

【生态文明与区域发展】

长三角地区二重开放与能源生态效率 时空格局及关联性研究*

童素娟 赵俊威 金雪军

摘要:如何形成更高层次的国际开放格局和更切实有效的国内开放格局,实现资源节约、绿色低碳与经济发展共赢,已成为长三角地区高质量和可持续发展的重要命题。基于2011—2021年长三角地区41个城市的面板数据,探究二重开放和能源生态效率的时空格局及关联性,结果表明:第一,国际开放度整体上呈先下降后平稳趋势,区际开放度呈M型演变特征,能源生态效率呈“上升—平稳”的时序演变趋势。第二,能源生态效率呈现出上海>江苏>浙江>安徽的格局分布特征,主要表现为逐级改变特征,且具有显著的空间指向特征。第三,国际开放与能源生态效率之间存在U型关系,区际开放对能源生态效率具有显著正向促进作用,二重开放存在互补和溢出效应。

关键词:二重开放;能源生态效率;SBM模型;空间计量模型

中图分类号:F293 文献标识码:A 文章编号:2095—5766(2024)03—0135—10 收稿日期:2023-12-19

*基金项目:浙江省自然科学基金项目“机关事业单位养老金双轨制改革的收入再分配效应研究——基于浙江省的实证分析”(LQ19G03002);国家自然科学基金项目“养老金‘并轨’改革的收入再分配效应研究:内在机理、实证分析与政策优化”(71904176);浙江省软科学重大项目“区域创新重大空间布局和重大平台专项研究”(2021C15004)。

作者简介:童素娟,女,浙江科技大学经济与管理学院副教授,硕士生导师(杭州 310023),浙江大学经济学院博士后(杭州 310058)。

赵俊威,男,浙江省机电技师学院讲师(义乌 322000)。

金雪军,男,浙江大学经济学院教授、博士生导师,浙江省特级专家、浙江大学求是特聘教授(杭州 310058)。

一、引言

长三角地区覆盖上海、江苏、安徽、浙江的41个城市,是中国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,在中国改革开放版图中占有举足轻重的地位。改革开放40多年来,长三角地区已经成为经济社会、交通条件、对外开放和营商环境、产业体系、科技创新等战略高地。党的二十大报

告指出,中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化^①。践行绿水青山就是金山银山的理念,到2035年实现“广泛形成绿色生产生活方式,碳排放达峰后稳中有降,生态环境根本好转,美丽中国目标基本实现”^②的发展目标。长三角地区原有的依靠高投入、高效能的粗放式经济发展方式带来碳排放、环境污染等问题,已经不适应当前形势,必须加快发展方式绿色转型,积极稳妥推进碳达峰碳中和,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进生态优先、节约集约、绿色

低碳发展,促进人与自然和谐发展。

与此同时,长三角地区在推进建设全国统一大市场和对外开放格局中也具有举足轻重的战略地位。建立统一大市场的本质是国际和区际的二重开放,既可以弱化行政边界概念,通过资源配置效应促进生产要素的合理流动,减少资源错配风险,又可以通过技术进步和示范效应提高能源效率和提升环境治理水平。基于此,本文选择长三角地区41个城市为研究对象,在二重开放与能源生态效率时空演变特征分析的基础上,运用空间计量模型对两者进行实证检验,有利于形成更高层次的国际开放格局和更切实有效的国内开放格局,从而提升区域能源生态效率,同时对长三角地区经济高质量和可持续发展具有重要的现实意义。

二、文献综述

二重开放概念最早是由赵伟(2001)提出来的,他指出一国内部特定地区的开放涉及国际开放和区际开放两种层面。本文从国际开放与能源生态效率、区际开放与能源生态效率两个方面分别展开研究综述。

(一)国际开放与能源生态效率的研究

Gross 和 Krueger 在 1991 年提出著名的环境库兹尼茨(EKC)假说,将贸易开放对环境的影响分解为规模效应、结构效应和技术效应。Copeland 和 Taylor(1994)在贸易和环境理论中提出了污染避难所和要素禀赋假说,阐述了封闭和开放经济的不同,并指出不同的政策促使污染企业从排污成本较高的国家转移至成本较低的国家,同时给出了影响EKC曲线的四个主要解释因素:经济增长、收入效应、临界点效应、减排的规模效应。污染光环假说认为,外商直接投资通常承载着比东道国特别是发展中国家更为先进的技术,因此发展中国家可以利用来自发达地区的外商直接投资提高自身的能源利用效率。随着经济的发展以及外商直接投资积累阶段的转变,外商直接投资对环境的影响呈现出明显的不对称特征,并非简单的正相关或负相关。

有关国际开放对能源生态效率的影响机制方面,大量文献表明在不同的科技水平、经济发展水平、环境规制强度等因素下国际开放对能源生态

效率影响存在差异。其中,东道国气候政策以及国际贸易规则是影响能耗和环境污染问题的重要原因。外商直接投资带来的技术溢出和产业结构效应能够对能源利用效率产生积极影响,外商直接投资质量对中国全要素能源生产率的提升具有显著的正向作用(李佳霖等,2020),对外直接投资逆向技术溢出也能够一定程度上促进全要素能源效率的提高(刘辉群等,2022)。制造业的对外开放能够通过进出口贸易的规模、结构以及外商直接投资的各种溢出途径对能源效率存在双面性影响(芮小明等,2016)。国际贸易引致技术进步偏向性通过能源要素相对份额显著降低了工业行业能源强度,但不同的贸易开放度、部门以及竞争程度的行业国际贸易引致技术进步偏向性对能源强度的影响存在差异(李凯杰,2020)。

