

数字普惠金融对城市碳排放强度的影响

薛心蓓¹, 张婷婷², 陈家模^{3*}

1. 广州理工学院, 经济管理学院, 广东 广州 510540

2. 湖北经济学院, 金融学院, 湖北 武汉 430205

3. 逢甲大学商学博士学位学程, 中国 台湾 台中 407301

DOI:10.61369/SE.2025120011

摘 要 : 数字普惠金融作为金融科技创新的重要成果, 在推动 "碳达峰、碳中和" 战略目标实现过程中展现出独特价值。本文基于2017–2023年中国294个地级市的面板数据, 采用固定效应模型实证检验数字普惠金融对城市碳排放强度的影响。研究发现, 数字普惠金融能有效降低城市碳排放强度。基于此, 本文建议加大数字普惠金融基础设施建设, 优化绿色资源配置, 强化技术创新支持, 制定差异化区域政策, 以充分发挥其减排潜力, 助力“双碳”目标实现。

关 键 词 : 数字普惠金融; 碳排放强度; 能源消耗强度; 技术创新水平

The Impact of Digital Inclusive Finance on Urban Carbon Emission Intensity

Xue Xinbei¹, Zhang Tingting², Chen Jiamo^{3*}

1. School of Economics and Management, Guangzhou Institute of Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

2. School of Finance, Hubei University of Economics, Wuhan, Hubei 430205

3. Doctoral Program in Business at Feng Chia University, Taichung, Taiwan, China 407301

Abstract : As an important achievement of financial technology innovation, digital inclusive finance has demonstrated unique value in promoting the realization of the strategic goals of "carbon peak and carbon neutrality". Based on panel data from 294 prefecture-level cities in China from 2017 to 2023, this paper empirically tests the impact of digital inclusive finance on urban carbon emission intensity using a fixed effects model. The study finds that digital inclusive finance can effectively reduce urban carbon emission intensity. Based on this, the paper suggests strengthening the infrastructure construction of digital inclusive finance, optimizing the allocation of green resources, enhancing technological innovation support, and formulating differentiated regional policies to fully leverage its emission reduction potential and contribute to the realization of the "dual carbon" goals.

Keywords : digital inclusive finance; carbon emission intensity; energy consumption intensity; technological innovation level

引言

全球气候变化已成为21世纪人类面临的重大挑战, 核心问题在于温室气体排放的持续增加。根据IPCC最新数据, 2024年全球能源相关二氧化碳排放量达到378亿吨, 较上年增长0.8%, 创下历史新高。作为全球最大的发展中国家, 中国在1990–2018年间化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量从24.04亿吨激增至111.57亿吨, 年均增长率高达4.3%。如图1所示, 2011–2021年我国碳排放总量呈现先上升后趋缓的态势, 反映了减排政策的阶段性成效。在此背景下, 本文基于中国294个地级市2017–2023年的面板数据, 系统考察数字普惠金融对城市碳排放强度的影响。

一、文献综述

(一) 数字普惠金融与碳排放关系的相关研究

对碳排放的研究中, 国外学者 Yubing Zhang 等 (2022) 基

于该方法对建筑物的碳排放强度进行了核算。Cholette 和 Venkat (2009) 运用投入产出分析法对葡萄酒产业的研究表明, 单位产值碳排放量可作为评估行业环境绩效的重要指标。Khan 等 (2018) 采用季节性分解方法, 发现不同产业碳排放强度存在显著的时间

作者简介:

薛心蓓 (1978–), 女, 台湾台中人, 博士, 副教授, 研究方向: 投资学、期货与期权、外汇交易、计量经济学;

张婷婷, 湖北经济学院金融学院硕士研究生;

通讯作者: 陈家模, 逢甲大学商学博士学位学程。

异质性特征。在数字普惠金融与碳排放关系直接影响方面，贺茂斌和杨晓维（2021）研究发现，数字普惠金融通过减少传统金融服务的物理资源消耗，显著降低了交易过程中的碳排放。朱杰堂等（2022）指出，数字普惠金融通过优化资源配置效率，有效提升了绿色全要素生产率，这一过程受到政府治理能力的正向调节。在非线性效应研究方面，许钊等（2021）基于门槛回归模型发现，数字普惠金融对碳排放的影响呈现“U型”曲线特征，其减排效果在不同发展阶段存在显著差异。向宇等（2023）采用门槛回归模型进行实证检验，结果显示当城镇化率达到特定临界值后，数字普惠金融对城市碳排放的抑制作用显著增强。王维国等（2023）研究得出人口规模和创业创新能力具有门槛作用，故而数字经济的碳减排效应因其表现为非线性。关于区域异质性，Ye（2022）的研究表明，东部地区数字普惠金融的碳减排效果显著优于中西部地区，这与区域金融发展水平和数字化程度密切相关。邓荣荣和张翔祥（2021）提出的发展阶段理论进一步阐释了这种差异，认为数字普惠金融的环境效益会随着城市经济发展水平的变化而动态调整^[1-6]。

