

# 碳排放与经济增长的 Tapio 脱钩效应

——来自江浙市域的经验证据

杨娟, 王菲菲, 籍艳丽

(常熟理工学院数学与统计学院, 江苏苏州 215500)

**摘要:** 基于 2001—2019 年面板数据, 运用 Tapio 模型测度江浙地区碳排放与经济增长的脱钩效应, 重点解析其市域时空演变特征。研究显示, 自 2006 年起, 江浙地区实现碳排放与经济增长的脱钩; 不过, 多数时期表现为弱脱钩。地市逐期脱钩效应高低不同, 如研究期内杭州脱钩比例近九成, 徐州、连云港、宿迁、温州和衢州不足六成; 且 2013 年后以强脱钩为主。地市分时段脱钩效应呈现“大幅改善-微幅恶化-基本平稳”的演变态势, 其主要原因在于舟山、徐州、淮安、盐城、镇江、连云港与宿迁地市相应时段脱钩效应出现退化; 与江苏相比, 分时段脱钩效应浙江更佳, 如杭州均处于脱钩状态, 且后两时段表现为强脱钩; 徐州、淮安和镇江相对欠缺, “十三五”期间其脱钩状态均退化为扩张连接。在此基础上, 提出相应对策。

**关键词:** 碳排放; 经济增长; Tapio 模型; 脱钩效应

**中图分类号:** F426.2; F124.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)02-0137-06

以二氧化碳为代表的温室气体排放所导致的全球气候变暖仍是当前人类面临的重大问题<sup>[1]</sup>。为确保全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在 2℃ 以内, 世界各国正在积极实施碳减排行动<sup>[2]</sup>。作为全球碳排放最多的发展中国家, 中国也正做出积极且富有成效的努力, 如向世界承诺力争于 2030 年前实现碳达峰, 努力争取于 2060 年前实现碳中和<sup>[3]</sup>。“双碳”目标并不意味着放弃经济增长, 而是要求在控制碳排放增长的同时, 保持稳步的经济发展, 也即实现经济增长与碳排放的脱钩<sup>[4-5]</sup>。市域集中了中国较大比例的碳排放, 理应成为中国减碳脱碳的主战场。那么, 市域在追求经济增长的同时, 能否实现碳排放减少, 也即碳排放与经济增长是否脱钩? 如果没脱钩, 两者间如何平衡? 这些问题的回答亟须展开市域层面碳排放的深入研究。

就考察市域碳排放与经济增长关系而言, 江苏与浙江两省最具代表性。一方面, 江浙市域经济发展水平差距较大, 如苏南与杭州、宁波等地市经济较发达, 苏北与丽水等地市经济发展相对滞后。另一方面, 江浙碳排放量也存在明显差距, 如 2020 年与 2021 年碳排放量江苏连续两年位居全国第 5, 而浙江分别居第 11 与 10 位。考虑到不同经济发展水

平的江浙市域碳排放与经济增长关系的探究, 对中国其余省份尤其是经济发展水平参差不齐的省份具有重要参考意义, 本文选择江浙两省为例, 考察中国市域碳排放与经济增长的脱钩效应。

纵观相关文献, Tapio 模型和环境库兹涅茨曲线 (environmental Kuznets curve, EKC) 假说是解析碳排放与经济增长脱钩关系的两种常见工具。前者属于速度脱钩分析, 从短期实时角度刻画经济增长与碳排放是否同步变化<sup>[6]</sup>。后者属于数量脱钩分析, 其假定碳排放与经济增长之间呈现“先上升后下降”的倒 U 形曲线关系<sup>[7]</sup>。它描述两者间的长期关系, 但无法捕捉具体年份或时段的关联。且大量研究发现, EKC 假说检验结论并不统一, 随研究范围、样本时期与估计方法等变化<sup>[8-9]</sup>。另外, 也有学者质疑 EKC 假说, 认为它并非经济增长的结果, 而是国际分工所导致<sup>[10]</sup>。鉴于此, 本文采用 Tapio 模型解析江浙市域碳排放与经济增长的脱钩效应, 旨在挖掘江浙以及中国其余省份减碳脱碳策略, 为中国“双碳”目标实现提供参考。

