

分类号
U D C

密级
编号 10741



硕士学位论文

论文题目 数字金融对城市碳排放效率的影响研究

研究生姓名: 乔萌

指导教师姓名、职称: 姬新龙、教授

学科、专业名称: 应用经济学、金融学

研究方向: 金融理论与政策

提交日期: 2024年5月26日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 乔萌 签字日期： 2024年5月26日

导师签名： 姚红 签字日期： 2024年5月26日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

- 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；
- 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 乔萌 签字日期： 2024年5月26日

导师签名： 姚红 签字日期： 2024年5月26日

Research of the Impact of Digital Finance on the Efficiency of Urban Carbon Emissions

Candidate : Meng Qiao

Supervisor: Xinlong Ji

摘要

随着大数据、物联网、区块链、人工智能等数字技术发展成熟，无疑成为了我国实现“双碳”目标、建设生态文明以及全社会各个行业碳减排过程中的重要抓手。通过数字金融助力碳减排，提升碳排放效率，是经济发展社会进步的必然选择。因此，深度探究数字金融的减碳降污效应，绿色环保效应，以及数字金融通过何种路径影响碳排放效率均是为可持续发展奠定一个扎实的基础。

本文以 2011 年至 2021 年间全国范围内共计 282 个地级市的面板数据为基础，为准确测算各城市的碳排放效率，运用了数据包络分析法，并借助北京大学联合蚂蚁集团编制的数字普惠金融指数衡量了各城市数字金融的发展情况。为了深入探究数字金融对城市碳排放效率的影响，本文采用了一系列实证模型，包括双固定效应模型、中介效应模型、GMM 模型以及 DID 模型等，从多个角度和层面验证了数字金融与城市碳排放效率之间的关系。以期进一步扩展数字金融对碳排放效率影响的相关研究，以及为各城市完成“双碳”目标和实现绿色低碳转型开辟新道路和提供经验支持。

结果显示：第一，数字金融与城市碳排放效率之间具有显著的正向促进关系。从多个维度进行深入剖析时发现，数字金融三个维度均能有效正向促进碳排放效率的提升，且使用深度维度在推动城市碳排放效率增长方面的作用尤为突出，影响力超过了覆盖广度和数字化程度，而覆盖广度对城市碳排放效率的正向效应虽然存在，但显著性并不高。第二，数字金融可以激励绿色技术创新、提升投资的碳生产率、促进产业结构优化升级和扩张经济规模四种渠道提升碳排放效率，且绿色技术创新的中介效应最强。第三，从不同地区角度看，对于东部和西部地区，数字金融与城市碳排放之间存在显著的正向促进关系，但对于中部地区，数字金融对碳排放效率的影响并不凸显。结合研究结论，本文从挖掘数字金融环境红利、聚焦投资活动降碳潜力、激励“产学研”融合发展、立足区域发展差异特征四个方面提供针对性对策建议，使数字金融的碳减排效应最大化，助力全国各城市早日实现“双碳”目标。

关键词：数字金融 城市碳排放效率 绿色低碳发展 区域异质性

Abstract

With the development and maturity of digital technologies such as big data, Internet of Things, blockchain, artificial intelligence, etc., it has undoubtedly become an important hand in the process of realizing the goal of "dual-carbon", building an ecological civilization, and reducing carbon emissions in all sectors of the society. It is an inevitable choice for economic development and social progress to help reduce carbon emissions and improve the efficiency of carbon emissions through digital finance. Therefore, in-depth investigation of digital finance carbon emissions reduction effect, green effect, and digital finance through which path to influence the efficiency of carbon emissions is to lay a solid foundation for sustainable development.

This paper is based on the panel data of 282 prefecture-level cities nationwide from 2011 to 2021, and in order to accurately measure the carbon emission efficiency of each city, DEA is applied, and the development of digital finance in each city is measured with the help of the Digital Inclusive Finance Index compiled by Peking University in cooperation with Ant Group. In order to deeply explore the impact of digital finance on urban carbon emission efficiency, this paper adopts a series of empirical models, including double fixed effect model, mediation effect model, GMM model and DID model, etc., to verify the

relationship between digital finance and urban carbon emission efficiency from multiple angles and levels. This study intends to broaden the investigation on the implications of digital finance on greenhouse gas efficiency, as well as to open up new paths and provide empirical support for cities to achieve the "dual-carbon" goal and realize the green and low-carbon transformation.

The findings demonstrate that, first, there is a significant positive relationship between digital finance and urban carbon emission efficiency. When analyzed in depth from multiple dimensions, it is found that all three dimensions of digital finance can effectively and positively promote the improvement of carbon emission efficiency, and the use of the depth dimension plays a particularly prominent role in promoting the growth of urban carbon emission efficiency, with an influence that exceeds that of the breadth of coverage and the degree of digitization, whereas the positive effect of the breadth of coverage on the efficiency of urban carbon emissions exists but is not highly significant. Second, digital finance may boost the effectiveness of carbon emissions through four channels: incentivizing green technology innovation, enhancing carbon productivity of investment, promoting industrial structure optimization and upgrading, and expanding economic scale, and the mediating effect of green technology innovation is the strongest. Third, from different regional perspectives, for the eastern and western regions, there is a

significant positive promotion relationship between digital finance and urban carbon emissions, but for the central region, the impact of digital finance on carbon emission efficiency is not prominent. Combined with the conclusions of the study, this paper provides targeted countermeasure suggestions from four aspects: tapping the environmental dividends of digital finance, focusing on the carbon reduction potential of investment activities, stimulating the integrated development of "industry-university-research", and basing on the characteristics of the regional development differences, so as to maximize the carbon emission reduction effect of digital finance, and to help cities nationwide realize the "dual-carbon" at an early date. The goal of "Double Carbon" will be achieved by all cities in China as soon as possible.

Keywords: Digital finance;Urban carbon emission efficiency;Green and low-carbon development;Regional heterogeneity

目 录

1 引言	1
1.1 研究背景与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	1
1.2 国内外研究现状及发展趋势	3
1.2.1 关于数字金融的研究	3
1.2.2 关于碳排放效率的研究	6
1.2.3 关于数字金融对碳排放效率影响的研究	8
1.2.4 文献评述	9
1.3 研究内容与方法	10
1.3.1 研究内容	10
1.3.2 研究方法	11
1.4 创新之处	12
1.5 研究技术路线	12
2 相关概念与理论基础	14
2.1 概念界定	14
2.1.1 数字金融	14
2.1.2 碳排放效率	14
2.2 理论基础	15
2.2.1 可持续发展理论	15
2.2.2 外部性理论	15
2.2.3 金融排斥理论	16
3 数字金融与碳排放效率的现状分析	18
3.1 数字金融的现状分析	18
3.1.1 数字金融发展现状	18
3.1.2 数字金融分布动态	20

3.2 碳排放效率的现状分析	20
3.2.1 碳排放效率发展现状	21
3.2.2 碳排放效率分布动态	22
4 数字金融对碳排放效率的影响及机制分析	24
4.1 数字金融对碳排放效率的直接影响分析	24
4.2 数字金融对碳排放效率的作用机制分析	25
4.2.1 绿色技术创新路径作用机制	25
4.2.2 投资的碳生产率路径作用机制	26
4.2.3 产业结构升级路径作用机制	26
4.2.4 经济规模扩张路径作用机制	27
5 数字金融对碳排放效率的实证分析	29
5.1 指标选取与数据来源	29
5.1.1 指标选取	29
5.1.2 数据来源及检验	31
5.2 数字金融对碳排放效率的直接影响分析	32
5.2.1 模型构建	32
5.2.2 回归结果分析	33
5.3 数字金融发展各维度对碳排放绩效的影响	35
5.3.1 模型构建	35
5.3.2 回归结果分析	35
5.4 内生性检验	37
5.5 稳健性检验	38
5.5.1 替换估计模型	38
5.5.2 一阶滞后处理	39
5.5.3 剔除部分样本	39
5.5.4 外生冲击检验	40
5.6 数字金融对碳排放效率的作用机制检验	44
5.6.1 中介效应模型设定	44
5.6.2 作用机制检验结果分析	45

5.7 异质性分析	48
6 研究结论与对策建议	51
6.1 结论	51
6.2 对策建议	51
6.2.1 挖掘数字金融环境红利	51
6.2.2 聚焦投资活动降碳潜力	52
6.2.3 激励“产学研”融合发展	53
6.2.4 立足区域发展差异特征	54
6.3 研究不足与展望	55
参考文献	56
后记	63

1 引言

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

在全球经济、科技、工业等等领域大力发展的今天，人们享受着科技的发达和生活的便利，同时也承受着环境的恶化和温室效应的挑战。2020年9月22日，国家主席习近平提出在2030年前和2060年前分别实现碳达峰、碳中和的伟大战略目标，作为加强我国实现“双碳”目标的决心、增强生态文明建设的强度、积极应对全球气候变化的态度。而如何降低二氧化碳排放量、提升碳排放效率以及如何实现“双碳”目标，是当前我们亟待解决的重要课题。在目前全球生产生活方方面面都离不开数字的现状下，数字俨然已成为了数字时代下的一种新的生产要素。随着大数据、物联网、区块链、人工智能等数字技术发展成熟，无疑成为了我国实现“双碳”目标、建设生态文明以及全社会各个行业碳减排过程中的重要抓手。因此，本文将着重研究数字金融的发展对于城市碳排放效率的影响，以期在目前的数字时代，能够为各城市完成“双碳”目标提供经验支持，并为我国整体环保事业的政策规划提供参考。

1.1.2 研究意义

(1) 现实意义

伴随着大数据、物联网、人工智能等数字技术的迅猛进步，数字金融作为新兴业态崭露头角（郭峰等，2020）。数字金融助力经济高质量发展的效果已得到了广泛认可，而在双碳目标的背景下，需要进一步确定数字金融是否可以为各城市实现双碳目标提供新途径，以及其影响城市碳排放效率的作用机制是怎样的。城市碳减排的重点与难点主要取决于绿色技术创新、产业结构升级以及经济规模扩张，除此以外，数字金融是否还有其他影响碳排放效率的有效路径？因此，本文重点研究数字金融通过对绿色技术创新、提升投资的碳生产率、产业结构升级以及经济规模扩张的正向影响，进而影响碳排放效率的作用机制。对于不同区域，

数字金融对碳排放效率的影响是否存在差异性？这些问题都是本文研究的重点。进一步深入探究上述问题对于城市碳排放效率的影响因素开拓了全新的研究视角，对促进生态环境改善、生态文明建设、城市绿色转型和经济可持续发展都具有现实意义。在“30•60”双碳目标提出后，社会各界响应绿色低碳的同时，深度渗透进政府治理调控、企业经营生产和居民日常生活的数字化是否也推动了我国城市碳减排的前进步伐成了目前亟待解答的问题。

（2）理论意义

本文以数字金融为研究视角详细探究了对城市碳排放效率可能产生的复杂影响，并进一步深入挖掘了数字金融的发展对碳排放效率影响的整体特征、细分特点、影响路径以及异质性变化特征。采用 2011-2021 年全国 282 个地级及以上城市的面板数据测算出各城市碳排放效率值，并运用双固定效应模型、中介效应模型、2SLS 法、动态面板系统 GMM 模型、差分 GMM 模型以及 DID 方法等，从多个角度和层面验证了数字金融与城市碳排放效率之间的关系。以期进一步扩展数字金融对碳排放效率影响的相关研究，以及为各城市完成“双碳”目标和实现绿色低碳转型开辟新道路和提供经验支持。

第一，深化了对城市碳排放效率值测算方法的理解以及在实证研究方面取得了新的突破，并探讨了不同测算方式的应用范围及特点。城市碳排放效率的度量主要分为单要素测定和全要素测定两种方式。单要素测定通常通过简单的比率指标来衡量，例如碳排放强度、人均碳排放量或碳生产率等，这种测定方式虽然简单易行，但无法全面反映城市碳排放效率的复杂性及多维度特性。相比之下，全要素碳排放效率测算方法则更为科学和全面，在构建效率评价体系时，将投入要素、期望产出以及非期望产出等都添加了进去。本文在测算各城市碳排放效率值时，投入要素选取资本存量、劳动力数量以及能源消耗量，期望产出以实际 GDP 来表示，非期望产出以各城市碳排放量来表示，运用超效率 SBM 模型进行测算。为了进一步探究各区域碳排放效率的发展现状和区域差异性以及预测各区域碳排放效率值，本文依据行政规划将我国细分为三大区域，从而深化本文的研究，也为国家不同区域针对性碳减排活动提供准确目标。

第二，引入国家 2016 年出台的《G20 数字普惠金融高级原则》这一政策，通过外生政策冲击检验，探究数字金融外生政策冲击对碳排放效率的影响。本文

以《G20 数字普惠金融高级原则》为自然实验，采用双重差分法（DID）考察数字金融政策变化对各城市碳排放效率的影响。考虑到《G20 数字普惠金融高级原则》没有进行试点，难以找到同期完全不受影响的对照组，因此需要另辟蹊径来构造合适的对照组。本文以数字金融指数的细分维度——数字金融使用深度作为地区数字金融发展水平的度量，通过中位数的方式划分对照组和实验组，进而进行 DID 检验。将实验组设为数字金融使用深度指数值较低的城市，将对照组设为数字金融使用深度指数值较高的城市，在此基础上运用 DID 方法检验数字金融政策变化对碳排放效率的冲击，从而解决内生性问题。

第三，拓展了数字金融与环境治理的理论分析与实证研究范畴。金融行业借助数字技术显著降低了服务门槛与交易成本，增强了金融服务的普惠性、便捷性与可及性，同时引发的连锁效应也在增强，例如经济高质量发展效应、贫困地区减贫效应和收入差距缩小效应等都是目前学者们重点研究的课题，而环境治理效应还未得到广泛关注。本文从数字金融发展推动城市碳排放效率提升的角度切入，深化现有研究，通过深入剖析数字金融与城市碳排放效率之间的内在联系构建科学合理的实证模型，旨在全面揭示数字金融的发展对城市碳排放效率的影响机制，丰富了数字金融与碳减排方面的理论体系。

1.2 国内外研究现状及发展趋势

1.2.1 关于数字金融的研究

（1）数字金融定义及内涵

以信息技术为代表的数字金融的迅猛发展对金融行业也产生了质的突破，这些新兴技术的引入提升了金融服务的效率和质量，推动了金融行业的创新与发展。其中一项创新就是数字金融，将数字技术与金融业深度融合，以互联网为线上平台使金融服务得以更加便捷快速地触达广大用户，以大数据分析用户信息使金融决策更加准确和科学以及供需双方匹配更加精准，以云计算的应用则进一步提升了金融服务的处理能力和数据存储安全性，数字金融的发展扩大了包容性金融服务所能覆盖的范围，推动了金融服务的普惠化进程（郭峰等,2020）。通过数字技术对金融的赋能，金融能够更加精准地满足不同群体的需求以及扩大服务范围，

有效缓解了传统金融普遍存在的门槛过高、覆盖面不全以及融资成本过高等问题，因此数字金融正逐步崛起成为金融发展的重中之重（向洁等，2021）。

现有文献对数字金融内涵的研究已非常充分。谢平和邹传伟（2012）、牛余斌（2018）以及钱海章（2020）均认为数字金融起源于互联网金融。黄益平和黄卓（2018）首次对数字金融进行了深入的探讨，表示数字金融的核心是金融机构借助新兴数字技术构建线上平台，实现足不出户进行融资、支付及投资等一系列金融业务。黄益平和黄卓认为相较于互联网金融，数字金融这一术语更为中立，涵盖范围也更加广泛。陈景华和刘展豪（2024）认为数字金融利用互联网平台实现了与客户的直接连接，可以极大降低客户获取金融服务的成本以及金融机构的服务成本，减少传统金融服务中的中间环节和成本。同时，数字金融具备强大的数据分析能力，能够深入挖掘借贷双方在互联网平台留下的行为数据，实现信息透明化，有效降低了将优质企业误判为劣质企业的风险，提升了金融服务的效率和精确性，也进一步优化了金融资源的合理配置。

（2）数字金融的测度

在深入研究数字金融的环境治理效应过程中，准确测定各个城市数字金融发展水平显得尤为关键。梳理以往对数字金融测定的文献可以得知，学者们在测定数字金融构建指标时主要有三种主流方法：第一种是北京大学联合蚂蚁集团测算的数字普惠金融指数，其从数字金融覆盖广度、使用深度以及金融数字化程度三个维度出发衡量了数字金融的发展状况（郭峰，2020）。此外，指数还涵盖了保险、信用及投资等共计 33 个具体指标，致力于更加细致入微地反应数字金融在各个领域的应用和发展情况。第二种是利用自主构建的方法，建立一个用于测度地方性数字金融发展水平的测算体系。例如在研究中创新性地构建一个数字支付评价体系，其中包含四个核心指标和四个基础指标，运用锡尔系数、赫芬达尔指数、地理集中指数和偏离一份额分析法对数字支付进行了具体测定（刘锴，2017）。第三种是在已有传统的金融多维度测算指标体系的基础上进行创新性拓展，纳入与数字金融相关的指标来更加全面地反映各个城市数字金融的发展态势（成学真等，2020）。吴金旺等学者（2019）利用问卷调查的方式收集了大量一手数据，并据此进行深入分析和测算，以浙江嘉兴为研究对象，聚焦于个体，构建了全新的数字金融指数测算体系。

(3) 数字金融的影响效应研究

近年来学术界对于数字金融的探索呈现出多元化的趋势,其中,主要聚焦于数字金融在促进经济增长、推动贫困地区减贫以及缩小收入差距等方面的积极作用。在经济增长的相关研究领域,赵涛等(2020)学者针对中国300个地级市的数字经济发展水平以及经济高质量增长程度进行了深入的测度分析,实证结果显示数字经济对于推动经济高质量发展具有显著的正向作用。宇超逸等(2020)认为数字金融的出现有效缓解了传统金融服务中存在的排斥现象,为经济高质量发展提供了有力支持。数字金融通过为长尾群体提供融资支持,满足他们的创业和消费需求,让更多人分享金融服务的红利,推动了经济全面发展。黄益平和邱晗(2021)则认为精准优化资源配置是数字金融推动经济增长的关键之处。通过先进的数据分析和算法技术能够更高效地识别并满足市场上不同用户对于金融服务的需求,提高了信息获取的效率和准确性,降低了交易成本,解决了市场中信息不对称等问题,促进了金融市场的健康发展,从而引导资金流向更具潜力和经济效益的领域。此外,数字金融的不断发展还多样化了金融市场的进入方式,降低了金融服务门槛,拓宽了投融资渠道,增强了金融市场的活力和竞争力。而郭静怡和谢瑞峰(2021)认为数字金融是通过响应国家号召,从助力绿色低碳发展方面来实现经济增长的。数字金融通过推动绿色技术创新和高污染高排放设备改造升级,从而引导产业结构升级,为环保事业和可持续发展贡献了力量。孟维福和刘静涵(2023)也指出数字金融提升了资本市场的信息效率,当企业披露出污染排放信息时,资本市场也会重点关注,从而使得金融机构更加重视企业的环保效益,同时也倒逼企业进行绿色低碳转型。因此,数字金融的经济增长效应是非常显著的。