(二)区际开放与能源生态效率的研究

区域市场整合可被视为一个国家或地区的对内经济开放程度即区际开放水平。区际开放对能源生态效率的影响涉及资源配置效应、人力资本积累效应、拥挤效应和竞争效应、规模效应、技术进步效应多个层面(方建春等,2020;高达等,2022)。而有关区际开放与能源生态效率研究的文章较少,更多的是从区际开放与能源、生态、经济三者分别展开实证分析。研究发现,区域一体化可以通过技术引进和产业转移等方式降低碳排放强度(陈益鑫等,2021),其与能源和二氧化碳排放绩效之间存在显著的正向相关性,市场分割会显著恶化地区环境(汪成鹏等,2020)。对内区际开放还能发挥比较优势、打破地区贸易壁垒、优化资源配置、遏制地方政府“以邻为壑”的恶性竞争行为和促进区域间产业合作多种途径来影响全要素生产率(黄永明等,2019)。长江经济带一体化发展战略一方面会显著提升地区生态效率,另一方面通过经济增长效应、产业结构效应和技术创新效应改善城市生态效率(邓荣荣等,2021)。然而,市场一体化虽显著提升了城市能源效率,但在不同城市规模、创新水平和工业结构的城市影响存在异质性(高达等,2022)。

(三)简要述评

梳理文献可知,大多数学者从国际或区际开放入手,考察其对生态环境、能源利用或经济发展的影响,但现有研究依旧存在两点不足,一是缺乏能源、生态、经济问题的整体分析。相关研究中,虽针

对能源生态效率某一层面的线性及非线性影响展开大量研究,却忽视了国际、区际开放对能源生态效率存在的影响,同时也无法体现某一地区二重开放、能源生态效率的时间、空间演变特征。二是在地区能源生态问题的研究中,国际或区际开放水平两者任何一方的变化都会给另一方带来影响,而现有研究缺乏反映二重开放共同作用的相关研究。故本文依据以上两点不足,将二重开放与能源生态效率放入同一框架下,分析二重开放与能源生态效率的演变特征,并通过构建空间计量模型,以探究国际、区际开放以及国际与区际开放的交互项对能源生态效率的影响,为“双循环”背景下的能源生态效率提升提供参考。

三、指标体系与研究方法

通过构建综合评价指标体系,采用SBM模型对

长三角地区41个城市能源生态效率进行综合评价,并利用探索性空间数据分析、空间计量模型等方法探究二重开放与能源生态效率的时空演变特征及其空间关联性。

(一)指标体系构建与数据处理

结合能源生态效率综合评价的相关研究,本文采用基于非期望产出的Super-SBM模型对能源生态效率展开测度,同时将经济效益、社会效益、生态效益考虑到模型中进行核算,充分反映能源消耗所带来的正向和负向产出,符合当前国家高质量发展要求,具体投入、产出指标体系如表1所示。数据来源于《中国城市统计年鉴》、EPS数据库及各地级市统计年鉴与社会发展统计公报,对于部分年份的缺失数据,采用插值法或加权平均法填充。

1.投入指标

(1)资本投入。由于资本存量不能直接获得,

表1 能源生态效率指标体系

一级指标	二级指标		具体内容
投入指标	资本		资本存量(亿元)
	劳动力		全社会就业人员数量(万人)
	能源		能源消耗总量(万吨标准煤)
产出指标	期望产出	经济效益	国内生产总值(亿元)
		社会效益	一般公共预算收入(亿元)
	非期望产出	生态效益	二氧化碳排放量(万吨)

资料来源:作者整理。

本文参照张军等(2004)的做法,采用永续盘存法求得不同时期不同地区的资本存量作为资本投入。测算公式如下:

$$K_{i,t} = K_{i,t-1}(1-\delta) + I_{i,t} \quad (1)$$

其中, $K_{i,t}$ 、 $K_{i,t-1}$ 分别表示*i*地区在*t*年和*t-1*年的资本存量, $I_{i,t}$ 表示*i*地区*t*年的固定资产投资额,折旧率 δ 设为9.6%;基期2010年资本存量计算公式

为: $K_{i,2010} = \frac{I_{i,2010}}{10\%}$,单位为亿元。

(2)劳动力投入。考虑到劳动力素质与效率数据的不可得性,本文选取各地区三大产业的就业人员数量作为劳动力投入,单位为万人。

(3)能源投入。城市能源消耗主要包括天然气、电力、煤炭、石油,本文参照《中国能源统计年鉴》中各类能源换算系数,天然气(1.215千克标准煤/立方米)、液化石油气(1.7143千克标准煤/立方

米)、用电量(0.1229千克标准煤/千瓦时),将液化石油气、天然气、全社会用电量按一定比例折算加总得到城市能源消耗总量,单位为万吨标准煤。

2.期望产出

(1)经济效益。本文采用地区国民生产总值来衡量经济效益。为消除通货膨胀带来的影响,增强不同时期数据的可比性,以2010年为基期,采用各地区所在省GDP平减指数对名义GDP进行平减,求得实际GDP,单位为亿元。