## 1 模型与数据

### 1.1 Tapio 模型

Tapio 模型, 采用“弹性概念”动态测度经济增

**收稿日期:** 2024-06-20

**基金项目:** 常熟理工学院毕业论文重点资助课题 (WG2024014)

**作者简介:** 杨娟 (2001—), 女, 江苏盐城人, 研究方向为经济统计; 王菲菲 (2004—), 女, 江苏苏州人, 研究方向为经济统计; 通信作者籍艳丽 (1978—), 女, 山西长治人, 博士, 副教授, 研究方向为能源与环境统计。

长与碳排放之间的关系,也即通过“碳排放增长率与经济增长率的相对比率”刻画两者之间是否具有同步变化的关系<sup>[6]</sup>。考虑到人均指标不受地区人口规模的影响,能更全面反映碳排放与经济增长的脱钩关系,选用人均碳排放与人均地区生产总值(GDP)计算 Tapio 脱钩弹性指数。具体公式为

$$T_i = \frac{\Delta C_i / C_i^0}{\Delta G_i / G_i^0} = \frac{(C_i - C_i^0) / C_i^0}{(G_i - G_i^0) / G_i^0} \quad (1)$$

式中:  $T_i$  为  $i$  地区  $0 \sim t$  年碳排放与经济增长的脱钩弹性指数;  $C_i$  与  $C_i^0$  依次为  $i$  地区报告期  $t$  年与基期 0 年的人均碳排放;  $G_i$  与  $G_i^0$  依次为  $i$  地区报告期  $t$  年与基期 0 年人均 GDP;  $\Delta C_i$  与  $\Delta G_i$  依次为  $0 \sim t$  年  $i$  地区人均碳排放与人均 GDP 的增量。

Tapio 模型根据弹性系数大小判定两者脱钩程度的强弱,具体分为负脱钩、脱钩与连接三种状态。其中,负脱钩又进一步分为弱负脱钩、强负脱钩与扩张负脱钩,脱钩分为衰退脱钩强脱钩与弱脱钩,连接分为衰退连接与扩张连接<sup>[11-12]</sup>。具体如表 1 所示。

表 1 Tapio 脱钩弹性模型

$T_i$	$\Delta C_i$	$\Delta G_i$	状态	
(0, 0.8)	<0	<0	弱负脱钩	负脱钩
(0, -∞)	>0	<0	强负脱钩	
(1.2, +∞)	>0	>0	扩张负脱钩	
(1.2, +∞)	<0	<0	衰退脱钩	脱钩
(0, -∞)	<0	>0	强脱钩	
(0, 0.8)	>0	>0	弱脱钩	
(0.8, 1.2)	<0	<0	衰退连接	连接
(0.8, 1.2)	>0	>0	扩张连接	

## 1.2 数据来源

为剔除价格因素的影响,采用不变价人均 GDP 测度江浙地市经济增长。结合各地市历年不变价人均 GDP 发展指数,参照相应地市 2001 年人均 GDP 数据,计算不同地市相应年份不变价人均 GDP。人均碳排放由地市碳排放量与其常住人口做商所得;其中,地市碳排放由其下设县域碳排放汇总而成。

就原始数据而言,江浙地市人均 GDP 发展指数、2001 年人均 GDP 与常住人口均来自历年江苏与浙江地市统计年鉴,县域碳排放数据来自碳核算数据库<sup>①</sup>,该数据库提供的县域碳排放数据更准确,因为它利用粒子群优化-反向传播算法统一了美国国防气象卫星计划搭载的可见光成像线性扫描系统(defense meteorological satellite program/operational Linescan system, DMSP/OLS)与国家极轨卫

星搭载的可见光近红外线成像辐射仪(national polar orbiting partnership/visible infrared imager radiometer suite, NPP/VIIRS)两套夜间灯光数据<sup>[13]</sup>。遗憾的是,目前县域碳排放数据仅更新至 2019 年,导致地市碳排放也只能获取至 2019 年。且考虑到 2020 年初爆发的新冠疫情对经济社会的外生冲击,本文样本考察期确定为 2001—2019 年。

