

引用格式: 罗啸潇, 刘勇, 廖斌, 等. 数字经济发展对能源要素错配的影响: 来自中国地级及以上城市的经验数据[J]. 资源科学, 2023, 45(3): 524-535. [Luo X X, Liu Y, Liao B, et al. Impact of digital economy development on energy mismatch: Empirical data from prefecture-level and above cities in China[J]. Resources Science, 2023, 45(3): 524-535.] DOI: 10.18402/resci.2023.03.05

数字经济发展对能源要素错配的影响 ——来自中国地级及以上城市的经验数据

罗啸潇^{1,2}, 刘勇^{1,2}, 廖斌³, 王健龙^{1,2}

(1. 四川大学经济学院, 成都 610065; 2. 四川大学中国特色社会主义政治经济学研究中心, 成都 610065; 3. 湖南大学经济与贸易学院, 长沙 410079)

摘要:【目的】在资源浪费和环境污染问题日益严重的背景下, 改善能源要素错配对中国推进供给侧改革以及早日实现“双碳”目标有重要作用。【方法】基于2011—2019年中国284个地级及以上城市的面板数据, 首先采用加入能源因子的扩展C-D函数计算了能源要素错配程度, 其次运用熵权—TOPSIS二元法计算了数字经济发展指数, 接着通过基准模型、门槛模型和空间计量模型实证检验了数字经济发展与能源要素错配之间线性与非线性的相关关系。【结果】结果表明: ①全国层面上, 数字经济发展指数对当地能源要素错配程度有显著负向影响, 分地区异质性检验结果与基准回归结果保持高度一致, 其中中部地区发展数字经济最能够改善区域能源要素错配程度, 其次是西部地区和东部地区。②在门槛约束条件下, 城市蔓延和外商投资呈现显著的单一门槛特征, 即在城市蔓延和外商投资越高的地区, 数字经济发展越能改善当地能源要素错配。③空间效应方面, 数字经济发展指数和能源要素错配程度在空间上均为显著正相关。由于存在空间溢出效应, 数字经济发展在改善当地能源要素错配的同时, 对周围地区能源要素错配同样起到了抑制作用。【结论】在未来发展数字经济时不但要因地制宜, 还要考虑空间相关性。对此从强化基础设施、实现地区联动、推动企业数字化转型等方面提出有关建议。

关键词: 数字经济; 能源要素错配; 门槛效应; 空间溢出效应; 双碳目标; 中国

DOI: 10.18402/resci.2023.03.05

1 引言

长期以来中国在工业生产活动中的能源消耗以煤炭为主, 这种以能源换经济的粗放型发展模式导致中国存在能源结构扭曲、能源行业高能耗低效率、传统化石能源产能过剩等问题^[1], 严重阻碍了绿色发展战略的实施。在“双碳”目标和经济高质量发展的背景下, 中国采取了开发新能源^[2]、实行碳排放权交易、引导高耗能高污染企业转型升级等一系列措施, 这些措施取得了显著成效但还不足以使能源要素整体格局发生质变^[3]。一方面, 改善能源要素错配能显著提高地区生产率, 有效缓解供给不足现象; 另一方面, 当前中国主要存在能源要素配置

过度问题, 导致能源要素浪费严重^[4], 因此如何从本质上优化能源配置结构, 减少非必要的能源耗散, 使能源发挥最大化效用, 进一步提高能源使用效率成为了能源结构转型乃至“双碳”目标实现的关键问题^[5,6]。随着互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等技术的不断完善与创新, 数字经济已成为促进中国经济发展的新动能。现阶段数字化技术嵌入到了生产流程的各个环节, 通过消除信息不对称造成的负外部性来缓解生产效率低下等问题^[7]。已有研究从不同角度论证了数字经济对资本^[8]、劳动力^[9]、城乡要素^[10]、创新要素^[11]、金融^[12]、企业信贷^[13]等多种要素错配的影响, 然而, 有关数字经济发展

收稿日期: 2022-11-28 修订日期: 2023-02-21

基金项目: 国家社会科学基金项目(19XJY007); 四川大学经济学院“基于人与自然和谐共生维度的中国式现代化研究”项目。

作者简介: 罗啸潇, 男, 湖南邵阳人, 博士研究生, 研究方向为资源、环境与经济发展。E-mail: 376786811@qq.com

通讯作者: 刘勇, 男, 重庆人, 教授, 博士生导师, 研究方向为社会主义经济发展、复杂系统与经济增长。E-mail: yonghopeliu@sina.com

2023年3月

能否改善能源要素错配的讨论尚未见报告。在能源消耗与碳排放量日益增长的现实背景下,研究数字经济发展如何影响能源要素错配对中国推进供给侧改革以及实现绿色发展有着至关重要的作用。

现有相关研究主要从以下两个方面进行论述:

①数字经济发展对能源使用总量和能源效率的影响。王蕾等^[14]、罗良忠等^[15]认为数字经济发展能有效减少能源消费量。Ren等^[16]研究发现互联网发展对能源消耗量有正向影响,但是对能源消费结构和强度有负向影响。樊轶侠等^[17]认为数字经济与能源消耗量间存在“倒U型”关系。李涛等^[18]、Cao等^[19]、张云辉等^[20]、汪东芳等^[21]的研究表明互联网技术的发展对能源使用效率有显著正向作用,而Zhang等^[22]发现数字经济与全要素能源效率存在先上升后下降的非线性关系。②能源要素错配的驱动因素、影响和时空分异研究。刘宗明等^[23]、张江洋等^[24]的研究结果显示资本市场和中间产品市场的扭曲、政府干预程度、能源政策强度是能源要素错配程度的驱动因素。张亚斌等^[25]、刘小玲等^[26]发现能源结构扭曲会显著抑制碳排放效率、环境效率和能源效率的提升。赵文琦等^[27]认为技术创新的不足导致西部省份能源要素错配程度明显高于东部与中部地区。孟凡琳等^[28]、王昀等^[4]的研究表明能源要素错配已成为资源错配中的关键问题。

综上,现有相关文献存在以下问题:①数字经济发展影响对能源要素错配的研究仍属于空白区域;②普遍认为数字经济发展能提高能源使用效率,但对数字经济发展影响能源使用总量的讨论莫衷一是,即数字经济发展的正负外部性效应不明确;③有关数字经济发展对能源要素的影响较少从门槛效应与空间效应的角度进行探讨,理论与实证分析均有创新空间。基于此,本文以2011—2019年中国284个地级及以上城市(限于数据可得性,未涉及西藏、港澳台地区)的面板数据为研究对象,研究数字经济发展指数与能源要素错配程度的线性关系、非线性关系以及空间溢出效应。并根据研究结论提出对中国未来数字经济发展与能源要素配置的建议,以期提供有关理论和研究方法的借鉴。