(2)社会效益。以各地区财政一般公共预算收入来衡量社会效益,单位为亿元。

3.非期望产出

生态效益。考虑到能源消耗所带来的污染主要为大气污染,因此本文选取二氧化碳排放量作为非期望产出,即生态效益。二氧化碳排放量参照任

晓松等(2021)的做法,依据液化石油气、天然气、全社会用电量所产生的CO₂量进行汇总计算。液化石油气、天然气、全社会用电量的CO₂折算系数分别为3.1013kgCO₂/kg、2.1622kgCO₂/m³、1.3203kgCO₂/kWh,单位为万吨。

根据2019年12月颁布的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》,上海、江苏、浙江、安徽“三省

一市”41个城市全部纳入长三角一体化范畴,即上海、南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁、杭州、宁波、温州、湖州、嘉兴、绍兴、金华、衢州、舟山、台州、丽水、合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州和宣城。各变量描述性统计如表2所示。

表2 2011—2021年样本变量描述性统计结果

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
能源效率(EE)	451	0.41	0.16	0.195	1.022
国际开放度(open)	451	0.38	0.35	0.034	2.038
区际开放度(inter)	451	0.65	0.14	0.264	1.078
政府干预程度(gov)	451	0.11	0.03	0.051	0.270
劳动生产率(lab)	451	13.36	8.00	1.812	40.770
经济发展水平(rdp)	451	7.38	3.82	1.120	18.741
金融发展水平(fin)	451	2.77	0.95	1.328	6.299

数据来源:作者计算所得。

(二)研究方法

1.基于非期望产出的超效率SBM模型

在生产过程中,劳动力、资本、能源等要素的投入不仅会按期望生产出人类需要的工业产品,同时也会产生碳排放即非期望产出。而Tone的SBM模型则考虑到这种生产实际情况,将非期望产出纳入

模型用于测度能源生态效率。本文采取基于非期望产出的SBM模型核算长三角地区41个城市的能源生态效率。

将非期望产出纳入评价决策单元(x_0, y_0^g, y_0^b)的SBM模型为:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{S_1 + S_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{S_r^b}{y_{r0}^b} \right)}, \text{ s.t. } \begin{cases} x_0 = X\theta + S^- \\ y_0^g = Y^g\theta - S^g \\ y_0^b = Y^b\theta - S^b \\ S^- \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0, \theta \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $S=(S^-, S^g, S^b)$ 表示投入、期望产出和非期望产出的松弛量, ρ 的目标函数值是决策单元的效率值,其范围在0—1之间,对于给定的决策单元(x_0, y_0^g, y_0^b),当且仅当 $\rho=1$,即 $S^-=S^g=S^b=0$ 时,该决策单元是有效的,如果 $0 \leq \rho < 1$,被评价单元是低效的,此时投入和产出则需要改进。

2.探索性空间数据分析法(ESDA)

探索性空间数据分析法(ESDA)是研究地区经济社会发展空间分布特征的基本统计方法,目前ESDA常用的两种方法是全局空间自相关和局部空间自相关。

全局空间自相关侧重于从整体上反映某一现象的空间集聚特征,而局部空间自相关能够通过莫兰指数散点图直观反映出区域内部的集聚时空变

化特征,两者形成良好的互补关系。具体公式如下:

全局空间自相关:

$$\text{Moran's } I = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}} \quad (3)$$

局部空间自相关:

$$\text{Moran's } I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S^2} \cdot \sum_{j=1}^m W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad S^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^m (x_j - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4)$$

其中, I 反映要素在研究区域内的关联程度; I_i

反映每个城市与相邻城市的要素相关特征; x_i 和 x_j 为城市 i 和城市 j 的能源生态效率; \bar{x} 为能源生态效率均值; Z 表示全局莫兰指数的显著性水平, Z 值大于零且值越大表明其正向相关性越显著, Z 值小于零且值越小表明其负向相关性越弱, Z 值等于零表明观测值呈随机分布特征。 S^2 表示方差, W_{ij} 分别为三种空间权重矩阵:邻接权重矩阵 W_{ij}^1 、地理距离权重矩阵 W_{ij}^2 、经济距离权重矩阵 W_{ij}^3 。

邻接权重矩阵 W_{ij}^1 :采用两个城市之间是否存在共同边界来表示。

$$W_{ij}^1 = \begin{cases} 1, \text{地区 } i \text{ 与地区 } j \text{ 相邻} \\ 0, \text{地区 } i \text{ 与地区 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (5)$$

地理距离权重矩阵 W_{ij}^2 :采用两个地区间经纬度距离平方(d_{ij}^2)的倒数来表示。

$$W_{ij}^2 = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^2} (i \neq j) \\ 0 (i = j) \end{cases} \quad (6)$$

经济距离权重矩阵 W_{ij}^3 :采用两个地区间人均GDP水平差距的倒数来表示。

$$W_{ij}^3 = \begin{cases} \frac{1}{|rgdp_i - rgdp_j|} (i \neq j) \\ 0 (i = j) \end{cases} \quad (7)$$

3. 空间计量方法模型

鉴于能源生态效率和国际开放研究样本间存在显著的空间关联性,除国际开放、区际开放外,金融发展水平、财政干预程度以及产业结构等均是影响能源生态效率的重要因素。为考察国际开放、区际开放对能源生态效率的影响,构建以下空间计量回归模型:

$$EE_{it} = \alpha + \beta_1 open_{it} + \beta_2 open_{it}^2 + \gamma inter_{it} + \theta_1 Wopen_{it} + \theta_2 Wopen_{it}^2 + \theta_3 Winter_{it} + \lambda_1 X_{it} + \lambda_2 W X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

