

引用格式:张聪聪,崔松涛,朱治双,等. 市场一体化对区域能源效率的影响及机制[J]. 资源科学, 2023, 45(6): 1208-1222. [Zhang C C, Cui S T, Zhu Z S, et al. The effects of market integration on regional energy efficiency and mechanism[J]. Resources Science, 2023, 45(6): 1208-1222.] DOI: 10.18402/resci.2023.06.09

# 市场一体化对区域能源效率的影响及机制

张聪聪<sup>1</sup>, 崔松涛<sup>2</sup>, 朱治双<sup>2</sup>, 张华明<sup>2</sup>

(1. 山西财经大学资源型经济转型发展研究院, 太原 030006;

2. 山西财经大学经济学院, 太原 030006)

**摘要:**【目的】能源效率的提升是应对经济发展与节能减排协同的有效手段, 研究市场一体化对区域能源效率的影响及机制, 可为中国统一大市场建设政策提供效率改进的理论支撑和政策参考。【方法】采用随机前沿(SFA)模型测度2006—2019年中国239个地级市的能源效率, 并将能源效率的增长分解为技术进步、技术效率和规模效率3个方面; 使用面板固定效应与中介效应模型分析市场一体化对区域能源效率的影响及其异质性与机制。【结果】研究发现: ①市场一体化可以有效促进区域能源效率的提升, 并且规模效率的改善与技术进步是市场一体化改善能源效率的关键路径。②市场一体化更有助于改善高创新水平与高人口密度地区的能源效率; 对于创新基础较弱与人口密度较低的地区, 市场一体化的发展可以率先改善地区的规模效率与技术进步。③市场一体化更容易通过促进生产性服务业的集聚来提升区域能源效率。④市场一体化有助于缩小区域间能源效率的差距。【结论】全国统一大市场建设推动区域市场一体化有利于区域规模效率与技术进步效应的发挥, 进而提升区域能源效率, 促进经济发展与节能减排的有效协同。

**关键词:** 市场一体化; 随机前沿分析; 能源效率; 规模效率; 技术进步; 产业集聚; 中国

DOI: 10.18402/resci.2023.06.09

## 1 引言

作为大国担当的责任与构建人类命运共同体的使命, 2020年中国明确提出“双碳”目标。新时期如何实现经济高质量发展与节能减排的有效协同, 已经成为政府与学界关注的重大发展难题。能源活动作为助推经济发展的动力与碳排放的主要源头, 提高能源效率始终都被视为应对发展与减排协同的有效手段。现有研究主要从技术支撑下的产业结构优化、新能源替代及节能减排等方面寻求能源效率提升的路径, 然而能源效率的提升不仅需要依靠技术进步, 还需要相应的能源市场机制来优化资源配置<sup>[1]</sup>。市场配置资源的有效性已经被证实, 此外技术进步所依赖的分工与专业化也需要以充分的市场规模为基础。提高能源效率需要在加强

技术创新的同时不断扩大市场规模效应, 创新技术的传播与规模效应的形成同样也都离不开大规模的统一市场。然而, 中国各地区普遍存在的市场分割和地方保护很大程度上制约了国内资源要素的有效流通<sup>[2]</sup>。为了消除地方间市场分割的负面影响, 国务院于2022年3月25日出台《加快建设统一大市场的意见》, 提出要打破地方保护和地方保护, 建设全国统一大市场, 发挥市场的规模效应和集聚效应。作为推动统一大市场建立的重要举措, 市场一体化通过建设统一开放、竞争有序的市场体系, 使市场在资源配置中起决定性作用, 其本质是降低区域间交易成本, 促进商品、要素的自由流动, 进而实现资源的优化配置。据此, 研究市场一体化对区域能源效率的影响及机制, 既立足于有效应对中国

收稿日期: 2023-01-06 修订日期: 2023-04-05

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(72103113); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(22YJA790084)。

作者简介: 张聪聪, 男, 山西临汾人, 博士, 讲师, 研究方向为区域一体化、能源效率与政策评估。E-mail: cong1114@126.com

通讯作者: 崔松涛, 男, 山西太原人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境经济。E-mail: 1729755933@qq.com

2023年6月

整体能源效率提升与区域能源效率差距缩小的现实问题,又可以有效评估构建全国统一大市场在能源利用方面的政策效应,为全国统一大市场建设政策提供理论支撑。此外,以市场一体化为切入点,探究能源效率改进的内在机理,有助于挖掘能源效率变化的深层次原因,同时为构建“双循环”新发展格局和实现“双碳”目标提供新的理论视角。

目前对于能源效率的研究主要集中在能源效率的测度以及影响因素分析两方面。能源效率的测度可以划分为以下两类:①单要素能源效率指标。这种方法主要以能耗强度<sup>[3]</sup>作为代理指标衡量能源效率水平,但忽略了其他生产要素对能源要素的替代作用。②全要素能源效率指标。基于全要素框架下的能源效率考虑了资本、劳动力以及能源之间相互配合的关系<sup>[4]</sup>,测度方法主要包括随机前沿(SFA)模型和数据包络(DEA)模型。其中,DEA模型通过线性规划形成效率前沿,不需要设定具体的函数形式,计算更加便捷<sup>[5]</sup>;SFA模型则需要对效率前沿的函数形式进行假定,并可以将随机因素的影响分离出来,计算结果不容易受到随机误差的冲击<sup>[5]</sup>。整体而言,两种效率测度方法各有优劣,在对这两种模型不断改进下,能源效率的测度经历了由省级层面向城市层面的推进<sup>[6-10]</sup>。现有文献对能源效率影响因素研究的重点主要集中在以下几方面:①技术进步提高了自然资源的利用率,降低了能源消耗量,推动了能源效率的提升<sup>[11]</sup>;②产业结构升级、产业集聚和产业分工都会促进能源效率的提升;③合理的环境规制政策能够推动企业绿色转型,从而对提升能源效率产生积极的影响。还有部分学者通过研究发现,能源要素价格的扭曲抑制了全要素能源效率水平的提升<sup>[12]</sup>;“晋升锦标赛”体制下的粗放型经济增长目标,不利于市场资源配置有效性的充分发挥,进而减缓了能源效率的提高<sup>[13]</sup>;相对而言,对外开放有利于借助外商资金与技术的支持,对投资地能源效率的改善起到促进作用<sup>[14]</sup>。此外,市场分割扭曲了资源配置、阻碍了地区工业规模经济的形成,也是地区全要素能源效率较低的深层次原因<sup>[15]</sup>。

市场一体化对能源效率的影响机制研究主要包括3个方面:首先,市场一体化降低了区域间的贸

易成本,促进资源与要素的有效流动,资源配置效率得到优化,最终提升区域全要素能源效率<sup>[15]</sup>。其次,市场一体化能够加强区域间的分工与协作,各地为占据产业链分工中的有利地位,将主动推动产业结构转型升级,进而提升能源效率<sup>[16]</sup>;同时,在市场一体化推进的过程中,地区间的环境政策将趋于一致,有利于开展节能减排的协同治理,进而推动区域整体能源效率的提升<sup>[17]</sup>。最后,市场一体化加速了能源价格的市场化进程,有利于逐步消除能源要素市场的扭曲,加速企业先进节能技术的研发与应用,提升能源效率水平<sup>[18]</sup>。

市场一体化推动了大规模统一市场的建立,能够加速技术的创新与传播,促进产业的合理分工,形成规模效应,同样也是影响能源效率的重要因素。但是当前关于市场一体化对区域能源效率的影响及机制研究还比较欠缺。因此,本文以2006—2019年239个地级市的数据为样本,深入分析市场一体化对能源效率的影响及异质性,并通过对能源效率的分解和中介效应模型探讨市场一体化影响能源效率的机制路径。本文的潜在创新在于:①基于对能源效率增长率的有效分解,打开市场一体化的作用黑箱,揭示市场一体化通过改进规模效率与技术进步促进能源效率提升的内在机理。②打破聚焦单个城市或地区的传统研究范式,为更加契合市场一体化“二元”连通属性,构建“相邻城市对”空间尺度,进一步探讨市场一体化对“相邻城市对”能源效率差距的影响,为推进区域一体化提供更加丰富的政策意涵。