2 理论分析与研究假设

当前中国能源结构无法适配消费端需求升级,

导致能源要素错配成为制约中国经济高质量发展的桎梏。数字经济的发展可以推动能源要素实现数字化转型,为能源要素实现高效配置注入全新活力,总体来看,数字经济发展在生产和生活两个维度均能改善能源要素错配。生产维度上,数字经济在宏观层面提供了能源市场的供需情况,企业则根据市场信息调节自身能源配置,一方面可以减少能源存储成本和由于能源本身安全性带来的损失^[29],另一方面可以避免能源配置不足但又得不到及时供应的问题。中观层面,数字经济打通了供应链上下游企业间的响应渠道,企业可根据供应链传递的生产-消费信息及时调整生产方案,对需求量下降的商品减少生产规模,对需求旺盛的商品追加能源要素投入进行扩大再生产,降低由于信息不对称造成的能源要素错配进而导致生产效率低下的可能^[30,31]。微观层面,数字经济能改进企业的生产过程。企业能通过数字化技术精准获取生产环节中能源数据的详细信息,大数据的支撑能有效推动智能导向的工艺流程改进,将数字化技术渗透到能源利用的全过程,使能源损耗尽可能降低的同时将能源合理分配到各生产环节,通过技术创新的溢出效应减轻能源要素错配程度。

生活维度上,数字经济有助于强化居民节能减排意识,促使居民养成低碳环保的生活方式。得益于数字经济的发展,人们获取知识和信息的途径趋于多样化和简单化^[32],更有可能关注到资源浪费和气候变化问题,节能环保政策通过互联网的宣传也更为深刻有效,因此人们在日常生活中的节能意识逐渐增强。而线上语音和视频会议的迅速发展使人们足不出户也能通过数字化技术达到远程办公的目的,同时使用网络购物和电子支付的人数大幅增加,原本需乘交通工具的出行活动得以减少,以此来降低非必要的能源消耗^[21]。基于此,本文提出假设H1。

H1:数字经济发展有助于降低能源要素错配水平。

中国在快速推进城市化的过程中出现了城市蔓延现象,居民和企业向郊区迁移的过程弱化了经济集聚效应,降低了城市全要素生产率,而通行距离和运输距离的增加导致物资流通和信息传递有

更多的能源消耗,加剧了能源要素错配程度^[33]。数字经济的发展能有效缓解这一问题,通过互联网的信息交流可以避免原有的线下聚集,减少了出行频次的同时不影响生产活动的顺利进行。而利用数字化技术进行车辆路径规划也能解决绕路和交通拥挤等问题,以此降低非必要的能源消耗,特别是在城市蔓延越严重的地区,数字经济越能消除城市蔓延的负外部性。基于此,本文提出假设H2a。

H2a:城市蔓延在数字经济发展对能源要素错配的影响过程中起调节效应。

由于劳动力和资源的比较优势,中国加入WTO之后俨然成为了世界工厂,但前期为求经济发展引进了中低端产业致使中国长期成为外资企业的“污染避难所”^[34]。近年来中国经济追求高质量发展,对外商投资的要求也愈加严格。外资企业为保证其盈利能力,通常会将生产技术提高到当地一般水平以上,在与本土企业进行人才交换的过程中利用技术外溢效应传递了绿色环保的管理思想和生产工艺,倒逼东道国企业进行技术升级和研发创新,节约了生产要素投入^[35]。因此在外商投资比例更高的地区发展数字经济,能促使外资先进技术与数字经济的融合,使数字经济对能源要素配置的作用更具有深度和广度,大大强化数字经济发展对能源要素错配的改善程度。基于此,本文提出假设H2b。

H2b:外商投资在数字经济发展对能源要素错配的影响过程中起调节效应。

数字经济的发展可缩短生产要素的地理距离,使生产要素的流动超越空间束缚,打破地区间存在的信息壁垒,加快信息与知识的传播速度,实现跨区域的分工与协作,产生空间溢出效应^[36]。一方面,数字经济在降低当地能源要素错配程度时可能会产生示范效应,通过辐射作用带动周围地区竞相模仿,加速周围地区发展数字经济以改善能源要素错配。另一方面,在当地数字经济水平发展较高时会产生溢出效应,致使数字要素从高水平地区向低水平地区流动,缩小地区发展差距的同时促进地区间的联动^[37],在降低本地区能源要素错配程度时还可能对周围地区产生影响。基于此,本文提出假设H3。

H3:数字经济对能源要素错配的影响存在空间

溢出效应。

3 研究模型、变量选择与数据来源

3.1 研究模型

(1) 基准回归模型

为厘清数字经济发展对能源要素错配程度的线性相关关系,构建基于固定效应的基准回归模型如式(1):

$$\tau_{Eit} = \alpha_0 + \alpha_1 index_{it} + \sum \lambda X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 为城市; t 为时间; τ_E 为能源要素错配程度; $index_{it}$ 为数字经济发展指数; X_{it} 为控制变量; α_0 为常数; α_1 为核心解释变量的回归系数; λ 为控制变量的回归系数; μ_i 为城市固定效应; ν_t 为时间固定效应; ε_{it} 为随机误差。

(2) 门槛模型

在不同变量的影响下,数字经济发展对能源要素错配程度可能存在非线性效应,基于此构建门槛模型如式(2):

$$\begin{aligned} \tau_{Eit} = & \alpha_0 + \beta_0 index_{it} \times I(S_{it} \leq \partial_1) + \beta_1 index_{it} \times \\ & I(\partial_1 < S_{it} \leq \partial_2) + \dots + \beta_m index_{it} \times I(S_{it} > \partial_m) + \\ & \lambda X_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $I(\cdot)$ 为示性函数; S_{it} 为门槛变量; ∂_m 为门槛值; β_m 为核心解释变量在不同门槛约束下的回归系数; m 为门槛数。

(3) 空间计量模型

为探究数字经济发展对能源要素错配可能存在的空间溢出效应,构建空间计量模型如式(3):

$$\tau_{Eit} = \alpha_0 + \rho W \tau_{Eit} + \varnothing_1 W index_{it} + \alpha_1 index_{it} + \sum \varnothing_2 W X_{it} + \sum \lambda X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: ρ 为空间自回归系数; W 为空间权重矩阵; \varnothing_1 和 \varnothing_2 为空间杜宾模型中核心解释变量和控制变量空间交互项的回归系数,为提高结果的稳健性,本文选择经济地理嵌套矩阵和反地理矩阵进行估计。