## 2 实证分析

### 2.1 地区整体分析

汇总江浙地市 GDP、碳排放与常住人口,计算其地区人均 GDP 与人均碳排放,运用公式(1)测算地区整体 Tapio 脱钩弹性指数,并结合表 1 明晰江浙地区碳排放与经济增长的脱钩状态。结果整理汇总如表 2 所示。

表 2 江浙地区碳排放与经济增长 Tapio 脱钩弹性指数及脱钩状态

时期	指数	状态	时期	指数	状态
2001—2002 年	1.032	扩张连接	2010—2011 年	0.691	弱脱钩
2002—2003 年	0.869	扩张连接	2011—2012 年	0.083	弱脱钩
2003—2004 年	0.958	扩张连接	2012—2013 年	0.484	弱脱钩
2004—2005 年	1.104	扩张连接	2013—2014 年	-0.001	强脱钩
2005—2006 年	0.810	扩张连接	2014—2015 年	0.584	弱脱钩
2006—2007 年	0.606	弱脱钩	2015—2016 年	-0.938	强脱钩
2007—2008 年	0.113	弱脱钩	2016—2017 年	0.462	弱脱钩
2008—2009 年	0.322	弱脱钩	2017—2018 年	0.141	弱脱钩
2009—2010 年	0.449	弱脱钩	2018—2019 年	0.339	弱脱钩

表 2 显示,2001—2019 年,江浙地区碳排放与经济增长经历三种脱钩状态:扩张连接(2001—2006 年)、弱脱钩(2006—2013 年、2014—2015 年和 2016—2019 年)与强脱钩(2013—2014 年和 2015—2016 年)。它们分别出现 5、11 和 2 次,占比依次为 27.78%、61.11%和 11.11%。可见,自 2006 年起,江浙地区碳排放与经济增长始终处于脱钩状态;其中,以弱脱钩为主、强脱钩仅发生于少数时期。这说明,自“十一五”规划开始,江浙地区稳定地实现了碳排放与经济增长的脱钩,不过多数时期并未达到最佳理想状态——人均 GDP 增加而人均碳排放下降。

### 2.2 市域逐期分析

接下来,对江浙地市碳排放与经济增长的脱钩情况展开测度及分析。结合数据,运用公式(1)计算不同地市 18 个时期 Tapio 脱钩弹性指数,并明晰其脱钩状态。考虑到篇幅,仅列示其脱钩状态。结果整理汇总如表 3、图 1 和图 2 所示。

