

数字普惠金融发展对中国城市能源转型的影响研究

杨 偲

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年8月13日; 录用日期: 2024年9月9日; 发布日期: 2024年11月25日

摘要

城市能源转型是实现中国低碳可持续发展的必由之路, 也是实现“双碳”目标的最佳选择。通过2011~2021年中国273个地级市数据, 结合实证研究方法探讨了数字普惠金融对城市能源转型的促进作用。研究发现, 数字普惠金融对能源转型加速具有积极作用, 在替换回归模型与解释变量后结果依然稳健。进一步地, 在没有额外政策刺激下, 数字普惠金融发展对西部地区城市能源转型加速作用相对领先于中、东部地区。因此, 应当持续推进数字普惠金融配套政策制定, 完善数字普惠金融配套体系, 实行差异化数字普惠金融服务支持政策, 对城市能源转型进程的加速具有重要意义。

关键词

数字普惠金融, GML指数, 城市能源转型

Research on the Impact of the Development of Digital Inclusive Finance on China's Urban Energy Transition

Cai Yang

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 13th, 2024; accepted: Sep. 9th, 2024; published: Nov. 25th, 2024

Abstract

Urban energy transformation is the only way to achieve China's low-carbon sustainable development, and it is also the best choice to achieve the goal of "double carbon". Based on the data of 273 prefecture-level cities in China from 2011 to 2021, this paper combined with empirical research methods to

explore the role of digital financial inclusion in promoting urban energy transition. The study found that digital financial inclusion has a positive effect on the acceleration of energy transition, and the results remain robust after replacing regression models and explanatory variables. Further, in the absence of additional policy incentives, the role of digital inclusive financial development in accelerating urban energy transformation in the western region is relatively ahead of that in the central and eastern regions. Therefore, we should continue to promote the formulation of supporting policies for digital inclusive finance, improve the supporting system for digital inclusive finance, and implement differentiated support policies for digital inclusive financial services, which is of great significance to the acceleration of the urban energy transformation process.

Keywords

Digital Financial Inclusion, GML Index, Urban Energy Transformation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

气候变化通过对全球社会、经济和生态系统的全方位影响，对人类提出了重大挑战。全球变暖的加速增加了极端天气事件的发生频率，对环境、经济和社会福祉产生了深远的影响。各国都在积极推行各种减缓全球变暖的战略，碳中和成为各国的共同目标。能源转型是实现碳中和的关键，它促进了环境可持续性，也刺激了经济增长。各国都在积极寻求可持续发展战略，加快能源转型，实现低碳经济转型。作为世界第二大经济体和重要的能源消费国，中国认识到向低碳能源转型和追求可持续发展的重要性。在 2020 年联合国大会上，中国做出了到 2030 年实现“碳达峰”和 2060 年实现“碳中和”的重大承诺。为了实现这些目标，中国推出了一系列促进能源绿色化的举措。面向碳达峰碳中和目标的转型发展，正在成为一场关乎经济社会高质量发展和持续繁荣的系统性变革。绿色低碳发展是推进人与自然和谐共生的重要命题，是实现经济社会发展与环境质量兼顾的唯一途径[1]。相较于突发的、紧迫的新冠肺炎疫情危机，气候变化的影响是更长期、更深层次的挑战，应对气候变化是我国可持续发展的内在需求，也是人类共同的事业[2]。中国的碳中和进程的内涵需要有两个维度的深刻认知。在国内层面，需要理解经济发展水平与能源消费之间的关系；在国际层面，需要理解中国和发达国家经济发展水平差异和所处发展阶段差异对碳中和进程的不同影响。中国作为一个发展中国家，实现碳中和目标的同时需要保持经济高质量发展。碳中和的实现，离不开城市能源转型发展，城市能源转型是实现碳中和的“主力军”，城市能源转型与碳中和的实现内涵相通，外延相连，低碳可持续发展是实现中国式现代化与中国高质量发展的必由之路。城市能源转型发展有利于更好实现“双碳”目标，加快用能结构转变，促进地区经济发展，培养新发展动能，能够更好实现联合国可持续发展目标(SDGs)，因此，中国未来经济增长与社会发展离不开城市能源转型进一步提升。要将绿色低碳转型作为疫后经济复苏的重大引擎，通过发展范式系统性变革开启中国下一个 40 年发展奇迹[3]。