3.2 变量选择与测度

(1) 被解释变量

能源要素错配程度 (τ_E)。借鉴陈永伟等^[38]的研究,通过如下方法对城市能源要素错配程度进行

2023年3月

计算:

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \tau_{Ei}} \quad (4)$$

式中: γ_i 为能源要素绝对价格扭曲系数, 表示能源要素相对没有扭曲时的加成情况, 在决定城市能源要素配置时, 要素的相对价格扭曲程度显然比绝对价格扭曲程度更为重要, 对此在实际测算过程中用能源要素的相对价格扭曲程度 ($\hat{\gamma}$) 来替代能源要素的绝对扭曲程度:

$$\hat{\gamma} = \frac{\frac{E_i}{E}}{\frac{s_i \beta_{Ei}}{\beta_E}} \quad (5)$$

式中: $\frac{E_i}{E}$ 代表城市 i 使用的能源量占所有城市能源使用量总和的实际比例; $s_i = \frac{p_i Y_i}{Y}$ 代表城市 i 的产出占所有城市产出总和的比例, p_i 为产品价格, $Y = \sum_i^n p_i Y_i$; $\beta_E = \sum_i^n s_i \beta_{Ei}$ 代表产出加权的能源贡献值; $\frac{s_i \beta_{Ei}}{\beta_E}$ 代表城市 i 使用的能源量占所有城市能源使用量总和的理论比例。于是 $\hat{\gamma}$ 就反映了城市实际使用的能源总量与有效配置时能源总量的偏离程度, 若 $\hat{\gamma} > 1$, 说明相对于整个经济体而言, 城市 i 的能源要素使用成本较低, 那么该城市就会有过度使用能源要素的倾向; 反之如果 $\hat{\gamma} < 1$, 则表示该城市实际配置的能源要素低于有效配置时的理论水平, 能源要素配置不足。

从上述理论可见, 若要计算能源要素错配程度 $\hat{\gamma}$, 必须先估计出各城市能源要素产出弹性 β_E , 参考白俊红等^[39]的研究, 以含有能源要素因子的规模报酬不变的C-D生产函数计算, 具体形式如下:

$$Y_{it} = A K_{it}^{\beta_{Ki}} L_{it}^{\beta_{Li}} E_{it}^{\beta_{Ei}} \quad (6)$$

式中: Y_{it} 为城市 GDP 总量; A 为生产技术水平; K_{it} 、 L_{it} 、 E_{it} 分别为资本、劳动、能源投入量; β_{Ki} 、 β_{Li} 、 β_{Ei} 分别为 3 类要素对产出的贡献比例。令 $\beta_{Ki} + \beta_{Li} + \beta_{Ei} = 1$, 两边同时取对数并加入个体效应 μ_i 和时间效应 v_t 可得:

$$\ln\left(\frac{Y_{it}}{L_{it}}\right) = \ln A + \beta_{Ki} \ln\left(\frac{K_{it}}{L_{it}}\right) + \beta_{Ei} \ln\left(\frac{E_{it}}{L_{it}}\right) + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

资本存量利用永续盘存法计算^[40]:

$$K_t = I_t + (1 - \delta_t) K_{t-1} \quad (8)$$

式中: K_t 为当期固定资本存量; I_t 为当期固定资产投资额; δ_t 为资本折旧率, 取 9.6%; K_{t-1} 为上一期固定资本存量, 将基期固定资产投资额除以 10% 作为基期资本存量, 所有固定资本存量用固定资产投资价格指数平减。

对生产函数以最小二乘虚拟变量法 (LSDV) 进行估计以得到能源要素产出弹性, 进而计算各城市能源要素错配程度。由于存在能源要素配置不足 $\tau_{Ei} > 0$ 和能源要素配置过度 $\tau_{Ei} < 0$ 两种情况, 为使回归方向一致, 对 τ_{Ei} 取绝对值以表示能源要素错配程度。

(2) 核心解释变量

数字经济发展指数 (*index*)。参考赵涛等^[41]的研究建立数字经济发展评价指标体系, 运用熵权-TOPSIS 二元法计算数字经济发展指数, 指标体系如表 1 所示。值得一提的是, 中国地级市数字普惠金融指数来源于郭峰等^[42]编制的数据库。

(3) 门槛变量

城市蔓延 (*spr*)。参考王家庭等^[43]的研究, 以式 (9) 计算城市蔓延:

$$spr_{it} = \frac{s_i / s_0}{p_i / p_0} \quad (9)$$

式中: s_i 和 p_i 分别为当期城市建成区面积和城市市辖区人口数量; s_0 和 p_0 分别为期初城市建成区面积和城市市辖区人口数量。

外商投资 (*FDI*)。用实际使用外资与地区生产总值之比表示。

(4) 控制变量

本文选择控制变量如下: ① 城镇化水平 (*urb*),

表 1 数字经济发展评价指标体系

Table 1 Digital economy development evaluation indicator system

核心解释变量	一级指标	二级指标
数字经济发展指数	互联网普及程度	百人中互联网宽带接入用户数
	互联网从业人员比例	计算机服务和软件业从业人员占城镇单位从业人员比重
	互联网业务额	人均电信业务总量/(元/人)
	互联网移动用户数	百人中移动电话用户数
	数字普惠金融发展	中国地级市数字普惠金融指数

用非农从业人口与所有从业人口之比表示;②环境规制力度(*env*),对工业固体废物综合利用率、污水集中处理率、生活垃圾无害化处理率利用熵值法计算得到的综合数值表示;③高等教育水平(*edu*),用每百人中拥有的高等学校在校生人数表示;④财政分权(*gov*),用政府一般财政支出与一般财政收入之比表示;⑤产业结构高级化(*ind*),用第三产业产值与地区生产总值之比表示;⑥金融发展水平(*fis*),用存贷款余额与地区生产总值之比表示;⑦经济发展水平(*pgdp*),用人均生产总值表示。

3.3 数据来源与描述性统计

本文数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、CSMAR数据库、各省份统计年鉴及国民经济和社会发展统计公报,部分缺失值采用插值法与均值法补齐,涉及财政的指标均以相应指数平减,指标的描述性统计结果见表2。经测算,样本期内每年有近75%的城市存在能源要素配置过度问题。