注:①<http://www.ceads.net.cn>。

表 3 江浙地市逐期碳排放与经济增长脱钩状态演变

地市	2001—2002年	2002—2003年	2003—2004年	2004—2005年	2005—2006年	2006—2007年	2007—2008年	2008—2009年	2009—2010年	2010—2011年	2011—2012年	2012—2013年	2013—2014年	2014—2015年	2015—2016年	2016—2017年	2017—2018年	2018—2019年
南京	IV	II	IV	I	IV	II	I	V	II	IV	I	II	II	III	II	II	I	II
无锡	IV	II	IV	II	II	III	II	V	II	II	II	II	I	I	I	II	II	II
徐州	IV	III	IV	IV	II	II	II	II	III	III	I	IV	I	IV	I	IV	IV	IV
常州	IV	IV	II	IV	II	II	II	VI	I	II	II	II	I	I	II	II	I	II
苏州	I	IV	III	IV	III	II	II	V	II	II	II	II	II	IV	I	I	II	IV
南通	II	II	III	III	II	II	II	II	IV	III	II	II	III	I	II	I	I	I
连云港	I	IV	IV	IV	III	I	II	III	III	I	IV	II	III	II	IV	I	I	II
淮安	II	IV	II	IV	II	II	II	II	II	II	II	II	I	I	I	IV	IV	IV
盐城	III	IV	III	III	II	II	II	II	I	II	III	IV	II	I	I	I	IV	I
扬州	IV	II	II	III	II	IV	II	II	II	II	I	III	I	I	II	II	II	I
镇江	IV	III	II	II	II	I	I	I	II	III	II	II	III	I	III	IV	I	IV
泰州	IV	I	III	III	IV	II	IV	II	II	II	II	III	I	II	IV	II	I	I
宿迁	III	IV	II	IV	III	II	II	I	II	III	I	IV	III	II	II	I	I	IV
杭州	II	II	II	II	II	II	II	I	I	III	I	I	IV	I	I	I	I	II
宁波	II	II	II	II	IV	III	II	II	II	III	II	I	I	III	I	II	III	I
嘉兴	III	III	III	IV	III	I	I	II	II	II	IV	I	I	I	I	II	III	II
湖州	IV	IV	II	IV	II	II	I	I	I	II	I	II	I	III	I	IV	IV	I
绍兴	IV	II	III	II	II	I	I	I	II	II	I	IV	I	I	I	I	IV	II
舟山	I	II	IV	I	II	II	II	II	IV	IV	I	I	IV	IV	I	III	I	IV
温州	II	III	IV	IV	I	I	II	IV	III	IV	I	II	IV	II	I	IV	I	I
金华	III	IV	I	IV	IV	IV	I	I	II	II	I	II	I	II	I	IV	II	I
衢州	III	III	III	IV	IV	II	I	IV	II	II	II	IV	II	I	II	IV	I	I
台州	II	II	III	IV	I	IV	IV	I	IV	II	I	I	I	I	IV	I	II	I
丽水	IV	II	II	IV	IV	II	II	II	II	I	IV	II	I	II	III	I	III	I

注: I、II、III、IV、V与VI分别表示强脱钩、弱脱钩、扩张连接、扩张负脱钩、衰退连接与衰退脱钩。

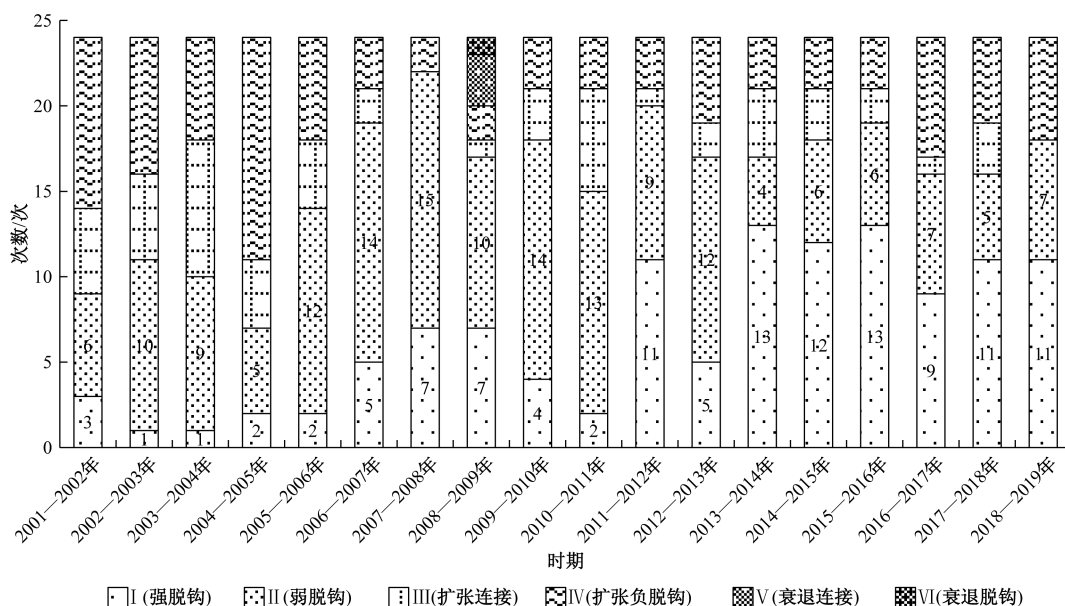


图 1 江浙地市 2001—2019 年碳排放与经济增长脱钩状态频数

由表 3 可知,2000—2019 年江浙地市碳排放与经济增长经历六种脱钩状态,即强脱钩(I)、弱脱钩(II)、扩张连接(III)、扩张负脱钩(IV)、衰退连接(V)与衰退脱钩(VI)。其中,后两种状态仅发生于 2008—2009 年的南京、无锡、苏州与常州。受 2008 年全球经济危机的冲击,上述 4 个地市人均 GDP 与

