绿色升级和产业结构的有效调整,在首推经济发展的前提下难以避免碳排放增速更快的问题。杭州被评选为低碳试点城市后,大力实施绿色产业发展计划,以传统工业为代表的第二产业占比不断下降,因此,近两年的经济增速基本上保持在平稳状态,但是伴随着杭州不断推进高质量发展建设,其就业环境、人才发展环境及城镇化水平不断提高,人口的不断增加导致了城市的碳排放量呈现出增长态势,进而导致经济增速低于碳排放增速。

3.3 影响因素分析

运用二阶段 LMDI 分解模型对 2008—2019 年 8 个城市的碳排放变化进行分解后,得到的 5 个影响因素分别为能源结构、能源强度、产业结构、经济水平、人口规模。为使分解结果更精确,能源强度的取值选择第二阶段中的分解结果。分解过程以上一年为基期。

3.3.1 能源结构因素分析

能源结构因素反映了不同能源占比对碳排放的影响情况,对各地碳排放影响因素中的能源结构因素进行分析,结果如图 2 所示。

由图 2 可知,研究期内 8 个城市的能源结构对碳排放的变化影响不同,既有抑制效应也有促进效应。抑制效应最明显的是重庆,碳排放每年平均减少 228.4 万 t。天津、深圳、杭州和南昌虽在个别年份出现小幅的促进效应但整体上还是抑制效应。对另外 3 个城市而言,能源结构整体上对碳排放是促进效应,厦门、贵阳两个城市的能源结构对当地碳排放的贡献值时正时负,促进效应较突出的是厦门,在 2019 年拉动碳排放增长 111.9 万 t,是同期贵阳的 10 倍之多。而保定只在 2012 年、2013 年和 2015 出现短暂的抑制效应,其余年份均是促进效应。

3.3.2 能源强度因素分析

能源强度指单位 GDP 的能源消耗量,反映某地区能源的利用效率。一般能源强度越小说明能源利用率越高。对各城市碳排放影响因素中的能源强度因素进行分析,结果如图 3 所示。

由图 3 可知,能源强度整体上导致碳排放减少。诸如重庆、厦门、深圳、杭州、南昌和贵阳 6 个城市,能源强度的贡献值始终为负,对碳排放均为抑制效应。特别是重庆,抑制效应远超另 5 个城市,平均每年减少碳排放 531.3 万 t,仅次于保定的 562.5 万 t。天津和保定的能源强度虽然整体上也减少了碳排放,但在研究期内出现过促进碳排放增长的现象,特别在 2019 年仅这两个城市的能源结构表现为促进效应,分别促进 2 004.6 万 t 和 83.4 万 t 碳排放。结合图 1 可知,2019 年天津的 GDP 有所下降,即使在能源消耗不变的情况下,GDP 的下降也会导致能源强度的增加,进而促进碳排放增加。