4 结果与分析

4.1 基准回归与异质性分析

线性相关关系的估计结果如表3所示,模型(1)为没有控制变量的估计结果,模型(2)为加入控制变量之后的估计结果。对比可见 *index* 的系数正负性与显著性均无改变,系数绝对值略有降低,总体来说控制变量对核心解释变量的影响不大。从估计结果来看,数字经济发展指数在1%的水平上为负,即数字经济发展显著降低了能源要素错配程度,验证了假设H1。模型(3)–(5)分别为东部地

区、中部地区和西部地区的回归结果, *index* 的系数同样在1%的显著水平上为负,说明不存在明显的区域异质性,所得结果稳健。东部地区影响程度最小,这是由于东部地区技术先进且政府重视环境问题,其能源错配程度本身较低,因而数字经济发展对能源错配的改善力度不如其他地区。中西部地区近年来承接了东部地区高耗能产业的转移,导致能源错配程度较高,在此基础上的数字经济发展降低能源要素错配程度的作用明显,而西部地区数字经济发展水平较低,其作用力度不如中部地区。

4.2 门槛效应分析

以自抽样(*bootstrap*)的方法进行门槛效应检验,结果见表4, *spr* 和 *FDI* 均存在单一门槛,门槛值分别为0.692和0.035,且在5%的水平上显著,置信区间狭窄,表明结果可信度高,即数字经济发展在不同门槛变量的约束下与能源要素错配之间存在非线性关系。

表5为门槛回归结果,模型(6)和(7)分别为 *spr* 和 *FDI* 作门槛变量时的估计情况。当 $spr \leq 0.692$ 时, *index* 的回归系数为3.362,在5%的水平上显著。当 $spr > 0.692$ 时, *index* 的回归系数为-3.527,在1%的水平上显著。表明在城市蔓延程度越高的地区,数字经济对能源要素错配的降低程度越明显,验证了假设H2a。当 $FDI \leq 0.035$ 时, *index* 的回归系数为-3.767,在1%的水平上显著。当 $FDI > 0.035$ 时, *index* 的回归系数为-6.391,在1%的水平上显著。表明在外商投资比例越高的地区,数字经济对能源要素错配的负效应越大,验证了假设H2b。

表2 描述性统计结果

Table 2 Descriptive statistics

变量	名称	符号	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值	单位
被解释变量	能源要素错配程度	τ_e	2556	2.401	2.441	0.002	20.027	—
核心解释变量	数字经济发展指数	<i>index</i>	2556	0.125	0.064	0.016	0.681	—
门槛变量	城市蔓延	<i>spr</i>	2556	1.592	0.647	0.232	5.422	—
	外商投资	<i>FDI</i>	2556	0.017	0.018	0.000	0.198	—
控制变量	城镇化水平	<i>urb</i>	2556	0.978	0.059	0.442	1.000	—
	环境规制力度	<i>env</i>	2556	0.770	0.165	0.193	1.000	—
	高等教育水平	<i>edu</i>	2556	1.869	2.444	0.000	13.112	—
	财政分权	<i>gov</i>	2556	2.854	1.784	0.649	14.522	—
	产业结构高级化	<i>ind</i>	2556	0.410	0.100	0.102	0.835	—
	金融发展水平	<i>fis</i>	2556	2.424	1.374	0.161	35.374	—
	经济发展水平	<i>pgdp</i>	2556	1.479	0.985	0.175	11.496	万元

2023年3月

表3 基准回归与分地区回归

Table 3 Benchmark regression and regional regression

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>index</i>	-7.231*** (-14.48)	-4.096*** (-5.49)	-3.409*** (-2.89)	-5.723*** (-3.41)	-4.892*** (-4.20)
控制变量		控制	控制	控制	控制
样本数	2556	2556	900	900	756
R^2	0.085	0.110	0.096	0.125	0.212

注: *、**、***分别代表系数在10%、5%、1%的水平上显著,括号内为*t*值或*z*值。下同。

表4 门槛效应检验

Table 4 Threshold effect test

变量	门槛类型	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	门槛估计值	95% 置信区间
<i>spr</i>	单一门槛	52.691**	0.022	0.692	[0.679, 0.699]
<i>FDI</i>	单一门槛	30.600**	0.037	0.035	[0.035, 0.036]

表5 门槛回归结果

Table 5 Threshold regression results

	(6)		(7)
$spr \leq 0.692$	3.362** (2.56)	$FDI \leq 0.035$	-3.767*** (-5.06)
$spr > 0.692$	-3.527*** (-4.74)	$FDI > 0.035$	-6.391*** (-7.41)
控制变量	控制	控制变量	控制
样本数	2556	样本数	2556
R^2	0.128	R^2	0.121

4.3 稳健性检验

(1)工具变量法。城市坡度为天然形成的地貌,而愈陡峭的地形上施工也会变得愈加困难,这就导致不同城市基础设施建设会受客观原因的影响,进而出现信息与信号传递的方式、速度等方面的差异。由于中国整体处于数字经济发展初期,目前需要大量基础设施建设,因此为解决不同城市坡度的差异可能产生的内生性问题,本文采用二阶差分GMM作为稳健性检验的方法。又因城市坡度为截面数据,为使其能应用于面板数据,参考韩峰等^[44]的研究,以时间和城市平均坡度的交乘项作为工具变量进行检验。结果如表6模型(8)所示。 $AR(1)$ 和 $AR(2)$ 的结果表明模型存在一阶自相关而不存在二阶自相关,即选择的工具变量有效。 $Hansen$ 检验结果处于0.10~0.25之间,说明不存在工具变量过度识别问题。从回归结果来看,数字经济发展指数在5%的显著性水平上为负,表明模型稳健。

表6 基准回归的稳健性检验

Table 6 Robustness test of the benchmark regression

	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>index</i>	-6.273** (-2.12)	-5.263*** (-6.56)	-3.414*** (-4.56)	
<i>index2</i>				-1.723*** (-2.81)
控制变量	控制	控制	控制	控制
样本数	2556	2286	2556	2556
R^2		0.144	0.119	0.101
$AR(1)$	0.001			
$AR(2)$	0.943			
$Hansen$	0.128			

(2)剔除省会城市和直辖市。省会城市和直辖市的经济水平通常高于其他城市,数字经济发展可能会受其影响,剔除之后回归结果见表6模型(9),核心解释变量系数方向与原来保持一致,表明结果稳健。

(3)缩尾处理。对数据进行1%缩尾以排除极端值干扰,回归结果见表6模型(10),核心解释变量系数方向与原来保持一致,表明结果稳健。

(4)替换核心解释变量。利用熵值法计算数字经济发展指数(*index2*)替换原核心解释变量进行回归,基准回归结果见表6模型(11)。经检验*spr*和*FDI*均为单一门槛且*F*值均在5%水平上显著,门槛回归结果见表7,系数方向与原核心解释变量一致,表明结果稳健。