在对推动地区减贫相关文献的梳理中发现,学者们均认为数字金融在脱贫攻坚的征程中起到了至关重要的作用(贺慧惠和童天天,2023),金融作为中国扶贫工作的主要抓手,虽然取得了一定的成效,但是金融资源分配不均的问题仍然不容忽视。传统金融的覆盖面尚不广泛,尤其是在农村地区、贫困家庭以及初创小微企业等真正弱势群体中,金融服务很难深入,极大制约了依靠金融实施扶贫政策的效果。而数字金融作为一种创新性的金融模式,有效克服了传统金融的弊端,更加精准地将金融资源引入到真正需要的地方,体现出金融的普惠性(汪亚

楠等, 2020)。在当今以数字作为生产要素发展的大背景下, 数字金融已成为缓解农村贫困、促进经济包容增长的关键手段之一。潘锡泉(2018)通过实地调研, 发现了数字金融在减贫方面的独特作用, 并给出了数字金融精准扶贫逻辑机制的详细介绍。吴金旺等(2019)以自我经济水平指标体系为基础, 融入数字普惠金融指数后综合考量, 确认了数字金融的发展在减贫方面的积极作用, 并充分考虑了性别、户籍、学历等因素对数字金融减贫作用的影响, 实现了精准施策, 从而更好地服务于贫困群体。刘锦怡和刘纯阳(2020)发现数字金融精准扶贫的逻辑机制是通过提高农户金融服务的可得性和拓展个体经济机会, 从而直接或间接地改善了农村贫困状况。

在研究缩小收入差距相关问题时, 不难发现学者们总是把金融作为一个核心要素。尽管传统金融在服务弱势群体以及改善其经济状况方面存在很大局限, 但对于贫困家庭增加收入、缩小收入差距等相关问题, 金融活动仍然是至关重要且不可避免的一个途径(Inoue T 和 Hamori S, 2013)。而目前随着数字金融的发展, 突破了传统金融的束缚, 实现了不同群体均能享受到金融服务, 创造了更加包容地金融环境, 满足了低收入群体的金融需求, 从而实现提升收入、缩小收入差距的目标(田瑶和郭立宏, 2022)。数字金融对缩小收入差距、特别是城乡收入差距的作用不可忽视。宋晓玲(2017)认为通过消除金融排斥和提高金融包容性, 数字金融服务有效降低了城乡收入不平等, 为农村主体增加了收入来源。何婧和李庆海(2019)以及周雨晴和何广文(2020)均指出, 数字金融通过解除信贷约束缓解了家庭流动性约束, 为个体创业活动提供了更多机会, 同时优化了家庭资产配置, 为家庭带来了更多理财性收入, 从而增加了家庭收入水平, 特别是对农户家庭参加风险性金融市场的提供了更广泛的保障。尹志超等(2019)认为数字金融的发展降低了金融市场的准入门槛, 提高了长尾群体和贫困个体的个体金融市场参与度, 扩大了金融市场的包容性, 以此为各类群体创造了增收机会, 改善了家庭福利, 对低收入家庭或贫困个体产生了更大的边际效应。

1.2.2 关于碳排放效率的研究

(1) 碳排放效率测算

测算全要素碳排放效率的方法与城镇化水平、绿化覆盖率等环境指标息息相

关。在经济理论中,为了更全面地评估碳排放效率,学者们提出了多种方法,其中随机前沿方法(SFA)和数据包络分析方法(DEA)是主流选择。对于SFA,余敦涌等(2015)添加进环境指标,最终投入要素选取了九个相对量指标。在此基础上,还创新性地将碳生产率作为产出要素,以此来全面客观且精确地测算全要素碳排放效率。对于DEA,研究内容比SFA更为丰富,DEA方法也相较于SFA更受欢迎,原因在于它避免了对生产函数的主观设定,并能够更好地处理多个投入产出要素。尽管SFA是以经济理论为基础,能够刻画生产过程的细节,但它需要提前设定好生产函数并对数据进行标准化处理,而这些步骤就可能引入主观性和不确定性。相对而言,DEA是通过线性最优化方法来估算效率值,这可以避免因主观设定生产函数而产生的误差。

目前,运用DEA进行全要素碳排放效率的测度方法主要分为两种类型,其中一种类型是以DEA静态模型指数为基础测算的。这种方法能够较为准确地测算出不同经济主体的碳排放效率水平,还具有操作简便、结果直观等优点。如SBM模型(吴泓翰和徐玖平,2023;张跃,2024)、超效率SBM模型(夏晖等,2024;孙浩和郭劲光,2024)以及SE-SBM模型(张艳等,2022;董会忠和郭雪莲,2023)等均被广泛采用。这些模型能够有效地评估不同行业的碳排放效率,并揭示出行业间的效率差异性。另一种运用DEA测定碳排放效率的方法是根据动态模型指数来测算的,这种方法通过引入时间维度构建动态模型,能够更全面地反映碳排放效率的变化趋势和发展动态。如GML指数(岳立和韩亮,2022;肖国安等,2023)以及DEA-Malquist指数(赵爽和赵丹丹,2023;吴旭晓,2024)。

(2) 碳排放效率的影响因素

碳排放效率是指单位产品或服务所对应的碳排放量。提高碳排放效率意味着在保持产出不变的情况下,减少碳排放量,实现“生产与排放脱钩”。想要实现这一目标则涉及到多方面因素的综合考量与协同作用,只有梳理清楚影响碳排放效率的因素,才能从根本上切断产生大量二氧化碳的源头。其中,学者们研究最多的影响碳排放效率的主要因素有能源结构、技术进步、城镇化水平以及经济增长等(龙云安等,2023)。首先,能源结构是影响碳排放效率的关键因素之一。将传统的化石能源向清洁能源转变,如太阳能、风能和水能,可以有效减少碳排放(周琪等,2023;宋青等,2023)。同时,提高能源利用效率对于提升碳排放效

率也是必不可少的一环，通过采用更高效的生产技术和工艺可以减少能源消耗，有助于降低碳排放（吴泓翰和徐玖平，2023；黄德春等，2023）。其次，韩先锋等（2023）和余红伟等（2024）认为加大对绿色低碳技术的投资和清洁能源的使用，促进绿色技术创新与产业升级，可以有效减少碳排放。绿色低碳技术包括节能建筑、智能交通、碳捕获与存储等，通过对绿色低碳技术的广泛使用能极大降低能源消耗，提升能源利用效率，从根本上减少碳排放。清洁能源的广泛使用，如太阳能、风能和水能等，则可以替代传统化石能源，有助于减少碳排放，提升碳排放效率，推动绿色可持续发展。吴泓翰和徐玖平（2023）认为应该进行适当的政府干预，通过政企合作制定并实施相应的政策和措施，鼓励碳减排和碳排放效率的提升。对于城镇化水平，田云和卢奕亨（2023）认为城市化进程常伴随着工业化和交通运输的增加，大量工厂和企业的建设以及城市交通运营导致了能源消耗的增加，而能源消耗主要以化石燃料为主，如煤炭、石油和天然气等，它们在燃烧过程中会产生大量的二氧化碳等有害气体，从而导致碳排放量显著上升，环境质量显著下降。王玉娟等（2021）指出，城市化的过程不只会导致城市碳排放增加，另一方面也为节能减排提供了机会，通过优化城市规划、推广公共交通等措施，可以降低碳排放量，提升碳排放效率。对于经济增长，邹秀清等（2023）以京津冀地区为研究对象，通过实证检验京津冀地区政府对绿色低碳发展的倡导是否产生了效果，实证结果表明经济增长对碳排放效率确实存在显著的正向影响。张永年（2023）的研究表明经济增长对碳排放效率的影响呈现“U”型的变化趋势。孙浩和郭劲光（2024）研究了中国 231 个地级市的经济增长水平对碳排放效率的影响，发现对于地区经济增长的目标管理的实践中，目标设定的过高通常会对地区碳排放效率产生不利影响，特别是地方政府规定硬性指标，严格要求企业追求过高的经济效益，此时对碳排放效率的负面效应会更加显著。相反，若地方政府采取较为灵活的软约束策略，则有助于地区碳排放效率的提升。

1.2.3 关于数字金融对碳排放效率影响的研究

随着数字技术的快速发展和对金融行业的深度渗透，数字金融开始成为生产力的重要一环，也开始对各行各业产生影响。其中，学者们对于数字金融影响环境治理方面的研究更多聚焦于数字金融影响碳排放量（王元彬等，2022；王军等，

2022; 廖珍珍和茹少峰, 2022; 范庆倩和封思贤, 2022)、碳排放强度(张元庆等, 2023; 苏培添和王磊, 2023; 李寿喜和张珈豪, 2023)以及在碳减排方面所起到的作用(王守坤和范文诚, 2022; 王巧和尹晓波, 2022; 孙慧等, 2022)等, 而关于数字金融对碳排放效率影响的相关研究尚显不足, 因此, 本文先通过梳理对碳排放量影响的相关研究来探究数字金融在环保减碳方面的发展历程。过往文献展现了数字金融与碳排放量之间关系的三种不同类型: 第一种是数字金融可以显著降低地区二氧化碳排放总量。王元彬等(2022)通过机器学习检验了数字金融的发展对地区碳排放量的显著抑制作用, 以及通过机制检验首次明确了数字金融是通过数字技术产业化和传统产业数字化两大核心途径来抑制碳排放量的。第二种观点是数字金融的发展会显著增加碳排放量。王军等(2022)研究了数字金融对家庭碳排放量的影响, 发现数字金融的发展会通过扩大消费规模、升级消费倾向以及增加支付便利性对家庭碳排放量存在显著的促进作用, 而政府环境治理的加强和居民环保意识的提升可以缓解数字金融导致的碳排放量的增加。第三种观点是数字金融的发展对碳排放量呈现出倒“U”型关系。廖珍珍和茹少峰(2022)以我国 281 个地级市为研究对象, 运用系统 GMM 模型检验了数字金融与碳排放之间呈现倒“U”型关系, 以及存在区域异质性, 东部地区这一关系显著, 而中部和西部地区则不存在显著的倒“U”型关系。范庆倩和封思贤(2022)也得出了同样的结论, 不同的是将数字金融对碳排放的影响进一步分解成了增产效应和节能效益, 在两种效应的博弈下数字金融对碳排放的影响表现出先增后减的趋势。

对于数字金融影响碳排放效率, 姚凤阁等(2021)以中国 30 个省份为研究对象进行实证检验, 发现数字金融的发展可以以提升绿色技术创新水平为路径来对城市碳排放效率产生正向促进作用, 并且具有数字金融维度异质性和区域异质性。邓荣荣和张翱翔(2021)以城市的维度研究了数字金融对碳排放绩效的影响及机制。通过分别探究数字金融对碳排放强度和碳排放效率的影响, 综合分析了碳排放绩效的变化趋势。研究指出数字金融的发展对碳排放强度存在显著的抑制作用, 对碳排放效率存在显著的促进作用, 从而综合提升了碳排放绩效, 并且明确了经济增长、技术创新和产业结构升级作为中介变量的重要作用。

1.2.4 文献评述

通过对以往现有文献的梳理,发现关于数字金融和碳排放效率单独的研究非常丰富,但是将两者纳入到一个主题的研究较为欠缺。目前,对于数字金融对碳排放效率影响研究的主流观点有两种。一方面是数字金融的发展会增加能源消耗和二氧化碳排放量,从而导致碳排放效率降低;另一方面是数字金融的发展能够促进绿色技术创新和产业结构向低耗能、低排放的第三产业倾斜,从而减少经济发展对化石能源的依赖,最终使得二氧化碳排放量降低,碳排放效率提升。基于此,本文将关于数字金融的发展对城市碳排放效率究竟是正向促进作用还是反向抑制作用,以及数字金融是通过何种路径影响城市碳排放效率的进行深度挖掘探究。此外,本文认为关于数字金融与碳排放效率之间的相互关系还存在以下几点拓展空间:第一,现有文献对数字金融的经济高质量发展效应、贫困地区减贫效应以及居民消费效应的关注较多,对于数字金融通过降低二氧化碳排放量,提升碳排放效率方面的研究还尚不充分。第二,从分维度角度看,数字金融的不同维度与城市碳排放效率之间存在什么关系,以及在不同地区数字金融与碳排放效率之间的关系是否存在差异都是需要进一步探究的内容。第三,关于数字金融是通过何种路径影响碳排放效率的相关研究还有待进一步加深。在已有的绿色技术创新、产业结构升级和经济规模扩张以外,投资的碳生产率是否可以作为数字金融影响碳排放效率的中介机制?需要进一步研究。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容

本文的各章布局如下:

开篇为引言部分。本章着重探讨本文的研究背景及意义,旨在阐述本研究的必要性和价值所在。其次,本章还对国内外相关文献、资料进行梳理与总结,并详细介绍了全文撰写的大体思路、研究方法、创新之处以及全文框架。

第二章致力于清楚界定数字金融和碳排放效率的概念本质,并深入探讨与其相关的理论基础。本章先根据以往文献中对数字金融与城市碳排放效率的定义和内涵进行梳理,再纳入自己对两者的理解,最终凝结成本文中的概念说明。本章还详细介绍了研究中涉及到的理论基础,包括可持续发展理论、外部性理论以及

金融排斥理论。

第三章着重分析了数字金融以及碳排放效率的发展现状。通过对 2011 年至 2021 年之间全国范围内共计 282 个地级市的面板数据为基础,运用 DEA 方法准确测算了各城市的碳排放效率。为了揭示各城市碳排放效率和数字金融发展的动态变化趋势,本章通过数字可视化对比分析了不同区域碳排放效率和数字金融指数的均值、中位数及核密度。

第四章是数字金融的发展对城市碳排放效率的影响机制分析。本章提出了数字金融作用于城市碳排放效率的四种影响机制,分别为技术创新、投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张。

第五章着重于实证分析及检验数字金融对城市碳排放效率的复杂影响。本章对于数字金融及其不同维度与城市碳排放之间的关系利用双固定效应模型来探究,并进一步进行了内生性及稳健性检验来确保结果的可靠性。此外,为了更全面地理解数字金融影响城市碳排放效率的路径,本章运用中介效应模型验证了四种影响路径。最后,考虑到我国不同地区之间存在经济发展、产业结构等方面的差异,根据地理位置将全国划分为三部分来检验并分析地区之间的差异。

最后一章主要是对研究结论进行归纳总结并根据结论提出相应的对策建议。

1.3.2 研究方法

(1) 文献归纳法。搜集和深入研读国内外相关文献、资料和图书,系统梳理了前人在该领域的研究成果并提炼出具有指导意义的关键结论,在此基础上,探索现有文献中尚未充分探究的研究空间,从而为本文的研究提供理论支持。

(2) 理论分析法。通过对数字金融以往文献的系统梳理,理清了数字金融影响城市碳排放效率的理论机制,在此基础上,构建了理论框架并进一步做出了两者之间传导机制的研究假设。

(3) 计量分析法。本文采用了多种计量模型以全面实证检验数字金融的发展与城市碳排放之间的关系,以及两者之间的作用路径,并且为了确保实证结果的可靠性和一致性,还进行了内生性和稳健性检验。最后,为了探究在不同地区两者之间关系的差别,还进行了异质性分析。

1.4 创新之处

第一，在现有文献研究较多的绿色技术创新、产业结构升级以及经济增长的三种作用机制的基础上，增加了投资的碳生产率这一作用机制，本文通过理论分析和实证检验验证了投资的碳生产率的中介效应，丰富了现有文献对数字金融影响城市碳排放效率路径机制研究的维度。

第二，本文引入国家 2016 年出台的《G20 数字普惠金融高级原则》这一政策，通过外生政策冲击检验，采用双重差分法（DID）探究数字金融外生政策冲击对城市碳排放效率的影响。由于《G20 数字普惠金融高级原则》没有试点城市，难以找到同期完全不受影响的对照组，因此本文以数字金融指数的细分维度——数字金融使用深度作为衡量地区数字金融发展水平的指标，通过中位数的方式划分对照组和实验组，进而进行 DID 检验。