2. 文献综述

2.1. 能源转型的测度与研究

能源转型测度在现有学界内并未达成共识。第一类文献主要从能源转型的内涵出发测度城市能源转型。能源转型的内涵就是用能结构的变化，因此有研究人员采用煤炭消费量与总能源消费量的比例[4]与

可再生能源创新水平[5][6]来衡量能源转型。第二类文献主要从探究能源转型驱动因素角度衡量城市能源转型程度。影响能源转型因素主要有经济、制度、环境、产业结构等因素。例如,环境因素方面,相关研究考虑城市碳排放量与低碳全要素生产率对城市能源转型衡量[7],经济与产业结构因素方面,相关研究基于 KAYA 指数建立了城市能源转型驱动因素联系[8],以更好测度城市能源转型。除此之外,有研究人员,从能源系统转型绩效和转型准备度两个维度考察城市能源转型指数(energy transition indices, ETIs),开发了一个全面的国家能源转型测度[9]。

2.2. 数字化与能源转型梳理

数字化涉及信息向数值形式的转换。随着数字技术的进步和环境挑战的不断升级,学者们越来越专注于研究数字经济的发展与碳排放之间的关系,以通过数字化来促进能源转型。

数字经济通过技术创新来促进经济发展、科技进步和社会生产力的提高。因此,研究人员越来越多地将数字经济纳入其能源和环境框架,认为它可以在改善环境质量[10]的同时加快向可再生能源的转变。实现这一目标的一种机制是改进的治理,它有效地促进了向可再生能源[11]的过渡[12]。使用另一种视角探讨了数字经济如何通过促进投入再配置和增强信息流动来提高能源转型效率。数字经济借助数字化手段对城市能源转型有积极作用,但少有研究视角关注数字普惠金融的发展更侧重从金融领域加速资源配置和要素流动角度探讨对城市能源转型的积极影响。金融服务发展对能源转型也有一定的促进作用,中国加快能源转型,催生大量的投融资需求,绿色金融成为支持能源转型的利器与重要抓手[13]。

2.3. 文献述评

中国城市能源转型测度尚未达成一致共识,传统单一能源结构和能源影响因素对城市能源转型的测度会使得城市能源转型测度较为片面,本文在借鉴相关研究的基础上,使用转型效率用于衡量城市能源转型。另外,现有研究集中于绿色金融服务于数字经济产业发展对能源转型影响,忽略了数字经济与数字化时代发展背景下,金融服务发展对中国城市能源转型的积极作用。

本文的边际贡献主要有以下几点:第一,虽然现有文献广泛涉及能源转型,但大多数研究集中在国家和企业背景下。关于城市内部能源转型影响因素的研究仍然有限。第二,现有测度多从能源转型影响因素角度测度能源转型,本文引入 GML 指数计算低碳全要素生产率,测度中国城市能源转型效率。

3. 理论分析

能源转型与资本配置效率的提高和新技术的有力支撑密切相关。因此,本研究制定适当的研究假设,以考察数字金融与城市能源转型之间的关联,重点关注三个关键方面。

数字金融促进了能源行业的技术创新,从而在一定程度上推进了能源转型进程。利用数字金融便利的数字系统,可以潜在降低生产成本,提升人力资本质量。一方面,采用云计算和大数据等数字技术可以影响决策者的决策,并促进向更清洁的能源系统的可持续过渡,从而促进绿色能源的快速发展。数字信息技术在能源领域的运用可以提升基础设施的发展。这促进了环保产业的生长。同时,数字技术进步降低成本,最终提高能源利用效率[14][15]。另一方面,数字金融缓解了低碳经济建设和能源转型城市面临的资金短缺和融资约束问题。与传统金融相比,数字金融通过实现金融信息的实时传递和共享,简化了投资流程,降低了交易成本,优化了市场机制,提高了金融服务效率[16]。

数字普惠金融的数字化方便也能促进能源转型效率的提升。普惠金融的数字化通过提高信息处理和匹配能力,提升了金融资源转换和资金供给的效率[17]。这为城市低碳能源项目提供了更多的融资机会。数字金融通过精确的贷款人-借款人匹配,有效地降低了融资约束,降低了获得金融服务的障碍,并最

大限度地降低了信贷成本,从而促进了地区的能源转型[18]。金融资源配置不足会阻碍城市工业基础设施的发展,阻碍城市向低碳能源转型。数字金融在释放金融市场活力、优化资源配置、引导资金投向绿色产业和数字产业以及促进产业基础设施升级等方面表现出更大的潜力。此外,资源优化配置和环保产业的发展在缓解产能过剩和环境污染等问题的同时,也解决了过时产业带来的污染物和碳排放过多的问题。