4.4 空间溢出效应分析

基于经济地理嵌套矩阵检验能源要素错配程度和数字经济发展指数的空间相关性,结果见表8。所有指数在1%的水平上显著为正,表明能源要

表7 替换核心解释变量的门槛效应

Table 7 Threshold effect of replacing the core explanatory variable

	(12)		(13)
$spr \leq 0.692$	6.054** (5.67)	$FDI \leq 0.035$	-1.179* (-1.90)
$spr > 0.692$	-0.887 (-1.45)	$FDI > 0.035$	-3.415*** (-4.98)
控制变量	控制	控制变量	控制
样本数	2556	样本数	2556
R^2	0.131	R^2	0.113

表8 2011—2019年能源要素错配程度和数字经济发展指数的Moran's I值及显著性

Table 8 Moran's I values and significance of the energy factor mismatch and the digital economy development index, 2011-2019

年份	τ_E		index	
	Moran's I	Z	Moran's I	Z
2011	0.037***	6.36	0.097***	16.80
2012	0.034***	5.98	0.093***	16.28
2013	0.036***	6.25	0.085***	14.52
2014	0.033***	5.80	0.097***	16.66
2015	0.031***	5.37	0.095***	15.97
2016	0.035***	6.00	0.084***	14.14
2017	0.022***	4.18	0.092***	15.37
2018	0.033***	5.94	0.080***	13.39
2019	0.029***	5.29	0.061***	10.37

素错配程度和数字经济发展指数在空间上均存在显著正相关。

假设检验结果见表9。运用拉格朗日乘数(LM)、稳健拉格朗日乘数(Robust-LM)、Wald检验和Hausman检验进行判断,结果均在1%的水平上显著,表明基于固定效应的空间杜宾模型是最优估

表9 空间面板模型选择检验结果

Table 9 Test results of the spatial panel model selection

检验方法	统计量	检验方法	统计量
LM-Error	135.888***	Wald-lag	35.853***
稳健LM-error	59.305***	LR-lag	40.502***
LM-Lag	92.149***	Wald-error	27.838***
稳健LM-Lag	15.566***	LR-error	40.698***
		Hausman	51.565***

计模型。

经济地理嵌套矩阵下的估计结果如表10所示。为保证结果的可靠性,报告了SDM模型、SAR模型和SEM模型的估计结果,index的系数均在1%的水平上显著为负,即数字经济发展能显著改善当地能源要素错配,在空间权重矩阵的作用下结论同样成立,再次验证了假设H1。进一步将SDM模型的估计结果分解为直接效应与间接效应,index的直接效应在1%的水平上显著为负,间接效应在5%的水平上显著为负,验证了假设H3。

控制变量方面,urb的直接效应在5%的水平上显著为负,间接效应不显著,因为农村人口转入城

表10 经济地理嵌套矩阵的空间计量回归结果

Table 10 Spatial econometric regression results of economic geographical nested matrix

	SDM	Wx	SAR	SEM	直接效应	间接效应
index	-4.755*** (-5.52)	-17.969** (-2.52)	-4.443*** (-5.19)	-4.278*** (-5.02)	-4.798*** (-5.41)	-27.911** (-2.53)
urb	-1.899* (-1.88)	-9.869 (-0.96)	-2.315** (-2.37)	-2.342** (-2.38)	-1.982** (-2.05)	-15.217 (-0.97)
env	-0.646*** (-3.23)	5.114** (2.40)	-0.458** (-2.31)	-0.497** (-2.49)	-0.607*** (-3.16)	7.083** (2.24)
edu	-0.162*** (-3.74)	1.067** (2.44)	-0.155*** (-3.58)	-0.161*** (-3.72)	-0.158*** (-3.75)	1.578** (2.09)
gov	-0.084*** (-2.70)	-0.390 (-1.27)	-0.112*** (-3.92)	-0.112*** (-3.86)	-0.085*** (-2.86)	-0.639 (-1.38)
ind	-1.306** (-1.98)	-3.764 (-0.88)	-1.928*** (-3.19)	-1.940*** (-3.13)	-1.295** (-2.02)	-6.141 (-0.94)
fis	0.081*** (4.03)	-0.493* (-1.94)	0.065*** (3.27)	0.069*** (3.43)	0.079*** (3.79)	-0.714* (-1.83)
pgdp	0.045 (0.68)	-0.315 (-0.95)	0.054 (0.89)	0.042 (0.68)	0.042 (0.65)	-0.459 (-0.91)
rho/lambda	0.300**		0.467***	0.477***		
$\sigma\mu^2-e$	0.663***		0.672***	0.670***		
样本数	2556		2556	2556		
R ²	0.098		0.098	0.105		

2023年3月

镇就业与生活带动了生产力的发展,利用能源创造了更多的经济增长。*env*的直接效应在1%的水平上显著为负,间接效应在5%的水平上显著为正,说明加大环境规制力度会显著降低当地的能源要素错配程度,但会引起高耗能高污染产业的就近转移,提高了邻近地区的能源要素错配程度。*edu*的直接效应在1%的水平上显著为负,间接效应在5%的水平上显著为正,一个地区教育水平越高,越能给当地提供科创人才,利用技术创新降低当地能源要素错配程度,而环保教育也培养了人们的节能意识。此外,由于虹吸效应造成邻近地区人才流失,提高了邻近地区能源要素错配程度。*gov*的直接效应在1%的水平上显著为负,间接效应不显著,地方政府利用财政分权吸引资源节约型和环境友好型企业入驻,限制高耗能高污染企业发展并逐步引导其转型或淘汰,有效提升了能源配置水平。*ind*的直接效应在5%的水平上显著为负,间接效应不显著,这是由于第三产业不仅清洁环保还能创造可观的经济效益,符合中国产业结构转型的方向。*fis*的直接效应在1%的水平上显著为正,间接效应在10%的水平上显著为负,与政府选择行为不同,一方面,个人获得信贷时会用于扩大消费,但当前中国公民环保意识还有待加强,过度消费会引起不必要的能耗增加。另一方面,企业获得信贷时会扩大生产规模,而多数企业绿色创新技术有待提高,因而加深了能源要素错配程度。本地区金融发展水平提高对邻近地区的人员与企业有吸引力,降低了周围地区能源要素错配程度。*pgdp*的直接效应与间接效应均不显著,说明经济发展不是造成能源要素错配的原因。