1.5 研究技术路线

本文将研究框架以技术路线图的形式呈现，更清晰更直观的展现出了本文的研究思路以及工作流程，如下图 1.1 所示。

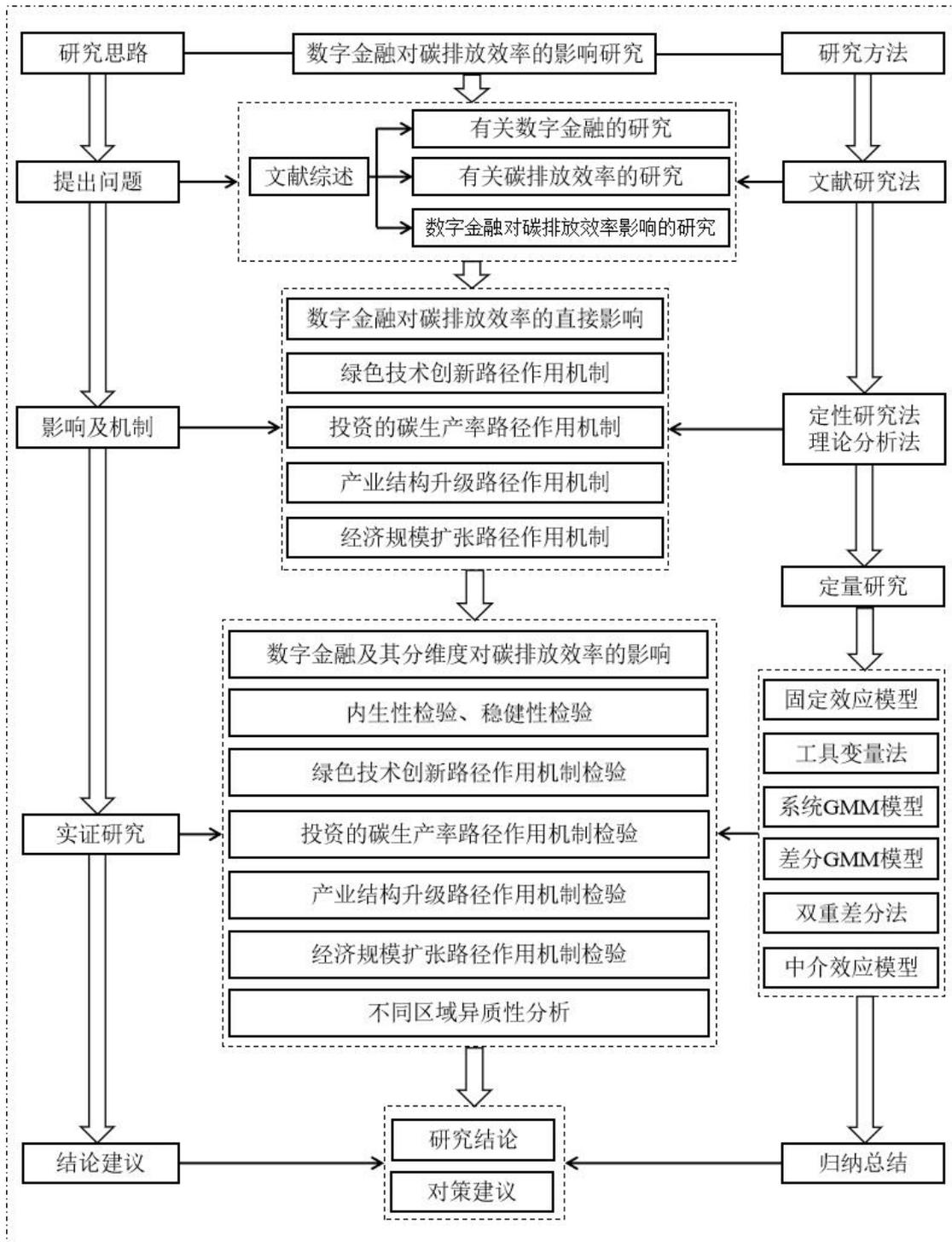


图 1.1 研究技术路线图

2 相关概念与理论基础

2.1 概念界定

2.1.1 数字金融

本文首先需要明确界定数字金融的定义和内涵。数字金融，简而言之，即是将数字技术与金融业深度融合，以互联网为线上平台使金融服务得以更加便捷快速地触达广大用户，以大数据分析用户信息使金融决策更加准确和科学以及供需双方匹配更加精准，以云计算的应用则进一步提升了金融服务的处理能力和数据存储安全性，数字金融的发展扩大了包容性金融服务所能覆盖的范围，推动了金融服务的普惠化进程（郭峰等,2020）。通过数字技术对金融的赋能，金融能够更加精准地满足不同群体的需求以及扩大服务范围，有效缓解了传统金融普遍存在的门槛过高、覆盖面不全以及融资成本过高等问题，因此数字金融正逐步崛起成为金融发展的重中之重（向洁等，2021）。

2.1.2 碳排放效率

在深入研究碳排放效率这一概念之前，需要先明确碳排放的基本内涵。通过回顾相关文献得知，碳排放和碳排放量主要是指二氧化碳从各种来源，包括工业排放、汽车尾气以及生物呼吸排放等等途径释放到大气中的过程以及释放的数量。为了全面、准确且客观地描述各城市的碳排放量水平，本文采用了中国碳核算数据库（简称 CEADS）中的城市层面碳排放量数据。而对于碳排放效率，则是指在生产、运输和消费过程中，单位产出的碳排放量。为了更全面地评估碳排放效率，学者们提出了多种方法，其中随机前沿方法(SFA)和数据包络分析方法(DEA)是主流选择。对于 SFA，可以帮助决策者在多个竞争目标之间进行权衡，以达到碳排放效率的最优化。对于 DEA，研究内容比 SFA 更为丰富，DEA 方法也相较于 SFA 更受欢迎，原因在于它避免了对生产函数的主观设定，并能够更好地处理多个投入产出要素。尽管 SFA 是以经济理论为基础，能够刻画生产过程的细节，但它需要提前设定好生产函数并对数据进行标准化处理，而这些步骤就可能

会引入主观性和不确定性。相对而言，DEA 是通过线性最优化方法来估算效率值，这可以避免因主观设定生产函数而产生的误差，因此，在国内外学者的研究中，更倾向于运用 DEA 来测定效率值。

2.2 理论基础

2.2.1 可持续发展理论

可持续发展理论可以追溯到 20 世纪 70 年代初，在那时，全球范围内开始兴起了环境保护运动，人们开始意识到工业化和经济增长给环境带来的负面影响，例如空气污染、水污染以及自然资源过度开发等。到 1972 年联合国召开了首次关于环境问题的国际会议——人类环境会议，强调了环境问题的严重性，并呼吁人们采取行动保护地球环境。这次会议对可持续发展理论的形成起到了重要作用，也使人们开始认识到经济增长必须与保护环境相结合。1973 年的“布鲁塞尔经济与环境保护促进大会”进一步加强对经济发展与环境保护之间关系的认识，提出了“可持续发展”的概念，即经济发展必须符合环境保护的原则，以保证未来世代的发展需求。可持续发展理论认为经济发展、社会进步和环境保护应该相辅相成，形成一个永续的发展模式。可持续发展的目标是实现经济增长、社会公平和环境保护的平衡，以满足当前的需求，同时确保不会削弱未来世代的发展机会，而城市碳排放效率的提升正是兼顾了社会发展和环境保护，因此，可持续发展理论符合本文研究观点。

2.2.2 外部性理论

19 世纪末到 20 世纪初，马歇尔等人第一次发现并且定义了外部性，即市场交易可能对第三方产生的影响未必会在市场价格中得到充分反映。这是第一次学术界对外部性概念有了初步探讨和认识。到 20 世纪后半叶，随着环境经济学和公共经济学等领域的兴起，外部性理论逐渐得到重视并进行了深入研究和发展。学者们开始探讨外部性对经济活动的影响，并建立了与之相关的理论框架和模型，如庇古的外部性理论以及科斯的外部性交易理论等，从不同角度阐述了外部性的产生、影响和解决方法。随着学术界对外部性理论的深入理解，政府和国际组织

逐渐意识到外部性对经济和社会的重要影响,并开始采取政策措施来应对外部性问题,例如税收、补贴、法规、交易许可制度等,使得外部性内部化,将市场变得更为规范、有效。其中,庇古的外部性理论主张,当市场交易的一方对第三方产生了负面影响时,市场无法有效地处理外部性问题,导致资源配置出现偏离理想状态。这种情况下市场价格不能反映全部成本,因此会出现社会成本超过私人成本的情况。庇古主张,政府应当通过对负外部性施加税收,或者通过对正外部性提供补贴的方式来内部化外部性,以提升社会效率。科斯的外部性交易理论对庇古的观点进行了挑战和补充。科斯认为,当存在外部性问题时,私人行为可能会通过谈判和协商的方式解决外部性问题,而无需政府干预。碳排放是一个典型的负外部性问题,企业在生产过程中,若是没有使用绿色技术而造成大量碳排放,不仅会导致自身能源利用效率低下,生产效率低下,还会对环境造成负面影响,因此,应考虑碳排放的外部性问题。

2.2.3 金融排斥理论

20世纪70年代以后,发展经济学开始受到关注,学者们开始关注发展中国家和较贫困地区的经济问题,以及开始意识到普及金融服务对经济发展的重要性,并开始研究金融市场中的排斥现象。到20世纪90年代之后,金融包容性研究成为一个独立的研究领域,学者们开始关注金融服务的普及程度以及金融服务对经济社会所产生的影响。金融包容性研究强调了金融服务的普及性对促进经济增长、减少贫困、提高社会包容性等方面的重要性,进一步推动了金融排斥理论的发展。在经过了大量的实证研究后证明了金融服务的普及性对经济发展和社会包容性具有重要影响,而金融排斥现象可能导致资源配置效率低下、经济增长受阻和社会不公等问题,从而进一步加深了人们对金融排斥问题的认识和研究。金融排斥理论旨在解释为什么一些人或群体无法获得或利用金融服务的现象,强调了是金融市场中存在的不完全信息和市场失灵问题导致了金融排斥现象的发生。因此,解决金融排斥问题需要政府和金融机构采取相应的措施,如提供金融教育、推动金融创新、降低金融服务的成本、改善金融监管等,以促进金融包容和金融服务的普及。数字金融通过互联网及信息技术手段实现金融服务的普及和优化,可以为那些较为偏远的地区以及无法享受到传统金融服务,也就是被传统金融服务体

系排斥在外的群体提供新的金融服务渠道,因此,金融排斥理论应该被考虑在内。

3 数字金融与碳排放效率的现状分析

3.1 数字金融的现状分析

3.1.1 数字金融发展现状

本小节首先以全国各城市数字金融指数的平均值和中位数为基础,比较分析在 2011-2021 年间数字金融发展情况的平均水平和一般水平,从而充分了解我国数字金融整体的发展趋势,具体情况如图 3.1 所示。

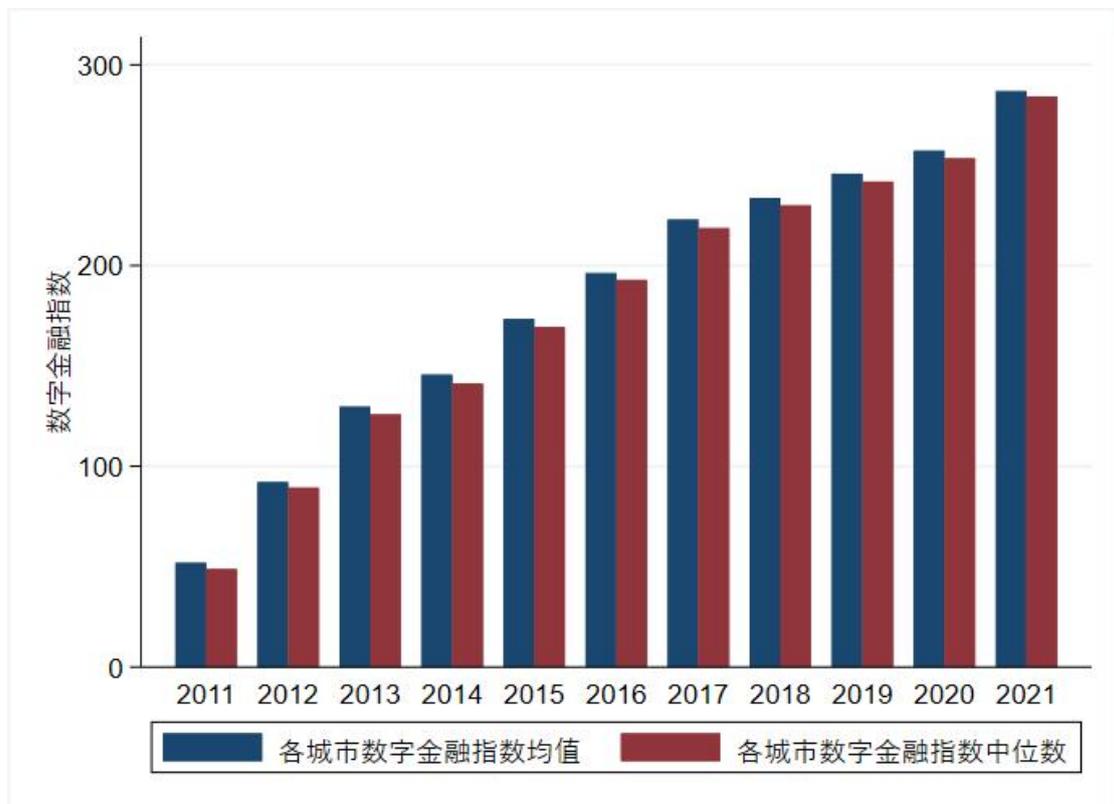


图 3.1 2011-2021 数字普惠金融指数的中位数和均值

由图 3.1 可知,从整体上来看,数字金融的发展水平存在持续且稳定的增长态势。具体来说,中位数与均值的发展轨迹相契合,同时也与总体水平的发展轨迹相契合,并且均值与中位数之间的差距越来越小,说明数字金融发展的均衡性在逐渐增强,并且正在步入一个更为稳定增长的阶段。

其中,均值在 2011-2021 年的十年间,从 51.903 增长到 286.876,增长率为

13.3%；中位数从 48.835 增长到 284.272，增长率为 13.8%，由此可见，数字金融正在迅猛发展。

图 3.1 仅显示了数字金融总指数的变化情况，而数字金融不同维度的发展趋势还尚不明确，因此，下图 3.2 展现了数字金融和不同维度均值的变化趋势，从而更加全面的展示数字金融的发展情况，具体如下图 3.2 所示。

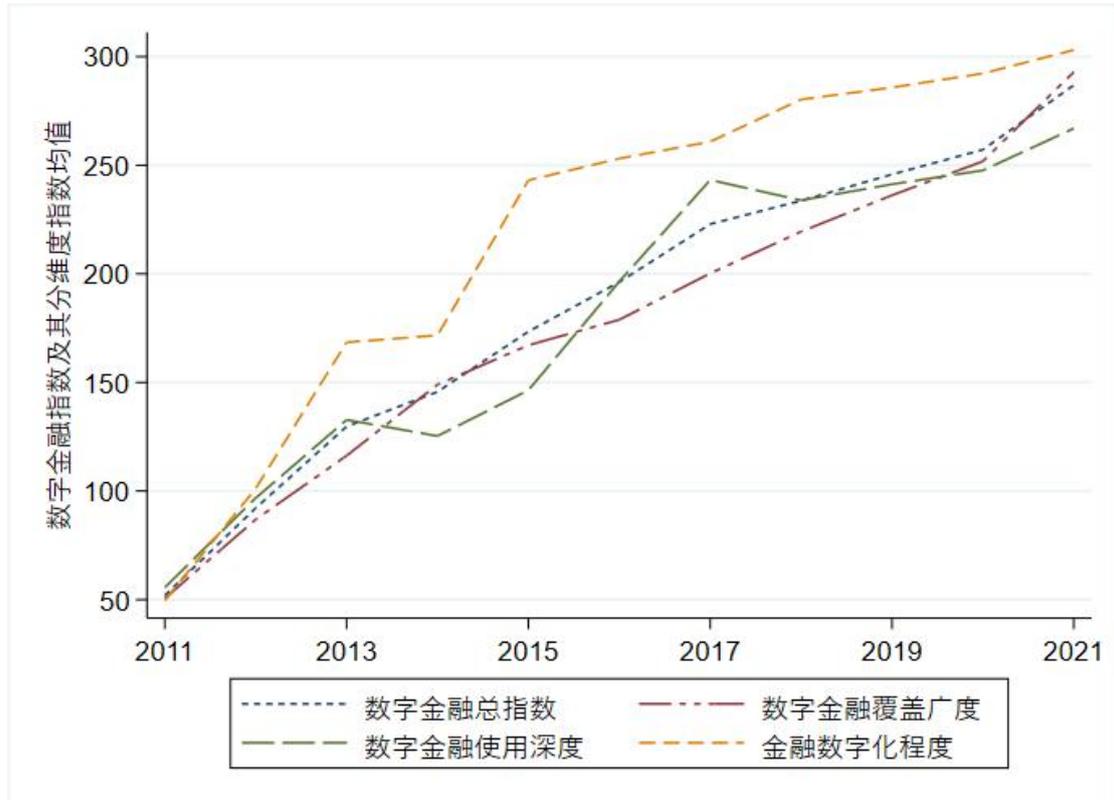


图 3.2 2011-2021 数字金融及其分维度均值变化情况

由图 3.2 可知，数字金融的发展不论是总指数还是分维度指数，均呈现出稳定上升的发展趋势。从覆盖广度来看，2011 到 2021 年保持着持续上升的状态，表明数字金融的业务覆盖范围在逐步扩大。从使用深度来看，相较于覆盖广度和数字化程度上下浮动较大，在 2011-2021 年间出现过短暂下降的情况，但总体的上涨趋势更为迅猛，整体处于波动式增长状态。从数字化程度来看，对比其他维度，数字化程度指数在 2012 年之后的每一年均稳居第一，但波动性也较大，其中，2013-2014 年的增长幅度几乎为 0，2015-2018 年以及 2018-2021 年均增长较之前变得缓慢，也处于波动式增长状态。总体来看，数字金融总指数及其分维度指数在 2011-2021 年间呈现出迅猛的增长态势。

3.1.2 数字金融分布动态

核密度估计本质上就是对概率密度函数的估计。Epanechnikov 函数作为一种特定的核函数，能够有效滤除局部噪声对函数的影响。此外，通过减少计算量，Epanechnikov 函数还可以提升运算速度，因此，学者们对其广泛使用。本文估算数字金融的变化及分布情况也通过 Epanechnikov 函数。具体如图 3.3 所示。

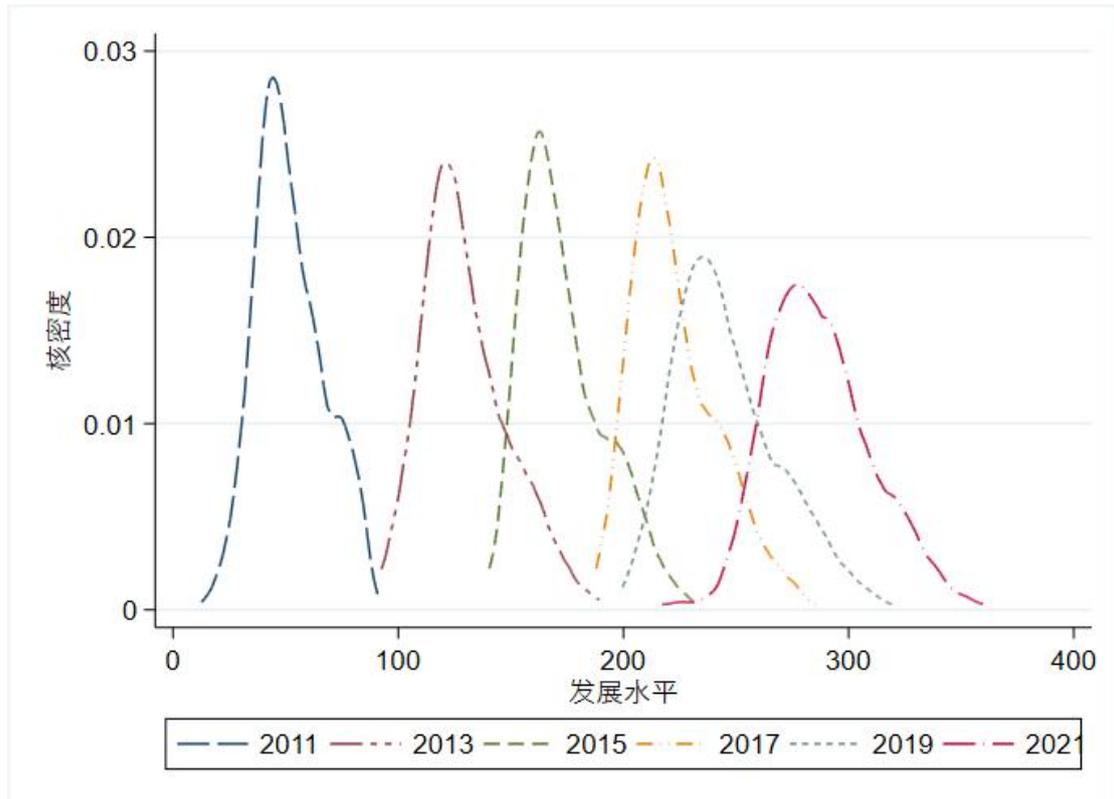


图 3.3 数字金融核密度图

图 3.3 直观展示出了数字金融发展的分布情况。从不同年份核密度图的分布来看，核密度曲线在逐年向右移动，表明数字金融的发展水平在逐年提升。从峰值特征上来看，峰值从高到低逐年下降，带宽不断扩大，从尖峰逐渐变为宽峰，说明数字金融的发展水平在各地级市之间的差距随着年份在逐渐变大。从形状上看，核密度曲线的波峰整体偏向于单峰形态，说明在 2011-2021 年间，数字金融发展情况中的两极分化以及多极化趋势都不明显。

