

# 长三角地区生产性服务业集聚与碳排放效率

## ——基于SDM与PTR模型的实证检验

聂永有 姚清宇

(上海大学经济学院, 上海 200436)

**【摘要】** 本文基于2005~2020年长三角地区41个城市面板数据,采用空间杜宾模型(SDM)与面板门槛模型(PTR)实证检验生产性服务业集聚对碳排放效率的空间效应及中间机制。研究发现:生产性服务业集聚与本地碳排放效率之间存在U型关系,且该种非线性特征同样存在于空间溢出效应之中;在人口密度、对外开放、经济规模3种中间机制约束下,生产性服务业集聚对碳排放效率呈现非线性冲击。其中,人口密度与对外开放存在单一门槛效应,经济规模存在双重门槛效应。在更换回归样本以及计量模型的情况下,实证结果仍然稳健。本文深化了长三角地区生产性服务业集聚与低碳经济增长的相关研究,从供给侧角度为“碳达峰、碳中和”的实现提供不同的治理思路与政策建议。

**【关键词】** 长三角地区 生产性服务业集聚 碳排放效率 空间杜宾模型 面板门槛回归 产城融合  
DOI:10.3969/j.issn.1004-910X.2022.06.014

**【中图分类号】** F061.5; F207 **【文献标识码】** A

### 引言

2020年9月22日,习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出中国“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。这就要求中国改变粗放型经济增长方式,实现区域高质量发展。作为国民经济先行区,长三角地区聚集大量优质资源的同时伴随严重环境问题。2016年6月,《长江三角洲城市群发展规划》要求全面推进绿色低碳生态城区建设。2018年11月,长三角区域一体化上升为国家战略,要求建立区域产业协作机制,弥补低碳发展短板。已有研究指出,生产性服务业具备较强的集聚效应与知识密集属性,能通过深化分工体系、优化产业链嵌入区位、推动环保生产技术创新等途径实现区域“绿色化”发展<sup>[1]</sup>。现阶段,在环境保护与经济增长并进压力下,通过调整生产性服务业来促进长三角低碳经济发展已然成为供给侧改革的重要抓手。因此,本文考察长三角地区生产性服务业集聚对碳排放效率的影响效应及约束机制,旨在“双碳”背景下为长

三角地区高质量和一体化发展提供决策参考。

本文边际贡献在于:(1)现有文献对生产性服务业集聚环境效应的研究集中于污染排放总量的探讨,未能全面反映污染与产出之间的效率关系,本文聚焦生产性服务业集聚与碳排放效率的内在联系,相较于碳排放总量与碳排放强度,更加贴合低碳经济增长的本质内涵;(2)借助空间杜宾模型,对长三角地区生产性服务业集聚与碳排放效率的空间联系进行量化论证,为长三角城市群的协调发展提供经验证据;(3)利用面板门槛模型,检验不同约束机制下,生产性服务业集聚对碳排放效率的非线性冲击,从产城融合视角回答如何更好提高长三角地区的碳排放效率。

### 1 文献综述与研究假说

#### 1.1 生产性服务业集聚、空间溢出与碳排放效率

假说1:长三角地区生产性服务业集聚与本地碳排放效率之间存在U型关系,并通过生产性服务空间溢出对周围地区的碳排放效率产生影响。

(1)直接效应。生产性服务业集聚是经济集聚的主要表现形式之一,因此Marshall关于集聚

收稿日期:2022-02-28

基金项目:教育部人文社会科学研究项目“循环经济中动静脉产业多主体协同与均衡决策模型研究”(项目编号:20YJA790055)。

作者简介:聂永有,上海大学经济学院教授,博士,博士生导师。研究方向:资源与环境经济学。姚清宇,上海大学经济学院硕士研究生。研究方向:资源与环境经济学。

的三大机制——投入产出关联、共享劳动力市场、促进技术创新同样适用于生产性服务业集聚影响碳排放效率的理论框架<sup>[2]</sup>。生产性服务业内生于制造业分工体系，通过投入-产出关联将环保类、技术类等生产性服务注入制造业生产过程，促使制造企业进行绿色生产技术创新并促增碳排放效率。作为二、三产业“润滑剂”，生产性服务业将高校、研究所等科研人员创造的“隐性知识”转化为可供制造业吸收的“显性服务”，与制造业共享劳动力市场，构建产学研一体化平台，助力区域低碳经济发展。此外，生产性服务业内部细分行业众多，多行业交叉有利于知识、技术外溢进而增进创新机会，为制造业企业碳减排技术研发提供源动力。但有学者指出，生产性服务业集聚的环境-经济效应并非一直保持线性关系，有短期与长期之分<sup>[3,4]</sup>。在生产性服务业集聚初期，集聚规模相对较小，资源配置尚未最优，仅是地理上的堆砌发展。此时，生产性服务业集聚反而容易致使区域治污成本上升，抑制碳排放效率。伴随生产性服务业集聚程度不断加深，生产性服务业逐渐与制造业产生良性互动，优化制造业生产流程，从而对碳排放效率的影响发生由负向正的转变。