以反地理矩阵再次进行空间计量回归,经检验同样适用SDM模型,结果如表11所示,*index*的直接效应在1%的水平上显著为负,间接效应在10%的水平上显著为负,显著性略有降低但系数方向未变,总体上验证了结果的稳健性。

5 结论与政策启示

5.1 结论

本文基于2011—2019年284个地级及以上城市的面板数据,首先利用含有能源因子的C-D生产函数计算了城市能源要素错配程度,其次运用熵权-TOPSIS二元法测度了城市数字经济发展指数,接着构建基准回归模型、门槛模型和空间计量模型验证了数字经济发展对能源要素错配的影响,最后通过限制样本、缩尾回归、工具变量法和替换指标的方法验证了结果的稳健性。主要研究结论如下:

(1)全国范围内,数字经济发展指数在1%的显著水平上对能源要素错配程度产生了负向影响,东部地区、中部地区、西部地区的异质性检验与基准回归结果保持高度一致,均在1%的水平上显著。中部地区发展数字经济最能够改善区域能源要素错配,其次是西部地区和东部地区。

(2)门槛效应分析中,城市蔓延和外商投资在数字经济发展对能源要素错配的影响过程中存在单一门槛效应。在城市蔓延和外商投资越高的地区,数字经济发展指数对能源要素错配程度的负效应越大。一方面,发展数字经济有助于抵消城市蔓延带来的负面影响,另一方面,与外商投资的结合能提高数字化技术的使用效率。

(3)数字经济发展指数与能源要素错配程度在空间上均呈正相关。由于空间溢出效应的存在,数

表 11 反地理矩阵的空间计量结果

Table 11 Spatial econometric results of anti-geographical matrix

	SDM	Wx	SAR	SEM	直接效应	间接效应
<i>index</i>	-4.504*** (-5.27)	-18.924* (-1.95)	-4.530*** (-5.30)	-4.406*** (-5.15)	-4.535*** (-5.14)	-27.560* (-1.82)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>rho/lambda</i>	0.259*		0.523***	0.531***		
<i>sigma²-e</i>	0.662***		0.671***	0.671***		
样本数	2556		2556	2556		
<i>R²</i>	0.091		0.097	0.105		

字经济发展指数不仅对本地能源要素错配程度有显著负效应,还降低了邻近地区能源要素错配程度,此外城镇化水平、环境规制力度、高等教育水平、财政分权、产业结构高级化对本地能源要素错配程度有显著负向影响,金融发展水平的提高会使本地能源要素错配程度显著上升。环境规制、高等教育水平对邻近地区能源要素错配程度有显著正向作用,金融发展水平对邻近地区能源要素错配程度有显著负向作用。

5.2 政策启示

综上,可得出如下政策启示:

(1)加强数字基础设施建设,提高数字经济发展基本规模。推进数字基础设施实现地区全覆盖,保障当地居民享有更好的数字生活。一方面利用数字经济消除信息传递障碍,缩短资源传递距离,以缓解城市蔓延造成的能源错配;另一方面不断壮大的网民规模让信息与知识的传递更为快捷、便利,通过数字化技术宣传与节能减排有关的倡议和政策,鼓励人们实行绿色低碳的生活方式。

(2)因地制宜,强化地区间数字创新技术的联动效应。数字经济发展水平高的地区要展现带头作用,为周边地区数字经济发展提供经验借鉴和定向帮扶,充分发挥数字要素在各地区之间的流动性,借助数字经济带来的空间效应加强与周边地区联系,通过信息与技术共享的方式取长补短,促进两地协同降低能源要素错配程度。

(3)推进数字技术与当地企业发展融合,规范外资企业引进标准。充分利用数字经济助力本土企业转型升级,对企业绿色创新技术研发与使用给予财政优惠支持,确保经济发展水平提升的同时利用数字技术加强对产业生产的能耗管理。此外,数字技术与服务业的深度融合可以实现大数据存储与客户数据分析,既提升了整体服务质量,又通过预测供需关系大大降低了能源浪费。而对外资企业要加大资格审查力度,一方面要避免成为外资企业的污染排放地,另一方面要积极学习外资企业的绿色创新技术和管理方案,利用技术外溢效应促进本土企业绿色转型,着力降低生产端能源要素错配。

参考文献(References):

- [1] 岳立,严珺文.新常态下中国能源供给侧改革:国际借鉴与路径探究[J].当代经济管理,2017,39(10):94-97. [Yue L, Yan J W. Reform of China's energy supply side under the new normal: International reference and path exploration[J]. Contemporary Economic Management, 2017, 39(10): 94-97.]
- [2] 朱学红,李双美,曾安琪.清洁能源转型下关键金属产业链碳排放研究综述与展望[J].资源科学,2023,45(1):1-17. [Zhu X H, Li S M, Zeng A Q. A review and prospect of research on carbon emissions from the critical metal industry chain under clean energy transition[J]. Resources Science, 2023, 45(1): 1-17.]
- [3] 严良,熊伟伟,王小林,等.供需错配下能源替代路径优化[J].资源科学,2019,41(9):1655-1664. [Yan L, Xiong W W, Wang X L, et al. Energy substitution path optimization under supply and demand mismatch[J]. Resources Science, 2019, 41(9): 1655-1664.]
- [4] 王昀,孙晓华,刘桐,等.资源型城市的要素错配问题更严重吗?[J].统计研究,2023,40(2):58-72. [Wang Y, Sun X H, Liu T, et al. Is the problem of factor misallocation in resource-based cities more serious?[J]. Statistical Research, 2023, 40(2): 58-72.]
- [5] 郭珊,韩梦瑶,杨玉浦.中国省际隐含能源流动及能效冗余解析[J].资源科学,2021,43(4):733-744. [Guo S, Han M Y, Yang Y P. Multiregional embodied energy flows and energy efficiency redundancy in China[J]. Resources Science, 2021, 43(4): 733-744.]
- [6] 李虹,王帅.需求侧视角下中国隐含能源消费量及强度的影响因素[J].资源科学,2021,43(9):1728-1742. [Li H, Wang S. Research on influencing factors of China's energy consumption and intensity: Based on the demand-side perspective[J]. Resources Science, 2021, 43(9): 1728-1742.]
- [7] 李治国,王杰.数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升[J].经济学家,2021,(10):41-50. [Li Z G, W J. Digital economy development, allocation of data elements and productivity growth in manufacturing industry[J]. Economist, 2021, (10): 41-50.]
- [8] 胡善成,张彦彦,张云矿.数字普惠金融、资本错配与地区间收入差距[J].财经科学,2022,(5):1-14. [Hu S C, Zhang Y Y, Zhang Y K. Digital financial inclusion, capital misallocation and regional income disparity[J]. Finance & Economics, 2022, (5): 1-14.]
- [9] 孙焱林,李格,汪小愉.数字金融对劳动力错配的影响及其异质性分析:基于中国地级市面板数据[J].科学学研究,2022,40(1):47-56. [Sun Y L, Li G, Wang X Y. The impact of digital finance on labor misallocation and its heterogeneity: Based on panel data of prefecture level cities in China[J]. Studies in Science of Science, 2022, 40(1): 47-56.]