3.2 碳排放效率的现状分析

3.2.1 碳排放效率发展现状

不同地区的二氧化碳排放量存在较大差异,碳排放效率自然也会存在地区差异性,为了深入研究我国不同地区对数字金融与城市碳排放效率之间的关系是否有影响,本文将我国 282 个地级市及以上区域划分为东中西三部分。随后进行对比分析,验证不同地区与全国范围的碳排放效率的差异性与趋同性,具体如下图 3.4 所示。

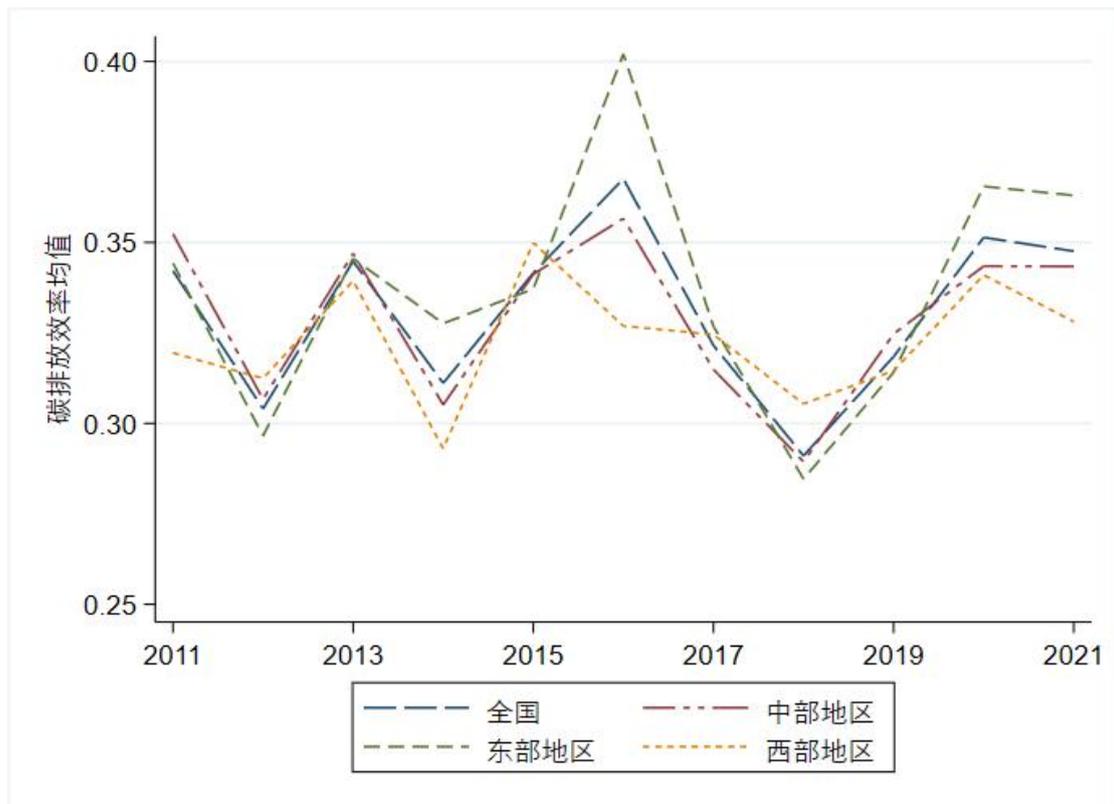


图 3.4 不同区域碳排放效率分布图

根据图 3.4 可以看出,在 2011-2021 年间全国以及三大地区的碳排放效率一直处于大幅度波动状态,其中,西部地区相较于其他地区来说波动较为缓和,而东部地区则波动最为剧烈,并且东部地区碳排放效率绝大多数时候高于全国碳排放效率水平,中部和西部则低于全国碳排放效率水平,说明东部沿海城市经济发达、科技创新效率高以及高水平人才充足,使得东部地区的碳排放效率远远高于其他地区,也表明了碳排放效率巨大的地区差异性,这一巨大差异性可能是由于各地区不同的资源禀赋条件、地理位置优势以及国家战略布局而造成的。从图中可以明显看到,东部、中部地区以及全国的碳排放效率均在 2016 年达到峰值,

可能是由于国家出台的一些政策所影响的，比如在 2014、2015、2016 三年颁布了三批“宽带中国”试点城市以及 2016 年出台的《G20 数字普惠金融高级原则》，使得数字经济、数字金融赋能碳减排效应取得良好结果。在 2018 年三大地区以及全国的碳排放效率均达到了最低值，可能是因为碳排放效率存在一定的周期性，根据 2011-2015 年的变化趋势可以看出碳排放效率存在周期性，但是由于 2014-2016 年的政策冲击以及政策冲击滞后性的影响，最终碳减排效应在 2016 年反映出来，造成碳排放效率周期性的后移，但是随着政策效应的衰减以及周期性的矫正原则，使得 2018 年的碳排放效率达到最小值。总体来看，我国不同区域的碳排放效率之间存在显著差异，即东部最高，中部次之，西部最低，并且均处于大幅度波动状态。

3.2.2 碳排放效率分布动态

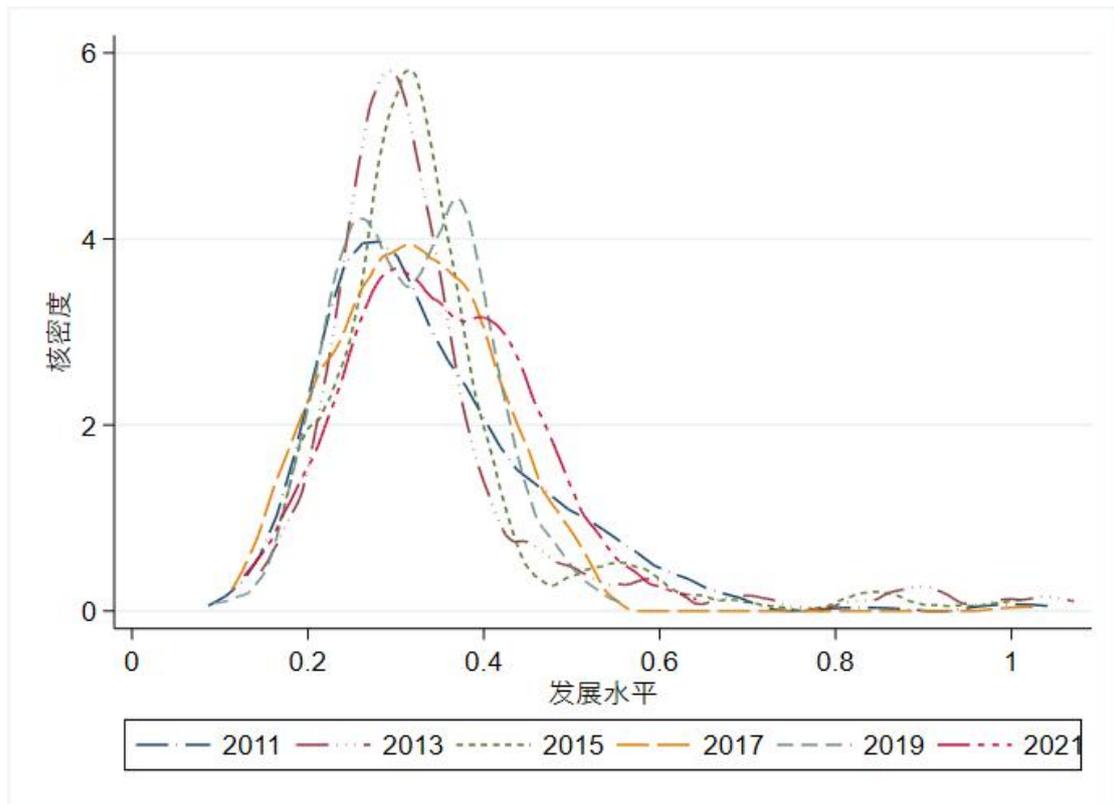


图 3.5 碳排放效率核密度图

图 3.5 呈现了 2011、2013、2015、2017、2019 以及 2021 年碳排放效率的核密度图，可以直观的展示碳排放效率水平的分布情况。从核密度曲线的形态上分析，不同年份的曲线形态相似，只是高低有所不同，大体上均呈现出一种弱多峰

的形态，反映出碳排放效率在不同层级间存在明显区别。从峰值和带宽上来看，峰值先上升，达到最大值后下降，带宽则差别不大，暗示了各城市之间碳排放效率的发展差距先缩小再扩大。此外，右拖尾表明碳排放效率的发展水平差异较大，存在个别城市远超其他城市的现象，总体上呈现出“收敛→极化”的变化过程。

4 数字金融对碳排放效率的影响及机制分析

通过对相关文献的仔细梳理和深入剖析以及对理论基础的分析 and 拓展,本章系统性地推导了数字金融及其细分维度的发展对城市碳排放效率的直接影响,并进一步挖掘了数字金融作用于城市碳排放效率的四种影响机制。本章研究的作用有三:其一,丰富了数字金融影响城市碳排放效率的理论基础与研究范围;其二,为文章后续的实证分析研究奠定了扎实的理论基础;其三,为深入探究数字金融在助力城市碳减排中的作用奠定了强有力的支撑。

4.1 数字金融对碳排放效率的直接影响分析

数字金融与传统金融有着明显区别,比如业务运作模式。数字金融基于大数据、互联网等数字技术,本质上就具备了明显的低碳特征。因此,本文将数字金融与城市碳排放效率之间的复杂关系从以下层面来谈论:

第一,数字金融的快速发展对于金融业来说无疑是一场突破性的变革,极大改变了以往传统金融的业务运作模式。数字金融的核心优势在于通过数字技术极大降低了传统金融业务运作时产生的运营成本。而传统金融由于缺少数据共享和数据流通性导致的信息不对称和道德风险则需要投入大量资源建立数量庞大的实体网点以及雇佣过多的劳动力来规避,这就导致了高昂的成本开支以及金融服务效率也会大打折扣(汪亚楠等,2023)。相比之下,数字金融随之产生的新型金融业务如移动支付、线上借贷、数字人民币等,已彻底颠覆了传统金融的业务运作方式,打破了时空的束缚,并极大减少了居民对传统银行柜台的依赖,以及数字金融优化了业务办理流程,精简了管理结构等,有效避免了实体网点基础设施建设成本、能源消耗以及人力成本,从而减少了城市碳排放量,提升了城市碳排放效率。

第二,数字金融可以通过信息化的平台完成绿色服务、拓宽环保事业参与方式、提高绿色生活意识以及传播低碳生活理念。数字金融利用数据共享整合了用户对各类服务的需求、建立了环保数据库,为用户助力低碳环保提供了更为轻松便捷的方式。例如各种二手平台,用户将手中的闲置资源在平台上自由交易,减少了资源的浪费。此外,数字金融还可以利用数字技术搭建环保平台向用户传播

绿色理念。还可以添加线上环保活动,让用户足不出户就可以参与到绿色事业中,例如支付宝平台的蚂蚁森林项目。故本文提出如下假设:

假设 1: 数字金融对城市碳排放效率的提升具有正向促进作用。

假设 2: 数字金融三个维度均对城市碳排放效率的提升具有正向促进作用。

4.2 数字金融对碳排放效率的作用机制分析

4.2.1 绿色技术创新路径作用机制

在响应国家绿色低碳发展的号召中,企业受到盈利与环保的双重约束,从而对创新新型绿色技术产生巨大需求(冯素玲等,2023)。然而,企业想要进行绿色技术创新则需要大量且持续的资金来支持绿色技术的研发工作,若是仅靠企业内部资金则很可能出现资金供给不足或资金链断裂等情况,导致绿色技术的研发工作中断或终止(张建鹏和陈诗一,2021),但数字金融的出现和发展能很好地缓解这一难题,数字金融可以降低企业的融资门槛,为企业注入资金活力,从而缓解企业的资金压力,推动绿色技术研发工作继续进行,提升碳排放效率。

对于数字金融的发展有效缓解了企业融资压力以及金融资源配置不当等问题,从而促进了企业绿色技术创新这一重要作用体现在以下几个方面:第一,随着数字金融的发展,金融服务的普惠性以及便捷性也在显著提升,激发了消费者和投资者对资本市场的参与热情及投资需求,这又反过来推动了资本市场对绿色低碳企业的资金供给,形成了数字金融、资本市场以及绿色低碳企业之间的良性互动,从而促进了绿色技术的研发工作。第二,数字金融通过数字技术极大克服了传统金融所遇到的风险鉴别、信息处理以及代理服务方面的难题,数字技术有助于银行能更精准地识别且评估风险项目,从而减少对高排放高污染项目的注资,加大对绿色技术企业的金融支持力度。第三,数字金融的发展可以广泛汇集和高效整合数据资源,实现资源配置更加合理,还可以利用数字技术构建贷款信用审批模型,提升企业的融资空间和额度,使企业摆脱以往对固定资产抵押的融资模式,减轻融资压力。随着企业为绿色技术创新注入资金活力,激发了企业的创新热情,特别是能源管理与污染治理等需要绿色技术创新的领域,极大减少了企业生产所产生的单位能耗量,从而减少碳排放,提升碳排放效率。故本文提出假设

3a:

假设 3a: 数字金融可以通过绿色技术创新来提升碳排放效率。

4.2.2 投资的碳生产率路径作用机制

数字金融的发展可以扩大在投资以及生产过程中数字化技术的应用范围,使得生产过程变得更加智能化、自动化、绿色化,从而提升在生产过程中的能源利用效率、废物回收效率以及生产效率,以及智能化系统能够更精确地调整资源分配和 workflow,减少无谓损失,从而达到在投资生产的过程中,在相同产出的情况下,消耗更少能源和排放更少二氧化碳的目的,从而提升投资的碳生产率,进而提升碳排放效率。通过对投资生产过程中的大量数据进行深入分析,企业能够发现并优化高碳排放环节,进一步提升生产过程中的能源利用效率,降低单位投资的碳排放量,提升投资的碳生产率,提升碳排放效率。此外,数字金融衍生出的数字化供应链管理有助于降低运输和物流过程中的碳足迹。通过实时监控和优化供应链管理,企业可以减少库存积压、提高运输效率,从而减少整个供应链所产生的二氧化碳排放,达到提升投资的碳生产率的目的。数字金融平台也为绿色清洁技术和可再生能源项目提供了更多的融资途径。通过数字金融,中小投资者能够更容易地参与到清洁技术和可再生能源领域,促进了对低碳技术和可再生能源项目的投资,减少对高排放能源的依赖,进而减少单位投资的碳排放量,提升投资的碳生产率。而投资正是经济增长和碳排放的重要驱动力,投资的碳生产率表示进行一单位固定资产投资所产生的二氧化碳排放量的 GDP 产出水平,因此,提高投资的碳生产率是实现低碳转型的基本途径。投资的碳生产率的提高意味着在相同产出的情况下,能够消耗更少的能源和排放更少的二氧化碳,从而提升碳排放效率。因此,提高投资的碳生产率是实现低碳转型的基本途径,以及低碳投资促进了低碳产业的发展,对提高碳排放效率也起着至关重要的作用(Fan 等, 2022; Lyubich 等, 2018)。故本文提出假设 3b:

假设 3b: 数字金融可以通过提升投资的碳生产率来提升碳排放效率。

4.2.3 产业结构升级路径作用机制

生产效率的提升则代表企业在生产中单位能耗减少,单位产出增加,从而达

到碳排放效率提升的目的。因此，产业结构升级在社会绿色低碳发展以及中国可持续发展的进程中均扮演着至关重要的角色。而要实现产业结构的科学升级，关键在于金融资源能否在生产率高的领域进行合理且高效的配置。数字金融利用数字技术正好可以有效解决这一问题，显著提升金融资源配置效率，加速推进产业结构升级，从而减少碳排放，提升碳排放效率。

数字金融机构借助于互联网、大数据等数字技术，可以精准计算投资项目的投资收益率、整合企业的信息披露数据以及增强风险识别能力，从而更准确地评估投资项目的潜在价值和发展前景。通过数字技术精准匹配资源供需双方，提升配置效率，引导金融资源向生产率高、前景好的产业流动，实现从供给侧发力，推动绿色低碳产业迅猛发展，达到产业结构升级的目的(李晓龙和冉光和, 2021)。在致力于产业结构升级的过程中，生产要素的合理配置至关重要，这有助于提高生产效率、推动高能耗高污染高排放产业向新型绿色低碳产业转型，从而减少二氧化碳排放量，提升碳排放效率。此外，影响城市碳排放效率的重要因素还有以重工业为主的第二产业在社会产业结构中占比较大(刘海英和郭文琪, 2022)，应重点关注第二产业的转型升级，加大向第三产业的侧重发展以控制能源消耗以及污染排放。故本文提出假设 3c:

假设 3c: 数字金融可以通过产业结构升级来提升碳排放效率。

4.2.4 经济规模扩张路径作用机制

金融机构可以利用数字技术从而降低交易成本、有效汇集那些游离于传统金融机构体系之外的金融资源，减少资源浪费，在通过数字化处理，将金融资源转化为高效便捷的资本供给，为绿色低碳行业提供信贷支持。此外，金融机构可以利用数字技术搭建数字化平台，将以往传统的线下金融服务业务转移到线上平台，简化了业务操作流程，节约了运营成本以及突破了时空限制，使异地办理业务成为现实，并且优化了资本配置。进一步，数字金融基于数字化、便捷化、普惠化的特点，能够帮助初创小微企业解决融资过程中面临的成本高、难度大、审核严等问题。随着融资环境的改善，企业的生产效率也随之提升，为经济增长奠定基础。此外，通过梳理过往文献，发现一种典型的非线性倒“U”型关系存在于经济规模扩张和人均碳排放之间，这一关系符合“环境库兹涅茨曲线”(EKC)(许