(2) 溢出效应。根据“极化-涓滴效应学说”，区域发展通常起源于少量极化的中心地区，这些中心地区不断集聚生产要素，逐渐形成“中心-外围”二元地理分布格局<sup>[5]</sup>。当中心区发展至一定规模后，因土地、资本、劳动力等生产要素限制，中心地区具有向外扩张欲望。伴随区际市场不断整合，物流交通、商贸租赁、金融借贷、信息传输、科学研究、环境治理等生产性服务不断向外围地区涌入<sup>[6]</sup>，从而实现“中心”对“外围”的涓滴效应，生产性服务业集聚因而对周围城市碳排放效率产生空间溢出。

## 1.2 生产性服务业集聚、约束机制与碳排放效率

假说2：在人口密度、对外开放以及经济规模3种约束机制下，长三角地区生产性服务业集聚对碳排放效率呈现非线性变化。

(1) 根据人口集聚假说，人口密度与产业集群之间存在互动关系<sup>[7]</sup>。人口密度增加有利于实现规模效应，提高产业集聚过程中基础设施及资

源要素的利用效率，对改善区域碳排放效率有促进作用；另外，人口在空间上过度集中会导致产业集聚状态下产生大量生活、生产废弃物，一旦超过生态环境自净能力，则会加重污染。因此，受限于人口密度约束，生产性服务业集聚对碳排放效率具有非线性影响。

(2) 根据“污染避难所”和“污染光环”假说，在FDI调节下，生产性服务业集聚对碳排放效率会产生负面和正面的双重影响<sup>[8]</sup>。“污染避难所”假说认为，发达国家出于治污成本考量，将高污染、高耗能产业转移至发展中国家，加剧当地资源要素竞争与能源消耗，产生拥挤效应进而阻碍碳排放效率提升；另外，“污染光环”假说认为，FDI带来先进技术与管理经验，通过知识技术溢出优化产业集群质量，扩大生产性服务业集聚对地区低碳经济增长的正面效果，进而提升碳排放效率。因此，受限于对外开放水平制约，生产性服务业集聚对碳排放效率会呈现非线性变化。

(3) 根据威廉姆森假说，产业集群的经济增长效应受不同发展阶段制约<sup>[9]</sup>。经济增长初期，由于基础设施和资本市场并不完善，难以激发产业集聚的经济增长效应。随经济规模不断上升，基础设施以及资本市场有所积累，产业空间集中有利于聚集优质生产要素，从而改善地区经济效率。但随经济体量进一步扩增，集聚外部性所诱发的拥挤效应反而驱使产业形成分散化地理格局，抑制经济发展的可持续性。因此，在经济体量约束下，生产性服务业集聚对碳排放效率具有非线性冲击。

## 2 研究设计

### 2.1 模型设定

#### (1) 空间杜宾模型(SDM)

本文基于STIRPAT和SDM模型检验生产性服务业集聚对碳排放效率的直接影响和空间溢出效应。根据理论分析，生产性服务业集聚影响碳排放效率是一个长期过程，因此将生产性服务业集聚的二次项引入模型，设定如下：

$$\ln I_{it} = \ln a + \rho W_{ij} \ln I_{it} + \beta_1 \ln S_{it} + \beta_2 (\ln S_{it})^2 + \beta_c \ln X_{it} + \theta_1 W_{ij} \ln S_{it} + \theta_2 W_{ij} (\ln S_{it})^2 + \theta_c W_{ij} \ln X_{it} + \mu_i + \nu_t + \ln \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,  $\ln a$  为截距项;  $\ln I_{it}$ 、 $\ln S_{it}$  分别代表  $i$  城市  $t$  时期碳排放效率和生产性服务业集聚程度;  $\ln X_{it}$  代表控制变量;  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_c$  分别表示生产性服务业集聚及其二次项与控制变量的回归系数;  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_c$  代表生产性服务业集聚及其二次项与控制变量空间滞后项的回归系数;  $W_{it}$  为  $41 \times 41$  阶空间邻接权重矩阵;  $\rho$  为碳排放效率空间滞后项系数;  $\mu_i$ 、 $\nu_t$ 、 $\ln \varepsilon_{it}$  分别代表个体、时间固定效应以及随机扰动项。