## 2 影响机理与理论假说

### 2.1 市场一体化对能源效率的直接影响

区域竞争下的地方官员晋升存在着“政治锦标赛”的现象,从而导致地方保护主义和市场分割的产生<sup>[19]</sup>。市场分割限制了产业分工,导致各地区产业结构趋同,无法形成规模效应,制约了能源效率水平的提高。同时,市场分割限制了要素的自由流动,导致能源资源的错配:一方面,能源禀赋相对充裕的地区严重依赖能源要素,难以淘汰“高能耗、低效率”的产业;另一方面,能源利用效率较高的地区却无法获得充足的能源配置<sup>[20]</sup>。

相比之下,市场一体化能够有效提升能源效率

水平。首先,市场一体化可以促进要素与产品的有效流动,强化区域产业分工与协作,以市场化竞争推动技术进步。市场一体化激发了市场有效竞争,“高能耗、低效率”的企业因无法适应激烈的市场竞争而逐渐被淘汰,竞争生存下来的企业为了应对激烈的市场竞争环境会不断加强科技创新,提高生产率水平,从而减少能源消耗<sup>[21,22]</sup>。其次,市场一体化通过促进人口与经济的集聚,扩大了市场规模,进而提升区域专业化分工水平。由于同行业企业对基础设施有着相同或相似的需求,随着市场一体化程度不断提升,企业空间上的集聚能够使得基础设施服务的范围更广,带来规模经济效应,从而减少重复建设的能源浪费,提升能源效率。同时人口与经济的集聚还避免了“摊大饼”式的重复建设导致的能源浪费,有利于城市资源利用效率的提升<sup>[23]</sup>。基于此,提出假说:

H1:市场一体化能够有效提高能源效率水平。

## 2.2 市场一体化对能源效率的间接影响

市场一体化推动了能源效率的增长,但市场一体化对能源效率的作用机制尚未可知。市场一体化带来的规模效应降低了企业的生产成本,为企业扩大生产规模提供了动力。企业在扩大生产规模的同时带动了上下游关联企业集中式分布,有效引导中间投入品产业就近布局,形成专业化的产业区,最终推动产业集聚的形成。同时,市场一体化还打破了各地区自给自足的经济增长方式,能够有效整合并分配区域内的生产要素,加强地区间的经济合作,促进了地区间的产业分工,并进一步推动产业集聚的形成。

生产性服务业作为工业发展的中间投入行业,具有高产出、低消耗、高技术水平的特点。与制造业相比,生产性服务业具有更强的集聚效应和技术密集性特征<sup>[24]</sup>,其集聚带来的正向作用能更有效地推动能源效率的增长。首先,生产性服务业的集聚本身就是产业结构调整的重要体现。生产性服务业的集聚能够推动第三产业的发展,改变“高耗能、高污染、低效率”的发展模式,从而促进能源效率水平的提升<sup>[25]</sup>。其次,生产性服务业的集聚降低了制造业的生产成本和交易成本,能够推动制造业向“低污染、高附加值”的方向转型,进而有利于提升

能源效率。此外,生产性服务业作为知识密集型产业,其空间上的集聚必然能够促进先进技术的空间外溢,从而有效提升企业的生产力水平<sup>[26]</sup>,推动能源效率的增长。基于此,提出假说:

H2:市场一体化可以通过促进生产性服务业的集聚来提高能源效率水平。

## 2.3 市场一体化对区域能源效率差距的影响

中国高质量区域协调发展需要同时兼顾单区域的增长与区域间发展差距的缩小。市场一体化可以有效改进区域能源效率,但是对于区域间能源效率差距的影响如何?从理论上讲,市场一体化通过统一的区域市场建设,突破了原有的行政边界,强化区域间的协作,使得市场范围内的各地区间形成了联系紧密的经济共同体。在这一过程中,资本、劳动力、能源等生产要素跨区域流动的障碍逐渐消失,生产要素在区域间的配置日趋合理,各地区能更平等、有效地利用能源要素,逐步消除地区间能源效率的差距。同时,市场一体化能够实现地区间创新投入和创新成果的共享,有利于激发市场内部主体从事创新研发活动的意愿。此外,市场一体化推动地区间自由贸易的过程中,技术创新能更好地发挥空间溢出效应,促进先进节能技术在技术落后地区的传播,不断缩小地区间能源效率的差距,从而实现区域整体能源效率的共同进步<sup>[27,28]</sup>。基于此,提出研究假说:

H3:市场一体化能够缩小区域间能源效率的差距。

图1为市场一体化对能源效率的影响机理。

## 3 研究设计与变量选取

### 3.1 随机前沿模型

随机前沿模型在效率测算时能有效分离出随机因素,并且可以对计算结果进行统计检验,避免随机因素以及测量误差对计算结果的影响。具体模型设定如下:

$$y_{it} = f(x_{it}, \alpha) \exp(v_{it} - u_{it}), i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (1)$$

式中:  $y_{it}$  为第  $i$  个城市在第  $t$  年的实际产出;  $f(x_{it}, \alpha)$  为生产前沿面,其中  $x_{it}$  为投入的生产要素,  $\alpha$  为待估参数;  $u_{it}$  为无效率项,反映了测算单位距效率前

2023年6月

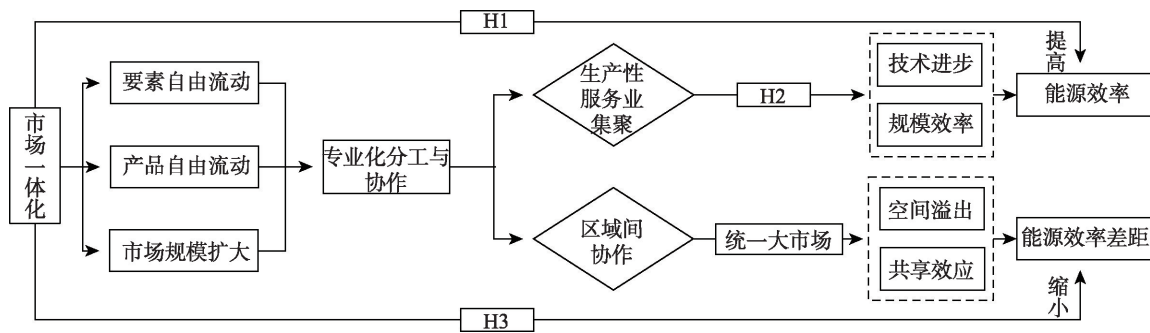


图1 市场一体化对能源效率的影响机理

Figure 1 Mechanism of impact of market integration on energy efficiency

沿面的距离,服从截断正态分布;  $v_{it}$  为外部随机冲击,即随机扰动项,服从正态分布,且与  $u_{it}$  相互独立。因此,可将能源效率( $EEI_{it}$ )定义为产出的期望与随机前沿期望的比值。

生产前沿面  $f(x_{it}, \alpha)$  的形式有多种设定,但由于超越对数生产函数反映了各要素之间的替代作用和交互作用,同时加入了反映技术进步的时间项,在一定程度上避免了函数形式设定对结果的影响<sup>[29]</sup>,因此本文选取劳动力、资本、能源作为投入要素的超越对数生产函数衡量生产前沿面,具体形式如下:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \alpha_0 + \alpha_K \ln K_{it} + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_E \ln E_{it} + \alpha_i t + \\ & 0.5\alpha_{KL} \ln K_{it} \ln L_{it} + 0.5\alpha_{KE} \ln K_{it} \ln E_{it} + \\ & 0.5\alpha_{LE} \ln L_{it} \ln E_{it} + 0.5\alpha_{KK} (\ln K_{it})^2 + \\ & 0.5\alpha_{LL} (\ln L_{it})^2 + 0.5\alpha_{EE} (\ln E_{it})^2 + 0.5\alpha_{it} t^2 + \\ & \alpha_{iK} t \ln K_{it} + \alpha_{iL} t \ln L_{it} + \alpha_{iE} t \ln E_{it} - \mu_{it} + v_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