2023年3月

- [10] 周慧,孙革,周加来.数字经济能够缩小城乡多维差距吗?资源错配视角[J].现代财经(天津财经大学学报),2022,42(1):50-65. [Zhou H, Sun G, Zhou J L. Can digital economy narrow multi-dimensional gap between urban and rural areas from the perspective of resource mismatch?[J]. Modern Finance and Economics—Journal of Tianjin University of Finance and Economics, 2022, 42(1): 50-65.]
- [11] 王宏鸣,陈永昌,杨晨.数字化能否改善创新要素错配?基于创新要素区际流动视角[J].证券市场导报,2022,(1):42-51. [Wang H M, Chen Y C, Yang C. Can digitization improve innovation resource misallocation? A perspective of interregional flow of innovation resources[J]. Securities Market Herald, 2022, (1): 42-51.]
- [12] 王道平,刘琳琳.数字金融、金融错配与企业全要素生产率:基于融资约束视角的分析[J].金融论坛,2021,26(8):28-38. [Wang D P, Liu L L. Digital finance, financial mismatch and enterprise total factor productivity: Analysis based on perspective of financing constraints[J]. Finance Forum, 2021, 26(8): 28-38.]
- [13] 徐章星,张兵,刘丹.数字金融发展、企业信贷错配与劳动就业:一个有调节的中介效应[J].财经论丛,2020,(12):40-49. [Xu Z X, Zhang B, Liu D. Digital finance development, corporate credit mismatch, and employment: A moderating mediation[J]. Collected Essays on Finance and Economics, 2020, (12): 40-49.]
- [14] 王蕾,朱彤.数字经济是否增加能源消费?基于ICT应用研究的分析[J].城市与环境研究,2021,(3):93-108. [Wang L, Zhu T. Does the digital economy increase energy consumption? Based on the analysis of ICT application research literature[J]. Urban and Environmental Studies, 2021, (3): 93-108.]
- [15] 罗良忠,林嘉豪,谭云清.数字经济对能源消费的影响研究:基于区域一体化中介效应和遮掩效应的检验[J].学习与实践,2022,(6):44-53. [Luo L Z, Lin J H, Tan Y Q. Research on the influence of digital economy on energy consumption[J]. Study and Practice, 2022, (6): 44-53.]
- [16] Ren S Y, Hao Y, Xu L, et al. Digitalization and energy: How does internet development affect China's energy consumption?[J]. Energy Economics, 2021, DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105220.
- [17] 樊轶侠,徐昊.中国数字经济发展能带来经济绿色化吗?来自我国省际面板数据的经验证据[J].经济问题探索,2021,(9):15-29. [Fan Y X, Xu H. Can the development of China's digital economy achieve economic greening? Empirical evidence from China's inter-provincial panel data[J]. Inquiry into Economic Issues, 2021, (9): 15-29.]
- [18] 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 the mediating effect based on market trade[J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2022, 43(3): 120-127.]
- [19] Cao S P, Nie L, Sun H P, et al. Digital finance, green technological innovation and energy-environmental performance: Evidence from China's regional economies[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129458.
- [20] 张云辉,李少芳.数字金融发展能提升能源效率吗?[J].财经论丛,2022,(3):47-55. [Zhang Y H, Li S F. Can the development of digital finance improve energy efficiency?[J]. Collected Essays on Finance and Economics, 2022, (3): 47-55.]
- [21] 汪东芳,曹建华.互联网发展对中国全要素能源效率的影响及网络效应研究[J].中国人口·资源与环境,2019,29(1):86-95. [Wang D F, Cao J H. The impact of internet development on China's total factor energy efficiency and its network effects[J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(1): 86-95.]
- [22] Zhang S S, Ma X Y, Cui Q. Assessing the impact of the digital economy on green total factor energy efficiency in the post-COVID-19 era[J]. Frontiers in Energy Research, 2021, DOI: 10.3389/fenrg.2021.798922.
- [23] 刘宗明,吴正倩.中间产品市场扭曲会阻碍能源产业全要素生产率提升吗?基于微观企业数据的理论与实证[J].中国工业经济,2019,(8):42-60. [Liu Z M, Wu Z Q. Will intermediate product market distortion hinder the improvement of total factor productivity in energy industry? A theoretical and empirical research based on micro-enterprise data[J]. China Industrial Economics, 2019, (8): 42-60.]
- [24] 张江洋,袁晓玲.能源扭曲对全要素生产率的影响及对策研究[J].经济问题探索,2015,(11):63-71. [Zhang J Y, Yuan X L. Study on the influence of energy distortion on total factor productivity and its countermeasures[J]. Inquiry into Economic Issues, 2015, (11): 63-71.]
- [25] 张亚斌,陈强,元如芊.供给侧改革下我国要素错配与碳排放效率研究[J].学术研究,2017,(5):79-85. [Zhang Y B, Chen Q, Yuan R Q. Research on factor mismatch and carbon emission efficiency under supply-side reform in China[J]. Academic Research, 2017, (5): 79-85.]
- [26] 刘小玲,唐卓伟,孙晓华,等.要素错配:解开资源型城市转型困境之谜[J].中国人口·资源与环境,2022,32(10):88-102. [Liu X L, Tang Z W, Sun X H, et al. Factors mismatch: Solving the mystery of transformation dilemma faced by resource-based cities[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(10): 88-102.]
- [27] 赵文琦,胡健,赵守国.中国能源产业的要素配置效率与产业升级化[J].数量经济技术经济研究,2020,37(12):146-162. [Zhao W Q, Hu J, Zhao S G. Factor allocation efficiency of energy industry and industry upgrading in China[J]. Journal of Quantitative &