人均碳排放该时期同时下降,下文主要围绕其余四类脱钩状态展开。

从时间上看,江浙地区实现碳排放与经济增长脱钩的地市个数增加后保持较为稳定水平。2001—2008 年,处于脱钩状态的地市个数总体增多:2001—2002 年 9 个,2005—2006 年增加至 14

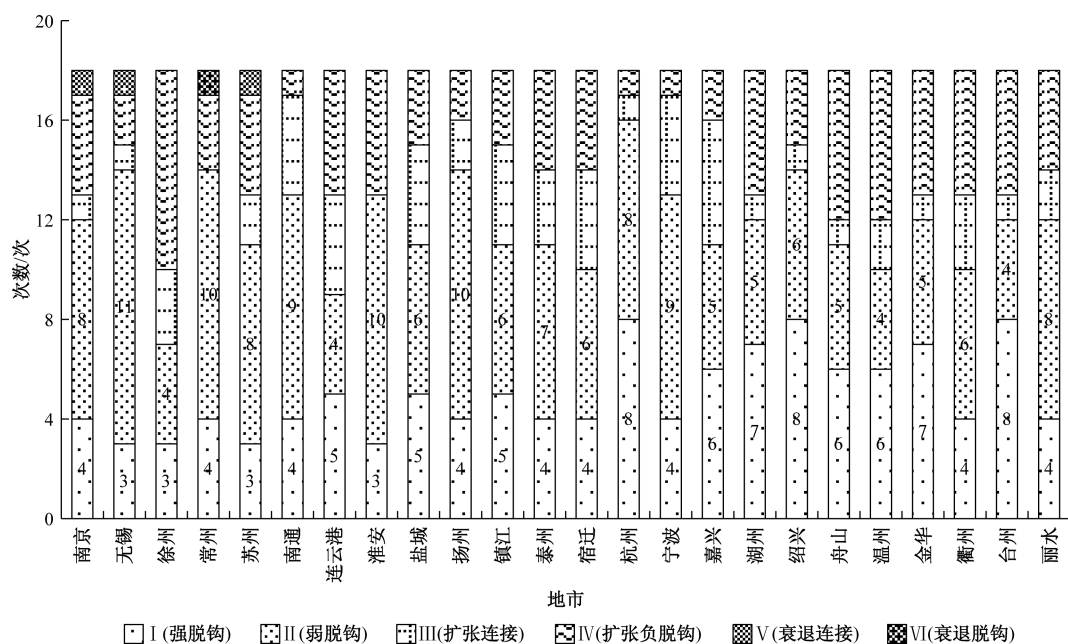


图 2 江浙地市 2001—2019 年碳排放与经济增长脱钩状态频数

个, 2007—2008 年进一步上升至 22 个, 也即 91.67% 地市实现碳排放与经济增长的脱钩。2008—2019 年, 表现为脱钩的地市个数基本稳定。如 2010 年 15 个地市实现脱钩, 相对较少; 2011—2012 年地市个数最多 (20 个), 其余时期地市个数围绕在 17 个附近波动。

进一步分析, 江浙地区实现碳排放与经济增长强脱钩的地市个数频繁变动, 2013 年后保持稳定水平。数据显示, 2002—2010 年的 9 个时期, 呈现强脱钩的地市个数先增加后减少, 由最少的 1 增加至 7, 又回落至 2; 2011—2012 年陡增至 11 个, 2012—2013 年又减少为 5 个, 2013—2016 年相对较多且大体相当 (图 1)。可见, 江浙地市碳排放与经济增长脱钩状态中, 2001—2013 年弱脱钩占居主体 (2011 和 2012 年除外), 而 2013—2019 年强脱钩为主。这说明, 研究期间江浙地市碳排放与经济增长的逐期脱钩效应得到一定程度的提升。