广月和宋德勇，2010）。在经济发展初期，国家的发展战略重点在于基础设施建设以及重工业建设，只有粗放型生产模式才能达到经济规模大幅度扩张的目的，因此，导致了大量的能源损耗与污染排放；但随着经济进一步发展到某一特定水平时，居民对良好生活环境的渴望以及政府追求绿色可持续发展的愿望日渐凸显，从而政府会加大对污染治理的投资力度以减少碳排放，提升碳排放效率。根据目前的研究成果显示，在未来一段时间内，经济规模扩张将对碳排放起到抑制作用（赫永达等，2021），从而提升碳排放效率，实现经济发展与绿色环保的双赢局面。故本文提出假设 3d：

假设 3d：数字金融可以通过经济规模扩张来提升碳排放效率。

5 数字金融对碳排放效率的实证分析

5.1 指标选取与数据来源

5.1.1 指标选取

(1) 被解释变量

本文的被解释变量为碳排放效率（CEE）。参考马大来等人（2015）、王少剑等人（2020）的研究，采用超效率 SBM 模型来测算各城市的碳排放效率值，投入要素设定为劳动力数量、资本存量以及能源消耗总量，非期望产出设定为各城市的碳排放量，期望产出设定为各城市的实际 GDP。在衡量劳动力数量时，本文选取了年末从业人数；衡量资本存量，借鉴了单豪杰（2008）测算基期资本存量的方法，以 2011 年为基年，根据最新数据进行了更新；衡量能源消耗总量，采用了将各类能源消费统一折算为标煤的方法。在期望产出和非期望产出的衡量方面，则分别以 2011 年为基年的实际 GDP 和碳排放量来表示。

(2) 核心解释变量

本文的核心解释变量为数字金融（DF）。将北京大学联合蚂蚁集团编制的数字普惠金融指数（郭峰等，2020）作为本文数字金融的衡量指标，该指数详细测算了我国各地区数字普惠金融的发展水平，并细分了三个维度的指数：数字金融覆盖广度（DFcb）可以直观反映出数字金融服务的普及程度；使用深度（DFud）体现了数字金融工具种类的日益丰富以及便捷高效的服务用户；金融数字化程度（DFdd）聚焦于更加便捷性、联通性以及普及性等方面，反映了数字金融与先进数字技术的紧密融合。本文通过实证检验三个子维度对碳排放效率的影响来进一步理解数字金融对于助力碳减排的作用（邓荣荣和张翱翔，2021）。

(3) 中介变量

①绿色技术创新效率（GTIE）。参考现有文献及考虑到数据的可得性，本文选取城市当年申请的绿色发明专利数和当年申请的绿色实用新型专利数之和加一后取自然对数，作为衡量创新产出的指标，选取一般公共预算支出中的科学技术支出加一后取自然对数，来作为创新投入（蒋仁爱等，2021），利用创新产出与创新投入的比值来衡量各地级市的创新效率。

②投资的碳生产率（INV）是由固定资产投资的碳生产率来衡量的，参考 Lyubich 等人（2018）和 Fan 等人（2022），先计算出碳生产率=GDP/碳排放量，然后再利用碳生产率与固定资产投资的比值即可得到投资的碳生产率。投资是经济增长和碳排放的重要驱动力，而投资的碳生产率表示进行一单位固定资产投资所产生的二氧化碳排放量的 GDP 产出水平，因此，提高投资的碳生产率是实现低碳转型的基本途径。提高投资的碳生产率，通俗来讲就是一单位投资所产生的碳排放可以有更高的生产率，所以提高投资的碳生产率可以提升碳排放效率。

③产业结构（IS）的优化升级是数字经济发展水平的重要体现，同时，产业结构的变化也会反向影响数字金融的发展，因此，应该考察产业结构优化升级在数字金融与城市碳排放效率之间的中介效应。本文的产业结构通过第二产业增加值与地区 GDP 的比值来衡量。

④经济规模（ES）采用人均实际 GDP 表示。根据环境库兹涅茨曲线可知，经济增长与人均碳排放之间存在一个显著的倒“U”型关系，在数字金融发展初期，经济规模扩张，经济规模与人均碳排放之间呈现正相关关系，故碳排放增加，随之碳排放效率下降；而到数字金融发展至成熟期，经济规模依然扩张，但此时经济规模与碳排放呈现负相关关系，故碳排放减少，随之碳排放效率提升。通过对相关文献的深入研究，发现我国现阶段正处于经济规模与碳排放存在负相关关系的状态，数字金融的发展将通过经济规模扩张来减少碳排放，提升碳排放效率（赫永达等，2021）。因此，应该考察经济规模在数字金融与城市碳排放效率之间的中介效应。

（4）控制变量

本文选取如下城市层面的控制变量：人均收入（PCI）用地区 GDP 占城市人口总数的比重得到；人口密度（PD）以地区总人口占城市行政区划面积的比重来表示；人力资本（HC）以地区普通高等学校人数占地区总人口数的比重来衡量；能源消耗（EC）以人均耗电量来刻画；金融发展水平（FD）以金融机构年末信贷规模占地区 GDP 的比重来估计；外商直接投资（FDI）以实际利用外商投资额占地区 GDP 的比重来表示；科技支持（TECH）以科技财政支出占财政总支出的比重来衡量；环境规制强度（ER）用各地政府工作报告中环保相关词频（包括“绿色”“低碳”“二氧化碳”“减排”“环保”“环境保护”“污染”“能耗”“空

气”“二氧化硫”“生态”“PM10”和“PM2.5”）表征的环境保护规制强度来表示。

表 5.1 变量选取及测度说明

变量类别	变量名称	测度方法
被解释变量	碳排放效率	超效率 SBM 模型测算得出
解释变量	数字金融	北大《数字普惠金融指数》
	覆盖广度	
	使用深度	
	数字化程度	
中介变量	绿色技术创新效率	创新产出占创新投入的比重
	投资的碳生产率	碳生产率占固定资产投资的比重
	产业结构	第二产业增加值占地区 GDP 的比重
	经济规模	人均实际 GDP
控制变量	人均收入	地区生产总值占城市人口总数的比重
	人口密度	地区总人口占城市行政区划面积的比重
	人力资本	地区普通高等学校人数占地区总人口的比重
	能源消耗	人均耗电量
	金融发展	金融机构年末存贷款总额占地区 GDP 的比重
	外商直接投资	实际利用外商投资额占地区 GDP 的比重
	科技支持	地区科技财政支出占地区财政总支出的比重
	环境规制强度	各地政府工作报告中环保相关词频

资料来源：作者自行整理而得。

5.1.2 数据来源及检验

为了保证数据的可得性、完整性和口径一致性，文本最终选取了 2011-2021 年间 282 个地级市及以上城市（不涉及港澳台地区）的观测值作为研究样本。所选用的数据主要来源于《中国城市统计年鉴》、《中国互联网发展统计公报》以及各地政府工作报告。其中，数字金融的数据取自北京大学公布的《数字普惠金融指标体系与指数编制》；各城市碳排放量的数据取自 CEADS 数据库；城市绿

色实用新型专利申请总量和城市绿色发明专利申请总量均来源于 CNRDS 中国研究数据服务平台。部分缺失值采用线性插补法和临近年均值法补齐。本文所用变量的描述性统计如表 5.2。

表 5.2 变量描述性统计

变量	代码	样本量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
碳排放效率	CEE	3102	0.331	0.117	0.025	0.308	1.071
数字金融	DF	3102	5.111	0.520	2.834	5.280	5.885
数字金融覆盖广度	DFcb	3102	5.051	0.574	0.631	5.199	5.918
数字金融使用深度	DFud	3102	5.086	0.518	1.456	5.261	5.870
金融数字化程度	DFdd	3102	5.262	0.603	0.993	5.535	6.365
绿色技术创新效率	GTIE	3102	0.303	0.289	-0.184	0.250	4.524
投资的碳生产率	INV	3102	0.087	0.214	0.001	0.050	6.484
产业结构	IS	3102	0.452	0.110	0.003	0.459	0.821
经济规模	ES	3102	10.749	0.566	8.773	10.723	13.056
人均收入	PCI	3102	10.734	0.686	8.730	10.654	13.185
人口密度	PD	3102	5.749	0.929	1.628	5.896	8.151
人力资本	HC	3102	0.020	0.025	0.000	0.010	0.211
能源消耗	EC	3102	14.096	0.900	11.102	14.034	16.568
金融发展	FD	3102	2.271	4.397	-4.512	1.248	77.054
外商直接投资	FDI	3102	0.016	0.018	-0.003	0.011	0.199
科技支持	TECH	3102	0.017	0.017	-0.007	0.012	0.207
环境规制强度	ER	3102	0.003	0.002	-0.004	0.003	0.012

资料来源：作者根据 Stata17.0 整理而得。

5.2 数字金融对碳排放效率的直接影响分析

5.2.1 模型构建

为检验上述研究假设，首先建立普通面板基准回归模型，实证检验数字金融

对碳排放效率的直接影响:

$$CEE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5-1)$$

式(5-1)中,下标*i*代表城市,*t*代表年份;被解释变量*CEE*为城市*i*在*t*年的碳排放效率;核心解释变量*DF*为城市*i*在*t*年的数字金融总指数;*X_{it}*为地区级控制变量的合集;*μ_i*表示城市固定效应;*δ_t*表示年份固定效应;*ε_{it}*表示随机扰动项。

5.2.2 回归结果分析

基准回归的结果如下表 5.3 所示。M(1)列是不添加控制变量,只有被解释变量和核心解释变量之间的关系,而 M(2)列则添加了八个控制变量之后的回归结果。从结果可得知,在不添加控制变量时,数字金融的发展表现出对城市碳排放效率显著的正向促进作用,而加入控制变量之后,数字金融依然正向促进城市碳排放效率,证明了基准回归的稳健性,同时也证明了假设 1 的成立。因此,应该充分利用数字金融的优势,在各行各业发挥其碳减排的效果,助力我国早日实现双碳目标。

表 5.3 基准回归结果

变量	M(1) CEE	M(2) CEE
DF	0.017*** (2.82)	0.013** (2.19)
PCI		0.007 (0.80)
PD		0.066** (2.09)
HC		0.175 (0.66)
EC		-0.022*** (-2.85)
FD		0.002* (1.70)
FDI		0.591*** (4.61)
TECH		0.442*** (3.10)

续表5.3 基准回归结果

变量	M(1) CEE	M(2) CEE
ER		1.549 (1.64)
Cons	2.138 (1.14)	1.298 (0.61)
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes
R ²	0.287	0.337
N	3102	3102

注:括号内为t统计量; **、*、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

资料来源: 作者根据Stata17.0整理而得。

此外,从控制变量的回归结果上来看,人均收入的系数为正,但是并不显著,可能的原因在于:随着经济的发展和人均收入的提高,生产技术和生产方式也在不断进步升级,从而降低能源损耗,降低单位能源利用所产生的碳排放。然而,技术进步并不是随着人均收入的增加而均匀分布的,可能存在一定的滞后性或地域性,导致系数不显著。此外,随着人均收入的增加,人们的消费模式可能会发生变化,在交通、取暖等方面可能会产生更多的碳排放,这种变化可能抵消了人均收入提高对碳排放效率的积极影响,从而导致系数不显著。人口密度回归系数显著为正,表明人口密度的增加有利于碳排放效率的提升,因为人口密度的增加有利于实现规模效应,提高产业集聚过程中基础设施及资源要素的利用效率,从而降低单位产出的碳排放,使得碳排放效率提升。人力资本回归系数为正,表明人力资本水平的提高会提升城市碳排放效率,因为高质量人才可以促进生产效率和技术的提升,可以创造适用于生产的新型绿色低碳技术,从而提升碳排放效率,但这一结果未通过显著性检验,说明人力资本对碳排放效率的影响不明显。能源消耗回归系数显著为负,表明能源消耗增加会导致碳排放效率降低,因为能源消耗是碳排放的主要来源之一,通过提高能源利用效率,可以减少能源消耗,进而减少碳排放,提升碳排放效率,但是能源消耗增加会导致二氧化碳排放量增加,进而导致单位产出的碳排放增加,从而导致碳排放效率的降低。金融发展水平回归系数显著为正,表明金融发展水平的提升会提升碳排放效率。一方面,金融发展可以为技术创新提供资金支持,促进新技术和新产品的研发和应用,从而提高

能源利用效率,降低碳排放,提升碳排放效率;另一方面,金融发展可以通过优化资源配置,引导资金流向低排放、高附加值的产业,推动产业结构向绿色、低碳方向升级,从而提升整个经济体的碳排放效率。外商直接投资回归系数显著为正,表明外商直接投资的增加会提升碳排放效率,因为外商直接投资可能带来新的、更高效的碳减排技术和生产方式,外商投资的企业通常拥有先进的生产技术和设备,这些技术和设备有助于提高资源利用效率和能源利用效率,减少能源浪费和环境污染,从而提升碳排放效率。科技支持回归系数显著为正,表明科技支持的增加会提升碳排放效率。科学技术水平的提升可以促进清洁能源、低碳技术的研发和应用,从而降低高耗能、高排放的传统产业的比例,从而优化产业结构,减少碳排放。环境规制强度回归系数为正,但并未通过显著性检验,说明目前环境治理方面的投入对提升城市碳减排效率起到了一定的作用,但这种作用还没有显现出来,存在一定的滞后性。

5.3 数字金融发展各维度对碳排放绩效的影响

5.3.1 模型构建

为检验数字金融三个维度分别对城市碳排放效率所产生的影响,同时也为验证研究假设,本文建立双固定效应模型:

$$CEE_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5-2)$$

式(5-2)中,下标*i*代表城市,*t*代表年份;被解释变量*CEE*为城市*i*在*t*年的碳排放效率;核心解释变量*D*依次为城市*i*在*t*年的数字金融覆盖广度(DFcb)、数字金融使用深度(DFud)、金融数字化程度(DFdd);*X_{it}*为地区级控制变量的合集;*μ_i*表示城市固定效应;*δ_t*表示年份固定效应;*ε_{it}*表示随机扰动项。

5.3.2 回归结果分析

如下表5.4,本文分别关于数字金融三个维度对城市碳排放效率的影响进行了估计。结果表明,三个维度对城市碳排放效率均存在显著的正向促进作用,故假设2成立。但值得注意的是,覆盖广度的显著性只在10%的水平,说明覆盖广

度对于城市碳排放效率的提升作用不明显。出现这一结果，本文认为覆盖广度这一指标对于衡量对城市碳排放效率的影响还不够准确，因为数字金融还并未覆盖到全国每一个角落，在较为偏远落后的地区，数字金融几乎起不到任何作用，因此，对于碳排放效率的影响也展示得并不全面，这可能是导致在实证结果上显著性偏低的主要原因。对于使用深度这一维度，结果表明对城市碳排放效率存在显著的正向促进作用，并在 1% 的显著性水平下显著，说明使用深度对于碳减排具有明显效果。本文认为使用深度越深，表明该地区对于数字数字金融的利用率越高，掌握度越好，因此，也容易发挥出数字金融的碳减排效应。对于数字化程度这一维度，结果表明对城市碳排放效率也存在显著的正向促进作用，并在 1% 的显著性水平下显著，说明数字化程度对于提升城市碳排放效率也具有显著作用。本文认为，数字化程度越高的地区，可以实现数字产业化和传统产业数字化，从而将环保低碳打造成产业链，可以极大提升碳排放效率。通过对三个维度系数的观察，发现使用深度的系数远高于其他两个维度，说明使用深度对城市碳排放效率的影响作用最大。

表 5.4 数字金融分维度对城市碳排放效率的影响

变量	数字金融覆盖广度	数字金融使用深度	金融数字化程度
	CEE	CEE	CEE
DFcb	0.012* (1.85)		
DFud		0.020*** (3.72)	
DFdd			0.009*** (2.69)
PCI	0.008 (0.82)	0.016* (1.78)	0.003 (0.34)
PD	0.070** (2.20)	-0.001** (-0.02)	0.070** (2.19)
HC	-0.125 (-0.47)	-1.509*** (-5.89)	-0.137 (-0.51)
EC	0.021*** (2.75)	0.017** (2.31)	0.024*** (3.09)
FD	0.002* (1.68)	0.002** (2.28)	0.001 (1.27)
FDI	0.581*** (4.47)	0.508*** (4.08)	0.654*** (5.02)

续表5.4 数字金融分维度对城市碳排放效率的影响

变量	数字金融覆盖广度	数字金融使用深度	金融数字化程度
	CEE	CEE	CEE
TECH	-0.435*** (-3.01)	-0.478*** (-3.45)	-0.441*** (-3.05)
ER	1.493 (1.57)	1.259 (1.37)	1.380 (1.45)
Cons	0.894 (0.45)	3.582* (1.79)	0.429 (0.25)
Year	Yes	Yes	Yes
City	Yes	Yes	Yes
R ²	0.335	0.363	0.331
N	3102	3102	3102

注:括号内为 t 统计量; **、*、* 分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

资料来源:作者根据 Stata17.0 整理而得。

5.4 内生性检验

本文采取工具变量法试图缓解不易计量的因素影响以及反向因果等内生性问题,参考邓荣荣和张翔祥(2021)的研究,构建了滞后一期的数字金融指数($DF_{i,t-1}$)和数字金融指数一阶差分($\Delta DF_{i,t-1}$)的乘积($DF_{i,t-1} \times \Delta DF_{i,t-1}$)作为数字金融的工具变量(IV)。选取IV的原则有三点:第一,IV与解释变量相关。本文的IV是滞后一期的数字金融指数与数字金融一阶差分的乘积,自然与本文的解释变量数字金融相关。;第二,IV具备外生性。本文数字金融的数据取自全国282个地级市,其中任一地级市出现变动对其整体趋势的影响微乎其微,因此,从单个城市的角度来看,该IV可视为外生。;第三,IV的排他性。既然是数字金融指数的变体形式,自然只能先影响数字金融,再通过数字金融影响其他因素,因此,满足排他性。根据上述三点原则,本文构建了数字金融的IV。随后本文通过2SLS对数字金融与城市碳排放效率之间的内生性问题进行检验,结果如表5.5。第一阶段的回归结果验证了IV是有效的,其回归系数显著为正,说明IV与数字金融存在显著的正相关关系,以及不可识别检验和弱工具变量检验结果均表明本文选取的IV是有效的。第二阶段的结果就是在排除了内生性问题对基准回归影响后的结果,数字金融依然对城市碳排放效率存在显著的正向促进作用,与前文基准回归的结果一致,故证明基准回归是稳健的。