### (2) 面板门槛模型(PTR)

生产性服务业集聚对碳排放效率存在多重机制约束, 本文采用面板门槛模型考察生产性服务业集聚对碳排放效率的非线性变化, 模型设定如

下:

$$\ln I_{it} = \ln a + \beta_{th1} \ln S_{it} \cdot I(q_{it} \leq \lambda_1) + \beta_{th2} \ln S_{it} \cdot I(\lambda_1 < q_{it} \leq \lambda_2) + \dots + \beta_{thn} \ln S_{it} \cdot I(q_{it} > \lambda_n) + \beta_c \ln X_{it} + \ln \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,  $q_{it}$  为门槛变量;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  为待估算的门槛值;  $\beta_{th1}, \beta_{th2}, \dots, \beta_{thn}$  为各门槛值下的参数估计;  $I(g)$  为指标函数, 其他参数设定与空间杜宾模型相同。

## 2.2 变量选取

### 2.2.1 被解释变量

碳排放效率( $\ln I$ )。本文参考于斌斌等(2019)<sup>[10]</sup>的做法, 使用非期望产出 Super-SBM 模型测度碳排放效率。基于已有研究, 本文碳排放效率指标测度评价体系见表1。

表1 碳排放效率指标评价体系

指标类型	一级指标	二级指标	指标说明
投入指标	资本投入	固定资本存量	采用永续盘存法计算固定资本存量, 详见张军等(2004) <sup>[11]</sup> 的方法
	劳动力投入	年末就业人数	按各行业年末从业人数予以加总
	能源投入	全社会用电量 天然气 液化石油气	目前主要统计的城市能源包括天然气、液化石油气和电力3类, 因此采用这3种能源消耗数据进行折算, 具体参考韩峰等(2014) <sup>[12]</sup> 的研究
产出类型	期望产出	实际GDP	以2003年为基期, 对各城市名义GDP进行平减得出
	非期望产出	碳排放量	参考任晓松等(2020) <sup>[13]</sup> 的做法, 对上述提及的天然气、液化石油气、全社会用电量3类能源消费进行测算得出

### 2.2.2 核心解释变量

生产性服务业集聚( $\ln S$ )。(1) 本文参考韩峰和谢锐(2017)<sup>[14]</sup>、李斌和杨冉(2020)<sup>[15]</sup>的研究, 确定交通运输仓储邮政业、租赁和商务服务业、金融业、信息传输计算机服务和软件业、科学研究和技术服务业、环境治理和公共设施管理业6类细分行业作为生产性服务业; (2) 借鉴袁华锡等(2019)<sup>[16]</sup>的研究, 采用区位熵模型衡量生产性

服务业集聚。计算公式为:  $S_{it} = \frac{ES_{it}/E_{it}}{\sum ES_{it} / \sum E_{it}}$ ,  $ES_{it}$  表示  $i$  城市  $t$  年生产性服务业就业人数,  $E_{it}$  表示  $i$  城市  $t$  年就业总人数,  $\sum ES_{it}$  表示全国生产性服务业就业人数,  $\sum E_{it}$  表示全国就业总人数。

### 2.2.3 其他变量

(1) 门槛变量。本文选择年末人口总量与行

政区域面积之比表征人口密度( $\ln POP$ ), 人均对外直接投资总额度量对外开放程度( $\ln FDI$ ), 地区生产总值衡量经济规模( $\ln GDP$ ); (2) 控制变量。本文选取市辖区年末总人口衡量人口因素( $\ln P$ ), 人均GDP衡量财富因素( $\ln A$ ), 工业固体废物综合利用率衡量环境规制( $\ln ER$ ), 工业增加值占地区生产总值比重衡量产业结构( $\ln IS$ ), 财政支出占地区生产总值比重衡量政府干预( $\ln GI$ )。

### 2.3 数据来源

本文选用2019年国务院印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》提及的上海、浙江、江苏、安徽四省市共计41个城市为研究区域, 样本时间跨度为2005~2020年。数据来源于历年《中国城市统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》、《中国电力年鉴》、《中国环境年鉴》及各省(直辖市)市统计年鉴和国民经济和社会发展统计公报。

从数据时序性变化来看,得益于长三角地区强大的经济基础,新冠肺炎疫情冲击后城市群整体恢复情况相对较好,受疫情影响的波动也相对较小。此外,本文将对外实际投资总额按历年汇率折算