从空间上看, 按照 2001—2019 年江浙地市碳排放与经济增长脱钩比例, 将 24 个地市分为四类。第一类, 脱钩比例近九成 (出现 16 次), 杭州, 且弱、强脱钩各占一半, 强脱钩均发生于 2008 年后。第二类, 脱钩比例为 70%~80% (发生 13 次或 14 次), 包括无锡、常州、扬州、绍兴、南通、淮安和宁波 7 个地市; 其中, 绍兴以强脱钩为主, 其余 6 个地市弱脱钩居多。第三类, 脱钩比例为 60%~70% (出现 11 次或 12 次), 包括南京、苏州、盐城、镇江、泰州、嘉兴、湖州、舟山、金华、台州和丽水 11 个地市; 其

中, 南京、苏州、盐城、镇江和丽水弱脱钩次数较多, 其余 6 个地市强脱钩为主, 尤其台州强脱钩次数为 8 次。第四类, 脱钩比例低于 60% (次数不高于 10), 包括徐州、连云港、宿迁、温州和衢州; 其中, 徐州仅实现 7 次脱钩, 未脱钩状态中以扩张负脱钩为主, 次数高达 8 次, 连云港、温州和衢州与徐州类似, 均是扩张负脱钩次数多于扩张连接。具体如图 2 所示。

### 2.3 市域分时段讨论

理论上, 地市逐期 Tapio 脱钩弹性指数变化较为频繁, 不易梳理其脱钩状态的时间演变趋势, 故而分时段探究。

结合中国五年规划, 将 2001—2019 年划分为四个时段, 运用式 (1) 测算江浙地市 Tapio 脱钩弹性指数, 并明晰其脱钩状态。考虑到篇幅, Tapio 脱钩弹性指数省略, 结果整理汇总如表 4 和表 5 所示。

表 4 显示, 4 个时段江浙地市碳排放与经济增长经历三种脱钩状态, 即扩张连接、弱脱钩和强脱钩, 发生次数依次为 26、47 与 23 次。其中, 扩张连接超六成 (17 次) 出现于 2001—2005 年, 2011—2015 年与 2016—2019 年次数小幅反弹; 弱脱钩次数

表 4 江浙地市分时段碳排放与经济增长脱钩状态频数

状态	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2019 年	合计
扩张连接 (III)	17	1	4	4	26
弱脱钩 (II)	7	16	13	11	47
强脱钩 (I)	0	7	7	9	23

表 5 江浙地市分时段碳排放与经济增长脱钩状态演变

地市	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2019 年	地市	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2019 年	地市	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2019 年
南京	II	I	II	I	盐城	III	II	III	III	湖州	III	I	II	I
无锡	III	II	II	II	扬州	II	II	I	II	绍兴	III	I	I	II
徐州	III	II	II	III	镇江	II	I	II	III	舟山	II	II	III	II
常州	III	I	II	II	泰州	III	II	II	II	温州	III	II	II	I
苏州	III	I	II	II	宿迁	III	II	III	I	金华	III	II	I	II
南通	II	II	II	I	杭州	II	II	I	I	衢州	III	II	II	I
连云港	III	II	III	II	宁波	II	II	I	II	台州	III	III	I	I
淮安	III	II	II	III	嘉兴	III	I	I	II	丽水	III	II	II	I

注: I、II、III、IV、V 与 VI 分别表示强脱钩、弱脱钩、扩张连接、扩张负脱钩、衰退连接与衰退脱钩。

2006—2010 年最多,2011—2015 年与 2016—2019 年不断减少;强脱钩次数稳步增加,2016—2019 年多达 9 次。可见,江浙地市碳排放与经济增长分时段脱钩效应呈现“大幅改善—微幅恶化—基本平稳”的演变态势;四个时段相比,“十一五”期间脱钩效应最好。这也说明当前江浙地市碳排放的脱钩效应存在较大的提升空间。