表 5.5 数字金融对城市碳排放效率的内生性检验结果

2SLS 第一阶段回归结果		2SLS 第二阶段回归结果	
变量	DF	变量	CEE
$DF_{i,t-1} \times \Delta DF_{i,t-1}$	0.648*** (2.56)	DF	0.025** (1.94)
Controls	Yes		Yes
Year	Yes		Yes
City	Yes		Yes
R ²	0.474		0.473
N	3102		3102
Kleibergen-Paap rk LM statistic	4.529 0.033		
Cragg-Donald Wald F statistic	29.141 {7.03}		

注: () 内为稳健标准误, ||内为 p 值, { } 内为 Stock-Yogo 弱识别检验 10%水平上的临界值。

资料来源: 作者根据 Stata17.0 整理而得。

5.5 稳健性检验

5.5.1 替换估计模型

为增加结果的稳健性, 本文采用了更具效率的系统GMM模型和差分GMM模型替换双固定效应模型进行估计。由AR序列的自相关检验和Sargan过度识别检验结果表明, 通过了模型适用性检验。回归结果如表5.6所示, 数字金融的发展对碳排放效率仍然存在显著的正向促进作用, 证明了基准回归结果的稳健性。

表 5.6 替换估计模型的回归结果

变量	SYS-GMM	DIF-GMM
	CEE	CEE
DF	0.024*** (16.37)	0.033*** (11.57)
Cons	0.770*** (47.72)	0.975*** (12.32)
Controls	Yes	Yes
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes

续表5.6 替换估计模型的回归结果

变量	SYS-GMM	DIF-GMM
	CEE	CEE
AR(1)	0.000	0.000
AR(2)	0.129	0.118
Sargan	0.441	0.298
N	2538	2256

注:括号内为t统计量; **、*、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

资料来源:作者根据Stata17.0整理而得。

5.5.2 一阶滞后处理

为避免由于双向因果导致的内生性问题以及探究自变量对因变量影响可能存在的时滞性,本文进行了核心解释变量数字金融的一阶滞后处理,表5.7中展示了数字金融一阶滞后项的回归结果。M(1)列是没有添加控制变量的回归结果,M(2)是加入了全部控制变量后,数字金融一阶滞后项L.DF的回归系数依然在至少10%的显著性水平下与城市碳排放效率呈显著正相关关系,与前文结果一致,证明了前文回归结果的稳健性。

表5.7 一阶滞后处理的回归结果

变量	M(1)	M(2)
	CEE	CEE
L.DF	0.007** (2.53)	0.008* (1.68)
Cons	0.278*** (9.68)	-0.673** (-2.45)
Controls	No	Yes
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes
R ²	0.247	0.283
N	2820	2820

注:括号内为t统计量; **、*、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

资料来源:作者根据Stata17.0整理而得。

5.5.3 剔除部分样本

考虑到 2020 年发生了影响全球宏观经济的新冠疫情, 本文将删去 2020 年及之后的特殊样本, 以此来排除内生性的干扰。表 5.8 展示了在剔除 2020 年及之后的特殊样本后的回归结果。若在此情况下核心解释变量的显著性仍与前文结论保持一致, 则表明回归结果较为稳健。在表 5.8 中的 M (1) 列展示了只有核心解释变量和被解释变量的回归结果, M (2) 则展示了添加进控制变量后的回归结果。可以看到不论是 M (1) 还是 M (2), 数字金融的回归系数均为正, 且均在 1% 的显著性水平下显著, 与前文基准回归的结果一致, 验证了前文实证结果的稳健性。

表 5.8 删减部分样本的回归结果

变量	M (1) CEE	M (2) CEE
DF	0.042*** (7.01)	0.039*** (6.57)
Cons	15.242*** (6.64)	14.327*** (5.54)
Controls	No	Yes
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes
R ²	0.362	0.444
N	2538	2538

注: 括号内为 t 统计量; ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

资料来源: 作者根据 Stata17.0 整理而得。

5.5.4 外生冲击检验

考虑到国家 2016 年出台的《G20 数字普惠金融高级原则》这一政策, 本文将以这一政策为切入点, 考察数字金融外生政策冲击对碳排放效率的影响。《G20 数字普惠金融高级原则》是在杭州 G20 峰会上提出的, 主要包括八项原则, 分别是: 倡导利用数字技术推动普惠金融发展、平衡好数字普惠金融发展中的创新与风险、构建恰当的数字普惠金融法律和监管框架、扩展数字金融服务基础设施生态系统、采取数字金融措施保护消费者、重视消费者数字技术基础和金融知识普及、促进数字金融服务的客户身份识别、监测数字普惠金融进展 (孙天琦, 2016)。这是国际社会关于数字普惠金融发展的共识, 旨在推动各国加强数字技术在金融

领域的应用（张正平等，2019）。

基于此，本文选取各城市的碳排放效率作为研究对象，以2016年出台的《G20数字普惠金融高级原则》为自然实验，采用双重差分法（DID）考察数字金融政策变化对各城市碳排放效率的影响。考虑到《G20数字普惠金融高级原则》没有进行试点，难以找到同期完全不受影响的对照组，因此需要另辟蹊径来构造合适的对照组。在没有自然对照组的情形下，为探究数字金融政策冲击对碳排放效率的影响，本文借鉴Aretz等人（2020）以及钱雪松等人（2022）的分组思路，以数字金融指数的细分维度——数字金融使用深度作为地区数字金融发展水平的度量，通过取中位数的方式划分对照组和实验组，进而进行DID检验。将实验组设为数字金融使用深度指数值较低的城市，将对照组设为数字金融使用深度指数值较高的城市，在此基础上运用DID方法检验数字金融政策变化对碳排放效率的影响。这一分组方法的具体逻辑在于，数字金融使用深度指数越高，表明数字金融在生产生活各个方面的利用率越高，政策变化所产生的效果越直观；反之，政策效果则不明显。因此，本文选取数字金融使用深度指数来检验《G20数字普惠金融高级原则》对碳排放效率产生的影响。

本文使用2011-2021年地级市社会经济环境面板数据进行实证研究。首先，计算2011-2021年数字金融使用深度指数的均值，然后基于均值平均等分将各地级市分为两组组，其中数字金融使用深度指数最高的1/2为对照组，最低的1/2为实验组（钱雪松等，2022），然后进行DID检验。模型如下式（5-3）：

$$CEE_{it} = \alpha + \phi_1 L_i \times T_t + \phi_2 L_i + \phi_3 T_t + \phi_4 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5-3)$$

式（5-3）中，下标 i 代表城市， t 代表年份；被解释变量 CEE 为城市 i 在 t 年的碳排放效率； L_i 和 T_t 均代表指示变量，若该城市位于实验组，则 $L_i = 1$ ，否则， $L_i = 0$ ；当样本观测值发生在2016年及以后，即《G20数字普惠金融高级原则》出台后， $T_t = 1$ ，发生在2016年之前，则 $T_t = 0$ ； ϕ_1 为 $L_i \times T_t$ 的回归系数，衡量数字金融政策冲击对城市碳排放效率的影响，即DID效应；其余变量定义与式（5-1）相同。

在采用双重差分法之前，需进行平行趋势检验，只有满足平行趋势假设，才能运用双重差分法检验《G20数字普惠金融高级原则》是否对城市碳排放效率产生显著影响。为了确保满足平行趋势假设，本文借鉴Campello和Larrain（2016）

的方法进行平行趋势检验，检验政策出台之前的2011年、2012年、2013年、2014年和2015年实验组和对照组的碳排放效率是否有显著差异。图5.1展示了在95%置信区间下 $L_i \times T_i$ 系数的估计结果。由图5.1可知，在政策实施前的5年， $L_i \times T_i$ 的系数均在0值附近且不显著，表明实验组和对照组的碳排放效率不存在显著差异，说明在政策出台之前两组碳排放效率维持着相同的变化趋势，满足双重差分检验的平行趋势假设。而在政策实施后的前三年，系数均显著为正，表明《G20数字普惠金融高级原则》对碳排放效率产生了显著的正向促进作用，但在政策实施的第四年，系数变为不显著，说明政策的出台对碳排放效率的影响衰减。此外，《G20数字普惠金融高级原则》在2016年出台，实施的第四年正好的2020年，而2020年发生了影响全球的新冠肺炎疫情，对宏观经济的运行造成了严重影响，对政策提升碳排放效率造成负面影响也是必然的。因此，一方面是政策的影响衰减，另一方面是新冠肺炎疫情的负面影响，从而导致了政策在第四年对碳排放效率的提升作用不显著。接着，本文使用双重差分法对该政策出台后数字金融影响城市碳排放效率的效应进行了估计，结果如表5.9所示。表中的M（1）列展示的是只有核心解释变量和被解释变量之间的关系，而M（2）列展示的是添加了控制变量之后的回归结果。两列回归结果均显示， $L_i \times T_i$ 的系数 ϕ_1 显著为正，表明《G20数字普惠金融高级原则》的出台提升了城市碳排放效率，也证明前文的实证结果是稳健的。此外，本文还借鉴马述忠等人（2023）以及王锋和葛星（2022）的研究进行了安慰剂检验，进一步验证政策效应的稳健性。由图5.2可以看到，通过随机抽样的系数估计值的核密度分布以及 P 值的回归系数均服从正态分布，并且 P 值大多都分布在0.1以上，即系数在10%的水平下不显著，说明随机生成的处理组的政策效应不显著，而根据政策制定的处理组的政策效应显著。 $L_i \times T_i$ 的系数为0.052，距离 P 值的散点图非常远，表明随机抽样得到的系数与实际系数差距很大，证明之前的回归系数不是随机得来的，受到其他因素的影响较小。以上分析表明通过了安慰剂检验，验证了政策效应的稳健性。

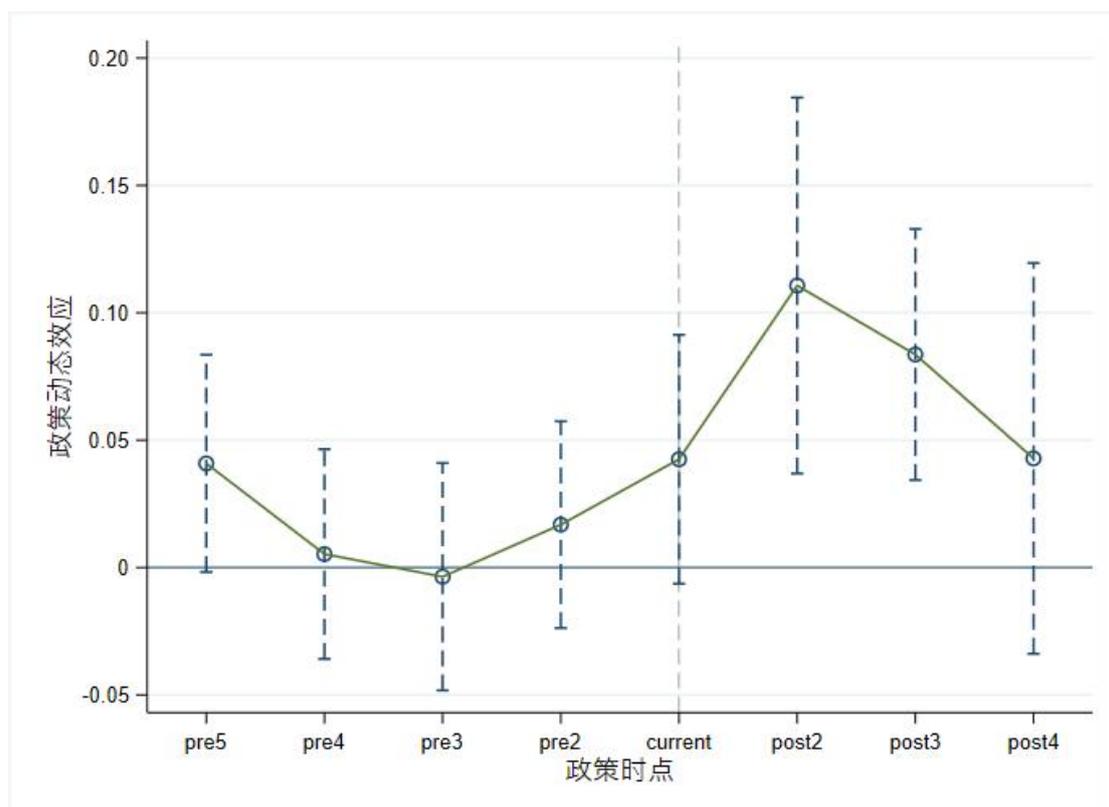


图5.1 平行趋势检验

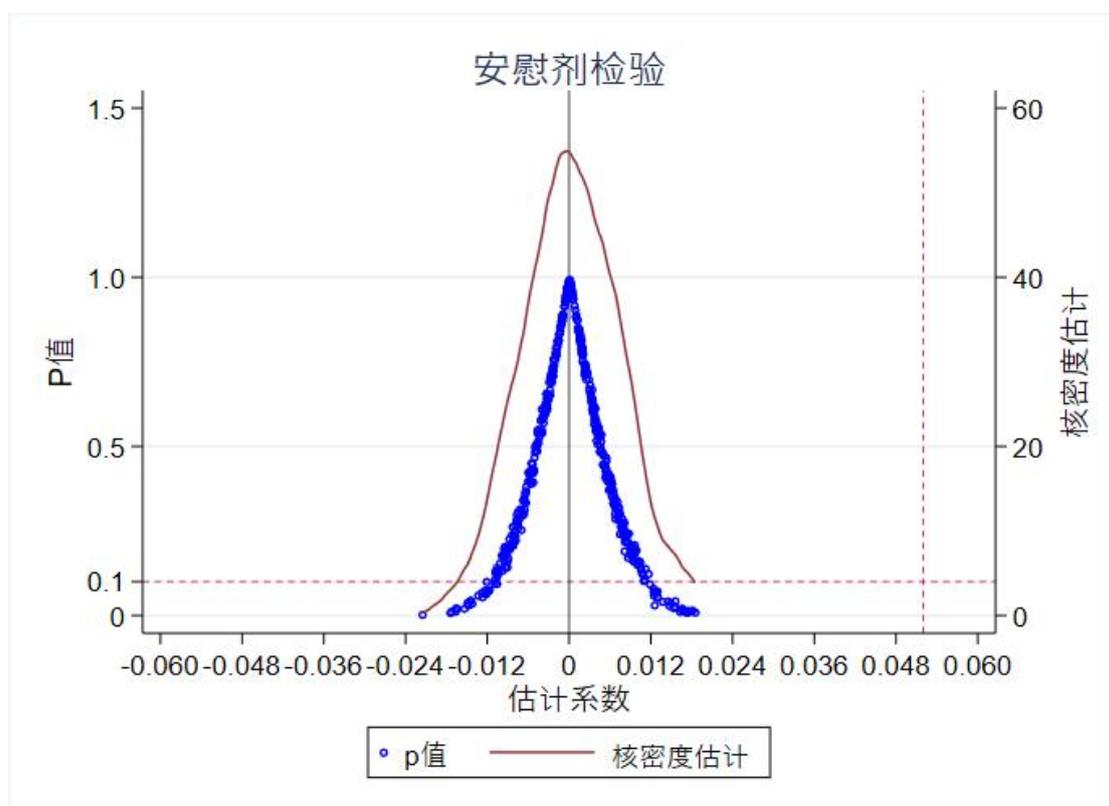


图5.2 安慰剂检验

表 5.9 数字金融外生政策冲击对碳排放效率影响的回归结果

变量	M(1) CEE	M(2) CEE
$L_i \times T_t$	0.048** (2.567)	0.052*** (2.648)
Cons	0.375*** (28.536)	0.956** (2.557)
Controls	No	Yes
Year	Yes	Yes
City	Yes	Yes
R ²	0.109	0.111
N	3082	3082

注:括号内为t统计量; **、*、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

资料来源:作者根据Stata17.0整理而得。

5.6 数字金融对碳排放效率的作用机制检验

5.6.1 中介效应模型设定

本文在之前的篇幅中只探究了数字金融及其不同维度的发展对城市碳排放效率的直接影响,并没有详细探究数字金融影响城市碳排放效率的作用机制,在这一小节本文将利用中介效应模型对上述两者之间产生影响的作用机制进行分析。通过第四章的理论机制分析以及文献梳理,本文认为数字金融的发展主要通过四种渠道来对城市碳排放效率产生作用,分别是提高绿色技术创新效率、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张。因此,本文将利用中介效应模型对上述四种作用路径进行检验,为避免传统三步法存在的内生性问题,本文采用江艇(2022)两步法中介效应进行分析。第一步为数字金融对碳排放效率的回归,即基准回归,结果显著通过。第二步,将因变量碳排放效率换为四个中介变量,分别是绿色技术创新效率、投资的碳生产率、产业结构水平和经济规模水平,然后建立如下模型:

$$M_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 DF_{it} + \lambda_2 X_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5-4)$$

在式(5-4)中:M表示4个中介变量,包括绿色技术创新效率(GTIE)、投资的碳生产率(INV)、产业结构水平(IS)和经济规模水平(ES);其余变

量定义与式 (5-1) 相同。

5.6.2 作用机制检验结果分析

在前文的理论分析中，表明数字金融的发展是通过提高绿色技术创新效率、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张四种渠道提升了碳排放效率。四组数字金融影响中介变量的回归结果均展示在表 5.10 中，结果显示数字金融与绿色技术创新效率、投资的碳生产率、产业结构水平以及经济规模水平均呈现显著的正向促进作用，这一实证结果与前文的理论分析一致。

表 5.10 数字金融对四个中介变量影响的回归结果

变量	M(1)	M(2)	M(3)	M(4)
	GTIE	INV	IS	ES
DF	0.155*** (4.54)	0.017*** (3.00)	0.003* (1.78)	0.059*** (14.19)
PCI	0.013* (1.67)	0.009*** (6.52)	0.151*** (65.86)	0.847*** (183.79)
PD	0.010*** (2.59)	-0.004*** (-6.19)	0.148*** (18.79)	0.023*** (9.03)
HC	0.765*** (5.27)	-0.106*** (-4.38)	-0.342*** (-5.16)	-1.346*** (-14.65)
EC	0.036*** (7.26)	-0.022*** (-27.24)	-0.018*** (-9.32)	0.001 (0.33)
FD	0.001 (0.91)	0.001*** (4.41)	0.001*** (3.06)	-0.010*** (-19.49)
FDI	-0.103 (-0.53)	-0.226*** (-6.95)	0.018 (0.55)	-0.385*** (-3.11)
TECH	-1.466*** (-6.29)	0.210*** (5.40)	-0.183*** (-5.10)	0.991*** (6.66)
ER	-6.921*** (-3.44)	-0.400 (-1.19)	-0.516** (-2.17)	-4.340*** (-3.48)
Cons	-1.078*** (-9.72)	0.239*** (12.93)	45.317*** (84.50)	1.285*** (27.71)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
City	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.207	0.355	0.982	0.966
N	3102	3102	3102	3102