- Technological Economics, 2020, 37(12): 146–162.]
- [28] 孟凡琳, 王文平. “一带一路”倡议对中国制造业资源错配的影响[J]. 管理科学, 2022, 35(1): 51–69. [Meng F L, Wang W P. The impact of the “Belt and Road” on resource misallocation of China’s manufacturing[J]. Journal of Management, 2022, 35(1): 51–69.]
- [29] Benghozi P J, Salvador E. How and where the R&D takes place in creative industries? Digital investment strategies of the book publishing sector[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2016, 28(5): 568–582.
- [30] Kinelski G. The main factors of successful project management in the aspect of energy enterprises’ efficiency in the digital economy environment[J]. Polityka Energetyczna, 2020, 23(3): 5–20.
- [31] Savchenko A B, Borodina T L. Green and digital economy for sustainable development of urban areas[J]. Regional Research of Russia, 2020, 10(4): 583–592.
- [32] Haini H. Internet penetration, human capital and economic growth in the ASEAN economies: Evidence from a translog production function[J]. Applied Economics Letters, 2019, 26(21): 1774–1778.
- [33] 方时姣, 张柯. 长江经济带城市蔓延对能源碳排放的影响研究: 来自夜间灯光的经验证据[J]. 学习与实践, 2022, (10): 30–39. [Fang S J, Zhang K. Study on the impact of urban sprawl on energy carbon emissions in the Yangtze River economic belt: Empirical evidence from night light[J]. Study and Practice, 2022, (10): 30–39.]
- [34] 丁绪辉, 常婷. 国内大循环下公众监督对污染产业区际转移的抑制效应[J]. 资源科学, 2022, 44(6): 1212–1223. [Ding X H, Chang T. The restraining effect of public supervision on the inter-regional transfer of polluting industries under the domestic circulation[J]. Resources Science, 2022, 44(6): 1212–1223.]
- [35] 汪莉, 于佳鑫, 邵雨卉. 外商直接投资与区域绿色全要素效率[J]. 财贸研究, 2019, 30(10): 17–30. [Wang L, Yu J X, Shao Y H. Foreign direct investment and regional green total factor efficiency [J]. Finance and Trade Research, 2019, 30(10): 17–30.]
- [36] 杨慧梅, 江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率[J]. 统计研究, 2021, 38(4): 3–15. [Yang H M, Jiang L. Digital economy, spatial effects and total factor productivity[J]. Statistical Research, 2021, 38(4): 3–15.]
- [37] 马莉莉, 余紫菱, 任孟成. “数字–能源”耦合协调及其对能源效率的影响研究[J]. 人文杂志, 2022, (11): 130–140. [Ma L L, Yu Z L, Ren M C. Research on digital–energy coupling coordination and its impact on energy efficiency[J]. The Journal of Humanities, 2022, (11): 130–140.]
- [38] 陈永伟, 胡伟民. 价格扭曲、要素错配和效率损失: 理论和应用[J]. 经济学(季刊), 2011, 10(4): 1401–1422. [Chen Y W, Hu W M. Distortions, misallocation and losses: Theory and application[J]. China Economic Quarterly, 2011, 10(4): 1401–1422.]
- [39] 白俊红, 刘宇英. 对外直接投资能否改善中国的资源错配?[J]. 中国工业经济, 2018, (1): 60–78. [Bai J H, Liu Y Y. Can outward foreign direct investment improve the resource misallocation of China?[J]. China Industrial Economics, 2018, (1): 60–78.]
- [40] 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.]
- [41] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65–76. [Zhao T, Zhang Z, Liang S K. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: Empirical evidence from urban China[J]. Journal of Management World, 2020, 36(10): 65–76.]
- [42] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401–1418. [Guo F, Wang J Y, Wang F, et al. Measuring China’s digital financial inclusion: Index compilation and spatial characteristics[J]. China Economic Quarterly, 2020, 19(4): 1401–1418.]
- [43] 王家庭, 臧家新, 赵一帆, 等. 城市私人交通和公共交通对城市蔓延的不同影响: 基于我国65个大中城市面板数据的实证检验[J]. 经济地理, 2018, 38(2): 74–81. [Wang J T, Zang J X, Zhao Y F, et al. Different effects of urban private transport and public transit on urban sprawl: An empirical test based on the panel data of 65 large and medium-sized cities in China[J]. Economic Geography, 2018, 38(2): 74–81.]
- [44] 韩峰, 庄宗武, 李启航. 土地市场扭曲如何影响制造业出口产品质量升级? 基于土地市场交易数据和制造业企业数据的实证分析[J]. 经济理论与经济管理, 2021, 41(3): 68–83. [Han F, Zhuang Z W, Li Q H. How does the land market distortion affect manufacturing export products quality upgrading? An empirical analysis based on land market transaction data and manufacturing micro-enterprise data[J]. Economic Theory and Business Management, 2021, 41(3): 68–83.]

Impact of digital economy development on energy mismatch: Empirical data from prefecture-level and above cities in China

LUO Xiaoxiao^{1,2}, LIU Yong^{1,2}, LIAO Bin³, WANG Jianlong^{1,2}

(1. School of Economics, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Research Center of Political Economy with Chinese Characteristics, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 3. School of Economics and Trade, Hunan University, Changsha 410079, China)

Abstract: [Objective] In the context of increasingly serious resources and environmental problems, improving the energy mismatch has an important role in promoting the supply-side reforms in China and achieving the carbon peaking and carbon neutrality goals. [Methods] Based on the panel data of 284 prefecture-level and above cities in China from 2011 to 2019, the extension C-D function of the energy factors was used to calculate the degree of energy mismatch, and the digital economy development index was calculated using the entropy weight-TOPSIS dual method. This study also analyzed the linear and nonlinear correlations between the digital economic development and energy mismatch using the benchmark model, the threshold model, and the spatial econometric model. [Results] The results show that: (1) At the national level, the digital economy development index has a significant negative effect on the degree of local energy mismatch, and the results of heterogeneity tests by region are highly consistent with the benchmark regression results. Among them, the digital economy development in the central region of China can best improve the local energy mismatch, followed by the western region and the eastern region. (2) Under the condition of threshold constraints, urban spreads and foreign investment presented a significant single threshold feature, that is, in areas with higher urban spread and higher foreign investment, the more the digital economy development can improve the local energy mismatch. (3) In terms of spatial effects, the degree of energy mismatch is significantly positively correlated in space, and so is the digital economic development index. Due to the existence of spatial spillover effects, the digital economy development not only improved the local energy mismatch but also played an inhibitory role on the increase of the degree of energy mismatch factors in the surrounding areas. [Conclusion] When developing the digital economy in the future, we should not only adapt to local conditions, but also consider spatial correlations. Relevant recommendations were put forward in terms of strengthening infrastructure, improving regional linkages, and promoting the digital transformation of enterprises.

Key words: digital economy; energy mismatch; threshold effect; spatial spillover effect; carbon peaking and carbon neutrality goal; China