为何“十二五”与“十三五”期间,江浙地市脱钩效应出现小幅弱化?接下来围绕所有地市情况展开原因探讨。

结合 4 个时段脱钩状态演变趋势,江浙地市大致归为四类:第一类,始终处于脱钩状态,包括南京、南通、扬州、杭州和宁波;第二类,改善后实现脱钩;包括无锡、常州、苏州、连云港、泰州、宿迁、嘉兴、湖州、绍兴、温州、金华、衢州、台州和丽水 14 个地市;第三类,波动中实现脱钩。第四类,波动中或恶化后仍未脱钩,包括徐州、淮安、盐城和镇江 4 个地市,其中,镇江属于后者,其余 3 个地市属于前者。显然,第三、四类地市是导致江浙地市 2010—2015 年与 2016—2019 年脱钩效应没有得到持续改善的主要原因。此外,连云港与宿迁也是 2010—2015 年间碳排放脱钩效应恶化的直接原因。从地域来看,徐州、淮安、盐城、镇江与连云港均隶属于江苏,浙江仅涉及舟山。

进一步,从 2010—2015 年与 2016—2019 年强脱钩地市来看,也多分布于浙江。如两个时期实现强脱钩的地市 6 个来自浙江,比例依次为 85.71% 和 66.67%。可见,与江苏相比,浙江地市分时段脱钩效应更佳。如杭州,四个时段均处于脱钩状态,且“十二五”与“十三五”期间表现为强脱钩。江苏部分地市表现欠佳,尤其是徐州、淮安和镇江,由“十一五”“十二五”期间的脱钩退化为“十三五”期间的扩张连接,这值得重视。究其原因,与地区经

济发展模式高度相关。杭州以第三产业为主,同时绝对优势的数字经济也赋能制造业的高质量发展,为其经济低碳转型提供了必然保障;徐州等地市,受资源禀赋等因素制约,第三产业发展动能不足,传统产业改造升级又缺乏核心人才、关键技术等条件,因而阻碍了地区经济的绿色低碳转型。

### 3 结论与启示

#### 3.1 结论

“双碳”背景下,考察中国市域碳排放与经济增长的脱钩效应具有较大的现实意义。以江浙两省为例,运用 Tapio 模型测度 2001—2019 年碳排放与经济增长的脱钩效应,重点解析市域时空演变特征。主要研究结论如下。

第一,地区整体分析显示,自 2006 年起,江浙地区实现了碳排放与经济增长的脱钩。不过,多数时期表现为弱脱钩,并未达到最佳理想状态即强脱钩。

第二,市域逐期分析发现,江浙地市碳排放与经济增长脱钩效应中,2001—2012 年以弱脱钩为主,2013—2019 年强脱钩占主体。同时,研究期内,地市脱钩效应高低不同。如脱钩比例杭州近九成,且弱、强脱钩各占一半;徐州、连云港、宿迁、温州和衢州低于六成;尤其徐州脱钩比例不足四成,且未脱钩状态中以扩张负脱钩为主。

第三,分时段研究发现,江浙地市碳排放与经济增长脱钩效应呈现“大幅改善—微幅恶化—基本平稳”的演变态势,即“十一五”期间脱钩效应相对最佳。究其原因,主要在于舟山、徐州、淮安、盐城、镇江、连云港与宿迁等地市相应时段脱钩效应出现退化所致。除了舟山,其余 6 个地市均隶属于江苏。同时,与江苏相比,分时段脱钩效应浙江更佳。如杭州,均处于脱钩状态,且后两时段表现为强脱钩;徐州、淮安和镇江相对欠缺,“十三五”期间其脱钩

状态均退化为扩张连接。

### 3.2 启示

研究期内,江浙地区碳排放与经济增长的脱钩效应得到较大程度改善,这种时间演变态势与中国地区节能减排政策不谋而合。且地市脱钩效应存在明显差异,如杭州呈向好态势,徐州等地市表现不佳,存在较大提升空间;这与地区经济发展模式高度相关。基于此,提出如下两点启示。

第一,继续完善节能降碳等政策的制定与实施,从制度层面要求地区经济完成低碳绿色转型。如适度加强地区环境规制强度,倒逼企业开展绿色技术研发活动,从而加快传统产业的升级改造。

第二,因地制宜推动地区经济高质量发展,增加其经济发展的绿色成分。如加强地区间关键技术与核心人才的交流合作,为相对滞后地区发展低碳经济提供人力与技术等条件;立足资源禀赋特点,充分挖掘地区经济高质量发展的新动能。