注:括号内为 t 统计量; ***, **、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

资料来源:作者根据 Stata17.0 整理而得。

本文采用江艇（2022）两步法中介效应检验，参照方先明和胡丁（2023）对中介效应的分析方法进行分析，即中介变量对因变量数字金融的影响采用理论和文献论证。对于绿色技术创新作用机制，数字金融在 1% 的显著性水平下与绿色技术创新效率存在显著的正相关关系，表明数字金融的发展可以促进绿色技术创新效率的提升。而绿色技术创新效率的提高可以提升能源利用效率和资源利用效率，减少能源和资源浪费，从而提升碳排放效率。例如，通过研发和应用高效节能技术、清洁能源技术等，可以提高能源利用效率，减少化石能源的消耗，进而提升碳排放效率。此外，绿色技术创新还能够解决息不对称问题，提高碳金融市场效率，从而减少二氧化碳排放（廖珍珍和茹少峰，2022），以及推动产业结构的优化和升级，促进低碳、环保、可持续产业的发展，从而提升整个经济体的碳排放效率。例如，通过发展新能源、节能环保、循环经济等绿色产业，可以替代传统的高耗能、高排放产业，推动经济向绿色低碳方向转型。绿色技术创新还可以促进废弃物的减量化、资源化和无害化处理，降低废弃物处理过程中的碳排放。例如，通过研发和应用废弃物分类、回收、再利用等技术，可以实现废弃物的资源化利用，减少废弃物处理过程中的能源消耗和碳排放。因此，中介效应成立，数字金融可以通过提升绿色技术创新效率来提升碳排放效率，故假设 3a 成立。

对于投资的碳生产率作用机制，数字金融在 1% 的显著性水平下与投资的碳生产率存在显著的正相关关系，表明数字金融的发展可以促进投资的碳生产率的提升。而投资的碳生产率的提高意味着在相同产出的情况下，能够消耗更少的能源和排放更少的二氧化碳，从而提升碳排放效率。此外，投资是经济增长和碳排放的重要驱动力，因此，提高投资的碳生产率是实现低碳转型的基本途径，以及低碳投资促进了低碳产业的发展，对提高碳排放效率也起着至关重要的作用（Fan 等，2022；Lyubich 等，2018）。提高投资的碳生产率可以提升碳排放效率还体现在以下几个方面：第一，提高投资的碳生产率可以促进资源的有效利用，减少浪费，通过优化资源配置和加强资源回收利用，可以在减少资源消耗的同时，保持或提高产出，从而降低单位产出的碳排放强度。第二，投资的碳生产率的提高有助于推动产业升级和转型，如高碳高排放产业向低碳、清洁能源等产业的转型，可以减少高碳产业对环境的负面影响，同时促进可持续发展和绿色发展。第三，提高投资的碳生产率还可以为企业带来经济效益，通过降低能源成本和碳排放成本，

企业可以提高盈利能力，从而有更多的资源和资金投入研发和创新中，进一步促进技术进步和碳生产率的提升。因此，提升投资的碳生产率能够促进碳排放效率的提升，推动经济社会的可持续发展，中介效应成立，数字金融可以通过提升投资的碳生产率来提升碳排放效率，故假设 3b 成立。对于产业结构升级作用机制，数字金融与产业结构水平存在显著的正相关关系，表明数字金融的发展可以促进产业结构升级。而产业结构升级一方面可以使生产要素从低效率的部门和产业向高效率的部门和产业转移（Wang 等，2022；邓荣荣和张翱翔，2021），实现资源的优化配置，降低经济活动对稀缺资源的依赖程度，从而有利于碳排放效率的提升；另一方面还可以促进了环保法规和标准的制定和实施，这些法规和标准要求企业采取更严格的环保措施，减少污染排放，从而提高了碳排放效率；以及还促进了企业间的合作和产业链的优化，这使得资源得到更合理的配置，减少了浪费，也提高了碳排放效率。因此，产业结构升级能够促进碳排放效率的提升，中介效应成立，数字金融可以通过产业结构升级来提升碳排放效率，故假设 3c 成立。对于经济规模扩张作用机制，数字金融在 1% 的显著性水平下与经济规模水平存在显著的正相关关系，表明数字金融的发展可以促进经济规模扩张。根据环境库兹涅茨曲线可知，经济增长与人均碳排放之间存在一个显著的倒“U”型关系，在数字金融发展初期，经济规模扩张，经济规模与人均碳排放之间呈现正相关关系，故碳排放增加，随之碳排放效率下降；而到数字金融发展至成熟期，经济规模依然扩张，但此时经济规模与碳排放呈现负相关关系，故碳排放减少，随之碳排放效率提升。通过对相关文献的深入研究，发现我国现阶段正处于经济规模与碳排放存在负相关关系的状态，数字金融的发展将通过经济规模扩张来减少碳排放，提升碳排放效率（赫永达等，2021）。在现在以及未来一段时间内，经济规模扩张则可以给环保减碳带来更多的资金和研发投入，这有助于推动清洁能源和低碳技术的发展，减少高碳能源的依赖，从而提升碳排放效率。经济增长还促进了环保意识的提高和环保法规的完善，企业和个人更加注重环保和可持续发展，采取各种措施减少碳排放，形成了一个良好的低碳发展环境。因此，经济规模扩张能够促进碳排放效率的提升，中介效应成立，数字金融可以通过经济规模扩张来提升碳排放效率，故假设 3d 成立。

5.7 异质性分析

为探究区域位置的差异对城市碳排放效率是否有不同影响,也为科学反映我国不同区域的社会经济发展状况,本文根据地理位置将我国的经济区域划分为东部、中部和西部三大地区,并对不同地区的数字金融与城市碳排放效率之间的关系分别进行实证检验,结果如表 5.11 所示。对于东部地区和西部地区,数字金融的发展显著提升了城市碳排放效率,而在中部地区,数字金融对城市碳排放效率的影响并不显著,这一结果符合“中部塌陷理论”(安虎森和殷广卫,2009)。可能的原因有以下几点:第一,中部地区的历史发展基础相对较弱,相比于东部地区和西部地区,其产业基础和市场发展不够完善,导致科技创新能力相对较弱,缺乏高端人才和技能人才,这也制约了中部地区的经济发展,从而制约数字金融的发展,使得数字金融对碳排放效率的有利影响不明显。第二,中部地区各自发展,与周边城市缺乏关联度,再加上中原城市群规模相对较小,尚未发展壮大形成具备足够影响力和领导力的中心城市集群,故其难以有效地对整个中部地区的经济和社会发展产生积极的推动作用。因此,数字金融对碳排放效率的提升作用并不凸显。第三,由于中原地区拥有广阔平原,以及较好的土地资源,国家定位目标是重点农业发展地区,因此,导致中部地区的经济发展相对滞后,没有表现出数字金融对碳排放效率的提升作用。

表 5.11 不同区域数字金融对碳排放效率的异质性分析

变量	东部地区 CEE	中部地区 CEE	西部地区 CEE
DF	0.024* (1.81)	-0.002 (-0.22)	0.067*** (3.03)
PCI	0.010 (0.53)	-0.030** (-2.18)	-0.018 (-1.41)
PD	0.151*** (2.72)	-0.191*** (-3.38)	0.003 (0.53)
HC	-1.356** (-2.42)	-0.025 (-0.06)	0.140 (0.58)
EC	-0.012 (-0.89)	0.040** (2.47)	-0.005 (-0.54)
FD	0.001 (0.67)	-0.001 (-0.21)	0.010*** (3.28)

续表5.11 不同区域数字金融对碳排放效率的异质性分析

变量	东部地区	中部地区	西部地区
	CEE	CEE	CEE
FDI	0.559** (2.49)	1.508*** (7.87)	-0.700 (-1.02)
TECH	-0.047 (-0.18)	-0.114 (-0.49)	-0.528 (-0.87)
ER	2.360 (1.23)	-2.998** (-2.04)	-3.497 (-1.08)
Cons	3.078 (0.72)	-1.271 (-0.35)	18.874*** (2.64)
Year	Yes	Yes	Yes
City	Yes	Yes	Yes
R ²	0.236	0.391	0.043
N	1243	1188	671

注:括号内为 t 统计量; **、*、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著。

资料来源:作者根据 Stata17.0 整理而得。

5.8 本章小结

在前文的理论分析以及核心指标的现状分析的基础上,本章围绕数字金融的发展和碳排放效率这一主题,通过指标测度、变量选取、构建模型和实证检验,以理论逻辑为重点,详细探究了数字金融的发展对碳排放效率可能产生的复杂影响,并进一步深入挖掘了数字金融的发展对碳排放效率影响的整体面貌、细分特征、影响路径以及异质性变化特征。通过本章的实证检验得出了:第一,在基准回归中,数字金融的发展对城市碳排放效率的影响不论在未添加控制变量还是在添加了控制变量的情况中,都始终表现出显著的正向促进作用,表明数字金融的发展能够显著促进碳排放效率的提升。此外,数字金融分维度回归结果显示,三个子维度均显著提升了碳排放效率,但是覆盖广度对碳排放效率提升作用的显著性并不高,并且使用深度对数字金融提升城市碳排放效率的作用最强。第二,通过引入工具变量,利用两阶段最小二乘法(2SLS)进行内生性检验,避免了实证分析中变量之间潜在的内生性问题。第三,通过替换估计模型、一阶滞后处理、剔除部分样本以及检验外生政策冲击等方法对基准回归进行了稳健性检验,并均证明了前文结果的稳健性。第四,在分析数字金融的发展和碳排放效率之间的影响机制中,提高绿色技术创新效率、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济

规模扩张四种路径均表现出显著的中介效应,即数字金融的发展是通过增加绿色技术创新、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张4种渠道提升了碳排放效率。第五,为探究不同区域对碳排放效率产生影响的差异,将总样本划分为东部、中部和西部三大区域,回归结果显示,在东部和西部地区,数字金融的发展显著提升了碳排放效率,但在中部地区,数字金融对碳排放效率的影响并不凸显。因此,想要进一步实现数字金融提升碳排放效率,要重点关注中部地区数字金融发展的联通性、适用性和利用率;关注地区间的差距和不平衡问题,采取有效措施解决地区发展中的困境和挑战,推动地区经济的均衡发展,以期实现数字金融提升碳排放效率最大化。针对中部塌陷问题,首先应该加强数字金融基础设施建设,促进区域间数字金融协同发展,提高绿色交通、低碳物流等方面的运行效率。其次应该推动产业升级和转型,加快发展可再生能源产业和绿色高新技术产业,提升地区绿色产业的市场占比、市场竞争力和市场地位。此外,加强科技研发和创新投入,重点建设高校对于数字金融、数字化技术、新能源以及环境工程等相关学科,吸引和培养高端人才,提高地区绿色技术创新能力。政府也可以出台相关政策,鼓励和引导社会资本投入,推动地区经济的绿色可持续发展。

6 研究结论与对策建议

6.1 结论

本文主要的研究结果有以下三点：

第一，数字金融的发展显著提升了城市碳排放效率。从分维度角度看，三个子维度均能提升城市碳排放效率，但覆盖广度提升作用的显著性并不高，说明提升作用不是非常明显，同时，使用深度对城市碳排放效率的影响作用最强。

第二，在分析数字金融的发展对城市碳排放效率产生的影响机制中，提高绿色技术创新效率、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张四种路径均表现出显著的中介效应，即数字金融的发展可以通过绿色技术创新、提升投资的碳生产率、产业结构升级和经济规模扩张四种渠道提升城市碳排放效率，且绿色技术创新的中介效应最强。

第三，为探究不同区域对城市碳排放效率产生影响的差异，将总样本划分为东部、中部和西部三大区域，回归结果显示，在东部和西部地区，数字金融的发展显著提升了城市碳排放效率，但在中部地区，数字金融对城市碳排放效率的影响并不凸显，符合“中部塌陷理论”。

6.2 对策建议

本章从挖掘数字金融环境红利、聚焦投资活动降碳潜力、激励“产学研”融合发展、立足区域发展差异特征四个方面提供针对性政策建议。

6.2.1 挖掘数字金融环境红利

基于社会数字化的时代背景下，数字金融的飞速发展是当前经济体系的关键一环，通过充分挖掘数字金融发展所带来的环境红利，我们不仅能进一步推动金融领域的现代化转型，也能推动社会绿色可持续发展。首先，在这一发展过程中，数字化技术在金融领域的应用尤为关键。区块链、云计算、人工智能以及大数据等高科技手段成为了推动碳金融市场发展的重要引擎。其次，数字化技术不仅在碳金融市场有所应用，还可以通过大数据等先进技术促使金融机构强制披露环境

数据，但在实践层面上可以稍微温和，先在具备条件的试点地区进行强制披露环境数据，在根据制度优化的程度在全国范围内实行。为了有效推动金融机构环境信息披露制度由自愿变为强制，应大力发展数字化技术，建立环境信息披露大数据系统，这样不仅能更加迅速、准确地获取环境信息，还能为金融机构提供更多的参考数据，增加其环境信息披露的科学性和可靠性。为确保环境信息披露制度转变的有效实施，我们需在数字化技术的支持下制定相应的评分和积分制度，这可以对企业和金融机构的环境信息披露进行全面、系统的评估。此外，还可以建立相应的奖罚机制，以激励积极披露环境信息的企业和金融机构，但对于环境信息披露不充分或不准确的主体进行相应的惩罚，这可以在一定程度上引导及监督企业和金融机构更加认真地履行环境信息披露义务，为经济可持续发展奠定坚实的基础。

6.2.2 聚焦投资活动降碳潜力

通过投资活动降低二氧化碳排放是数字金融应对气候变化挑战的战略方向之一。有效的投资不仅能使数字金融助力经济增长，还能推动社会绿色可持续发展。第一，数字金融可以通过项目类型进行资金支持，对于太阳能和风能等可再生能源项目和绿色清洁项目重点投资，以此来大力发展可再生能源，提高可再生能源在能源结构中的比重，替代部分高排放的化石能源，从而达到降低二氧化碳排放的目的。此外，在投资项目的生产过程中，可以利用智能系统、节能设备和绿色技术等数字化技术提升生产效率和能源利用效率，减少能源损耗。第二，数字金融的投资方向可以着眼于支持能效改进领域，包括智能建筑、节能设备等领域，通过数字化技术实现能源的智能管理，从而提升企业和工业部门的生产效率和能源利用效率，降低能源损耗，减少与能源相关的碳排放。第三，数字金融还可以推动交通领域的低碳转型，将电动车辆和智能交通系统等技术创新作为数字金融投资的焦点，以减少传统燃油交通对环境的不良影响，推动城市交通系统的绿色发展。第四，数字金融可以通过支持碳交易平台的发展来推动企业更好地管理和降低碳排放。通过建立碳市场和碳交易平台，数字金融可以促使企业更加积极地采取碳减排措施，从而激发碳市场活力，形成有力的市场机制。第五，创新数字金融产品，如碳信用、碳交易衍生品等，以促进碳市场的繁荣和碳减排项目

的融资。第六，数字金融可以支持碳捕获和储存技术的研发和应用，这些技术有助于将二氧化碳从工业排放源中捕获并储存起来，避免二氧化碳直接释放到大气中。第七，数字金融可以投资于各种碳抵消项目，如植树造林、生态恢复等，在一定程度上抵消难以避免的碳排放，实现碳中和的目标。第八，利用数字化技术建立监测和评估系统，实时追踪投资项目的碳排放情况，帮助投资者更加精准地评估减碳效果，并及时调整投资组合。

6.2.3 激励“产学研”融合发展

激励“产学研”融合发展是数字金融降低二氧化碳排放的一项关键对策，旨在通过深度交流合作，将产业界、学术界和数字金融有机结合，推动科技创新、促进绿色发展。第一，鼓励数字金融机构与产业界和学术界建立紧密合作关系，与行业领先企业以及研究机构深度合作，数字金融可以更好地了解行业需求和最新技术进展情况，从而对推动绿色减碳技术进行更有针对性的创新和应用。第二，产学研三方应共同投资于绿色技术的研发，企业可以与研究机构合作利用数字金融共同投资和推动绿色技术的研发，包括开发更高效的能源利用技术、清洁生产技术以及其他创新性环保技术，为实现低碳经济打下坚实基础。第三，鼓励数字金融对绿色创新初创企业提供资金、资源和技术支持，帮助这些初创企业更好地发展绿色技术，促进绿色创新技术在市场上的推广和应用，这不仅有助于数字金融的投资多元化，也有助于鼓励创新者的崛起，为产业注入新活力。第四，在合作高校或科研机构设立绿色金融创新中心，这将成为数字金融与学术界协同创新的平台，不仅有助于双方在绿色金融、环保科技等方面的深度合作，为绿色创新企业提供理论支持，还有助于将学术研究成果更好地转化为实际应用，推动绿色技术的商业化发展。第五，“产学研”深度融合可以实现共享数据和资源，通过共享信息，各方可以更好地了解对方的需求和能力，促成更加高效的合作。共享的数据和资源不仅有助于推动绿色技术的发展，还有助于为数字金融机构提供更为全面的市场洞察，帮助其制定更明智的投资决策。第六，数字金融机构可以对绿色教育培训项目提供资金支持，培养出更多具有绿色环保专业知识和技能的人员，有助于扩大数字金融领域内致力于绿色金融的专业队伍，提高行业的整体技术水平，促进数字金融与学术界的深度融合。第七，数字金融机构可以与产

业界以及学术界共同设立绿色创投基金，从而更好地支持绿色科技初创企业，为创新者提供更为灵活的资金支持，同时促进数字金融与其他领域的资源共享，推动更多有潜力的绿色科技项目的孵化和成长。第八，数字金融机构可以与产业界及学术界共同建立一套科学、合理的绿色标准和认证体系，这有助于规范绿色技术和碳减排解决方案，并提高这一绿色标准和认证体系在市场上的认可度，推动数字金融的投资和合作有序进行。