4. 数据来源与变量说明

4.1. 模型设定

数字普惠金融是通过数字化手段实现的普惠金融形式,通过数字化服务手段促进资本流动与要素流动,激励地区技术创新。因此,为验证数字普惠金融发展是否有效促进地区能源转型,本章构建了以下实证模型:

$$ETE_{it} = f(DFI_{it}, Rgdp_{it}, GC_{it}, FS_{it}, Tech_{it}) \quad (1)$$

其中下标 i 和 t 分别表示截面单位(即样本中的省份)和时间单位(即样本中的年份)。ETE 代表城市能源转型效率,DFI 代表普惠金融。Rgdp、GC、FS、Tech 分别是人均受教育程度、能源效率、经济增长、家庭规模和能源相对价格。

进一步引入固定效应后,模型可整理为:

$$ETE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DFI_{it} + \sum \alpha_k Ctrl_{it} + \eta_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (k = 2, 3, 4, 5) \quad (2)$$

其中, α_0 表示常数项, ε_{it} 表示误差项。 η_i 和 ν_t 分别表示省份效应和时间效应。 α_k 表示估计参数。Ctrl 由 Rgdp、GC、FS 和 Tech 组成。

4.2. 数据来源

本文数据来源参考《中国城市统计年鉴》《中国电力统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、中经网以及各省与直辖市统计局。数字普惠金融数据来自于北京大学数字金融研究所开发的“中国数字普惠金融指数”,该指数起始年份为2011年,因此所选取样本为2011~2021年中国272个地级市数据,共计2992个样本。

4.3. 变量选取

1. 被解释变量

能源转型是本研究的因变量。现有研究表明了能源效率在减少碳排放方面的有益作用,并强调了在城市地区[19]的经济和环境维度内提高能源转型效率的关键作用。在中国正在进行的能源转型工作中,首要任务是通过提高能源利用效率[20]来有效减少能源生产中的碳排放。因此,我们从效率转型的角度来衡量城市能源转型的进展。

近年来,学者们创新性地引入绿色全要素生产率(TFP)的概念,将其作为评估城市绿色发展和低碳经济增长的新指标。绿色TFP综合考虑了能源消费和环境污染,将它们分别视为投入和非期望产出。与此相比,碳全要素生产率[21]则更具体地将碳排放作为非期望产出,为评估能源转型过程和低碳经济效率提供了更为精确的工具。因此,本文采用碳全要素生产率作为衡量能源转型效率的评价指标。

为了解决投入和产出单元差异导致的主观判断和测量偏差,本研究引入了Malmquist-Luenberger生产率指数(ML指数),该指数不依赖于价格或生产行为的假设,有效处理了不同单元在数据处理中的挑战。此外,本研究通过引入非径向、非矩形的方向性距离函数,对ML指数进行了扩展,并结合Global

Malmquist-Luenberger (GML)指数, 计算了碳生产率的 TFP, 以进一步加强现有框架的评估能力。其公式如下:

$$GML^{t,t+1} = (x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}) = \frac{1 + D^G(x^t, y^t, z^t)}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \quad (3)$$

其中, x 表示资本、劳动和能源投入; y 表示以国内生产总值(GDP)衡量的期望产出; z 表示非期望输出。GML 指数量化了 t 和 $t+1$ 两个特定时期的碳 TFP 增长率, 同时考虑了期望和非期望产出的变化, 并提供了能源效率生产率增长的综合衡量。为了计算后续年份的碳 TFP, 将基期的 TFP 值正规化为 1, 并与年度 GML 指数相乘。表 1 提供了本研究中使用的输入和输出变量的详细概述。

投入指标: 我们采用永续盘存法, 估算资本投入。(2)和(3)式中, K_{it} 表示城市 i 在 t 年的初始资本存量, I_{it} 表示固定资产投资。投资额必须使用固定资产价格指数进行调整, 以考虑价格波动的影响。折旧率(σ_{it})设定为 0.096%:

$$K_{it} = I_{it} + (1 - \sigma_{it})K_{it-1} \quad (4)$$

$$K_i = \frac{I_i}{(g + \sigma)} \quad (5)$$

在本研究中, 劳动投入是通过地级市单位就业人数来量化的, 这为我们提供了一个衡量劳动力规模和经济活动水平的直接指标。能源投入的量化则更为复杂, 涉及将不同类型能源的年消耗量, 包括煤炭、液化石油气、天然气和电力等, 通过适当的转换系数统一转换为等量的煤炭消耗量。这一转换过程确保了不同能源类型之间的可比性, 为能源转型效率的评估提供了一致的基础。