此外,为进一步分析国际开放与区际开放协调发展对能源生态效率的影响,同时引入区际开放与国际开放一次项、二次项交互项,如下式所示:

$$EE_{it} = \alpha + \beta_1 open_{it} + \beta_2 open_{it}^2 + \gamma inter_{it} + \beta_3 open_{it} inter_{it} + \beta_4 open_{it}^2 inter_{it} + \theta_1 Wopen_{it} + \theta_2 Wopen_{it}^2 + \theta_3 Winter_{it} + \lambda_1 X_{it} + \lambda_2 W X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

其中, EE_{it} 表示 i 城市在 t 年的能源生态效率, $open$ 和 $inter$ 分别表示对外开放水平和区际开放水平, X 为控制变量, W 为经过标准化处理后的 41×41

阶空间权重矩阵,分别为邻接权重矩阵 W_{ij}^1 、地理距离权重矩阵 W_{ij}^2 、经济距离权重矩阵 W_{ij}^3 。 α_0 为常数项, α_1 、 α_2 分别表示国际开放一次项及其平方项系数, β 为区际开放系数, u_i 为个体固定效应, v_t 为时间固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

四、二重开放与能源生态效率的时空演变特征

根据长三角地区所处的区位条件、发展现状,借鉴桂琦寒等(2008)和谢永琴等(2022)的方法分别计算出区际开放、国际开放值,结合SBM模型测算出的能源生态效率结果,从不同时间、空间角度对两者演变特征进行分析。

(一) 二重开放的时空演变特征

为比较分析长三角地区二重开放的时空动态演变规律,绘制出长三角“三省一市”随时间变动的折线图。结果如图1、图2所示。

1. 国际开放时间演变规律

根据图1可以发现:2011—2021年,长三角地区国际开放水平上海最高,浙江次之,江苏第三,安徽最低,研究期内年均值分别为1.302、0.587、0.462、0.170。上海国际开放水平远高于其他地区,与内陆地区安徽相比,沪、苏、浙三省(市)内众多城市均位于东南沿海一带,得益于其独有的地理位置和资源禀赋,这部分地区大力开展对外贸易和引进外资,拉动地区经济快速增长,因此,安徽与沪、苏、浙三省(市)的国际开放水平差距显著。从变动趋势上来看,四组地区国际开放度随时间演变存在差异。其中,上海国际开放度下降趋势最为显著,由2011年的1.550下降到2021年的0.972,降幅高达37.3%;浙江国际开放度呈先下降后上升趋势,从2011年的0.653下降到2016年的0.515,年均降幅为3.5%,2016年后又逐年上升至2021年的0.590;江苏国际开放度则呈快速下降后又走稳的趋势,2011—2016年国际开放度下降了0.215,年均降幅为5.92%;安徽国际开放度波动幅度较小,在0.165—0.197范围内上下波动。

2. 区际开放时间演变规律

根据图2可以发现:2011—2021年长三角地区区际开放度整体上呈M型波动,区际开放度分布范围在0.389—0.985,同时其阶段性波动特征尤为显

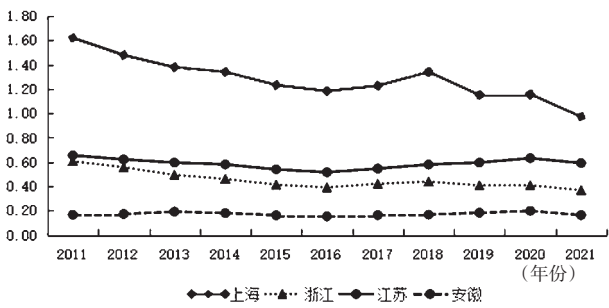


图1 2011—2021年长三角各地区区际开放度动态演变趋势

资料来源:作者绘制。

著。其中,2011—2014年,经历了大幅上升—下降—上升的演变特征,之后到2014—2021年,则呈现先下降后又快速上升再显著下降的演变特征。长三角“三省一市”区际开放演变特征并未表现出显著差异,基本保持相同的步调。2011—2021年,上海的平均区际开放度变化最大,其次是安徽;最后是浙江和江苏。此外,2021年各地区区际开放水平较2020年均出现显著下降,这与新冠疫情的影响密不可分。

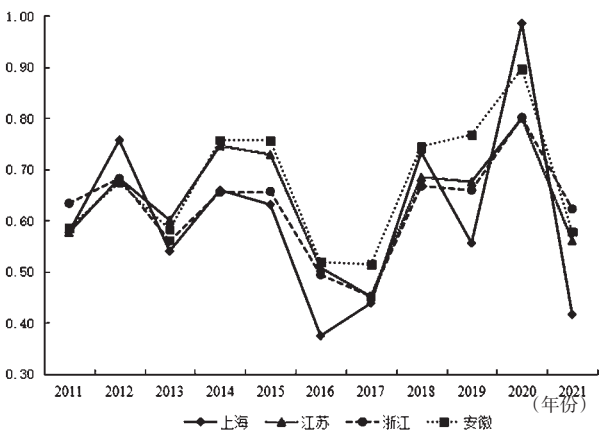


图2 2011—2021年长三角各地区区际开放度动态演变趋势

资料来源:作者绘制。

(二)能源生态效率的时空演变特征

根据SBM模型测算出长三角地区的能源生态效率结果,按照地理位置将长三角划分为沪、苏、浙、皖四组地区,绘制2011—2021年长三角41个城市各地区均值随时间变动的折线图,从时间和空间两个维度分析研究期内这三组地区能源生态效率动态演变规律,结果如图3、图4所示。