6.2.4 立足区域发展差异特征

想要进一步实现数字金融提升碳排放效率，要重点关注中部地区数字金融发展的联通性、适用性和利用率；关注地区间的差距和不平衡问题，立足于理解和应对区域发展差异特征，从而采取有效措施解决地区发展中的困境和挑战，推动地区经济的均衡发展，以期实现数字金融提升碳排放效率最大化。第一，可以针对不同地区的独特需求来定制不同的碳金融产品，以充分满足特定地区碳减排薄弱点，由于不同地区的产业结构、经济规模和碳排放情况差异较大，因此，数字金融工具应当灵活适应各地的需求，为不同行业、不同规模和不同发展水平的企业提供量身定制的支持。第二，应当大力鼓励和支持地方性碳市场的发展，利用数字金融技术建立去中心化的碳交易平台，促进地方企业之间的碳交易，从而更好地反映地区性差异，同时为企业提供更具体的减排激励，实现更精细化的碳市场运作。第三，可以利用数字金融在碳普查和数据透明度方面重点发展，通过数字技术收集碳数据，可以更全面地了解不同地区的碳排放情况，为政府和企业提供有针对性的减排建议。此外，数据透明度也是吸引投资者和金融机构支持低碳项目的关键，从而激活地区碳排放效率活力，加速区域内的碳减排进程。第四，可以利用数字技术建立数字化合作平台，帮助当地政府更好地监测企业为碳减排所作出的努力，推动地区可持续发展战略的制定，并提供财政支持，通过数字金融促进地方政府与企业之间的紧密合作，从而促进地方经济的低碳化发展，这种合作机制有助于政府、企业和金融机构的协同作战，共同推动区域碳减排效率的提升。第五，由于不同地区存在技术和人才水平的差异，为了克服这一难题，数字金融应该大力支持技术转让和培训计划，通过技术转让和培训计划建立地方团队的专业技能，从而提升较为欠发达地区在数字金融赋能碳减排方面的应用水平，

提升地区整体碳排放效率，促进可持续金融的传播和应用。第六，针对中部塌陷问题，首先应该加强数字金融基础设施建设，促进区域间数字金融协同发展，提高绿色交通、低碳物流等方面的运行效率。其次应该推动产业升级和转型，加快发展可再生能源产业和绿色高新技术产业，提升地区绿色产业的市场占比、市场竞争力和市场地位。此外，加强科技研发和创新投入，重点建设高校对于数字金融、数字化技术、新能源以及环境工程等相关学科，吸引和培养高端人才，提高地区绿色技术创新能力。政府也可以出台相关政策，鼓励和引导社会资本投入，推动地区经济的绿色可持续发展。

6.3 研究不足与展望

尽管本文已尽力从较为系统、全面且客观的视角深入分析数字金融与城市碳排放效率之间的关系，然而，受限于当前数据与资料的获取情况，在研究上仍然存在一些不足尚待后续进一步研究。具体不足之处主要体现在以下几个方面：

第一，在探究数字金融对城市碳排放效率的影响时，应先明确数字金融的内涵，即数字金融是金融基于数字技术的深度融合与创新。因此，在构建数字金融指数时应涵盖这两个核心要素，但本文仅使用了北京大学基于蚂蚁科技编制成的数字普惠金融指数来衡量各城市数字金融水平。数字普惠金融指数并不能全面且客观地揭示数字金融的发展水平，因此在之后的研究中，应致力于数据搜集方面，深入挖掘各项与数字金融有关的数据，从而构建更加科学合理的数字金融指数。

第二，本文将数字金融分为三个维度分别检验了对城市碳排放效率的影响，分别是数字金融覆盖广度、使用深度以及数字化程度，但是数字金融的细分维度远不止于此，还有数字信贷、数字保险等维度，在后续的研究中，可以细分数字金融维度，更全面探究数字金融对城市碳排放效率的影响。

参考文献

- [1] Aretz K, Campello M, Marchica M. Access to collateral and the democratization of credit: France's reform of the Napoleonic Security Code[J]. *Journal of finance*, 2020(1):45-90.
- [2] Campello M, Larrain M. Enlarging the contracting space: collateral menus, access to credit, and economic activity[J]. *Review of financial studies*, 2016(2):349-383.
- [3] Fan M, Li M, Liu J, et al. Is high natural resource dependence doomed to low carbon emission efficiency? Evidence from 283 cities in China[J]. *Energy Economics*, 2022, 115: 106328.
- [4] Inoue T, Hamori S. Financial permeation as a role of microfinance: has microfinance actually been a viable financial intermediary for helping the poor?[J]. *Applied financial economics*, 2013, 23(20): 1567-1578.
- [5] Lyubich E, Shapiro J S, Walker R. Regulating mismeasured pollution: Implications of firm heterogeneity for environmental policy[C]//*AEA Papers and Proceedings*. 2014 Broadway, Suite 305, Nashville, TN 37203: American Economic Association, 2018, 108: 136-142.
- [6] Wang X, Wang X, Ren X, et al. Can digital financial inclusion affect CO₂ emissions of China at the prefecture level? Evidence from a spatial econometric approach[J]. *Energy Economics*, 2022, 109: 105966.
- [7] Zhang Y J. The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China[J]. *Energy Policy*, 2011, 39(4): 2197-2203.
- [8] 安虎森, 殷广卫. 中部塌陷: 现象及其内在机制推测[J]. *中南财经政法大学学报*, 2009, (01): 3-8+142.
- [9] 陈超凡, 蓝庆新, 王泽. 城市创新行为改善生态效率了吗?——基于空间关联与溢出视角的考察[J]. *南方经济*, 2021, (01): 102-119.
- [10] 陈景华, 刘展豪. 数字金融对城市创新能力的影响——机制与效应[J/OL]. *软科学*, 1-12[2024-03-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20231218.1049.002.html>.
- [11] 陈阳, 逯进, 于平. 技术创新减少环境污染了吗?——来自中国 285 个城市的经

- 验证据[J].西安交通大学学报(社会科学版),2019,39(01):73-84.
- [12]成学真,龚沁宜.数字普惠金融如何影响实体经济的发展——基于系统 GMM 模型和中介效应检验的分析[J].湖南大学学报(社会科学版),2020,34(03):59-67.
- [13]单豪杰.中国资本存量 K 的再估算:1952~2006 年[J].数量经济技术经济研究,2008,25(10):17-31.
- [14]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.
- [15]董会忠,郭雪莲.中国交通运输业碳排放效率时空演化特征研究[J].华东经济管理,2023,37(07):70-80.
- [16]范庆倩,封思贤.数字金融影响碳排放的作用机理及效果[J].中国人口·资源与环境,2022,32(11):70-82.
- [17]方先明,胡丁.企业 ESG 表现与创新——来自 A 股上市公司的证据[J].经济研究,2023,58(02):91-106.
- [18]冯素玲,许德慧,张榕.数字金融发展如何赋能二氧化碳减排?——来自地级市的经验证据[J].当代经济科学,2023,45(04):15-28.
- [19]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(04):1401-1418.
- [20]郭静怡,谢瑞峰.数字普惠金融、融资约束与环境敏感企业投资效率——基于 1173 家上市企业面板数据[J].金融理论与实践,2021,(09):51-61.
- [21]韩先锋,郑酌基,肖远飞.创新驱动政策“双试点”协同赋能与碳排放“量降质升”——来自国家自主创新示范区与创新型城市的证据[J].中国人口·资源与环境,2023,33(10):112-123.
- [22]何婧,李庆海.数字金融使用与农户创业行为[J].中国农村经济,2019,(01):112-126.
- [23]贺慧惠,童天天.数字普惠金融对长期多维相对贫困的影响与机制研究[J].宏观经济研究,2023,(09):33-53.
- [24]赫永达,文红,孙传旺.“十四五”期间我国碳排放总量及其结构预测——基于混频数据 ADL-MIDAS 模型[J].经济问题,2021,(04):31-40.

- [25] 黄德春,沈雪梅,竺运.长江经济带制造业碳排放效率的时空演变及影响因素研究[J].长江流域资源与环境,2023,32(06):1113-1126.
- [26] 黄益平,黄卓.中国的数字金融发展:现在与未来[J].经济学(季刊),2018,17(04):1489-1502.
- [27] 黄益平,邱晗.大科技信贷:一个新的信用风险管理框架[J].管理世界,2021,37(02):12-21+50+2+16.
- [28] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(05):100-120.
- [29] 蒋仁爱,李冬梅,温军.互联网发展水平对城市创新效率的影响研究[J].当代经济科学,2021,43(04):77-89.
- [30] 李寿喜,张珈豪.数字普惠金融、技术创新与城市碳排放强度[J].华东师范大学学报(哲学社会科学版),2023,55(02):161-172+178.
- [31] 李晓龙,冉光和.数字金融发展、资本配置效率与产业结构升级[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2021,42(07):152-162.
- [32] 廖珍珍,茹少峰.数字金融发展对二氧化碳排放增减叠加效应的理论分析与实证检验[J].经济问题探索,2022(09):117-132.
- [33] 刘锴.数字普惠金融的县域测度——基于数字支付的视角[J].西部金融,2017,(08):7-12.
- [34] 刘海英,郭文琪.碳排放权交易政策试点与能源环境效率——来自中国 287 个地级市的实证检验[J].西安交通大学学报(社会科学版),2022,42(05):72-86.
- [35] 刘锦怡,刘纯阳.数字普惠金融的农村减贫效应:效果与机制[J].财经论丛,2020,(01):43-53.
- [36] 刘玉珂,金声甜.中部六省能源消费碳排放时空演变特征及影响因素[J].经济地理,2019,39(01):182-191.
- [37] 龙云安,孔德源,黄奕.数字经济促进产业结构升级的影响机制与对策研究——基于能源结构、金融结构、居民消费结构层面的分析[J].科学管理研究,2023,41(01):80-89.
- [38] 马大来,陈仲常,王玲.中国省际碳排放效率的空间计量[J].中国人口·资源与环境,2015,25(01):67-77.

- [39] 马述忠,吴鹏,房超.东道国数据保护是否会抑制中国电商跨境并购[J].中国工业经济,2023,(02):93-111.
- [40] 孟维福,刘婧涵.绿色金融促进经济高质量发展的效应与异质性分析——基于技术创新与产业结构升级视角[J].经济纵横,2023,(07):100-110.
- [41] 牛余斌.中国数字普惠金融发展对贫困减缓的实证研究[D].山东大学,2018.
- [42] 潘锡泉.数字普惠金融助力精准扶贫的创新机制[J].当代经济管理,2018,40(10):93-97.
- [43] 钱海章,陶云清,曹松威等.中国数字金融发展与经济增长的理论与实证[J].数量经济技术经济研究,2020,37(06):26-46.
- [44] 钱雪松,邱宇程,唐英伦等.担保物权制度改革对民营企业负债率和债务风险的影响——基于《物权法》自然实验的经验证据[J].华中科技大学学报(社会科学版),2022,36(03):79-91+103.
- [45] 宋青,李超群,陈骏宇.城市尺度下长三角区域碳排放效率时空演化及影响因素研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2023,47(06):251-262.
- [46] 宋晓玲.数字普惠金融缩小城乡收入差距的实证检验[J].财经科学,2017,(06):14-25.
- [47] 苏培添,王磊.数字普惠金融对中国农业碳排放强度影响的空间效应与机制[J].资源科学,2023,45(03):593-608.
- [48] 孙浩,郭劲光.地方经济增长目标管理对碳排放效率的影响[J].自然资源学报,2024,39(01):186-205.
- [49] 孙慧,王凤逸,丁志勇.数字金融如何影响了区域碳减排能力?[J].首都经济贸易大学学报,2022,24(02):42-56.
- [50] 孙璐璐.县域数字普惠金融测度及发展研究——以河南省兰考县为例[J].华北金融,2019,(01):62-67.
- [51] 孙天琦.G20 数字普惠金融高级原则:背景、框架和展望[J].清华金融评论,2016,(12):29-33.
- [52] 唐松,伍旭川,祝佳.数字金融与企业技术创新——结构特征、机制识别与金融监管下的效应差异[J].管理世界,2020,36(05):52-66+9.
- [53] 田瑶,郭立宏.数字普惠金融缩小收入差距了吗?——来自中国家庭追踪调查

- 的经验证据[J].当代经济科学,2022,44(06):57-70.
- [54]田云,卢奕亨.中国省域新型城镇化与农业碳排放效率的耦合协调关系[J].华中农业大学学报(社会科学版),2023,(04):33-46.
- [55]汪亚楠,黄泽宇,崔珊珊.数字金融与商业银行效率:一个倒U型解释[J].产经评论,2023,14(03):86-99.
- [56]汪亚楠,叶欣,许林.数字金融能提振实体经济吗[J].财经科学,2020,(03):1-13.
- [57]王锋,葛星.低碳转型冲击就业吗——来自低碳城市试点的经验证据[J].中国工业经济,2022,(05):81-99.
- [58]王军,王杰,李治国.数字金融发展与家庭消费碳排放[J].财经科学,2022(04):118-132.
- [59]王鹏,谢丽文.污染治理投资、企业技术创新与污染治理效率[J].中国人口·资源与环境,2014,24(09):51-58.
- [60]王巧,尹晓波.数字普惠金融能否有效促进碳减排?——基于阶段性效应与区域异质性视角[J].首都经济贸易大学学报,2022,24(06):3-13.
- [61]王少剑,高爽,黄永源,史晨怡.基于超效率SBM模型的中国城市碳排放效率时空演变格局及预测[J].地理学报,2020,75(06):1316-1330.
- [62]王守坤,范文诚.数字普惠金融与碳减排——基于中国县级数据的实证分析[J].当代财经,2022,(11):53-64.
- [63]王玉娟,江成涛,蒋长流.新型城镇化与低碳发展能够协调推进吗?——基于284个地级及以上城市的实证研究[J].财贸研究,2021,32(09):32-46.
- [64]王元彬,张尧,李计广.数字金融与碳排放:基于微观数据和机器学习模型的研究[J].中国人口·资源与环境,2022,32(06):1-11.
- [65]吴泓翰,徐玖平.绿色金融对中国地区碳排放效率的影响效应分析——基于动态空间面板模型的实证研究[J].社会科学研究,2023,(06):84-92.
- [66]吴金旺,郭福春,顾洲一.数字普惠金融能否显著减缓贫困?——来自浙江嘉兴调研的行为数据[J].浙江学刊,2019,(04):140-151.
- [67]吴旭晓.中国碳排放全要素生产率的区域演进及其影响机制——基于胡焕庸线的实证分析[J].生态经济,2024,40(02):13-21.
- [68]郗永勤,吉星.我国工业行业碳排放效率实证研究——考虑非期望产出SBM

- 超效率模型与 DEA 视窗方法的应用[J].科技管理研究,2019,39(17):53-62.
- [69]夏晖,陈曦,闻月.政策视角下转型气候风险对能源企业碳排放效率的影响[J].中国软科学,2024,(S1):118-124.
- [70]向洁,胡青江,闫海龙.数字普惠金融发展的区域差异及动态演进[J].技术经济与管理研究,2021,(02):65-70.
- [71]肖国安,陈诚,高雅婕.中国五大城市群碳排放效率的动态演进特征及影响因素分析[J].统计与决策,2023,39(21):159-163.
- [72]谢平,邹传伟.互联网金融模式研究[J].金融研究,2012,(12):11-22.
- [73]许广月,宋德勇.中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据[J].中国工业经济,2010,(05):37-47.
- [74]姚凤阁,王天航,谈丽萍.数字普惠金融对碳排放效率的影响——空间视角下的实证分析[J].金融经济研究,2021,36(06):142-158.
- [75]尹志超,彭嫦燕,里昂安吉拉.中国家庭普惠金融的发展及影响[J].管理世界,2019,35(02):74-87.
- [76]余敦涌,张雪花,刘文莹.基于随机前沿分析方法的碳排放效率分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(S2):21-24.
- [77]余红伟,林子祥,胡力元等.高质量发展下中国工业企业碳减排路径选择[J].中国软科学,2024,(01):214-224.
- [78]宇超逸,王雪标,孙光林.数字金融与中国经济增长质量:内在机制与经验证据[J].经济问题探索,2020,(07):1-14.
- [79]岳立,韩亮.不同类型资本偏向性技术进步对碳排放效率的影响[J].科技管理研究,2022,42(14):211-218.
- [80]张建鹏,陈诗一.金融发展、环境规制与经济绿色转型[J].财经研究,2021,47(11):78-93.
- [81]张艳,郑贺允,葛力铭.资源型城市可持续发展政策对碳排放的影响[J].财经研究,2022,48(01):49-63.
- [82]张永年.中国城市碳排放效率动态演进、区域差异及空间收敛性[J].城市问题,2023,(07):33-42+83.
- [83]张元庆,刘烁,齐平.数字产业协同创新发展对碳排放强度影响研究[J].西南大

- 学学报(社会科学版),2023,49(03):114-128.
- [84]张跃.数字经济、时空动态效应与城市碳排放效率[J].河北经贸大学学报,2023,44(06):87-98.
- [85]张正平,刘旭晶,夏海.《G20 高级原则》视角下农村商业银行数字普惠金融的发展[J].农村金融研究,2019,(03):55-60.
- [86]赵爽,赵丹丹.科技创新效率对农业碳排放效率的影响与作用机制[J].生态经济,2023,39(09):114-121.
- [87]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.
- [88]中国政府网.2022 年政府工作报告 [EB/OL].[2022-03-12].
http://www.gov.cn/premier/2022-03/12/content_5678750.htm.
- [89]周琪,梁肖,黄俊生等.城市轨道交通碳排放效率与影响因素研究[J].交通运输系统工程与信息,2023,23(01):30-38+85.
- [90]周雨晴,何广文.数字普惠金融发展对农户家庭金融资产配置的影响[J].当代经济科学,2020,42(03):92-105.
- [91]邹秀清,葛天越,孙学成等.城乡收入差距、消费差异与碳排放效率——以京津冀地区为例[J].软科学,2023,37(07):104-110.

后 记

研究生三年匆匆而过，留下了许多回忆，也让我成长许多。回顾这三年，我很感激我的导师姬新龙教授，是他教会了我太多学习上以及生活上的知识；感激我朝夕相处的室友，是她们在我难过时安慰我、高兴时恭喜我，让我度过了快乐的三年时光；感激我在兰财所有的任课老师们，是他们的指导让我在专业上有了巨大进步；感激我们金融学硕班的同学们以及师门同学们，是他们见证了我这三年的蜕变；感谢我的男朋友张正栋同学，他帮我检查论文，给我修改意见，并在我撰写论文的期间一直陪伴着我，哪怕在我论文写作不顺利时情绪烦躁，他也一直包容我；最后感激我的父母家人，给我在学习生涯无尽的支持和鼓励。面临毕业之际，同学们各奔东西，我的内心是满满的不舍，但是也知道大家都将奔赴更好的未来，进入人生的下一个阶段，因此，也对大家充满祝愿，希望每一个人都有美好明天，在五年后十年后甚至更久的将来，我们还能坐在一起诉说着当年在学校的一点一滴。