（二）文献评述

通过对现有文献的系统梳理发现，数字普惠金融与碳排放强度的研究已形成较为完善的理论框架和方法体系。本研究通过选取294个地级市样本进行研究，以期更全面地揭示数字普惠金融对碳排放强度的影响。

二、理论分析与研究假设

（一）数字普惠金融对城市碳排放强度的影响

数字普惠金融作为金融与数字技术融合的产物，数字普惠金融通过降低交易成本，减少纸质处理产生的碳排放。从行为经济学视角来看，可通过提升金融服务，改变企业和居民的决策行为。如，企业更容易获得绿色技术研发资金，居民因便捷的绿色消费金融工具而倾向于低碳消费。这行为的改变，有助于降低整体碳排放。基于此，提出假设1。

H1：数字普惠金融可以显著降低城市碳排放强度。

三、研究设计

（一）数据来源及说明

本文选取了中国2017–2023年294个地级市为样本，研究数字普惠金融对碳排放强度的效用。核心解释变量数字普惠金融指标来源于“北京大学数字普惠金融指数（2017–2023）”。其他数据来自于《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、各地统计年鉴等。下面是各个变量的选择及说明：

1. 被解释变量——碳排放强度（ci）

碳排放强度（ci）选用各地级市的碳排放总量与实际地区生产总值的比值表示。本文借鉴吴建新（2016）对碳排放进行核算。收集了2017–2023年地级市主要能源消耗量，包括：供气总量、

液化石油气供气总量、全社会用电量、蒸汽供热总量、热水供热总量等。同时收集了碳排放相关因子（来源于IPCC及《省温室气体排放指南》）、中国电网公布基准线排放因子、原煤平均低位发热量等数据。

2. 核心解释变量——数字普惠金融指数（index）

本文的核心解释变量为数字普惠金融指数（index），数据来源于北京大学数字金融研究中心编制的“北京大学数字普惠金融指数2020”，该指数包括覆盖广度（cover）、使用深度（depth）、数字化程度（digit）三方面。

3. 中介变量

能源消耗强度（energy），以能源消耗量占GDP的比值来表示，体现能源经济活动效率的一个指标。本文参考刘婧玲（2022）的研究，使用各城市单位GDP的电力消耗量代表能源消耗强度。

技术创新水平（ginnova），现有文献大多使用城市专利申请授权数等相关指标或研发投入来反映区域技术创新水平，本文选取了绿色发明数量与绿色使用新型专利申请数量来代表绿色技术创新水平，按“绿色发明专利数量*2+绿色实用新型专利数量*1”计算得出各地区技术创新水平，数据来源于CNRDS数据库。

4. 控制变量

为提高研究结果的可靠性，本文参考既往研究，选取以下控制变量：（1）经济发展水平（lngdp），以人均GDP对数代表；（2）人口密度（lndensity），采取人口数占城市面积的对数；（3）外商直接投资（fdi），实际利用外商投资占GDP的比值；（4）城市化水平（urban），城镇年末总人口占地区总人口的比重；（5）环境保护力度（ep），环境治理投资额占GDP的比值；（6）人口结构（hps），从业人数占总人数的比例。表1是描述性统计^[7-12]。

表1 变量的描述性统计

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
lnci	2,058	-9.219	2.108	-18.34	0
index	2,058	261.6	36.81	127.1	373.2
energy	2,058	0.118	0.169	1.08e-08	2.649
ginnova	2,058	1,368	3,910	0.00137	55,615
lngdp	2,058	10.92	0.986	0.693	12.49
lndensity	2,058	0.0425	0.0347	0.000267	0.295
fdi	2,058	8.620	373.5	0	16,937
urban	2,058	1.094	9.285	0.000186	287.8
ep	2,058	46.38	1,117	0	34,253
hps	2,058	0.573	9.305	0.000186	287.8