产出指标由预期产出和非预期产出两部分组成。预期产出以各城市的 GDP 为量化指标, 并通过应用以 2011 年为基期的年度 GDP 平减指数进行调整, 从而得到实际 GDP 值。这种方法考虑了通货膨胀对 GDP 值的影响, 提供了一个更为准确的经济产出度量。而非预期产出则关注各城市的二氧化碳排放总量, 这反映了经济增长过程中的环境成本, 是衡量绿色发展和低碳经济的关键指标。

Table 1. Composition of low-carbon total factor productivity

表 1. 低碳全要素生产率构成

	变量名	指标	单位
投入	能源	年均煤耗	百万吨标准煤
	劳动力	就业人数	人
	资本	全社会固定资产投资	万
期望产出	经济增长	地区 GDP	万
非期望产出	环境	二氧化碳排放量	吨

2. 核心解释变量

本研究将地级市的数字金融发展水平作为关键自变量, 并通过采用北京大学数字金融研究所开发的“中国数字普惠金融指数”来量化。这一指数是一个综合指标体系, 由 3 个一级指标、12 个二级指标和 33 个具体指标构成, 全面覆盖了金融服务的多个维度。

选择这一指标体系作为研究工具基于几个重要原因。首先, 中国数字普惠金融指数综合评价了金融服务的覆盖范围、使用程度和数字化水平, 确保了金融发展的纵向和横向可比性。这种综合性评价方法

相较于现有替代性指标，提供了更为权威和全面的测度结果[22]。其次，该指数的数据基础来源于蚂蚁集团的交易数据，这不仅增强了指数的相关性，而且因其广泛的覆盖范围和较小的误差，提高了指数的可靠性。这些特点使得“中国数字普惠金融指数”成为衡量数字金融发展水平的理想工具，为我们的研究提供了坚实的数据支持。

3. 控制变量

本研究在现有文献的基础上，纳入了其他可能影响城市能源转型的因素。该分析控制了各种特征，如财政自给自足、金融稳定、技术和创新发展。

财政自给：在探讨城市能源转型的过程中，财政自给能力扮演着至关重要的角色。研究表明，地方财政压力可能因政策扭曲而对制造业企业的能源效率产生负面影响[23]。然而，当地方政府具备较高的财政自给能力时，它们能够通过实施财政激励措施来促进能源利用效率的提升。因此，城市的财政自给能力被认为是影响其能源转型效率的关键因素。在本研究中，我们采用财政收支比作为衡量地级市财政自给能力的指标，以期更准确地评估其对能源转型效率的影响。

金融稳定：金融稳定在能源经济学研究中被广泛认为对环境质量具有显著影响[24]。金融稳定性的提高不仅促进了可再生能源的发展，而且通过降低融资审批和监管成本，缓解了能源部门的融资约束。鉴于此，本研究将金融稳定纳入控制变量，并采用金融机构存贷比作为其度量标准，以评估金融稳定对城市能源转型效率的潜在影响。

科技发展：科技发展是推动城市能源转型的核心驱动力。技术进步不仅促进了能源技术的创新，还有助于减少二氧化碳排放量[25]。此外，科技进步显著提升了能源系统的性能，优化了能源基础设施，从而推动了低碳能源的发展[26][27]。鉴于科技经费支出对科技发展的直接影响，本研究使用科技经费支出与财政支出的比值来量化科技发展的影响，以更全面地评估其在城市能源转型中的作用。表 2 为变量描述性统计情况。

Table 2. Descriptive statistics of variables

表 2. 变量描述性统计

变量名	样本数	单位	mean	std	min	max
<i>ETE</i>	330	-	1.0301	0.2766	0.5098	1.9760
<i>DFI</i>	330	-	231.4728	103.3134	18.33	458.9704
<i>Rgdp</i>	330	亿元	1900.03	2293.52	826.18	27670.0
<i>GC</i>	330	-	2.9390	1.8566	0.6488	17.5075
<i>FS</i>	330	-	1.5521	0.5632	0.1611	16.7329
<i>Tech</i>	330	-	0.0169	0.0174	0.0005	0.2068

