

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 10741 _____

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 我国数字金融对城市碳排放的影响研究

研究生姓名: 陈敏

指导教师姓名、职称: 高云虹 教授

学科、专业名称: 理论经济学 人口、资源与环境经济学

研究方向: 生态经济与可持续发展

提交日期: 2023年5月30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： 陈敏 签字日期： 2023.5.30

导师签名： 高志红 签字日期： 2023.5.30

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：

1. 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；

2. 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： 陈敏 签字日期： 2023.5.30

导师签名： 高志红 签字日期： 2023.5.30

Research on the Impact of Digital Finance on Urban Carbon Emissions in China

Candidate: Chen Min

Supervisor: Gao Yunhong

摘要

作为世界上最大的发展中国家,我国在世界经济史上创造了举世瞩目的成就,但以资本和劳动投入为主的“粗放型”经济发展方式也带来了巨大的环境压力。为了实现高质量发展,我国正在努力向低碳化的经济发展方式转型,而金融作为促进实体经济高质量发展的引领性产业,在倡导低碳经济发展的导向下,也进行了自上而下的改革,其中,数字金融作为金融发展的重要内容,是将数字技术与传统金融业务相结合的新型金融发展模式,其绿色和普惠的特性对我国低碳经济发展具有重要作用,使得金融成为经济可持续发展的重要保障。因此,研究数字金融与碳排放之间的关系对实现双碳目标和经济高质量发展具有重要意义。

本文首先基于相关理论,从创新效应、结构效应以及规模效应三方面深入分析了数字金融对碳排放的作用机制。其次,对我国数字金融与碳排放的发展现状进行分析,并运用对比分析法研究了不同数字金融水平下城市碳排放强度的差异。再次,运用双向固定效应模型进行实证检验,得出如下结论:(1)数字金融对城市碳排放有显著的负向影响,前者每扩大1%,后者将降低0.058%;(2)数字金融可以通过创新效应、结构效应和规模效应三种途径对城市碳排放产生影响;(3)随着数字金融的不断发展,数字金融对城市碳排放的抑制作用逐渐增强;(4)东部、中部地区和城市群内,数字金融对城市碳排放表现为显著的抑制作用,西部地区和非城市群城市表现为促进作用。最后,依据实证分析的结果,为数字金融进一步促进城市碳减排提出相应的对策建议。具体的对策建议为:打牢技术根基,深化数字金融服务能力;发挥数字金融普惠优势,助力企业创新发展;增强绿色产业金融扶持,推动产业结构升级;因地制宜,充分发掘数字金融红利。

关键词: 数字金融 城市碳排放 结构转型 技术进步

Abstract

As the world's largest developing country, China has made remarkable achievements in the world economic history, but the "extensive" economic development mode based on capital and labor input has also brought great environmental pressure. In order to achieve high-quality development, China is striving to transform to a low-carbon economic development mode, and finance, as a leading industry to promote the high-quality development of the real economy, has also carried out top-down reform under the guidance of advocating low-carbon economic development, among which, digital finance as an important content of financial development, is a new financial development model combining digital technology with traditional financial business, and its green and inclusive characteristics play an important role in the development of China's low-carbon economy. Make finance an important guarantee for sustainable economic development. Therefore, studying the relationship between digital finance and carbon emissions is of great significance to achieving the dual carbon goal and high-quality economic development.

Based on relevant theories, this paper first analyzes the mechanisms of digital finance on carbon emissions from three aspects: innovation effect, structural effect and scale effect. Secondly, the development status of digital finance and carbon emissions in China is analyzed, and the comparative analysis method is used to study the differences in urban

carbon emission intensity under different digital finance levels. Thirdly, the two-way fixed-effect model is used to empirically test and conclude that (1) digital finance has a significant negative impact on urban carbon emissions, and for every 1% expansion of the former, the latter will decrease by 0.058%; (2) Digital finance can have an impact on urban carbon emissions through three ways: innovation, structural and scale effects; (3) With the continuous development of digital finance, the inhibitory effect of digital finance on urban carbon emissions has gradually increased; (4) In the eastern and central regions and urban agglomerations, digital finance has a significant inhibitory effect on urban carbon emissions, while in western regions and non-urban agglomeration cities has a promoting effect. Finally, based on the results of empirical analysis, corresponding countermeasures and suggestions are put forward for digital finance to further promote urban carbon emission reduction. Specific countermeasures and suggestions are: laying a solid technical foundation and deepening digital financial service capabilities; Give full play to the advantages of digital financial inclusion and help enterprises innovate and develop; Strengthen financial support for green industries and promote industrial structure upgrading; Adapt measures to local conditions and fully explore the dividends of digital finance.