式中:  $K_{it}$  为资本存量;  $L_{it}$  为劳动力;  $E_{it}$  为能源消费量;  $\alpha_0$  为常数项;  $\alpha_K - \alpha_{iE}$  为待估系数。

在测度能源效率的基础上,进一步分解考察能源效率增长的影响因素。根据 Kumbhakar 等<sup>[30]</sup>的方法,在要素价格无法获取时,能源效率的增长可以分解为技术进步、技术效率变化和规模效率变化3个方面。其中,技术进步( $TC$ )指在控制要素投入的情况下技术前沿随时间变化的速率,其计算公式如下:

$$TC = \frac{\partial \ln f(x_{it}, t)}{\partial t} = \alpha_i + \alpha_{iK} \ln K_{it} + \alpha_{iL} \ln L_{it} + \alpha_{iE} \ln E_{it} \quad (3)$$

技术效率( $TEC$ )是指效率随时间的推移而发生

变化的速率,其计算公式如下:

$$TEC_{it} = \frac{EEI_{it} - EEI_{i,t-1}}{EEI_{i,t-1}} \quad (4)$$

规模效率( $SC$ )是指生产要素的规模报酬对能源效率增长率的贡献,其计算公式如下:

$$SC_{it} = (RTS - 1) \sum_j \lambda_j \dot{x}_j \quad (5)$$

式中:  $RTS = \sum_j \varepsilon_j$ ,  $\lambda_j = \frac{\varepsilon_j}{RTS}$ ,  $\varepsilon_j = \frac{\partial \ln f(x_j)}{\partial \ln x_j}$ 。  $RTS$  为规模经济效应;  $\varepsilon_j$  为生产要素  $j$  在生产前沿上的产出弹性,  $\lambda_j$  为生产要素  $j$  相对于总体规模报酬的产出弹性;  $\dot{x}_j$  为生产要素  $j$  的增长率。

### 3.2 实证模型

为了检验市场分割对能源效率的影响,构建基准回归模型如下:

$$EEI_{it} = \beta_0 + \beta_1 seg_{it} + \beta_2 X_{it} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中:核心解释变量  $seg_{it}$  为各城市的市场分割程度,其回归系数  $\beta_1$  为市场分割对城市能源效率的影响效应;  $X_{it}$  为模型中的控制变量,主要包括经济发展、对外开放、产业结构、政府干预及信息水平;  $\beta_0$  为常数项;  $\beta_2$  为控制变量系数;  $\gamma_i$  为城市固定效应,用于控制城市层面不随时间变化但有可能影响能源效率的城市特征;  $\mu_t$  为时间固定效应,用来捕获某一特定年份因素对城市能源效率的冲击影响;  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项,为解决模型中潜在的序列相关和异方差问题,将标准误差聚类到城市层面<sup>[31]</sup>。

为了进一步分析市场一体化对能源效率的影响机制,在模型(6)的基础上设定如下中介效应模型:

$$W_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \text{seg}_{it} + \varphi_2 X_{it} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$EEI_{it} = \rho_0 + \rho_1 \text{seg}_{it} + \rho_2 W_{it} + \rho_3 X_{it} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中： $W_{it}$ 为机制变量； $\varphi_0$ 、 $\rho_0$ 为常数项； $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 、 $\rho_1$ 、 $\rho_3$ 为待估系数。模型(6)–(8)共同构成了中介效应的检验机制<sup>[32]</sup>。首先，应检验基准模型(6)中 $\beta_1$ 的显著性，如果 $\beta_1$ 显著，说明市场一体化对能源效率有显著影响。其次，检验模型(7)中 $\varphi_1$ 的显著性，如果 $\varphi_1$ 显著，说明市场一体化会对机制变量产生显著影响。最后，检验模型(8)中 $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 的显著性，如果 $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 都显著并且 $\rho_1$ 的绝对值小于 $\beta_1$ ，则说明存在部分中介效应，市场一体化会通过中介变量对能源效率产生影响。

### 3.3 变量说明

本文被解释变量能源效率由SFA(Stochastic Frontier Analysis)模型计算得出。在SFA模型的计算中， $Y_{it}$ 为各城市的产出，用实际GDP表示<sup>①</sup>；资本存量 $K_{it}$ ，参考张军等<sup>[33]</sup>的做法计算得出；劳动力 $L_{it}$ ，用各城市年末就业人口总数表示；能源消费量 $E_{it}$ ，以各省的能源消费量为原始数据，利用DMSP/OLS和VIIR夜间灯光数据进行反演模拟估算，最终得出各地级市的能源消费总量<sup>[23]</sup>。

核心解释变量为市场分割指数。本文采用市场分割指数反向表征区域市场一体化水平，市场分割指数数值越大表示区域市场一体化水平越低。借鉴桂琦寒等<sup>[34]</sup>的研究，采用价格法计算得到历年城市间商品价格波动方差，即历年相邻城市对之间的市场分割指数。进一步参考丁从明等<sup>[34]</sup>的研究，分别使用城市对GDP、人口、土地面积加权处理得到不同权重下的城市市场分割指数。

控制变量主要包括经济发展水平( $agdp$ )、对外开放水平<sup>[35]</sup>( $open$ )、产业结构<sup>[36]</sup>( $ind$ )、政府干预<sup>[37]</sup>( $gov$ )及信息化水平<sup>[38]</sup>( $com$ )5个方面。其中，经济发展水平采用人均GDP来测度；对外开放水平采用实际利用外资来表示；产业结构采用第三产业增加值与第二产业增加值之比来衡量；政府干预使用政府财政支出和财政收入的比重来衡量；信息化水平

通过电信业务总量来表示。

以产业集聚程度( $agg$ )作为中介变量，并采用区位熵来衡量各城市产业集聚程度<sup>[35]</sup>，计算公式如下：

$$agg = \frac{(e_{ij} / \sum_j e_{ij})}{(\sum_i e_{ij} / \sum_i \sum_j e_{ij})} \quad (9)$$

式中： $e_{ij}$ 为在城市 $i$ 中 $j$ 产业的就业人口； $\sum_j e_{ij}$ 为城市 $i$ 的就业总人口； $\sum_i e_{ij}$ 为 $j$ 产业在所有城市中就业人口之和； $\sum_i \sum_j e_{ij}$ 为所有城市的就业总人口。产业集聚进一步区分为制造业集聚( $magg$ )和生产性服务业<sup>②</sup>集聚( $sagg$ )。

### 3.4 数据来源

各变量的数据主要来源于2006—2019年的《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及各省、直辖市、自治区的统计年鉴和统计公报。各个变量的描述性统计见表1。

## 4 结果与分析

### 4.1 能源效率历史变动特征

图2反映了中国能源效率以及能源效率增长的变动趋势。中国能源效率整体呈波动上升趋势：2012年之前，能源利用多以粗放式为主，各地为了刺激经济新建了许多“高耗能、高排放”的项目，导致能源效率呈下降态势。但在党的十八大以来，中国为提升整体经济效率，不断优化产业结构，大力淘汰“高耗能、高排放”项目，使得能源效率水平不断提升。从能源效率的分解来看，技术进步( $TC$ )对能源效率增长的影响最大，变动趋势与能源效率增长趋势基本保持一致。此外，规模效率变化( $SC$ )在2006—2019年的变动值始终为负，表明中国在能源使用方面存在严重的粗放型发展问题。但规模效率变化整体呈上升的趋势，说明能源利用的规模效率在不断好转。从整体变动趋势来看，技术进步和规模效率变动是影响能源效率变动的重要因素。