（二）研究模型构建

1. 基准回归模型

为了进一步验证数字普惠金融对城市碳排放强度的效用，本文拟采用基准回归进行分析，构建以下模型：

$$\ln ci_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 index_{it} + \sum \alpha_2 X_{it} + u_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，下标i表示各城市，t表示时间，lnci_{it}表城市i第t年的碳排放强度对数值，核心解释变量为城市i第t年的数字普惠

金融指数 index_{it} 。 X_{it} 是影响碳排放强度的其他控制变量， u_i 表示不随时间变化的个体固定效应， $\hat{a}_i$ 为时间固定效应， $\hat{a}_{it}$ 为随机误差项。

四、数字普惠金融对城市碳排放强度的实证分析

（一）基准回归分析

本文首先运用混合回归模型对数字普惠金融与碳排放强度的关系进行检验。表2第（1）列结果显示，数字普惠金融的估计系数在1%水平上显著为负，初步验证其对碳排放强度的抑制作用。随后通过 Hausman 检验确定了固定效应模型的适用性。如表2第

（2）列所示，固定效应模型下数字普惠金融的负向影响依然在5%水平上保持统计显著性，进一步支持了上述结论。为增强研究结论的稳健性，本文采用聚类稳健标准误进行再估计，表2第（3）列显示核心解释变量的系数符号与显著性均未发生改变，表明实证结果具有较好的可靠性^[13-17]。

为检验研究结论的稳健性，本文选取数字化程度（digit）替代核心解释变量进行再检验，表2第（4）列回归结果显示，数字普惠金融对碳排放强度仍呈现显著的负向影响，且其余关键变量的系数符号与显著性水平均与基准回归结果保持一致。这一检验结果进一步证实了本文研究结论的可靠性。

表2 数字普惠金融对城市碳排放强度的基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
VARIABLES	ln _{ci}	ln _{ci}	ln _{ci}	ln _{ci}
Index	-1.208*** (0.1087088)	-0.275** (0.107)	-0.275* (0.141)	
Indigit				-0.342* (0.181)
lnpcgdp		-0.693*** (0.0713)	-0.693*** (0.0900)	-0.760*** (0.0861)
Indensity		-5.260** (2.443)	-5.260 (3.924)	-5.412 (3.929)
fdi		-0.000000518 (0.0000202)	-0.000000518 (0.00000136)	-0.00000118 (0.00000153)
Urban		-0.350*** (0.0659)	-0.350* (0.201)	-0.364* (0.204)
ep		-0.00000316 (0.0000120)	-0.00000316* (0.00000175)	-0.000000131 (0.000000258)
hps		0.351*** (0.0659)	0.351* (0.201)	0.364* (0.204)
Constant	-2.503858*** (0.6040799)	0.213 (0.490)	0.213 (0.732)	1.361* (0.822)
N	2058	2058	2058	2058

注：括号内为 t 值；*、**、*** 分别表示10%、5%、1% 的显著性水平

（二）内生性检验

在分析数字普惠金融对碳排放强度的作用时，由于难以全面控制所有影响因素，可能存在遗漏变量问题。此外，碳排放也可能反向影响数字普惠金融的发展。为此，本研究采用滞后一期的数字普惠金融指数（DIFI-1）作为工具变量进行回归分析。该工具变量与当期数字普惠金融高度相关，但与当期碳排放无直接关联，且通过了弱工具变量检验，验证了其有效性。

表3 内生性检验结果

	(1)	(2)	(3)
VARIABLES	ln _{ci}	ln _{ci}	ln _{ci}
lnindex	-0.00566*** (0.0005526)	-0.985*** (-0.185)	-0.985*** (0.243)
lnpcgdp		-0.349***	-0.349**

		(-2.894)	(0.140)
Indensity		-1.31	-1.310
		(-2.894)	(3.673)
fdi		-0.00000174 (-0.00000174)	-0.00000174 (0.00000156)
urban		-0.301* (-0.162)	-0.301 (0.194)
ep		-0.0000101*** (-0.0000029)	-0.0000101*** (0.00000256)
hps		0.302* (-0.162)	0.302 (0.194)
Constant	-7.801*** (0.1409997)	3.4898641*** (0.0986528)	3.4898641*** (0.0746968)
N	1764	1764	1764