本研究聚焦于中国的地级市，选择这一特定行政单位作为研究样本基于多重考量。首先，中国能源发展的区域不平衡和空间格局失衡问题日益凸显，导致了能源供需在不同地区之间的显著差异。例如，东部沿海城市作为能源消费的主要集中地，而西部地区则拥有丰富的能源产能。这种区域差异性赋予了城市能源转型过程独特的复杂性和区域性特征。

其次，中国城市在可再生清洁能源装备制造制造业的快速发展，为能源转型进程提供了加速器。随着国家对高质量发展的追求，构建一个高效、可持续的能源体系显得尤为迫切。因此，提升国家能源系统的效率不仅是必要的，也是实现高质量发展的关键。

在对能源转型效率(Energy Transition Efficiency, ETE)的初步分析中，我们发现其变化范围为 1.0301

至 1.9760，标准差为 0.2766。这一数据揭示了不同时期和不同地区在能源转型水平上的显著差异，从而突显了研究能源转型影响因素的重要性。同时，科技发展和财政能力的标准差分别为 0.0174 和 1.8566，进一步强调了不同地区在财政自给能力和科技发展重视程度上的巨大差异。

5. 实证分析：数字普惠金融与中国城市能源转型的因果识别

5.1. 基准回归

在进行基准回归以前，加入控制变量进行了相关性检验和 VIF 检验，鉴于篇幅原因，可询问作者获取。

在实证过程中，用混合 OLS 回归方法来识别数字普惠金融与能源转型的关系，基准回归结果见表 3 前四列，分别展示出了混合 OLS 和控制地区与时间下的回归结果。结果表明，数字普惠金融能够显著促进能源转型进程加快。原因可能在于，数字普惠金融发展，为各金融机构参与合理配置金融资源提供了平台，为弱势群体提供全方位金融[28]的有效保障。一方面，数字普惠金融发展进一步优化了资源配置能力，通过金融服务加速资本更加青睐低碳可持续发展行业。数字普惠金融加速优化更多资源向绿色低碳产业流动，加速了城市能源转型进程。另一方面，数字普惠金融为地区能源效率提升与绿色技术应用和创新提供了保障。数字普惠金融发展更多有效促进了地区能源效率提升，能源强度的降低，为地区使用更清洁低碳高效能源创造了可能，同时数字普惠金融加速了绿色技术的创新与应用，为地区技术革新创造了有利条件，为地区能源转型提供了有效保障。

Table 3. Results of baseline regression and fixed effect regression

表 3. 基准回归与固定效应回归结果

变量	OLS		FE		ETI	
	不控制	控制	不控制	控制	不控制	控制
<i>DFI</i>	0.030*** (0.007)	0.037*** (0.007)	-0.051** (0.058)	0.378* (0.201)	0.077*** (0.003)	0.083*** (0.019)
<i>Rgdp</i>		0.000*** (0.000)		0.000*** (0.000)		0.000 (0.000)
<i>GC</i>		0.216 (0.292)		0.418 (0.597)		-0.862*** (0.184)
<i>FS</i>		0.704 (0.925)		0.838* (0.496)		-0.297* (0.181)
<i>Tech</i>		-11.738*** (32.000)		-88.292** (0.030)		50.918*** (12.440)
<i>_Cons</i>	0.865*** (0.012)	88.096*** (2.378)	97.367*** (3.022)	-22.368 (16.832)	33.607*** (0.597)	39.125*** (3.956)
<i>R²</i>	0.0059	0.0890	0.0643	0.1257	0.1774	0.3341

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上的统计显著性；括号内数值表示稳健标准误。

5.2. 稳健性检验

考虑到可能存在城市与时间上的不可观测值，混合 OLS 回归并不能完全考虑到时间与空间上的不可观测值影响，在严格外生性的假设下，固定效应模型可以有效消除时间变量的差分潜在影响[29]，因此采用固定效应模型进行回归，试图解决部分内生性问题。表中后两列展示了固定效应模型下回归结果，结果仍表明在采用固定效应模型下，数字普惠金融能够显著促进能源转型进程，表明结果是稳健的。

上述检验在很大程度上证明了基准回归结果是稳健的，但为进一步确保研究结果的可信度，本文还

尝试了替代被解释变量的稳健性检验方式。参考[9]对城市能源转型测度方式进行替换，结果见表3最后两列，结果表明替换被解释变量后，数字普惠金融发展仍然有显著促进中国城市能源转型进程的加快，证明回归结果是稳健的。