为人民币,并与其余时间价值变量按各市GDP平减指数折算到2003年为基期。表2汇报了各变量描述性统计结果。

表2 描述性统计

分类	定义	符号	样本值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	碳排放效率	$\ln I$	656	-0.4147	0.3512	-1.4638	0.1308
解释变量	生产性服务业集聚	$\ln S$	656	-0.1889	0.3400	-1.1731	0.8412
门槛变量 (机制变量)	人口密度	$\ln POP$	656	6.3599	0.5260	4.9786	7.7526
	对外开放	$\ln FDI$	656	6.6306	1.2727	2.0441	8.9605
	经济规模	$\ln GDP$	656	16.4405	1.0761	13.7834	19.3360
控制变量	人口因素	$\ln P$	656	4.9733	0.7307	3.3673	7.2971
	财富因素	$\ln A$	656	10.3885	0.8601	7.9484	12.2351
	环境规制	$\ln ER$	656	4.5192	0.1099	3.6906	4.6052
	产业结构	$\ln IS$	656	-0.9006	0.2222	-1.7798	-0.3615
	政府干预	$\ln GI$	656	-1.9862	0.4054	-2.8951	0.3955
空间权重矩阵	地理邻接 空间权重矩阵	$W_1$	矩阵元素中,两地相邻为1,否则为0				
	地理距离 空间权重矩阵	$W_2$	矩阵元素为两地经纬度距离的倒数				
	经济距离 空间权重矩阵	$W_3$	矩阵元素为两地年均人均生产总值之差的倒数				

### 3 实证分析

#### 3.1 空间相关性检验

本文基于空间邻接权重矩阵并采用Moran's I和Geary's C对长三角地区碳排放效率进行全局空间相关性检验,具体计算过程参考陆凤芝和王群勇(2021)<sup>[17]</sup>的做法。图1显示大部分年份下长三角地区碳排放效率显著为正,表明本文适合使用空间计量模型进行检验,也意味着长三角地区低碳经济发展已紧密连接为“命运共同体”,一荣俱荣一损俱损,因此对于长三角城市群低碳发展政策的制定与实施,应立足于整体考量,而非单独城市。

#### 3.2 生产性服务业集聚对碳排放效率的空间溢出

本文分别进行LM、LR、Wald以及Hausman检验,以确定空间回归模型最优形式<sup>[18]</sup>。结果显示,本文应选用时空双固定的空间杜宾模型并结合极大似然对空间面板进行估计<sup>①</sup>。此外,本文

还列出OLS、SEM、SAR模型估计结果进行系数比对。由于SAR和SDM模型存在被解释变量空间滞后项,传统点估计无法精确测度回归中的“反馈效应”,因此本文采用偏微分将生产性服务业集聚对碳排放效率的影响分解为直接和间接(空间溢出)效应。

(1) 分析解释变量的参数估计。生产性服务业集聚直接效应一次项和二次项均显著为正,表明生产性服务业集聚对本地碳排放效率的影响存在U型曲线关系,与理论预期相符。在生产性服务业集聚前期,资源要素往往存在错配现象,未与制造业形成良性互动,因而与碳排放效率存在短期抑制关系。在地区“退二进三”等产业转型政策帮扶下,生产性服务业得以进一步集聚、强化与发展,产业关联、劳动力市场共享、知识技术溢出等外部性逐渐显现,生产性服务进而可推动制造企业绿色创新,促进碳排放效率提升。通过