1.能源生态效率时间演变分析

从图3可以发现:一是2011—2021年长三角地区整体平均能源生态效率值为0.407,平均能源生

态效率最高值在2020年,达到0.450。平均能源生态效率最低值在2011年,达到0.321。二是能源生态效率整体呈上升趋势,其中在2011—2015年平稳上涨,由2011年的0.321上涨至2016年的0.437,年均上涨,年均上涨6%,2016—2021年能源生态效率增长出现“停滞”现象,始终在0.44上下波动,并未出现明显提升,可能原因在于随着2015年“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念的提出,长三角地区作为改革开放前沿地区也面临着如何实现新旧动能转换的难题,近年来逐步将部分能源投入改善社会福利和发展区域创新等领域,铜陵、芜湖、徐州等重工业城市难以在短时间内实现产业转型升级。三是能源生态效率相较于基期上涨33.9%,年均增长率为3.1%。这说明长三角地区贯彻落实可持续发展理念、加强生态文明建设、践行新发展理念等政策取得显著成效,但长三角地区能源生态效率仍然处于较低水平,依旧有很大的提升空间。

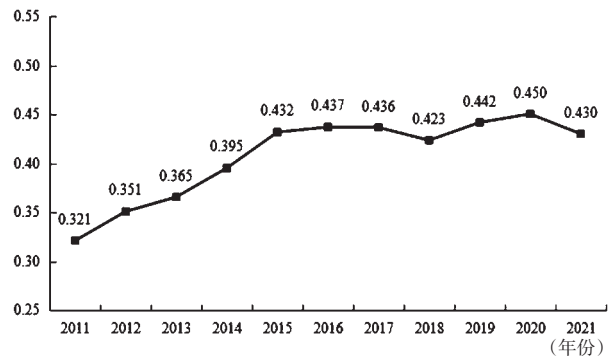


图3 2011—2021年长三角整体平均能源生态效率变化趋势

资料来源:作者绘制。

从图4可以看出:第一,上海和江苏能源生态效率呈逐年上升趋势,浙江能源生态效率呈“上升—平稳”趋势,安徽能源生态效率呈“上升—下降”趋势。四组地区能源生态效率始终保持上海>江苏>浙江>安徽的格局分布特征,年均值分别为0.858、0.483、0.413、0.314。第二,四组地区能源生态效率变动主要分为两个阶段,一是在2011—2015年保持持续上升,沪、苏、浙、皖变化趋势基本保持一致,年均增速分别为7.17%、8.27%、6.88%、5.43%;二是在2016—2021年能源生态效率浙、皖地区出现波动,相较于2015年水平有所下降,沪、苏地区依旧保持平缓上涨,很大原因得益于近年来科技创新在能源、生态等领域的转化应用,对能源生态效率发

挥着不可或缺的提升作用。第三,江苏、浙江、安徽三者与上海之间能源生态效率差距呈逐年扩大趋势,分别由2011年的0.251、0.280、0.334扩大至2021年的0.444、0.581、0.716。

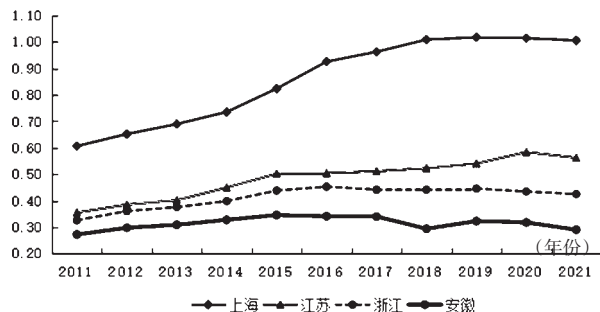


图4 2011—2021年长三角各地区平均能源生态效率变化趋势

资料来源:作者绘制。

2. 能源生态效率空间演变分析

为更好地阐述能源生态效率的空间分布特征,选取2011年、2016年、2021年三个时间节点,将能源生态效率分为低效率($EE \leq 0.25$)、中低效率($0.25 < EE \leq 0.5$)、中高效率($0.5 < EE \leq 0.75$)、高效率($EE > 0.75$)四种类型,并运用ArcGIS软件进行可视化分析,绘制得到图5。从图5可知,长三角地区大部分城市的能源生态效率均在一定程度上有所提升,呈由西向东逐渐增强趋势,且宁波、上海、舟山、南通等东南沿海地区能源效率值普遍高于内陆地区。在2011年,整个长三角地区仅有上海、舟山2个城市达到了中高效率水平,江苏和浙江中低效率城市为21个,占比高达87.5%,安徽低效率城市为9个,占比为56.3%。到2016年,能源生态效率空间分布格局发生显著变化,上海和舟山成为高效率地区,仅有马鞍山、滁州依旧处于低效率水平,长三角能源生态效率中高效率地区由2011年的2个城市扩展至2016年的包括合肥、南京、淮安、杭州、黄山等10个城市。到2021年,能源生态效率分布格局呈“多核心”特征,南京、扬州、无锡、上海均处于高效率水平,中低效率城市虽略有调整,但其数量仍高达24个,占比为58.5%。此外,安徽省内大部分地区依旧处于低、中低效率水平,陷入“低水平陷阱”,沦为能源生态效率