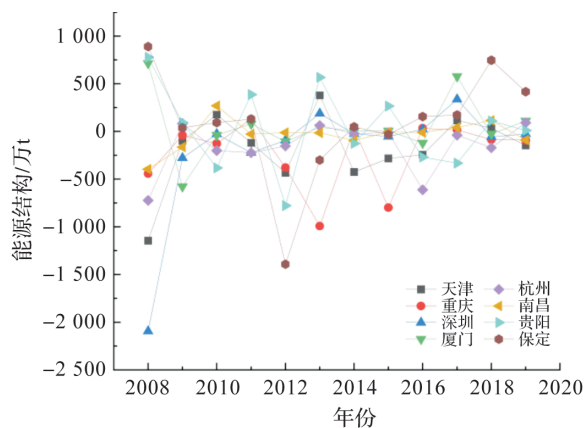


图 2 2008—2019 年 8 个城市的能源结构因素

Fig. 2 Energy structure factor in eight cities from 2008 to 2019

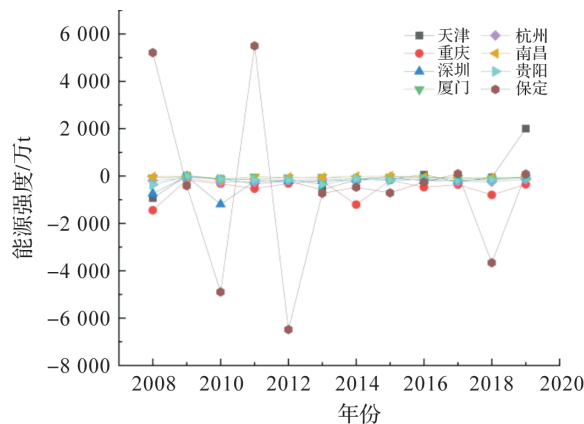


图 3 2008—2019 年 8 个城市的能源强度因素

Fig. 3 Energy intensity factor in eight cities from 2008 to 2019

3.3.3 产业结构因素分析

产业结构反映了不同产业的占比对碳排放的影响作用,对各地碳排放影响因素中的产业结构因素进行分析,结果如图 4 所示。

由图 4 可知,产业结构对各地的碳排放贡献值有正有负,同一城市的影响效果也随时间的变动而有所变化。产业结构整体上对杭州和保定起促进效应,尤其对保定的影响效果极为剧烈,在 2010 到 2012 三年间每年绝对影响效果超过 6 000 万 t,研究期内平均每年拉动碳排放增加 185.4 万 t。其余 6 个城市的产业结构整体上均抑制当地的碳排放,最突出的是天津,2016 年起抑制效应越来越明显,在 2019 年绝对贡献值达到 2 014.7 万 t,平均每年抑制 222 万 t 碳排放。重庆、深圳和厦门的贡献值时正时负,但在 2019 年都是负值,即抑制效应。影响效果最复杂的贵阳,在研究期内始终保持先促进后抑制但整体向抑制趋势发展的作用机制,2019 年碳排放量减少 179.5 万 t,平均每年碳排放量减少 36.7 万 t。

3.3.4 经济水平因素分析

经济水平由人均 GDP 来定义,其值越大表明经济持续发展能力越强。对各城市碳排放影响因素中的经济水平因素进行分析,结果如图 5 所示。

由图 5 可知,就城市而言,除保定和深圳个别年份的贡献值出现负值,其余地区的贡献值始终为正。天津和重庆两市的经济水平对碳排放起促进效应,但整体上处于下降趋势。杭州、贵阳、南昌和厦门四地经济水平对于碳排放的贡献值一直处于较低的水平,平均每年的绝对贡献值分别是 276.2、166.9、93.2、70.5 万 t。深圳是唯一在 2019 年贡献值为负的地区,抑制了 70.7 万 t 的碳排放,说明该地区的低碳经济发展逐步走上正轨。

3.3.5 人口规模因素分析

人口规模效应对碳排放的影响机制在于人口密集化会加快城市化步伐,大规模的城市基建及密集的交通运输业会推动碳排放增长。对各城市碳排放影响因素中的人口规模因素进行分析,结果如图 6 所示。

由图 6 可知,8 个城市人口规模整体都对碳排放起促进效应。诸如深圳、厦门、杭州和南昌,4 个城市整个研究期内人口规模的贡献值都是正值,说明人口规模一直是地区碳排放的驱动因素。促进效应最小的是南昌,平均每年人口规模的贡献值是 5.79 万 t,只有 2014 年和 2018 年推动碳排放超过 10 万 t。深圳、杭州和厦门的促进效应是明显的递