5.3. 内生性检验

结合理论和现实角度，数字普惠金融与城市能源转型之间会存在内生性问题。一是数字普惠金融与能源转型之间可能存在互为因果关系。二是由于模型可能会遗漏了对能源转型影响的其他变量。三是目前城市能源转型的测度仍没有达成广泛的共识，本文对城市能源转型的测度上存在测量误差。本文为缓解内生性问题，通过滞后一阶和工具变量法试图减少内生性对回归结果的影响。在表4中展示了工具变量回归结果(1)表示滞后一阶，(2)表示 *Bartik* 工具变量回归结果。

滞后一阶处理。对核心解释变量滞后一阶处理，尽可能消除“能源转型效率越高的城市，数字普惠金融发展越好”这一反向因果关系导致的内生性问题。其次，数字普惠金融与能源转型之间理论上不存在反向因果关系，数字普惠金融的目标是提高金融服务的可及性，促进金融包容程度，为弱势群体提供更多的金融服务，促进资源配置和要素流动，优化资源资产的配置效率。与此不同，能源转型的目的是使得城市实现更可持续发展，在用能结构上发生转变，满足城市清洁高效能源使用的基本需求。数字普惠金融的发展情况主要取决于金融体系的发展、技术基础设施等因素，并不是由城市能源转型速率加快所造成。因此，能源转型进程的变化与数字普惠金融发展好坏之间并不存在相关性，二者不存在反向因果关系。

工具变量法。但即便如此，仍可能存在遗漏变量和测量误差等内生性偏差问题，因此考虑使用工具变量处理模型的内生性问题，本节采用 *Bartik* 工具变量进行内生性处理。借鉴[30]研究构建城市数字普惠金融指数 *Bartik* 工具变量，其基本思想是，用分析单元初始的份额构成和总体的增长率来模拟出历年的估计值，移动份额的构造能够有效缓解传统城市工具变量外生性不足的隐忧。IV 的估计结果表明，数字普惠金融对中国城市能源转型的影响在 1%的水平上一致为正且具有统计显著性，与表3的结果基本一致。表4中回归表明，更换工具变量后的数字普惠金融对城市能源转型进程的促进作用仍然是显著的。数字普惠金融的迅速发展，对资源资产配置与地区技术创新问题有着愈发显著的优化效果，能够有效提升城市能源转型效率，促进城市能源转型进程的加快。以上内生性处理表明，本文的核心结论是稳健的。

Table 4. Regression of instrumental variables

表 4. 工具变量回归

变量	滞后一阶	<i>Bartik</i> 工具变量
	(1) <i>ETE</i>	(2) <i>ETE</i>
<i>DTI₁</i>	0.553*** (16.46)	
<i>Bartik_{iv}</i>		0.736*** (0.083)
控制	YES	YES
<i>Cragg-Donald Wald F</i>	1048.232	3846.221
<i>Kleibergen-Paap rk LM</i>	244.81***	422.069***
<i>R</i> ²	0.1928	0.1805

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上的统计显著性；括号内数值表示稳健标准误。

5.4. 进一步分析

为了加深对数字普惠金融发展与能源转型之间关系的认识。表 5 展示了区域异质性结果。本文按照国家统计局的省份划分方式，将全国省份分为三大地带：东部地带、中部地带和西部地带。区域异质性结果显示，东部、中部和西部地带之间存在显著的异质性差异，东部地带与中部的数字普惠金融在加快城市能源转型效率上表现最差，西部地区的数字普惠金融对城市能源转型贡献最大，对城市能源转型效率提升表现最好。表 5 说明，西部地带数字普惠金融对城市能源转型的贡献相对更显著，这可能是因为东部地区本就是金融服务发展最好、最快的地方，资源配置优化程度较高，金融服务在加速要素流动上已达到一定瓶颈，在促进地区技术创新和绿色技术的采用以及生产成本减少上的边际效应较低。而西部地区正是发展的弯道超车时期，资源配置与技术创新仍有待提高，数字普惠金融发展对在加速要素流动和引导要素流向上有更多潜力尚未开发，因此随着数字普惠金融的发展对城市能源转型的加速作用更为显著。但是在发展的同时，东部与中部地区仍要警惕数字鸿沟的发生。