“洼地”。

3. 能源生态效率空间趋势分析

进一步分析长三角各地区能源生态效率空间联系强度大小,结果表明:研究期间内长三角各地区能源生态效率协同状况并未呈现出显著变化,整体上表现为“东南高,西北低”的空间分异趋势特征,长三角各地区能源生态效率呈现出一定的空间关联性。在东西方向上,表现为由2011年、2016年的半抛物线向2021年的线状空间结构演变,且保持“东高、西低”的空间结构特征,这表明长三角东部地区的能源生态效率始终显著高于西部地区。在南北方向上,趋势曲线保持中间高、两头低的分布特征,曲线弧度随时间呈逐步扩大的趋势,意味着长三角南部、北部地区的能源生态效率不升反降,并与中部地区的能源生态效率差距进一步拉大。

五、二重开放对能源生态效率的影响分析

在分析长三角地区二重开放和能源生态效率时空演变的基础上,为深入探究二重开放对能源生态效率的影响程度以及是否存在空间溢出效应,还需进一步进行实证检验。

(一) 空间自相关检验

运用探索性空间数据分析法(ESDA),分别从全局空间自相关和局部空间自相关两个方面对长三角地区41个城市的能源生态效率空间关联性展开研究。

一方面,地理距离权重矩阵下的全局空间自相关结果表明:第一,2011—2021年长三角各地区能源生态效率与国际开放的全局莫兰指数均大于零,国际开放莫兰指数值为0.153—0.179,从2011年的

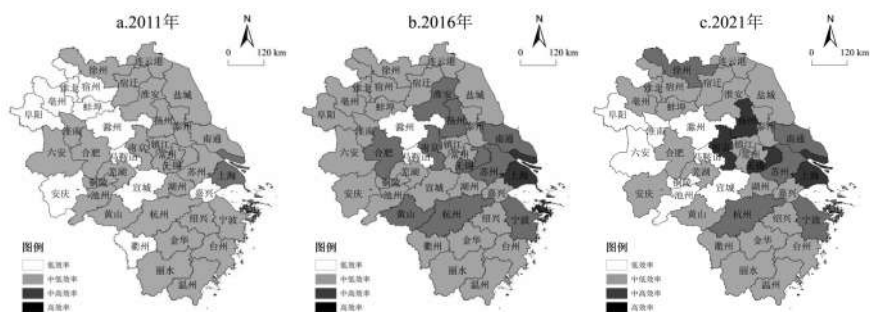


图5 2011年、2016年、2021年长三角区域能源生态效率空间分布演变趋势

资料来源:作者绘制。

0.179逐步下降到2021年的0.151,表明国际开放在长三角区域内较为稳定,整体空间相关性呈现逐渐减弱趋势。第二,能源生态效率莫兰指数值位于0.028—0.081范围内,空间关联性呈先减小后增强的趋势,全局莫兰指数从2011年的0.052增加到2021年的0.067,增加了22.3%;能源生态效率和国际开放在11年间均通过了置信度为1%的显著性水平,表明长三角地区41个城市间的能源生态效率和国际开放并非随机分布的,存在着明显的基于地理距离的正向空间相关性,即本地能源生态效率、国际开放集聚会对周边地区存在显著的正向溢出效应。第三,区际开放的全局莫兰指数变动较大,仅在部分年份表现出相关性,区域间贸易壁垒、要素流通不畅一直是制约区际一体化水平提升的重要原因,但这并不能说明其城市间不存在空间相关性,可能存在空间相关情况仅存在于少部分城市之间或者城市间的正、负向相关性出现了相互抵消的情况,有待进一步分析。

另一方面,地理距离权重矩阵下的Moran散点分布图结果表明:第一、第三象限内城市占比数量占比较高,城市国际开放在2011年、2016年、2021年分布于第一、第三象限的比重分别达到65.8%、68.3%、68.3%,城市能源生态效率这三年比重分别达到80.5%、82.9%、75.6%,说明两者在研究期间内存在明显的空间依赖性;随着长三角地区国际化进程的发展,以及在地方低碳、节能型经济发展战略等因素推动下,部分地区充分发挥其在资本、技术、能源和劳动力等资源禀赋优势,与其能源生态效率(EE)发展水平接近地区形成互促效应,而能源生态效率值较低地区则是陷入发展“低水平陷阱”,能源生态效率(EE)集聚“高一高”和“低—低”集聚现象表明其空间分布出现显著的“马太效应”。

(二)空间计量回归模型

基于2011—2021年长三角地区41个城市面板数据,借助STATA16软件和空间计量模型展开回归分析,并采用逐步回归法和偏微分方法对国际开放、区际开放对能源生态效率的影响做进一步探究。

第一,空间回归结果。通过LM检验、LR检验以及Hausman等检验选择空间杜宾模型进行实证分析。在地理距离和经济距离两种权重矩阵下,模

型国际开放度影响系数显著为负(-0.197、-0.224),区际开放度影响系数显著为正(0.047、0.042),意味着国际开放程度加深对能源生态效率提升产生抑制作用,而区际开放度提升对能源生态效率提升产生促进作用。进一步引入二重开放的二次项系数以检验其对能源生态效率是否存在非线性影响,结果表明国际开放一次项系数为负、二次项系数显著为正,表明国际开放与能源生态效率之间存在U型非线性关系。区际开放一次项系数为正,二次项系数为负但不显著,表明区际开放对能源生态效率有正向促进作用,不存在非线性影响。在加入区际开放与国际开放的交互项后,其系数显著为正,表明二重开放协同发展能够有效提高能源生态效率。二重开放协同发展能够通过强化规模效应、竞争效应和技术溢出等效应积极作用,同时弱化这些效应存在的负面影响,从而实现资源高效配置、推动经济发展,并降低污染排放、能源消耗,进而提高能源生态效率。在控制变量方面,金融发展水平在经济距离矩阵下能够显著提升能源生态效率,而在地理距离矩阵下不显著。劳动生产率、经济发展水平、政府干预程度在两种权重矩阵下均通过显著性检验且系数为正。