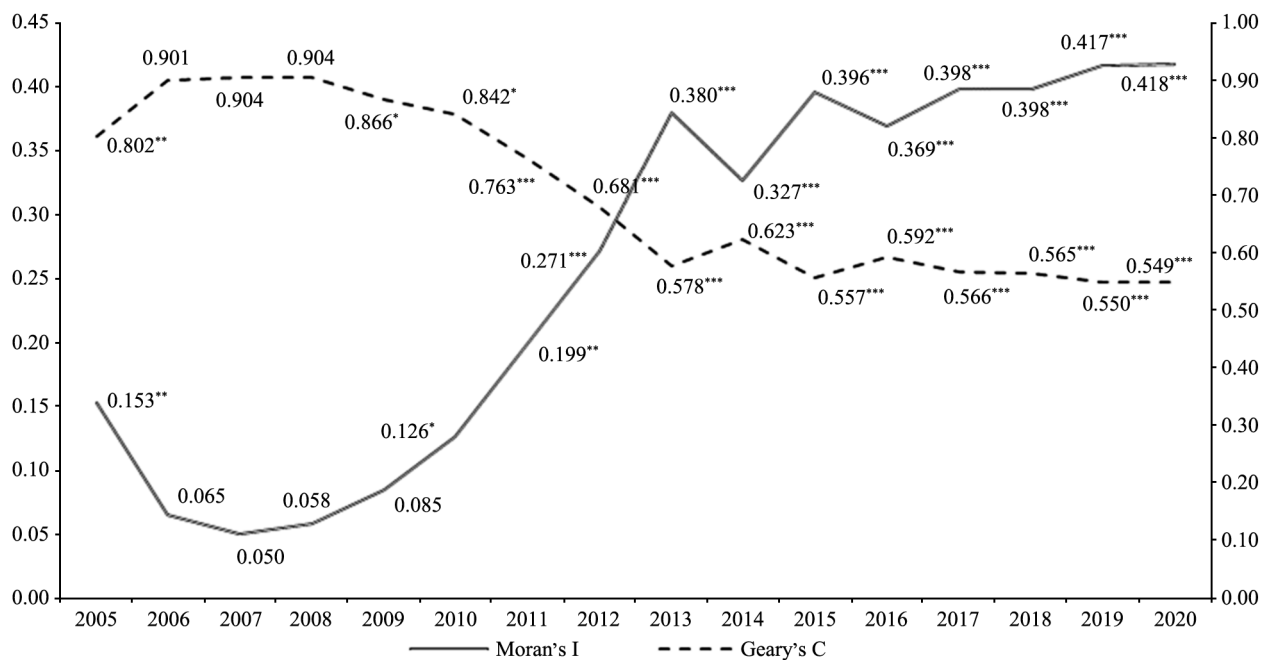


图1 长三角地区碳排放效率的空间相关性检验

计算生产性服务业集聚 U 型拐点值(-0.2549)并与 2020 年数据比对, 本文发现长三角地区已有 21 个城市跨越至拐点右侧, 表现为对碳排放效率的促进作用, 但仍有近半数城市在拐点左侧, 集聚程度存在进一步深化空间。从生产性服务业集聚的间接(空间溢出)效应看, 生产性服务业集聚与邻地碳排放效率的关系与本地一致, 也具备 U 型曲线特征。原因在于, 本地生产性服务业集聚发展初期, 资源要素的低效配置、城市间运输成本等因素制约, 难以促使生产性服务业释放集聚红利。当生产性服务业发展至一定程度后, 信息技术以及物流交通的发展与普及, 降低资源要素匹配成本并弱化区际市场分割, 本地和邻地的商贸流通、人员往来、技术交流逐渐密切, 逐步形成城市间产业关联, 进而对邻地碳排放效率产生正向空间溢出, 假说 1 验证成立。

(2) 分析控制变量参数估计。人口规模直接效应与间接效应均不显著, 说明区域碳排放效率的提升并不依赖于城市规模扩张。财富因素直接效应和间接效应均显著为正, 说明本地区经济增长在促进本地碳排放效率的同时, 对邻近地区具有正向空间溢出。环境规制直接效应不显著, 间接效应显著为正, 说明环境规制所产生的正外部性可推动周围地区碳排放效率的提升, 使邻地低碳发展受益。工业比重直接效应显著为负, 间接效应不显著, 意味着本地区高碳排和高能耗工业

企业的增加, 将大幅提高碳排放来源, 降低本地碳排放效率。财政支出占比的直接和间接效应均不显著, 说明现阶段政府干预并未对长三角地区碳排放效率产生明显影响。

### 3.3 生产性服务业集聚对碳排放效率非线性冲击的中间机制分析

根据理论分析, 中间机制是导致生产性服务业集聚对碳排放效率产生非线性冲击的关键所在。因此, 本文采用面板门槛模型检验不同约束条件下, 生产性服务业集聚对碳排放效率的异质性影响。表 4 中 Pannel A 显示, 人口密度和对外开放表现为单一门槛效应, 经济规模表现为双重门槛效应。Pannel B 对各约束机制下门槛回归系数进行估计, 具体分析如下:

(1) 人口密度的门槛效应。当人口密度小于门槛值 6.3486 时, 生产性服务业集聚对碳排放效率具有正向影响并通过 1% 显著性检验; 当人口密度跨越门槛值 6.3486 时, 生产性服务业集聚对碳排放效率的影响显著为负, 回归系数为-0.2693。这说明在城市人口密度约束下, 生产性服务业集聚对碳排放效率的影响表现为梯度削减过程, 主要是因为人口聚集存在一定“拥挤效应”, 带来诸多规模不经济问题, 这些负面影响超出生产性服务业所创造的“集聚收益”, 进而降低区域碳排放效率。可见, 长三角地区低碳经济发展依赖于