### 参考文献

- [1] ZHENG J L, MI Z F, COFFMAN D, et al. Regional development and carbon emissions in China[J]. *Energy Economics*, 2019, 81(6): 25-36.
- [2] MACINTOSH A. Keeping warming within the 2 °C limit after Copenhagen[J]. *Energy Policy*, 2010, 38(6): 2964-2975.
- [3] 杨冕, 徐江川, 杨福霞. 能源价格、资本能效与中国工业部门碳达峰路径[J]. *经济研究*, 2022, 57(12): 69-86.
- [4] 何飞扬, 刘天乐, 周智杰, 等. 基于 EKC 理论下碳排放与经济增长的二者关系研究——浙江省与安徽省的对比分析[J]. *生态经济*, 2024, 40(6): 21-29.
- [5] 王安静, 郭琳, 赵景峰. 中国经济与碳排放脱钩的时空异质性及其驱动因素分析[J]. *软科学*, 2024, 38(5): 100-106.
- [6] YANG J, HAO Y, FENG C. A race between economic growth and carbon emissions: what play important roles towards global low-carbon development? [J/OL]. [2024-06-01]. <https://doi.10.1016/j.eneco.2021.105327>.
- [7] 王凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 基于 EKC 框架的旅游发展对区域碳排放的影响分析——基于 1995—2015 年中国省际面板数据[J]. *地理研究*, 2018, 37(4): 742-750.
- [8] 胡宗义, 刘亦文, 唐李伟. 低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究[J]. *统计研究*, 2013, 30(2): 73-79.
- [9] 苏为华, 张崇辉. 关于异质性假说的中国 EKC 再检验[J]. *统计研究*, 2011, 28(12): 66-71.
- [10] 陆旸. 从开放宏观的视角看环境污染问题: 一个综述[J]. *经济研究*, 2012, 47(2): 146-158.
- [11] TAPIO P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. *Transport Policy*, 2005, 12: 137-151.
- [12] 龙亮军, 王霞. 我国城市化进程中生态损耗、经济增长与福利水平的关系研究——基于 Tapio 脱钩分析和 Granger 因果关系检验[J]. *经济问题探索*, 2017(3): 98-106.
- [13] WANG Y N, ZUO Y H, LI W. Does environmental regulation affect CO<sub>2</sub> emissions? Analysis based on threshold effect model[J]. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2019, 21(7): 565-577.

## Tapio Decoupling Effect of Carbon Emissions and Economic Growth: Empirical Evidence from Jiangsu and Zhejiang City Regions

YANG Juan, WANG Feifei, JI Yanli

(School of Mathematics and Statistics, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, Jiangsu, China)

**Abstract:** Based on panel data from 2001 to 2019, the Tapio model was applied to measure the decoupling effect of carbon emissions and economic growth in Jiangsu and Zhejiang regions, focusing on analyzing the characteristics of their municipal spatio-temporal evolution. The results show that the decoupling of carbon emissions and economic growth in Jiangsu and Zhejiang has been realized since 2006. However, the decoupling is weak in most periods. The period-by-period decoupling effect of cities varies distinctly, for example, the decoupling ratio of Hangzhou in the study period is nearly 90%, while that of Xuzhou, Lianyungang, Suqian, Wenzhou and Quzhou is less than 60%, and strong decoupling is dominant after 2013. The time-period decoupling effect of cities shows an evolution of ‘substantial improvement-slight deterioration-basically stable’, mainly due to the deterioration of decoupling effect of Zhoushan, Xuzhou, Huai’an, Yancheng, Zhenjiang, Lianyungang and Suqian. Compared with Jiangsu, Zhejiang has better decoupling effects by time period, such as Hangzhou is in decoupling status, and the last two time periods show strong decoupling. Xuzhou, Huai’an and Zhenjiang are relatively weak, and all of them are degraded to expanding connections during the 13th Five-Year Plan period. On this basis, corresponding countermeasures are proposed.

**Keywords:** carbon emissions; economic growth; Tapio model; decoupling effects