第二,空间溢出效应。采用偏微分估计方法进行溢出效应分析,结果表明,国际开放直接效应、间接效应和总效应一次项系数为负,二次项系数为正,表明地区国际开放同样会对本地区和周边的能源生态效率产生U型的非线性影响。区际开放度通过了5%的显著性水平,其直接效应、间接效应和总效应分别为0.007、0.216和0.223,表明区际开放不仅促进本地区能源生态效率增长,同时对周边地区存在显著的外溢效应,且地区间的溢出效应强于地区内的促进效应。这说明在地区间外贸一体化发展和政府宏观调控等因素影响下,加速资本、能源和技术等生产要素流动,以强化能源生态效率的溢出作用和空间关联。

第三,稳健性检验。为检验模型分析的合理性与可靠性,从两个方面进行稳健性检验。首先,缩减样本数量,删除收尾年份,用2012—2020年样本数据进行回归。其次,替换空间权重矩阵,采用邻接矩阵进行回归检验。上述两种方法所得结果均与前文基本一致,表明回归结果是稳健可信的。

六、结论与建议

双循环新发展格局下,二重开放逐步成为有效应对能源危机、减少环境污染和实现经济可持续和绿色高质量发展的重要途径。基于2011—2021年长三角地区41个城市面板数据,分析二重开放和能源生态效率的时空演变特征,并进一步运用空间计量模型对二重开放与能源生态效率之间关系进行实证检验。主要结论如下:第一,长三角地区国际开放度随时间推移呈先下降后平稳趋势,区际开放度呈M型演变特征,能源生态效率则是呈现先上升后平稳趋势。第二,能源生态效率沿海地区都要高于内陆地区,呈现出上海>江苏>浙江>安徽的格局分布特征;能源生态效率低、中低水平难以实现到中高、高水平的转变,表现出逐级改变特征,并未出现跨越式发展且具有显著的空间指向特征,空间关联上呈现显著“高一高”和“低一低”集聚的“马太效应”。第三,国际开放对能源生态效率具有非线性的U型影响,区际开放对能源生态效率具有显著的正向促进作用,国际、区际开放存在互补和溢出效应。

根据上述研究结论,针对统一大市场建设背景下如何发挥长三角地区二重开放优势、推动能源低碳绿色转型方面提出如下建议。

第一,发挥二重开放优势,推动能源低碳绿色转型。长三角地区作为中国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,应充分发挥其国际开发和区际开发的二重开放优势,深度参与全球能源转型变革,高度重视国际能源科技创新合作,推动形成开放透明、普惠共享、互利共赢的能源合作格局,推动能源低碳绿色转型,引领全球绿色发展。

第二,发挥区际开发的正向溢出作用,推动能源、生态领域科技创新。长三角各地区的能源生态效率并非孤立存在的,具有明显的空间关联性和正向溢出效应。以建设统一大市场、长三角一体化战略实施为契机,在新能源技术应用、生态治理体系建设和能源政策实施等领域“三省一市”互通有无、错位发展、合作双赢。增加核心技术研发经费投入,推动能源、生态领域科技创新,着力突破微型能源系统领域的关键核心技术,积极探索实施一批微型能源系统示范工程。加快以清洁能源和可再生能源为主体的能源体系构建,从能源采集、能源转化、能源输

运、能源存储和能源消费等多个环节全面推动先进能源技术的研发与应用,利用信息互联网、大数据、AI技术等先进技术实现信息流和能源流的深度融合,为全球碳达峰、碳中和做出长三角地区的贡献。

第三,进一步扩大对外开放,促进国际与区际良性互动。统筹兼顾国内和国际两大市场,加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的长三角地区新发展格局,长三角“三省一市”应结合自身的区位特征和经济发展模式,不断深化对外开放水平,注重提高国际开放质量,规划适宜长三角地区的国际、区际开放体系。打破行政边界,以扩大内需为战略基点,打通长三角地区经济循环的痛点堵点,协调好国际开放与区际开放的关系,避免陷入低水平二重开放困境,实现国际开放与区际开放之间的良性互动。

第四,构建现代化能源大系统,共同制定长三角能源一体化发展规划。打破长三角能源管理的省际壁垒和行业壁垒,长三角“三省一市”可共同制定长三角能源一体化发展规划,建立健全区域内能源利益协调和补偿机制,实现区域内各类能源采集、转化、输运、交易、储备、消费的合理布局,促进各类能源基础设施和能源供应共建共享、互联互通、互济互保,并推动能源合作从单一的项目合作发展成为全面深度一体化合作。

第五,建立区域低碳技术共享机制,加强区域能源市场化改革方案对接。在可再生能源资源禀赋不足等问题的约束下,长三角地区有必要建立区域内与区域间低碳技术共享机制,促进长三角内部企业的合作与低碳技术共享。同时,加强电力现货市场建设、天然气管网和价格机制改革、煤炭储备与质量管控机制、绿证交易与可再生能源消纳机制等方面的改革方案对接,理顺能源价格、促进绿色转型,推动长三角“三省一市”逐步实现碳达峰、碳中和的双碳目标。