表3 生产性服务业集聚与碳排放效率的空间效应估计结果

效应类型	变量名称	OLS	SEM	SAR	SDM
	lnS	0.0392 (0.49)	-0.0312 (-0.67)	-0.0034 (-0.07)	0.0740* (1.65)
	(lnS) <sup>2</sup>	0.1382 (1.29)	0.0548 (1.04)	0.0867* (1.66)	0.1651*** (3.28)
	lnP	0.0412 (0.78)	0.0354 (1.21)	0.0363 (1.23)	0.0393 (1.39)
	lnA	0.3681*** (4.13)	0.3421*** (6.76)	0.3374*** (6.74)	0.3081*** (6.29)
	lnER	0.0102 (0.09)	-0.0238 (-0.48)	-0.0027 (-0.05)	-0.0117 (-0.25)
	lnIS	-0.4186*** (-4.11)	-0.4244*** (-8.73)	-0.3801*** (-8.32)	-0.3857*** (-7.54)
	lnGI	0.0078 (0.13)	0.0025 (0.08)	0.0059 (0.19)	0.0015 (0.05)
	W×lnS				0.7620*** (7.42)
	W×(lnS) <sup>2</sup>				0.8364*** (7.28)
	W×lnP				0.0150 (0.21)
	W×lnA				0.2587** (2.19)
	W×lnER				0.3750*** (3.62)
	W×lnIS				0.1475* (1.79)
	W×lnGI				-0.0332 (-0.58)
直接效应	lnS			-0.0018 (-0.04)	0.0954** (2.11)
	(lnS) <sup>2</sup>			0.0877* (1.68)	0.1871*** (3.84)
	lnP			0.0400 (1.40)	0.0430 (1.57)
	lnA			0.3420*** (7.00)	0.3163*** (6.60)
	lnER			-0.0028 (-0.06)	-0.0019 (-0.04)
	lnIS			-0.3817*** (-8.41)	-0.3802*** (-7.61)
	lnGI			0.0058 (0.18)	0.0005 (0.02)
间接效应	lnS			-0.0012 (-0.09)	0.8482*** (7.70)
	(lnS) <sup>2</sup>			0.0223 (1.55)	0.9478*** (8.15)
	lnP			0.0105 (1.28)	0.0240 (0.31)
	lnA			0.0895*** (3.72)	0.3156** (2.50)
	lnER			-0.0013 (-0.10)	0.4197*** (3.52)
	lnIS			-0.1001*** (-3.75)	0.1120 (1.44)
	lnGI			0.0017 (0.19)	-0.0336 (-0.53)
总效应	lnS			-0.0030 (-0.05)	0.9435*** (7.46)
	(lnS) <sup>2</sup>			0.1100* (1.69)	1.1349*** (8.42)
	lnP			0.0505 (1.39)	0.0670 (0.78)
	lnA			0.4315*** (7.06)	0.6319*** (4.72)
	lnER			-0.0041 (-0.07)	0.4178*** (3.16)
	lnIS			-0.4818*** (-8.27)	-0.2682*** (-3.49)
	lnGI			0.0074 (0.18)	-0.0331 (-0.52)

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示10%、5%和1%的水平下显著，括号内为t值或z值，下同。

城市人口与产业的协同集聚,只有两者协调一致时,才可促进碳排放效率提升。

(2) 对外开放的门槛效应。当对外开放程度低于门槛值 4.6957 时,生产性服务业集聚对碳排放效率的作用为-0.9589 并通过 1% 显著性水平检验;当对外开放程度越过门槛值 4.6957 后,生产性服务业集聚对碳排放效率的负向影响有所缓解,回归系数为-0.1366 且通过 1% 显著性水平检验。这说明随着长三角地区对外开放程度不断提升,生产性服务业集聚不仅可以扩大外包服务供给范围,进一步增加地区服务业比重,而且优质外资企业流入,带来先进运营模式与生产技术,有助于生产性服务企业减碳技术创新,进而加速生产性服务业的碳排放效率拐点值的到来。

(3) 经济规模的门槛效应。当经济规模未超过第一重门槛值 15.5340 时,生产性服务业集聚对碳排放效率的负向影响最强,系数为-0.3620 并通过 1% 显著性水平检验;当经济规模介于第一重门槛与第二重门槛之间时,生产性服务业集

聚对碳排放效率的作用迅速增强为 0.1749 并通过 1% 显著性水平检验;当经济规模越过第二重门槛值 16.7247 时,生产性服务业集聚对碳排放效率的影响重新由正转负,系数为-0.2110,依旧在 1% 水平上显著。随着城市经济体量不断增加,生产性服务业集聚对碳排放效率的影响经历负-正-负的三重变化。在地区经济发展初始阶段,随着城市生产活动不断增长,生产性服务业集聚对碳排放效率的影响由负转正,显著促进地区低碳治理;当经济发展至一定程度后,生产性服务业集聚产生的拥挤成本明显大于集聚收益,此时,生产性服务业的空间集中反而成为提升碳排放效率的制约。因此,长三角地区经济体量较大的城市应积极寻找产业承接区,尤其对于经济欠发达城市,可促进部分生产性服务业向该地区转移,在缓解本地区因产业过度集聚所导致一系列负外部性问题的同时,还可促进承接地区低碳经济的协同发展。至此,假说 2 验证成立。