### 4.2 市场一体化对能源效率的平均影响

市场一体化通过建立统一的产品市场与促进跨区域的要素流动，优化地区间的生产要素配置，

① 以2006年为基期，根据各城市GDP增长率，将每年的名义GDP折算为2006年为基期的实际GDP。

② 生产性服务业包括交通运输仓储邮政、信息传输计算机服务和软件、批发零售、金融、租赁和商业服务、科学研究和技术服务、环境管理和公共设施管理7个行业。

表1 变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables

	变量名称	变量符号	单位	样本值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	能源效率	<i>EEl</i>	指数	3346	0.454	0.191	0.118	1.000
	能源效率增长率	<i>TFEG</i>	指数	3107	0.323	0.381	-2.481	3.894
	技术进步	<i>TC</i>	指数	3107	-0.110	0.605	-4.582	9.458
	规模效率	<i>SC</i>	指数	3107	-0.434	0.387	-3.486	3.068
	技术效率	<i>TEC</i>	指数	3107	0.777	0.037	0.340	1.012
解释变量	市场分割	<i>seg</i>	指数	3346	0.001	0.016	0.000	0.866
控制变量	经济发展	<i>agdp</i>	万元/人	3346	10.344	0.741	4.595	13.055
	对外开放	<i>open</i>	万美元	3346	9.791	2.018	2.773	14.941
	产业结构	<i>ind</i>	%	3346	0.857	0.422	0.130	4.354
	政府干预	<i>gov</i>	%	3346	0.823	0.511	0.432	2.912
	信息水平	<i>com</i>	万元	3346	12.417	1.021	8.686	16.452
中介变量	制造业集聚	<i>magg</i>	指数	3346	0.900	0.492	0.021	3.068
	生产性服务业集聚	<i>sagg</i>	指数	3346	0.843	0.402	0.092	14.615

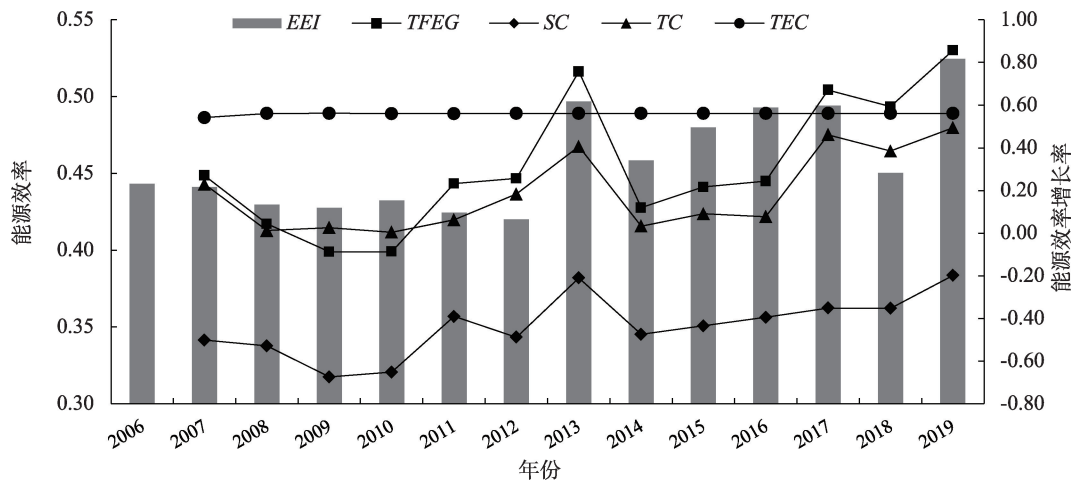


图2 2006—2019年能源效率及能源效率增长率

Figure 2 Energy efficiency and its growth rate, 2006-2019

提高经济运行效率。基于此,本文建立面板回归模型,分析市场一体化的提升是否可以有效改善全要素能源效率。本文研究结论对上述问题给予了肯定回答,回归结果具体如表2所示:列(1)是未包含任何控制变量的模型结果;列(2)-(4)在控制城市特征的基础上,分别加入时间固定效应、城市固定效应与时间、城市双固定效应。基准回归结果表明:市场分割显著减弱了城市的能源效率,即市场一体化的改善可以有效提升区域能源效率。平均而言,市场一体化提升1个单位,会导致区域能源效率提升约0.004。这充分说明,构建全国统一大市场是优化区域间资源配置、促进区域能源效率的有效

途径。市场一体化的推进,降低区域间的交易成本,促进产品与要素的市场化流动,可以有效提升市场资源配置效率,进而提高区域能源效率水平。此外,市场化的资源配置方式,打破了原有地方保护下的企业发展模式,强化了企业的市场竞争环境,倒逼企业提高生产效率,导致企业能源效率水平提升。进一步考察其它城市因素对能源效率的影响:经济发展水平与对外开放的回归系数显著为正,表明中国经济的持续增长与逐步深化的对外开放是中国经济转型发展及全要素能源效率提升的基础保障。政府干预程度的系数显著为正,验证了有为政府与有效市场相结合可能更有助于改善区

表2 市场一体化对能源效率的平均影响效应

Table 2 Average impact of market integration on energy efficiency

变量	能源效率 (1)	能源效率 (2)	能源效率 (3)	能源效率 (4)
市场分割	-0.003*** (-3.16)	-0.003*** (-4.80)	-0.029*** (-3.83)	-0.004*** (-2.85)
经济发展		0.004*** (6.96)	0.065*** (16.00)	0.004* (1.97)
对外开放		0.000 (0.33)	0.007*** (5.28)	0.001*** (3.18)
产业结构		-0.000 (-0.76)	-0.030*** (-6.77)	-0.002 (-1.17)
政府管制		0.001* (1.92)	0.043*** (6.31)	0.004** (2.28)
信息水平		-0.000 (-1.37)	0.008*** (3.43)	0.001 (1.44)
观测样本	3346	3346	3346	3346
R <sup>2</sup>	0.959	0.955	0.583	0.960
个体固定效应	控制	不控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	不控制	控制

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示  $P < 0.10$ 、 $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ ; 括号内数值为  $t$  值; 下同。

域全要素能源效率水平。

在分析市场一体化对静态能源效率水平影响的基础上,进一步分析市场一体化对能源效率增长的影响,回归结果如表3所示。表3的列(1)–(4)分别汇报了市场分割对能源效率增长率、规模效率、技术进步与技术效率的影响。结果表明,市场一体化对能源效率的增长率存在显著的正向影响,并且从能源效率增长的分解来看,市场一体化对能源效率的改进主要是通过提升技术进步与规模效率来实现。规模经济是引起区域要素流动与聚集的重要因素,区域要素的分工、效率的提升都需要率先构建一定规模的统一市场。因此,规模效率的改进

是市场一体化促进能源效率的一大主要机制。此外,市场一体化通过促进先进节能技术的发展,一方面,直接减少生产过程中能源的消耗;另一方面,技术突破还有助于优化产业结构,减小能源强度,间接提升能源效率的增长速度。相对于规模效率与技术进步路径的改善,市场一体化对技术效率变化的影响并不显著,这主要是由于相对于技术进步本身的变化,中国技术效率的变化较弱造成的。

### 4.3 市场一体化对能源效率影响的异质性分析

#### 4.3.1 基于科技创新水平的创新异质性

前文研究发现,市场一体化可以通过促进地区技术进步影响能源效率的增长。考虑到中国不同

表3 市场一体化对能源效率增长率的影响效应

Table 3 Impact of market integration on the growth rate of energy efficiency

变量	能源效率增长率 (1)	规模效率 (2)	技术进步 (3)	技术效率 (4)
市场分割	-1.665* (-1.84)	-0.104* (-1.80)	-1.617* (-1.70)	0.055 (0.74)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测样本	3107	3107	3107	3107
R <sup>2</sup>	0.090	0.230	0.092	0.175
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制