注：括号内为 t 值；*、**、*** 分别表示10%、5%、1% 的显著性水平

内生性检验结果显示，数字普惠金融对碳排放的抑制效应显著为负，其他核心变量的系数与基准回归结果一致，进一步支持研究的稳健性。

五、研究结论与对策建议

在数字普惠金融蓬勃发展和“碳达峰”、“碳中和”目标下，本文基于2017–2023年中国294个地级市的面板数据，考察数字普惠金融对城市碳排放强度的影响。实证结果表明：第一，数字普惠金融显著降低了城市碳排放强度，且该结论在更换被解释变量、核心解释变量及增加控制变量后依然稳健。第二，数字普惠金融对碳排放的抑制效应显著为负，数字普惠金融通过降低能源

消耗强度和提升绿色技术创新水平两条路径实现碳减排。

基于实证结果，提出政策建议：第一，在基础设施建设方面，需重点推进5G网络和大数据中心等新型基础设施建设，完善相关法律法规和监管框架，为数字普惠金融发展提供制度保障。第二，资源配置机制优化方面，建议建立绿色信贷评级体系和环境信息披露制度，引导金融机构优先支持环境友好型企业，并创新开发碳金融衍生品和绿色债券等金融产品，为企业低碳转型提供多元化融资渠道。第三，在技术创新支持方面，可通过设立专项财政资金、实施税收优惠和研发补贴等政策工具，构建产学研协同创新平台，完善知识产权保护制度，形成多方参与的绿色技术创新体系。

参考文献

- [1] Cholette S, Venkat K. The energy and carbon intensity of wine distribution: A study of logistical options for delivering wine to consumers[J]. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(16): 1401–1413.
- [2] Khan I, Jack M W, Stephenson J. Analysis of greenhouse gas emissions in electricity systems using time-varying carbon intensity[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 184, 1091–1101.
- [3] Li J, Wu Y, Xiao J J. The impact of digital finance on household consumption: Evidence from China[J], Economics Modelling, 2020, 86, 317–326.
- [4] Xu R J. Exploring the effective way of reducing carbon intensity in the heavy industry using a semiparametric econometric approach[J]. Energy, 2022, 243, 123066.
- [5] Ye J, Xu W, Hu L. Digital inclusive finance, consumption structure upgrading and carbon emissions[J]. Frontiers in Environmental Science, 2023, 11: 1282784.
- [6] Yubing Zhang, Xiaoyan Jiang, Caiyun Cui, Martin Skitmore. BIM-based approach for the integrated assessment of life cycle carbon emission intensity and life cycle costs[J]. Building and Environment, 2022, 226: 109691.
- [7] 贺茂斌, 杨晓维. 数字普惠金融、碳排放与全要素生产率[J]. 金融论坛, 2021, 26(02): 18–25.
- [8] 朱杰堂, 焦冉晴, 谢伟丽. 数字普惠金融如何影响绿色全要素生产率——理论分析与经验证据[J]. 金融监管研究, 2022, (03): 54–70.
- [9] 许钊, 高煜, 霍治方. 数字金融的污染减排效应[J]. 财经科学, 2021(4): 28–39.
- [10] 邓荣荣, 张翔祥. FDI技术溢出、行业吸收能力与工业碳排放强度——基于面板门槛模型的实证[J]. 国际商务研究, 2023, 44(02): 1–13.
- [11] 刘婧玲, 陈艳莹. 数字技术发展、时空动态效应与区域碳排放[J]. 科学学研究, 2023, 41(05): 841–853.
- [12] 向宇, 郑静, 涂训华. 数字经济发展的碳减排效应研究——兼论城镇化的门槛效应[J]. 城市发展研究, 2023, 30(01): 82–91.
- [13] 王维国, 王永玲, 范丹. 数字经济促进碳减排的效应及机制[J]. 中国环境科学, 2023, 43(08): 4437–4448.
- [14] 刘松岐, 秦琳贵, 侯曜. 绿色信贷的农业碳减排效应研究——基于30个省份面板数据的实证分析[J]. 农业经济, 2022, 426(10): 103–106.
- [15] 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(05): 731–745.
- [16] 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(02): 157–173.
- [17] 吴建新, 郭智勇. 基于连续性动态分布方法的中国碳排放收敛分析[J]. 统计研究, 2016, 33(01): 54–60.