表 4 门槛效应检验与估计结果

Pannel A: 门槛效应检验结果								
门槛变量	F	P	BS	1%	5%	10%	门槛估计值	
lnPOP	单一门槛模型	59.37	0.0600	300	74.0197	61.2866	48.2723	6.3486
	双重门槛模型	18.62	0.6733	300	61.0221	52.2107	43.2574	6.3352
	三重门槛模型	26.71	0.3667	300	63.7807	52.5290	44.9476	5.9501
lnFDI	单一门槛模型	76.63	0.0067	300	68.6264	44.0936	36.2009	4.6957
	双重门槛模型	26.19	0.1633	300	53.3490	39.7999	30.3611	8.3593
	三重门槛模型	12.72	0.6433	300	50.0757	36.0063	30.4045	3.6263
lnGDP	单一门槛模型	90.93	0.0000	300	59.8829	49.7925	39.4168	15.5340
	双重门槛模型	80.62	0.0033	300	55.8053	41.3439	33.6656	16.7247
	三重门槛模型	5.59	0.9867	300	53.1575	40.5386	33.9431	16.3511
Pannel B: 门槛值及参数估计								
变量名称	lnI		lnI		lnI		lnI	
lnPOP ≤ 6.3486	0.2484*** (3.82)							
lnPOP > 6.3486	-0.2693*** (-7.05)							
lnFDI ≤ 4.6957			-0.9589*** (-9.60)					
lnFDI > 4.6957			-0.1366*** (-3.90)					
lnGDP ≤ 15.5340					-0.3620*** (-7.01)			
15.5340 < lnGDP ≤ 16.7247					0.1749*** (4.08)			

续 表

变量名称	lnI	lnI	lnI
lnGDP>16.7247			-0.2110*** (-5.35)
控制变量	控制	控制	控制
样本量	656	656	656

#### 4 稳健性检验

本文采取以下4种方式进行稳健性检验：(1) 更换空间权重矩阵。本地碳排放效率在一定范围内，对非地理邻接城市也存在影响，以地理距离矩阵( $W_2$ )作为空间溢出的延伸，既是对原有约束条件的扩展，又能保证在评判标准上保持一致。此外，碳排放效率还会通过城市间经贸往来产生空间互动，因此本文还通过经济距离矩阵( $W_3$ )探讨生产性服务业集聚对碳排放效率的影响。回归结果显示，无论是地理距离矩阵还是经济距离矩阵，生产性服务业集聚与碳排放效率本地-邻地的U型关系仍成立；(2) 更换解释变量。有些学者在生产性服务业的界定中加入批发零售贸易业与房地产业，本文依次加入这两个行业重新测算，实证结论依然稳健；(3) 更换回归样本。直辖市拥有较高行政等级，在资源累积方面优于其余城市，因此剔除上海重新估计，实证结论仍然得到支持；(4) 更换回归模型。生产性服务业集聚对碳排放效率会产生影响，反之，某地区低碳经济发展水平越高，生产性服务业集聚水平也相对越高。为解决自变量与因变量之间互为因果所引发的内生性问题，本文运用空间自滞后模型(SLX)并采取生产性服务业集聚滞后1期作为工具变量进行两阶段最小二乘估计(2SLS)，空间自滞后模型(SLX)检验结果显示，研究结论仍然具有稳健性<sup>②</sup>。

#### 5 结论和政策建议

本文采用长三角地区2005~2020年41个城市面板数据，建立空间杜宾模型与面板门槛模型实证检验生产性服务业集聚对碳排放效率的影响。结果显示：生产性服务业集聚与本地-邻地碳排放效率之间均存在U型关系，并且两者受中间机制-人口密度、对外开放、经济规模的三重约束。“双碳”战略背景下，本文研究结论对助力长三

角地区低碳经济增长、新旧动能转换、区域协调发展具有重要政策启示：

(1) 关注长三角地区生产性服务业集聚的协同效应。研究发现，生产性服务业集聚至一定规模后，有助于提高本地和周围地区的碳排放效率。因此，长三角需构建顶层决策机制，积极引导生产性服务业在城市群内的空间集聚。并且，长三角地区需逐步消除市场分割和行政体制阻碍所带来的不利影响，通过区际间生产性服务业与制造业的产业关联，形成知识溢出与技术扩散，进而助力城市群全域地区碳排放效率的提升。

(2) 充分考虑人口密度、对外开放以及经济规模等城市特征约束。<sup>①</sup>适度引导和约束长三角地区人口集聚，通过适当人口政策将大城市人口向中小规模城市疏散，增加城市人口密度与生产性服务业集聚的匹配程度；<sup>②</sup>积极引导长三角地区高质量外资流入，通过借鉴和学习先进管理经验与绿色低碳技术，进一步提升区域碳排放效率；<sup>③</sup>高经济体量区应通过生产性服务业集群的多元化发展来缓解拥挤效应，高经济规模地区可通过产业转移与中低经济规模区产生经济关联，有利于改善低经济水平地区的基础设施条件，助力碳排放效率提升；另外，高经济规模区可通过绿色生产技术扶持，发挥“总部经济”效应，缩小地区间发展差距，促进长三角城市群绿色低碳发展的协调可持续。

注释：

①限于篇幅，检验结果留存备索。

②限于篇幅，检验结果留存备索。

#### 参 考 文 献

[1] 文丰安. 生产性服务业集聚、空间溢出与质量型经济增长——基于中国285个城市的实证研究[J]. 产业经济研究, 2018, (6): 36-49.