2023年6月

城市之间的科技创新水平仍存在较大差距,进一步考察不同创新水平下市场一体化对能源效率影响的异质性。科技创新指标通过科技支出与教育支出占财政支出的比例衡量,并按其中位数标准将样本区分为高创新水平城市与低创新水平城市<sup>[39-42]</sup>,分组后的具体回归结果见表4。

首先,从对能源效率的整体影响来看,市场一体化可以显著提升高创新水平城市的能源效率,而低创新水平的城市市场一体化的影响并不显著。其中,一大主要原因是由于科技创新需要以一定的人力资本为基础,创新基础水平较高的城市往往拥有雄厚的人力资本,因此在市场一体化过程中能获得丰裕的生产要素,发展高新产业,淘汰高耗能产业,从而提升能源效率水平。相对而言,创新基础较弱的地区,缺乏支撑高新技术产业发展的基础条件,在市场一体化的过程中只能被迫选择承接传统产业,导致市场一体化对效率的改进效应相对较弱。其次,分析市场一体化对规模效率与技术进步的创新异质性发现,市场一体化可以有效改进低创

新水平地区的规模效率与技术进步。这一研究结论表明,创新基础较弱的地区当前还处于市场规模培育与技术积累阶段,虽然难以通过市场一体化水平的提升直接改善能源效率水平,但是市场一体化的发展却可以极大地扩大区域市场规模,率先改善地区的规模效率与技术进步。

#### 4.3.2 基于人口密度的地区异质性

规模效率的提升是市场一体化促进能源效率增长的另一主要渠道。当前中国不同城市之间的人口分布规模差距较大,那么对于不同人口规模的城市,市场一体化对能源效率的影响有何异质性?为回答这个问题,本文将人口密度作为衡量一个城市规模水平的指标,并按人口密度中位数将样本区分为高人口密度组与低人口密度组,分组回归结果见表5。研究发现,市场一体化水平的提升可以显著改善高人口密度地区的能源效率,而低人口密度地区市场一体化对能源效率的影响并不显著。一方面,这是由于人口密度较大的地区在市场一体化过程中更容易获得规模经济效益,减少重复建设导

表4 科技创新水平异质性分析结果

Table 4 Results of analysis of scientific and technological innovation level heterogeneity

变量	高创新水平			低创新水平		
	能源效率	规模效率	技术进步	能源效率	规模效率	技术进步
市场分割	-0.004*** (-3.40)	0.005 (0.07)	-0.001 (-0.37)	0.003 (0.97)	-0.553*** (-2.75)	-0.071* (-1.89)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测样本	1650	1532	1532	1654	1538	1538
R <sup>2</sup>	0.960	0.250	0.108	0.967	0.334	0.131
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制

表5 人口密度异质性分析结果

Table 5 Results of analysis of population density heterogeneity

变量	高人口密度			低人口密度		
	能源效率	规模效率	技术进步	能源效率	规模效率	技术进步
市场分割	-0.003** (-2.33)	0.032 (0.70)	-0.359 (-1.47)	-0.002 (-0.58)	-0.106 (-0.40)	-0.728* (-1.87)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测样本	1451	1346	1346	1892	1758	1758
R <sup>2</sup>	0.956	0.281	0.098	0.963	0.253	0.098
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制



致的能源浪费,能够大大提高能源效率水平。另一方面,企业在人口密度较大的地区生产,更容易获得资本、劳动力、能源等生产要素,使得企业匹配生产要素的成本不断降低,避免不必要的生产浪费,大大提高能源效率水平。此外,虽然市场一体化对低人口密度城市的能源效率影响有限,但低人口密度城市可以通过技术学习路径,在市场一体化的过程中不断利用先进的节能技术,通过技术进步来弥补暂时规模较小的劣势。

#### 4.4 稳健性检验

替换被解释变量。使用SBM模型替换SFA模型计算能源效率水平,验证不同能源效率测度方法是否会对研究结论产生影响。在SBM模型中,投入变量为能源消耗量、资本与劳动力,期望产出为实际GDP,非期望产出为二氧化碳排放量。

替换解释变量。前文在计算市场分割时,以各城市的GDP作为权重将接壤城市对之间的市场分割指数合并为单个城市的市场分割指数。为了确保回归结果的准确性,本文还以各城市的面积和人口数量作为权重,进行市场分割指数的加权处理。

剔除中心城市样本。由于省会城市和直辖市在政策制度、经济水平等方面,都较一般城市更有优势,会在市场一体化的过程中获得更大的收益,

从而在一定程度上影响研究结论,为了剥离中心城市对回归结果可能产生的估计偏误,进一步剔除省会城市和直辖市样本进行分析。

滞后效应分析。由于市场一体化对能源效率的影响可能存在滞后效应,据此将回归模型中的市场分割变量替换为滞后两期项,重新进行回归分析。

上述稳健性检验结果见表6的列(1)-(6),不同检验方法下的稳健性检验结果均与基准模型结论保持一致。

#### 4.5 内生性检验

为消除内生性带来的问题,通过历史、行政地理两个维度排除存在潜在内生性的子样本和工具变量估计,重新识别市场一体化对能源效率的影响。

##### 4.5.1 排除潜在内生性的子样本

地理分割与行政分割是引致地区市场分割的重要原因<sup>[43]</sup>。首先,参考历史路线,从以往交通路线中寻求准随机变量来排除自然地理因素与市场分割的潜在内生性。通过搜集整理《明朝驿站考》历史资料,对历史属于明朝驿站的城市样本进行回归,结果见表7。其次,从地方保护的视角寻找“外在”的行政地理边界,排除行政因素与市场分割的

表6 稳健性检验结果

Table 6 Robustness test results

变量	替换被解释变量	替换核心变量		剔除中心城市	滞后效应分析	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
市场分割	-0.065*** (-2.70)			-0.004*** (-3.89)		
市场分割_人口		-0.003** (-2.45)				
市场分割_面积			-0.004*** (-3.30)			
市场分割滞后一期					-0.001*** (-3.65)	
市场分割滞后两期						-0.001** (-2.25)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测样本	3346	3346	3346	2996	3107	2868
R <sup>2</sup>	0.814	0.960	0.960	0.957	0.988	0.997
地区固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制

2023年6月

表7 排除潜在内生性的子样本

变量	能源效率	
	驿站样本	省界样本
市场分割	-0.003** (-1.99)	-0.003** (-2.15)
控制变量	控制	控制
观测样本	2282	2030
R <sup>2</sup>	0.962	0.965
个体固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制

内在联系。省内城市之间地方保护相对弱化,而处在省份边界的城市之间存在较为明显的边界效应和较强的地方保护倾向。据此,选取处在省份边界的城市样本进行分析(表7)。以上两项研究结论并未发生显著变化。

#### 4.5.2 工具变量估计

方言作为地域文化的载体,是影响经济绩效的重要因素之一<sup>[44]</sup>。方言的多样性在某种程度上阻碍了更广泛的沟通和交流,降低社会信任水平、影响生产要素和技术的跨区域流动,从而阻碍市场一体化的发展<sup>[45]</sup>。基于此,借鉴刘毓芸等<sup>[46]</sup>的汉语方言分类方法,以地区方言片个数作为工具变量。考虑到方言数据是非时变的截面数据,为了保留样本年份的完整性,本文以地方方言数据与市场分割指数的滞后数据的乘积作为工具变量。表8汇报了工具

表8 工具变量估计结果

变量	市场分割	能源效率
	(1)	(2)
市场分割		-0.923** (-2.06)
工具变量	0.001*** (4.16)	
控制变量	控制	控制
弱识别检验	27.27 [16.38]	
观测样本	3346	3346
R <sup>2</sup>	0.132	0.879
个体固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制

注:弱识别检验对应Kleibergen-paap rk Wald F统计量的值,中括号内为Stock-Yogo检验10%水平上临界值。

变量的两阶段估计结果,研究发现,地区方言种类与市场分割显著正相关;同时,弱识别检验的结果能够通过10%的显著性检验,排除了“弱工具变量”问题。引入方言工具变量后市场分割对能源效率的影响依然显著为负,表明市场一体化能够有效促进能源效率的提升。