Keywords: Digital Finance; Urban Carbon Emissions; Structural Transformation; Technological Progress

目 录

1 绪论	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	2
1.2 文献综述	2
1.2.1 碳排放的影响因素研究	2
1.2.2 金融发展对碳排放的影响研究	4
1.2.3 数字金融对碳排放的影响研究	6
1.2.4 文献评述	6
1.3 研究思路与方法	7
1.3.1 研究思路	7
1.3.2 研究方法	8
2 理论基础与机制分析	10
2.1 理论基础	10
2.1.1 金融发展理论	10
2.1.2 环境库兹涅茨曲线	11
2.1.3 可持续发展理论	12
2.2 机制分析	13
2.2.1 数字金融对碳排放的创新效应	14
2.2.2 数字金融对碳排放的结构效应	14
2.2.3 数字金融对碳排放的规模效应	15
3 我国数字金融与碳排放的现状分析	17
3.1 数字金融的现状分析	17
3.1.1 数字金融的发展历程	17
3.1.2 数字金融业务现状分析	18
3.1.3 数字金融指数现状分析	19
3.2 碳排放的现状分析	22

3.2.1 碳排放的测算	22
3.2.2 碳排放现状分析	22
3.3 数字金融与碳排放的对比分析	26
4 我国数字金融对碳排放影响的实证研究	28
4.1 数字金融对碳排放的总效应分析	28
4.1.1 模型设定与指标选取	28
4.1.2 基准回归结果	30
4.1.3 内生性检验	32
4.2 数字金融对碳排放的机制分析	33
4.2.1 数字金融对碳排放的创新效应	33
4.2.2 数字金融对碳排放的结构效应	34
4.2.3 数字金融对碳排放的规模效应	35
4.3 数字金融对碳排放的门槛分析	36
4.4 异质性分析	37
4.5 稳健性检验	39
4.5.1 替换被解释变量	39
4.5.2 剔除外生政策冲击	39
4.5.3 子样本回归	40
5 数字金融促进城市低碳发展的对策建议	41
5.1 打牢技术根基，深化数字金融服务能力	41
5.2 发挥数字金融普惠优势，助力企业创新发展	42
5.3 增强绿色产业金融扶持，推动产业结构升级	42
5.4 因地制宜，充分发掘数字金融红利	43
6 总结与展望	45
6.1 全文总结	45
6.2 研究展望	45
参考文献	47
攻读学位期间的研究成果	53

致谢	54
附录	56

1 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

改革开放以来，我国经济增长对能源投入的依赖程度较高，“高能耗、高污染”的粗放型经济发展方式为经济带来快速增长的同时，也引发了资源过度消耗和生态环境破坏等一系列环境问题。在2020年9月第75届联合国大会上，习近平总书记向全世界庄严宣告，“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”党的二十大报告中也明确提出，“加快发展方式绿色转型，推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”，“完善支持绿色发展的财税、金融、投资、价格政策和标准体系，发展绿色低碳产业，健全资源环境要素市场化配置体系，加快节能降碳先进技术研发和推广应用，倡导绿色消费，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。”因此，向低碳经济发展方式转型成为我国现阶段的一项重要且严峻的任务。

技术进步是实现双碳目标的重要途径^[1]，科技研发活动的开展离不开金融市场的资金支撑^[2]，但是传统金融服务带有“嫌贫爱富”的特征，导致民营和中小企业难以获得较为丰富的金融资源，严重抑制了企业创新活动的开展^[3]。随着数字经济时代的到来，依托于互联网、大数据、云计算等数字技术与金融业务的融合，“数字金融”得以诞生，一方面，数字金融的普惠性降低了金融资源的获取门槛，克服了传统信贷业务交易成本过高和金融资源供给不足的弊端，为民营和中小企业提供了丰富的资金支持^[4]；另一方面，数字金融具有绿色、高效率的特性，促使金融资源从高能耗、高污染的产业向低能耗的绿色产业转移，有效推动了我国产业绿色转型升级^[5]。那么，数字金融的发展是否对碳排放产生了影响？这种影响是通过何种机制实现的？回答上述问题对于丰富数字金融理论体系、促进区域低碳减排具有理论与现实意义。

1.1.2 研究意义

(1) 理论意义：第一，环境污染问题一直是学术界关注的经典话题，也是各国都会面临的一个现实问题。数字金融作为传统金融服务与数字技术的结合正在为企业生产、居民生活带来新变革。现有研究主要从单个机制研究数字金融对环境污染的影响，本文基于环境库兹涅茨曲线，从创新效应、结构效应、以及规模效应三方面全方位探究数字金融对城市碳排放的机制路径；第二，目前关于数字金融对碳排放的研究主要集中于线性关系的研究，鲜少从动态视角考察数字金融对碳排放的作用关系，本文采用门槛模型，探讨数字金融与城市碳排放之间是否存在非线性关系，试图扩充该领域的研究。