Table 5. Heterogeneity results test
表 5. 异质性结果检验

变量	三大地带		
	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部
<i>_DFI</i>	0.026 (0.104)	0.131 (0.101)	0.410*** (0.117)
控制	YES	YES	YES
<i>Cons</i>	94.989*** (31.339)	67.708*** (31.004)	4.818*** (32.481)
<i>Observers</i>	1188	1166	637
<i>R</i> ²	0.1681	0.1606	0.1537

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%水平上的统计显著性；括号内数值表示稳健标准误。

6. 结论与政策建议

6.1. 结论

作为能源消费大国，中国在向低碳能源转型过程中面临诸多挑战。数字技术与金融模式的融合革新了传统的发展范式。特别是，数字金融可以潜在地推动向低碳能源转型。因此，本研究探讨能源转型与数字金融之间的关系。本文利用 2011~2020 年中国 273 个地级市的面板数据，采用计量方法考察了数字金融对能源转型效率的影响。研究发现：

1. 数字金融发展水平与能源转型效率呈正相关关系，表明数字金融发展能够促进城市能源转型。2. 异质性结果表明东、中、西部存在显著差异。在没有额外政策刺激的情况下，中西部地区的数字普惠金融在加速城市能源转型的能力优于中、东部地区，西部地区数字普惠金融发展潜力最大，在促进城市能源转型进程加快最为有效。

6.2. 政策建议

中国作为世界上最大的发展中国家，加速能源转型已成为实施节能减排政策、实现碳中和目标的重要途径。根据以上结论，本文提出以下政策建议：

首先，由于城市数字金融的发展在能源转型中发挥着重要作用，地方金融机构应积极利用数字金融来刺激能源领域的技术创新。同时，缓解融资约束，优化城市资源配置，促进能源转型和低碳经济增长。

其次，相关政策应该更加倾向于支持数字普惠金融的发展。在没有额外政策刺激的情况下，西部地区数字普惠金融对城市能源转型的贡献最为显著，西部地区也是实现城市能源转型的重要战场。因此，省级政府应出台针对性的政策支持，以充分发挥数字普惠金融对城市能源转型进程的加速作用，有力促进城市能源转型效率提升。

最后，数字普惠金融发展能够显著地提升城市能源转型进程加快。地方政府应最大限度地发挥数字经济政策效力，加强数字基础设施建设，提升数字治理能力，以提高能源行业规制的有效性，促进数字金融普惠发展。

参考文献

- [1] 辜胜阻. 绿色转型是实现经济社会发展与环境质量兼顾的重要途径[J]. 宏观经济管理, 2016(4): 6, 8.
- [2] 项目综合报告编写组. 《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(11): 1-25.
- [3] 武汉大学国家发展战略研究院课题组. 中国实施绿色低碳转型和实现碳中和目标的路径选择[J]. 中国软科学, 2022(10): 1-12.
- [4] 赵晓丽, 张钰琛, 杨曦. 中国城市能源转型的特征及影响因素分析——基于中国 131 个城市的经验证据[J]. 技术经济, 2022, 41(4): 130-140.
- [5] 谢志明, 晏奎, 周乐明, 等. 经济增长、能源转型与 CO₂ 排放的长期均衡——基于省级面板数据的实证分析[J]. 财经理论与实践, 2017, 38(6): 113-118.
- [6] 马丽梅, 王俊杰. 能源转型与可再生能源创新——基于跨国数据的实证研究[J]. 浙江社会科学, 2021(4): 21-30, 156.
- [7] 张杰, 付奎, 刘炳荣. 数字经济如何赋能城市低碳转型——基于双重目标约束视角[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(8): 3-23.
- [8] 马丽梅, 史丹, 裴庆冰. 中国能源低碳转型(2015-2050): 可再生能源发展与可行路径[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(2): 8-18.
- [9] Shen, Y., Shi, X., Zhao, Z., Sun, Y. and Shan, Y. (2023) Measuring the Low-Carbon Energy Transition in Chinese Cities. *iScience*, **26**, Article ID: 105803. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105803>
- [10] Hwang, Y.K. (2023) The Synergy Effect through Combination of the Digital Economy and Transition to Renewable Energy on Green Economic Growth: Empirical Study of 18 Latin American and Caribbean Countries. *Journal of Cleaner Production*, **418**, Article ID: 138146. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138146>
- [11] Shahbaz, M., Wang, J., Dong, K. and Zhao, J. (2022) The Impact of Digital Economy on Energy Transition across the Globe: The Mediating Role of Government Governance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **166**, Article ID: 112620. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112620>
- [12] Song, M., Pan, H., Vardanyan, M. and Shen, Z. (2023) Evaluating the Energy Efficiency-Enhancing Potential of the Digital Economy: Evidence from China. *Journal of Environmental Management*, **344**, Article ID: 118408. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118408>
- [13] 郑忱阳. 绿色金融支持能源转型的国际经验及启示[J]. 新金融, 2022(10): 54-61.
- [14] Wang, Z., Cao, X., Ren, X. and Taghizadeh-Hesary, F. (2024) Can Digital Transformation Affect Coal Utilization Efficiency in China? Evidence from Spatial Econometric Analyses. *Resources Policy*, **91**, Article ID: 104940. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104940>
- [15] Razaq, A. and Yang, X. (2023) Digital Finance and Green Growth in China: Appraising Inclusive Digital Finance Using Web Crawler Technology and Big Data. *Technological Forecasting and Social Change*, **188**, Article ID: 122262. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122262>
- [16] Huang, X. and Meng, F. (2023) Digital Finance Mitigation of “Resource Curse” Effect: Evidence from Resource-Based Cities in China. *Resources Policy*, **83**, Article ID: 103711. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103711>
- [17] Yue, P., Korkmaz, A.G., Yin, Z. and Zhou, H. (2022) The Rise of Digital Finance: Financial Inclusion or Debt Trap? *Finance Research Letters*, **47**, Article ID: 102604. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102604>