#### 4.6 产业集聚机制分析

通过前文分析发现,规模效应是市场一体化促进能源效率水平提升的重要因素。随着市场一体化规模效应的不断扩大,企业的生产成本不断减少,增强了企业扩大生产规模的意愿,最终推动了产业集聚的形成。产业集聚程度的不断提高,更有利于先进节能技术的推广与应用,最终促进能源效率水平的提升。同时,产业集聚还有利于减少企业的交易成本,降低企业生产、运输过程中的资源损耗,同样,也有利于能源效率的提升。因此,本文将产业集聚作为中介变量,并且将产业集聚进一步细分为制造业集聚和生产性服务业集聚,分析市场一体化影响能源效率的产业集聚机制,具体结果见表9。

研究发现,市场一体化主要通过促进生产性服务业的集聚来提升区域能源效率水平,而制造业集聚机制的作用相对并不明显。市场一体化对生产性服务业的集聚影响显著为正,市场一体化能够促进生产性服务业的集聚。而当生产性服务业变量被纳入能源效率的基准模型时,市场一体化对能源效率的影响依然显著,但效应大小低于基准模型;与此同时,生产性服务业集聚能够有效促进能源效率提升。这说明,市场一体化能够有效推动生产性服务业的集聚,随着生产性服务业集聚水平的不断提高,地区能源效率水平也随之提升。作为高技术密集型产业,生产性服务业可以发挥自身的“催化剂”作用,将自身先进的技术应用到制造业的生产过程中,加快绿色节能设备的研发与应用,从而有利于能源效率的提升。随着生产性服务业的不断集聚,制造业企业能够实现工艺流程升级,加速产品更新换代,从而不断向高附加值的产业链攀登,促进当地的产业转型,实现绿色增长。因此,生产性服务业集聚是市场一体化推动能源效率增长的

表9 产业集聚机制分析结果

Table 9 Results of analysis of industrial clustering mechanism

变量	制造业集聚 (1)	能源效率 (2)	生产性服务业集聚 (3)	能源效率 (4)
制造业集聚		-0.001 (-0.77)		
生产性服务业集聚				0.004** (2.50)
市场分割	0.066 (0.48)	-0.003*** (-2.87)	-0.144*** (-2.95)	-0.003** (-2.26)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测样本	3346	3346	3346	3346
R <sup>2</sup>	0.885	0.960	0.792	0.960
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制

重要机制, H2 得到证实。与此同时, 制造业在某一地区内规模和数量的扩大, 更倾向于“粗放型”增长模式, 盲目的投资导致产出规模无序扩张, 并且抑制了技术进步, 从而在一定程度上加剧能源消耗, 阻碍了区域规模效应与技术效应的发挥。

#### 4.7 进一步分析: 基于区域能源效率差距视角

市场一体化内在反映着区域之间的“连接”属性, 市场分割指数正是以接壤城市对之间的价格波动为基础构建的。区域空间关联特征随之可以延伸出一个关于区域效率差距的分析视角: 市场一体化是否可以缩小地区能源效率差距? 为回答这一问题, 本文以空间接壤城市对为研究对象, 市场分割指数直接采用接壤城市对之间商品价格波动的方差指标, 而被解释变量变为接壤城市对之间能源效率差距<sup>③</sup>。此外, 在分析市场一体化对区域能源

效率差距的平均效应的基础上, 进一步考察了不同城市规模<sup>④</sup>之间的异质性影响, 分析结果见表 10。整体而言, 市场一体化可以显著改善区域间的能源效率差距, 表明市场一体化的发展会强化统一市场内部的能源利用效率。此外, 不同城市规模的分组别结果表明, 市场一体化能有效缩小大城市—小城市组的能源效率差距, H3 得到验证。这主要是由于大城市先进的节能技术更容易向周边小城市传播, 同时会为周边小城市带来巨大的规模市场效应, 从而缩小大城市与小城市之间能源效率的差距。这一研究结论验证了中心城市带动下的城市圈发展模式的有效性, 同时为小城市的发展提供了很好的政策启示: 对于处在中心城市周边的边缘城市, 争取与中心城市建立统一大市场, 将有助于其提升自身发展效率。

表 10 市场一体化对区域能源效率差距的影响效应

Table 10 Impact of market integration on regional energy efficiency gap

变量	总体	大城市—大城市	大城市—小城市	小城市—小城市
市场分割	-0.085*** (-3.38)	-0.073 (-0.64)	-0.120*** (-3.68)	-0.024 (-0.52)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测样本	7448	392	2786	4270
R <sup>2</sup>	0.431	0.775	0.604	0.426
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制

③ 能源效率差距使用接壤城市对之间能源效率之差的绝对值, 控制变量的处理同理。

④ 接壤城市对样本分为大城市—大城市、大城市—小城市、小城市—小城市 3 组, 其中大城市指国家统计局定义的 70 个大中城市。

2023年6月

## 5 结论与政策启示

### 5.1 结论

本文利用2006—2019年239个地级市的面板数据,分析了市场一体化对区域能源效率的影响及机制,研究发现:

(1)市场一体化可以有效促进区域能源效率的提升,并且通过对能源效率变动的分解发现,规模效率的改善与技术进步是市场一体化改善能源效率的关键路径。

(2)基于科技创新与人口密度的区域异质性研究表明,市场一体化更有助于改善高创新水平与高人口密度地区的能源效率。对于创新基础较弱与人口密度较低的地区,虽然难以通过市场一体化水平的提升直接改善能源效率水平,但是市场一体化的发展却可以率先改善地区的规模效率与技术进步。

(3)通过机制分析发现,相对于对制造业集聚的影响,市场一体化更容易通过促进生产性服务业的集聚来提升区域能源效率水平。市场一体化推动生产性服务业的集聚,促进产业结构的升级,同时带动了低碳节能技术的研发与应用,进而提升了区域能源效率水平。

(4)市场一体化不仅可以促进区域能源效率提升,而且还有助于缩小区域间能源效率的差距,特别对于“中心—外围”结构区域间能源效率差距的减小更为明显。

### 5.2 政策启示

根据以上结论,得到如下政策启示:

(1)市场一体化对能源效率改善的有效性,为中国统一大市场建设政策提供了能源效率改进的理论依据。国内大循环发展的基础保障是国内拥有大规模的市场基础,然而现存区域间的市场分割很大程度上阻碍了国内统一大市场优势的发挥。破除地方保护,促进要素跨区域自由流通,形成统一的国内大市场是提升发展效率的关键一环。

(2)区域产业转型应重视统筹规划生产性服务业发展,推动生产性服务业高效集聚。生产性服务业的集聚是市场一体化促进能源效率水平提升的重要机制。区域生产性服务业的规划,一方面,应

立足区域的资源禀赋与特色优势,打造各区域特色生产性服务业品牌,避免服务业发展的“全而不精”。另一方面,区域生产性服务业的布局还需要兼顾其在周边大区域的功能定位,推动形成区域功能互补、特色互异的生产性服务业布局。

(3)外围地区积极融入中心地区市场是后发地区实现效率赶超的有效手段。外围发展较为落后的地区积极融入发达地区,短期来看,可以率先享受大市场带来的规模效应与技术溢出效应;长期来看,中心城市带动下的城市圈发展模式,依靠市场一体化手段,通过有效的专业化分工与协作,最终将会实现全区域效率发展的高水平趋同。