注释

①习近平:《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》,《求是》2022年第21期:4—35。

参考文献

[1]赵伟.区际开放:左右未来中国区域经济差距的主要因

- 素[J].经济学家,2001(5).
- [2] LI J K, CHENG L Y, ZHANG T B. Does foreign direct investment have the pollution halo effect? [J]. China population, resources and environment, 2017(10).
- [3] 齐英琪, 邓翔, 任崇强. 贸易开放、环境规制与城市绿色发展效率: 来自中国2010—2018年282个城市的证据[J]. 经济问题探索, 2022(5).
- [4] 闫金玲, 冉启英, 苏旭峰, 等. 对外贸易促进碳减排效应研究[J]. 价格理论与实践, 2021(11).
- [5] 李豫新, 曹梦渊. 贸易开放、环境规制与城市生态效率: 基于黄河流域城市面板数据的实证[J]. 统计与决策, 2023(3).
- [6] 李佳霖, 孙鹏. FDI质量对中国全要素能源生产率的影响研究[J]. 统计与决策, 2020(24).
- [7] 刘辉群, 彭传立. OFDI、逆向技术溢出与全要素能源效率: 基于PVAR模型分析[J]. 生态经济, 2022(4).
- [8] 冯小明, 康继军. 中国制造业对外开放与能源效率的非线性关系研究[J]. 经济经纬, 2016(1).
- [9] 李凯杰. 国际贸易、技术进步偏向性与我国工业能源强度[J]. 经济经纬, 2020(6).
- [10] 方建春, 张宇燕, 吴宛珊. 中国能源市场分割与全要素能源效率研究[J]. 科研管理, 2020(10).
- [11] LI J, LIN B. Does energy and CO₂ emissions performance of China benefit from regional integration? [J]. Energy policy, 2017, 101(C).
- [12] 汪成鹏, 吴锦桃. 市场分割对地区环境污染影响的实证[J]. 统计与决策, 2020(23).
- [13] 张德钢, 陆远权. 市场分割对能源效率的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2017(1).
- [14] 陈益鑫, 季栋伟, 张体委, 等. 区域一体化对三大城市群碳排放强度的影响研究[J]. 金融纵横, 2021(9).
- [15] 邓荣荣, 张翱翔, 陈鸣. 长江经济带高铁开通对城市生态效率的影响: 基于DID与SDID的实证分析[J]. 华东经济管理, 2021(5).
- [16] 高达, 李格. 政府合作与城市群能源效率: 基于长三角城市经济协调会的准自然实验[J]. 软科学, 2022(2).
- [17] 黄永明, 李娉. 对外贸易开放、对内区际开放与制造业全要素生产率提升[J]. 产经评论, 2019(1).
- [18] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. European journal of operational research, 2002, 143(1).
- [19] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10).
- [20] 任晓松, 刘宇佳, 赵国浩. 经济集聚对碳排放强度的影响及传导机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2021(4).
- [21] 黎文勇, 杨上广, 吴玉鸣. 区域市场一体化对碳排放效益的影响研究: 来自长三角地区的空间计量分析[J]. 软科学, 2018(9).
- [22] 谢永琴, 武小英, 宋月姣. 长江经济带对外开放度时空演化特征及影响因素[J]. 统计与决策, 2022(8).
- [23] 李金铠, 马静静, 魏伟. 中国八大综合经济区能源碳排放效率的区域差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021(6).
- [24] 李向阳, 赵永辉, 柯稚晖. 贸易开放与地区经济增长: 基于市场一体化的门槛效应考察[J]. 科学决策, 2022(6).
- [25] 李婉婷, 马冠龙, 林诗淇, 等. 碳中和愿景下长三角城市群能源结构与效率分析[J]. 能源与环境, 2022(4).
- [26] GROSS G, KRUEGER A B. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement [J]. NBER working papers, 1991.
- [27] COPELAND B R, TAYLOR M S. North-South trade and the environment [J]. Quarterly journal of economics, 1994, 109(3).
- [28] 桂琦寒, 陈敏, 陆铭, 等. 中国国内商品市场趋于分割还是整合: 基于相对价格法的分析[J]. 世界经济, 2006(2).

Research on Spatiotemporal Pattern and Correlation of the Yangtze River Delta Region Double Opening and Energy Eco-Efficiency

Tong Sujuan Zhao Junwei Jin Xuejun

Abstract: It has become an important proposition for the high-quality and sustainable development of the Yangtze River Delta region to form a higher level of international opening-up pattern and a more effective domestic opening-up pattern and to achieve resource conservation, green low-carbon and win-win economic development. Based on the panel data of 41 cities in the Yangtze River Delta region from 2011 to 2021, the spatial and temporal pattern and correlation between the double opening and energy eco-efficiency were explored. The results show that: First, on the whole, the international openness decreased first and then stabilized, the inter-regional openness showed M-type evolution, and the energy eco-efficiency showed a sequential evolution trend of "rising - stable". Second, energy eco-efficiency presents the pattern distribution characteristics of Shanghai > Jiangsu > Zhejiang > Anhui, which mainly shows the characteristics of step by step change, and has a significant spatial orientation. Third, there is a U-shaped relationship between international opening and energy eco-efficiency. Interregional opening has a significant positive promoting effect on energy eco-efficiency, and the dual opening has complementary and spillover effects.

Key Words: Double Opening Up; Energy Ecological Efficiency; SBM Model; Spatial Econometric Model

(责任编辑:张子)