[2] 陈建军, 刘月, 邹苗苗. 产业协同集聚下的城市生产效率增进——基于融合创新与发展动力转换背景[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2016, 46(3): 150-163.

- [3] 陆风芝, 杨浩昌. 产业协同集聚与环境污染治理: 助力还是阻力 [J]. 广东财经大学学报, 2020, 35 (1): 16~29.
- [4] 罗超平, 朱培伟, 张璨璨, 等. 生产性服务业集聚促进了城市绿色创新吗——基于“本地-邻地”效应的视角 [J]. 西南大学学报(社会科学版), 2022, 48 (1): 97~112.
- [5] 袁华锡, 刘耀彬, 封亦代. 金融集聚如何影响绿色发展效率?——基于时空双固定的 SPDM 与 PTR 模型的实证分析 [J]. 中国管理科学, 2019, 27 (11): 61~75.
- [6] Ke S, He M, Yuan C. Synergy and Co-agglomeration of Producer Services and Manufacturing: A Panel Data Analysis of Chinese Cities [J]. Regional Studies, 2014, 48 (11): 1829~1841.
- [7] 肖周燕. 中国人口空间聚集对生产和生活污染的影响差异 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25 (3): 128~134.
- [8] 张宇, 蒋殿春. FDI、政府监管与中国水污染——基于产业结构与技术进步分解指标的实证检验 [J]. 经济学(季刊), 2014, 13 (2): 491~514.
- [9] Williamson J G. Regional Inequality and the Process of National Development: A Description of the Patterns [J]. Economic Development & Cultural Change, 1965, 13 (4, Part 2): 1~84.
- [10] 于斌斌, 金刚, 程中华. 环境规制的经济效应: “减排”还是“增效” [J]. 统计研究, 2019, 36 (2): 88~100.
- [11] 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): 35~44.
- [12] 韩峰, 冯萍, 阳立高. 中国城市的空间集聚效应与工业能源效率 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24 (5): 72~79.
- [13] 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, 2020, 30 (4): 95~106.
- [14] 韩峰, 谢锐. 生产性服务业集聚降低碳排放了吗?——对我国地级及以上城市面板数据的空间计量分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34 (3): 40~58.
- [15] 李斌, 杨冉. 生产性服务业集聚与城市经济绩效 [J]. 产业经济研究, 2020, (1): 128~142.
- [16] 袁华锡, 刘耀彬, 封亦代. 金融集聚如何影响绿色发展效率?——基于时空双固定的 SPDM 与 PTR 模型的实证分析 [J]. 中国管理科学, 2019, 27 (11): 61~75.
- [17] 陆风芝, 王群勇. 生产性服务业集聚与雾霾污染治理 [J]. 软科学, 2021, 35 (4): 1~7.
- [18] Elhorst J P. Spatial Econometrics [J]. Springerbriefs in Regional Science, 2014, 1 (1): 310~330.

## Agglomeration of Producer Services and Carbon Emission Efficiency in the Yangtze River Delta ——Empirical Analysis of SDM and PTR Model

Nie Yongyou Yao Qingyu

(School of Economics, Shanghai University, Shanghai 200436, China)

**[Abstract]** Based on the panel data of 41 cities in the Yangtze River Delta region from 2005 to 2020, this paper uses spatial durbin model (SDM) and panel threshold model (PTR) to test the spatial effect and intermediate mechanism of producer services agglomeration on carbon emission efficiency. The results show that there is a U-shaped relationship between producer services agglomeration and local carbon emission efficiency, and this nonlinear characteristic also exists in the spatial spillover effect. Under the constraints of population density, opening to the outside world and economic scale, producer services agglomeration has a nonlinear impact on carbon emission efficiency. Population density and opening to the outside world have a single threshold effect, and economic scale has a double threshold effect. In the case of changing regression samples and econometric models, the empirical results are still robust. This paper deepens the research on the agglomeration of producer services and low-carbon economic growth in the Yangtze River Delta region, and provides different governance ideas and policy suggestions for the realization of “carbon peak and carbon neutrality” from the perspective of supply side.

**[Key words]** the Yangtze River Delta; producer services agglomeration; carbon emission efficiency; spatial durbin model; panel threshold regression; city integration production

**[Jel classification]** L89; R11

(责任编辑: 张舒逸)