### 参考文献(References):

- [1] 潘雄锋,彭晓雪,李斌. 市场扭曲、技术进步与能源效率:基于省际异质性的政策选择[J]. 世界经济, 2017, 40(1): 91-115. [Pan X F, Peng X X, Li B. Market distortion, technical progress and energy efficiency: Policy choice based on the provincial heterogeneity [J]. The Journal of World Economy, 2017, 40(1): 91-115.]
- [2] 刘志彪,孔令池. 从分割走向整合:推进国内统一大市场建设的阻力与对策[J]. 中国工业经济, 2021, (8): 20-36. [Liu Z B, Kong L C. From segmentation to integration: The resistance and countermeasures to promote the construction of a unified domestic market [J]. China Industrial Economy, 2021, (8): 20-36.]
- [3] 黄映红,王陆雅,陈瑞,等. 技术创新、能源价格影响能耗强度的异质性研究[J]. 价格理论与实践, 2021, (2): 136-139. [Huang Y H, Wang L Y, Chen R, et al. Study on the heterogeneity of the impact of technological innovation and energy price affecting energy intensity [J]. Price Theory and Practice, 2021, (2): 136-139.]
- [4] 闫志俊,张兵兵,胡榴榴. 环境信息披露能提升全要素能源效率吗?来自城市污染源监管信息公开的准自然实验[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(6): 67-75. [Yan Z J, Zhang B B, Hu L L. Can environmental information disclosure improve total factor energy efficiency? A quasi-natural experiment from the pollution information transparency index [J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(6): 67-75.]
- [5] 刘自敏,邓明艳,杨丹,等. 降低企业用能成本可以提高能源效率与社会福利吗?基于交叉补贴视角的分析[J]. 中国工业经济, 2020, (3): 100-118. [Liu Z M, Deng M Y, Yang D, et al. Can reducing the energy cost of enterprises improve energy efficiency and social welfare? Analysis from the perspective of cross subsidy [J]. China Industrial Economics, 2020, (3): 100-118.]
- [6] Cai L Z, Wang C J. Spatial and temporal evolution of energy efficiency in coastal areas of China based on super efficiency DEA

- Model[J]. *Journal of Coastal Research*, 2020, 109(S1): 216–222.
- [7] Shang Y, Liu H B, Lv Y. Total factor energy efficiency in regions of China: An empirical analysis on SBM-DEA model with undesired generation[J]. *Journal of King Saud University- Science*, 2020, 32(3): 1925–1931.
- [8] Zhao X, Mahendru M, Ma X W, et al. Impacts of environmental regulations on green economic growth in China: New guidelines regarding renewable energy and energy efficiency[J]. *Renewable Energy*, 2022, 187: 728–742.
- [9] Tu Z G, Kong J Y, Shen R J. Smart city projects boost urban energy efficiency in China[J]. *Sustainability*, 2022, DOI: 10.3390/su14031814.
- [10] Gao D, Li Y, Li G. Boosting the green total factor energy efficiency in urban China: Does low-carbon city policy matter?[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(37): 56341–56356.
- [11] 沈小波, 陈语, 林伯强. 技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响[J]. *经济研究*, 2021, 56(2): 157–173. [Shen X B, Chen Y, Lin B Q. The impacts of technological progress and industrial structure distortion on China's energy intensity[J]. *Economic Research Journal*, 2021, 56(2): 157–173.]
- [12] Su X, Yang X, Zhang J, et al. Analysis of the impacts of economic growth targets and marketization on energy efficiency: Evidence from China[J]. *Sustainability*, 2021, DOI: 10.3390/su13084393.
- [13] Yue L, Pierre F, Zhi Y L. Impact of environmental regulations on energy efficiency: A case study of China's Air Pollution Prevention and Control Action Plan[J]. *Sustainability*, 2022, DOI: 10.3390/su14063168.
- [14] Zhang R, Zhang C Q. Does energy efficiency benefit from foreign direct investment technology spillovers? Evidence from the manufacturing sector in Guangdong, China[J]. *Sustainability*, 2022, DOI: 10.3390/su14031421.
- [15] 苏捷, 李童, 王忠. 市场分割对工业能源效率的影响: 基于空间计量的实证分析[J]. *生态经济*, 2022, 38(6): 49–55. [Su J, Li T, Wang Z. Impacts of market segmentation on industrial energy efficiency: An empirical analysis based on spatial econometrics[J]. *Ecological Economy*, 2022, 38(6): 49–55.]
- [16] 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, 32(9): 52–55. [Li W Y, Yang S G, Wu Y M. Study on the impact of regional market integration on carbon emission benefits: Spatial econometric analysis from the Yangtze River Delta region[J]. *Soft Science*, 2018, 32(9): 52–55.]
- [17] 卞元超, 吴利华, 白俊红. 市场分割与经济高质量发展: 基于绿色增长的视角[J]. *环境经济研究*, 2019, 4(4): 96–114. [Bian Y C, Wu L H, Bai J H. Market segmentation and high-quality economic development: Evidence from the perspective of green growth[J]. *Journal of Environmental Economics*, 2019, 4(4): 96–114.]
- [18] 张可. 市场一体化有利于改善环境质量吗? 来自长三角地区的证据[J]. *中南财经政法大学学报*, 2019, (4): 67–77. [Zhang K. Is market integration beneficial to environmental quality? An empirical study of the Yangtze River Delta region[J]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, 2019, (4): 67–77.]
- [19] 周黎安. 晋升博弈中政府官员的激励与合作: 兼论我国地方保护主义和重复建设问题长期存在的原因[J]. *经济研究*, 2004, (6): 33–40. [Zhou L A. The incentive and cooperation of government officials in the political tournaments: An interpretation of prolonged local protectionism and duplicative investments in China[J]. *Economic Research Journal*, 2004, (6): 33–40.]
- [20] 李荣杰, 李娜, 阎晓. 电力市场一体化对地区绿色经济效率的影响机制[J]. *资源科学*, 2022, 44(3): 523–535. [Li R J, Li N, Yan X. Impact mechanism of electricity power market integration on regional green economic efficiency[J]. *Resources Science*, 2022, 44(3): 523–535.]
- [21] 周荣华, 余红心, 李斯林. 市场一体化对企业创新效率影响研究[J]. *现代管理科学*, 2022, (4): 131–140. [Zhou R H, Yu H X, Li S L. Research on the impact of market integration on enterprise innovation efficiency[J]. *Modern Management Science*, 2022, (4): 131–140.]
- [22] 谢伟伟, 金田林. 长三角城市群市场一体化提高了城市经济效率吗? 基于“本地-邻地”效应和传导机制的检验[J]. *华东经济管理*, 2022, 36(3): 35–43. [Xie W W, Jin T L. Has the market integration improved the urban economic efficiency of the Yangtze River Delta urban agglomeration? A study from the perspective of “local neighborhood” effect and its transmission mechanism[J]. *East China Economic Management*, 2022, 36(3): 35–43.]
- [23] 张华明, 元鹏飞, 朱治双. 中国城市人口规模、产业集聚与碳排放[J]. *中国环境科学*, 2021, 41(5): 2459–2470. [Zhang H M, Yuan P F, Zhu Z S. City population size, industrial agglomeration and CO<sub>2</sub> carbon emission in Chinese prefectures[J]. *China Environmental Science*, 2021, 41(5): 2459–2470.]
- [24] 陆凤芝, 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. [Lu F Z, Wang Q Y. Agglomeration of productive services and haze pollution control[J]. *Soft Science*, 2021, 35(4): 1–7.]
- [25] 于斌斌. 生产性服务业集聚与能源效率提升[J]. *统计研究*, 2018, 35(4): 30–40. [Yu B B. The agglomeration of producer services and improve energy efficiency[J]. *Statistical Research*, 2018, 35(4): 30–40.]
- [26] 及添正, 邓宏兵, 张天铃. 生产性服务业集聚对碳排放效率的影响: 基于长江经济带108个城市企业数据的分析[J]. *资源科学*, 2023, 45(1): 31–47. [Ji T Z, Deng H B, Zhang T L. Impact of producer services agglomeration on carbon emission efficiency: An analysis based on the data of enterprises in 108 cities of the Yang-