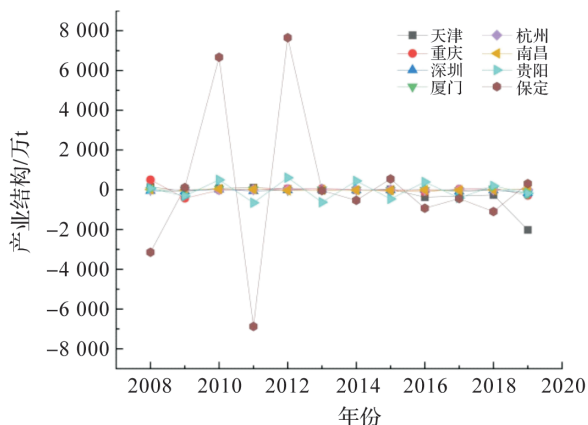


图 4 2008—2019 年 8 个城市的产业结构因素

Fig. 4 Industrial structure factor in eight cities from 2008 to 2019

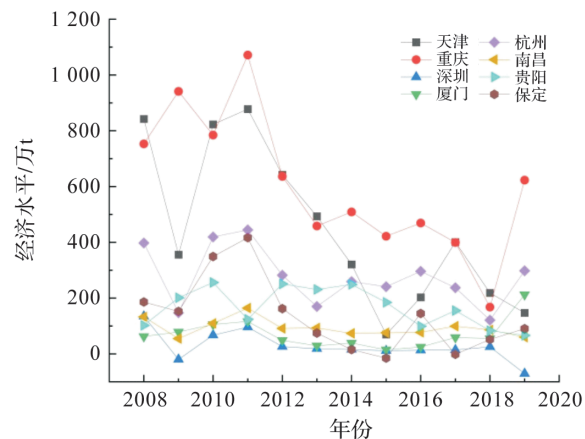


图 5 2008—2019 年 8 个城市的经济水平因素

Fig. 5 Economic level factor in eight cities from 2008 to 2019

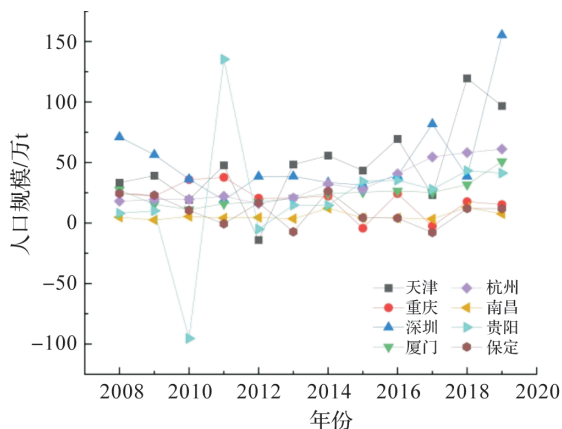


图 6 2008—2019 年 8 个城市的人口规模因素

Fig. 6 Population size factor in eight cities from 2008 to 2019

增趋势,2019年的贡献值相对于2008年分别增加了118.7%、85.1%和238%。天津、贵阳、重庆和保定的人口规模在少数年份出现抑制效应,2012年之前,贵阳出现一次大幅的促进效应,其余三地的作用效应类似。2012年之后,天津的促进效应越来越明显,其余三地的影响效果相似。

4 结论和建议

本研究基于Tapio脱钩模型探究8个首批低碳试点城市经济与碳排放的耦合关系,同时借助二阶段LMDI因素分解模型动态分析这些地区碳排放的影响因素。研究发现:

1) 8个低碳试点城市的碳排在研究期内呈增长状态。研究期内,天津的碳排放量最大,厦门的碳排放量最小。各地区之间碳排放量分层现象明显。

2) 8个低碳试点城市经济与碳排放的关系包括强脱钩、弱脱钩、增长连接、增长负脱钩4种类型。贵阳已连续两年实现经济发展与碳排放脱钩。南昌、重庆、天津和深圳四地长期维持在弱脱钩状态。厦门、杭州和保定的脱钩类型变化复杂。

3) 能源强度整体上对地区的碳排放起抑制作用。平均抑制效果从大到小依次排列为:保定、重庆、深圳、杭州、贵阳、厦门、南昌、天津。能源结构、产业结构对碳排放的影响效果因地区和时间而异,能源结构促进厦门、贵阳和保定的碳排放,对其他地区是抑制作用。产业结构推动杭州和保定的碳排放增长,抑制其余地区的碳排放。经济水平、人口规模对所有地区的碳排放均是促进作用。经济水平拉动重庆碳排放增长最明显,人口规模对深圳的碳排放促进效果最显著。

为更好地促进研究区域实现碳达峰,助力城市节能减排,基于上述研究结论,本研究提出如下建议:

1) 支持低碳产业发展,推动产业结构升级。对于产业结构调整导致碳排放增长的城市,政府应当整合当地产业资源,减少高碳产能企业的数量。大力扶持低碳高效的新型战略型产业如新能源材料、生物制药等的发展,加大对低碳产能企业的资金投入。推动地区产业结构升级,发挥产业结构的减排效应。

2) 控制人口规模变动,倡导低碳绿色出行。人口增长会带来配套资源紧张、环境污染等一系列的城市问题,从而给城市的节能减排工作带来很大压力。因此,一方面要优化城市发展格局,完善城市基础配套设施,控制人口规模变动,降低城市人口在一段时间内出现密集性增长的可能;另一方面大力倡导低碳城市交通理念,鼓励全民低碳出行,引导公众选择共享单车或步行等方式出行,发挥人口规模的减排效应。

3) 布局低碳能源领域,促进能源结构优化。能源结构的变化在一定程度上会促进城市碳排放,因此要布局低碳能源领域,大力发展低碳新能源、可再生资源。比如风能、太阳能、水能、生物能等,改善传统的以化石能源为主的能源结构,提高低碳排的新能源的结构占比,逐步降低城市碳排放,发挥能源结构的减排效应。

4) 加强国际交流合作,提高能源利用效率。能源强度的降低是碳排放增长的抑制因素,因此,政府要增加科研投入的预算,积极探索、开发、实践低碳技术,加强相关的国际交流与合作,引进国际先进的节能减排技术,降低能源消耗水平及碳排放量,进一步提高能源利用率,发挥能源强度的减排效应。

参考文献:

- [1] 钟茂初.“双碳”目标有效路径及误区的理论分析[J].中国地质大学学报(社会科学版),2022,22(1):10.
- [2] 庄贵阳,周宏春,郭萍,等.“双碳”目标与区域经济发展[J].区域经济评论,2022(1):16.
- [3] QIANG W, RONGRONG L, RUI J, et al. Decoupling and decomposition analysis of carbon emissions from industry: a case study from China[J]. Sustainability, 2016, 8(10):1059.
- [4] 周彦楠,杨宇,程博,等.基于脱钩指数和LMDI的中国经济增长与碳排放耦合关系的区域差异[J].中国科学院大学学报,2020,37(3):295.
- [5] 王敏,冯相昭,安祺,等.基于脱钩指数和LMDI的青海省绿色低碳发展策略研究[J].气候变化研究进展,2021,17(5):598.