-
- [18] Al-Smadi, M.O. (2023) Examining the Relationship between Digital Finance and Financial Inclusion: Evidence from MENA Countries. *Borsa Istanbul Review*, **23**, 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.11.016>
- [19] Nam, E. and Jin, T. (2021) Mitigating Carbon Emissions by Energy Transition, Energy Efficiency, and Electrification: Difference between Regulation Indicators and Empirical Data. *Journal of Cleaner Production*, **300**, Article ID: 126962. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126962>
- [20] 范英, 衣博文. 能源转型的规律、驱动机制与中国路径[J]. 管理世界, 2021, 37(8): 95-104.
- [21] Li, G., Wu, H., Jiang, J. and Zong, Q. (2023) Digital Finance and the Low-Carbon Energy Transition (LCET) from the Perspective of Capital-Biased Technical Progress. *Energy Economics*, **120**, Article ID: 106623. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106623>
- [22] Yang, T. and Zhang, X. (2022) Fintech Adoption and Financial Inclusion: Evidence from Household Consumption in China. *Journal of Banking & Finance*, **145**, Article ID: 106668. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106668>
- [23] Jiang, W., Li, X., Liu, R. and Song, Y. (2022) Local Fiscal Pressure, Policy Distortion and Energy Efficiency: Micro-Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China. *Energy*, **254**, Article ID: 124287. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124287>
- [24] Nasreen, S., Anwar, S. and Ozturk, I. (2017) Financial Stability, Energy Consumption and Environmental Quality: Evidence from South Asian Economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **67**, 1105-1122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.021>
- [25] Pradhan, B.K. and Ghosh, J. (2022) A Computable General Equilibrium (CGE) Assessment of Technological Progress and Carbon Pricing in India's Green Energy Transition via Furthering Its Renewable Capacity. *Energy Economics*, **106**, Article ID: 105788. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105788>
- [26] Gu, J. (2023) Intra-industry or Spatial Spillovers: Empirical Study on the Impact of Digital Finance on Green Energy Innovation. *Journal of Cleaner Production*, **433**, Article ID: 139797. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139797>
- [27] Yang, G., Zhang, G., Cao, D., Zha, D., Gao, X. and Su, B. (2024) China's Provincial-Level Sustainable Energy Transition Requires Accelerating Renewable Energy Technological Innovation. *Energy*, **288**, Article ID: 129672. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129672>
- [28] Hasan, M.M., Yajuan, L. and Khan, S. (2020) Promoting China's Inclusive Finance through Digital Financial Services. *Global Business Review*, **23**, 984-1006. <https://doi.org/10.1177/0972150919895348>
- [29] Hamilton, B.H. and Nickerson, J.A. (2003) Correcting for Endogeneity in Strategic Management Research. *Strategic Organization*, **1**, 51-78. <https://doi.org/10.1177/1476127003001001218>
- [30] Goldsmith-Pinkham, P., Sorkin, I. and Swift, H. (2020) Bartik Instruments: What, When, Why, and How. *American Economic Review*, **110**, 2586-2624. <https://doi.org/10.1257/aer.20181047>