2023年6月

- ize River Economic Belt[J]. *Resources Science*, 2023, 45(1): 31-47.]
- [27] 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, 36(2): 78-85. [Gao D, Li G. Government cooperation and energy efficiency of urban agglomerations: Quasi-natural experiment based on the Yangtze River Delta Urban Economic Coordination Committee[J]. *Soft Science*, 2022, 36(2): 78-85.]
- [28] Kang J J, Yu C Y, Xue R, et al. Can regional integration narrow city-level energy efficiency gap in China?[J]. *Energy Policy*, 2022, DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112820.
- [29] 黄建, 冯升波, 杨阳, 等. 全要素能源效率及其测算、比较与验证[J]. *资源科学*, 2023, 45(2): 281-295. [Huang J, Feng S B, Yang Y, et al. Total factor energy efficiency and its measurement, comparison, and validation[J]. *Resources Science*, 2023, 45(2): 281-295.]
- [30] Kumbhakar S, Lovell K. *Stochastic Frontier Analysis: Incorporating Exogenous Influences on Efficiency*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [31] Bertrand M, Duflo E, Mullainathan S. How much should we trust difference-in-difference estimators?[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2004, 119(1): 249-275.
- [32] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745. [Wen Z L, Ye B J. Analyses of mediating effects: The development of methods and models[J]. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(5): 731-745.]
- [33] 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. [Zhang J, Wu G Y, Zhang J P. The estimation of China's provincial capital stock: 1952-2000[J]. *Economic Research Journal*, 2004, (10): 35-44.]
- [34] 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): 20-31. [Gui Q H, Chen M, Lu M, et al. China's domestic commodity market tends to be divided or integrated: Analysis based on relative price method[J]. *The Journal of World Economy*, 2006, (2): 20-31.]
- [35] 纪玉俊, 王芳. 产业集聚、空间溢出与城市能源效率[J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*, 2021, 23(6): 13-26. [Ji Y J, Wang F. Industrial agglomeration, spatial spillover and urban energy efficiency[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2021, 23(6): 13-26.]
- [36] 刘争, 黄浩, 邓秀月. 人口规模、产业结构与能源效率: 基于空间面板计量模型的实证[J]. *宏观经济研究*, 2022, (8): 117-130. [Liu Z, Huang H, Deng X Y. Population size, industrial structure and energy efficiency: An empirical study based on a spatial panel econometric model[J]. *Macroeconomics*, 2022, (8): 117-130.]
- [37] 张兵兵, 周君婷, 闫志俊. 低碳城市试点政策与全要素能源效率提升: 来自三批次试点政策实施的准自然实验[J]. *经济评论*, 2021, (5): 32-49. [Zhang B B, Zhou J T, Yan Z J. Low-carbon city pilot policies and total factor energy efficiency improvement: Quasi-natural experiment from the implementation of three batches of pilot policies[J]. *Economic Review*, 2021, (5): 32-49.]
- [38] 李涛, 沙玮华. 数字经济对地区全要素能源效率的影响研究: 基于市场贸易的中介效应分析[J]. *财经理论与实践*, 2022, 43(3): 120-127. [Li T, Sha W H. The impact of digital economy on regional total factor energy efficiency: Analysis of intermediary effect based on market trade[J]. *The Theory and Practice of Finance and Economics*, 2022, 43(3): 120-127.]
- [39] 湛泳, 李珊. 智慧城市建设、创业活力与经济高质量发展: 基于绿色全要素生产率视角的分析[J]. *财经研究*, 2022, 48(1): 4-18. [Zhan Y, Li S. Smart city construction, entrepreneurial vitality and high-quality economic development: Analysis based on the GTFP perspective[J]. *Journal of Financial Economics*, 2022, 48(1): 4-18.]
- [40] 韩国高, 陈庭富, 刘田广. 数字化转型与企业产能利用率: 来自中国制造企业的经验发现[J]. *财经研究*, 2022, 48(9): 154-168. [Han G G, Chen T F, Liu T G. Digital transformation and enterprise capacity utilization: Empirical findings from Chinese manufacturing enterprises[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2022, 48(9): 154-168.]
- [41] 邓荣荣, 张翱翔. 中国城市数字金融发展对碳排放绩效的影响及机理[J]. *资源科学*, 2021, 43(11): 2316-2330. [Deng R R, Zhang A X. The impact of urban digital finance development on carbon emission performance in China and mechanism[J]. *Resources Science*, 2021, 43(11): 2316-2330.]
- [42] 王永钦, 李蔚, 戴芸. 僵尸企业如何影响了企业创新? 来自中国工业企业的证据[J]. *经济研究*, 2018, 53(11): 99-114. [Wang Y Q, Li W, Dai Y. How do zombie firms affect innovation? Evidence from China's industrial firms[J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53(11): 99-114.]
- [43] 李兰冰, 张聪聪. 高速公路连通性对区域市场一体化的影响及异质性分析[J]. *世界经济*, 2022, 45(6): 185-206. [Li L B, Zhang C C. Effects and heterogeneity analysis of highway connectivity on regional market integration[J]. *The Journal of World Economy*, 2022, 45(6): 185-206.]
- [44] 李红, 韦永贵. 文化多样性与区域经济发展差异: 基于民族和方言视角的考察[J]. *经济学动态*, 2020, (7): 47-64. [Li H, Wei Y G. Cultural diversity and differential regional economic development: Evidence from ethnicity and dialect[J]. *Economic Perspectives*, 2020, (7): 47-64.]
- [45] 丁从明, 吉振霖, 雷雨, 等. 方言多样性与市场一体化: 基于城市圈的视角[J]. *经济研究*, 2018, 53(11): 148-164. [Ding C M, Ji Z L, Lei Y, et al. Dialect and market segmentation: Evidence from the synthetic metropolitan area[J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53(11): 148-164.]

[46] 刘毓芸, 戴天仕, 徐现祥. 汉语方言、市场分割与资源错配[J]. 经济学(季刊), 2017, 16(4): 1583–1600. [Liu Y Y, Dai T S, Xu X X.

Chinese dialects, fragmented market and resource misallocation [J]. *China Economics (Quarterly)*, 2017, 16(4): 1583–1600.]

## The effects of market integration on regional energy efficiency and mechanism

ZHANG Congcong<sup>1</sup>, CUI Songtao<sup>2</sup>, ZHU Zhishuang<sup>2</sup>, ZHANG Huaming<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Resource-based Economics, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;

2. School of Economics, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** [Objective] Energy efficiency improvement is an effective means to increase the synergy between economic development and energy conservation and emission reduction. In this study, the effects of market integration on regional energy efficiency and mechanisms were examined to provide a theoretical support and policy reference for efficiency improvement of China's unified large market construction policy. [Methods] The stochastic frontier analysis (SFA) model was used to measure the energy efficiency of 239 prefecture-level cities in China from 2006 to 2019, and the growth of energy efficiency was decomposed into three aspects: technological progress, technical efficiency change, and scale efficiency change; the panel fixed effect and mediation effect models were used to analyze the effect of market integration on regional energy efficiency, heterogeneity, and mechanism. [Results] The study found that: (1) Market integration can effectively promote regional energy efficiency, and the improvement of scale efficiency and technological progress are the key paths of market integration improving energy efficiency. (2) Market integration is more likely to improve energy efficiency in regions with high innovation levels and high population densities, and for regions with weaker innovation bases and lower population densities, the development of market integration can take the lead in improving regional scale efficiency and technological progress. (3) Market integration is more likely to improve regional energy efficiency by promoting the agglomeration of productive services. (4) Market integration can help alleviate the disparity of energy efficiency between regions. [Conclusion] The construction of a large national unified market to promote regional market integration is conducive to the effect of regional scale efficiency and technological progress, which in turn improves regional energy efficiency and promotes effective synergy between economic development and energy conservation and emission reduction.

**Key words:** market integration; stochastic frontier analysis; energy efficiency; scale efficiency; technological progress; industrial agglomeration; China