(2) 现实意义：环境污染问题是制约我国经济高质量发展和人民生活水平提高的重要因素，环境问题与发展模式密切相关，在转变经济发展方式、推动经济可持续发展的过程中，金融体系起到了至关重要的作用。数字金融作为新型金融发展模式，显著提升了资本市场的融资效率，对于转变经济发展方式，推动高质量发展具有积极作用。那么，探讨数字金融与碳排放是否具有关联以及二者之间的传导路径就具有十分重要的现实意义，为后续的政策制定和完善提供科学合理的理论支持。

1.2 文献综述

1.2.1 碳排放的影响因素研究

本文的目的是研究数字金融对碳排放的影响，因此，有必要梳理影响碳排放的相关因素，碳排放的影响因素复杂多样，现有研究主要通过空间计量模型^[6]、结构分解法^[7]以及指数分解法^[8]探讨区域碳排放的影响因素。综合来看，影响碳排放的因素主要有人口因素、经济发展水平、能源结构、产业结构、技术进步等。Adom 等（2012）以三个非洲国家为研究对象研究了影响二氧化碳排放的因素，发现塞内加尔和摩洛哥碳排放的主要原因是经济增长，而技术进步是加纳碳排放效率提高的主要因素^[9]。Ertugrul 等（2016）以碳排放排名前十的发展中国家为例，探讨了碳排放、贸易开放度和实际收入之间的关系，发现实际收入和贸易开

放度是影响碳排放的主要因素^[10]。Duro 等（2017）以全球各国为研究对象，探讨了不同因素对国际人均二氧化碳排放的贡献，研究表明人口增长、经济发展是影响碳排放的主要因素，产业结构对碳排放的贡献率相对较低^[11]。程叶青等（2013）估算了我国各省份二氧化碳排放强度，使用空间计量模型分析影响省域碳排放的因素，发现能源结构、产业结构和城镇化率对碳排放强度有重要影响^[12]。颜艳梅等（2016）分析了 1995-2012 年我国各省份碳排放强度的影响因素，发现经济发展水平的贡献最大且随着时间的推移其贡献在增强，其次是产业结构和能源结构^[13]。顾阿伦等（2016）基于能源平衡表的终端能耗数据，并使用 LMDI 分解法分析了我国碳排放的影响因素，结果表明技术进步是降低碳排放强度的主要因素，而产业结构的贡献较小^[14]。黄勤和何晴（2017）以长江经济带为研究对象，分析了经济规模、产业结构、能源强度和能源结构对碳排放的影响，发现经济规模的扩张是影响长江下游地区碳排放的主要因素，产业结构升级是降低长江中、上游碳排放的主要因素^[15]。

从各影响因素对区域碳排放量的作用关系来看：人口因素方面，张华明（2021）基于 2009-2018 年我国 286 个城市的面板数据，探讨城市人口规模对人均碳排放的影响，结果显示，不同城市的人均碳排放具有显著的空间溢出效应；城市人口规模和产业集聚与人均碳排放之间均呈倒“U”型关系^[16]。刘丰（2021）选取全球有代表性的 55 个经济体，研究了人口年龄结构对碳排放的影响和作用机制，研究表明生育率对碳排放具有负向作用，生育率越低碳排放越高，这主要是因为规模效应导致的；预期寿命与碳排放存在“U”型关系，其主要原因是技术进步^[17]。经济发展水平方面，林伯强（2009）认为 EKC 假说无法全面解释发展中国家的经济增长与环境之间的变化关系，是否存在 EKC 假说需要根据不同区域的情况具体分析^[18]。朱磊和张建清（2017）使用城市面板数据研究经济增长与碳排放的关系发现，我国存在 EKC 假说的地区为东北地区 and 东部地区，即经济发展与碳排放呈倒“U”型关系，而中部和西部地区不满足 EKC 假说^[19]。也有部分学者认为 EKC 曲线的形态并非是倒“U”型”，赵爱文和李东（2012）研究了我国人均收入与人均碳排放之间的关系，认为经济增长与污染排放之间的 EKC 曲线是“N”型的^[20]。产业结构方面，孙丽文（2020）认为产业结构升级和技术进步能显著减少碳排放，技术进步在产业结构升级与碳排放中起部分中介作用^[21]。赵玉

焕（2022）使用 1998-2017 年我国 30 个省份的数据，研究了我国整体以及三大经济区域产业结构升级对碳排放的影响，结果表明从国家整体视角，产业结构升级有助于实现碳减排；从区域视角，东部和中部地区产业结构升级能够显著减少碳排放，西部地区的影响则不显著^[22]。能源结构方面，以煤炭化石能源消费为主的“高碳”能源使用量占比越多，碳排放量越大。朱勤等（2009）对我国产业能源的碳排放进行因素分解后发现，能源结构对碳排放的贡献率很高，近三十年我国第二产业能源利用效率较低，这足以抵消全行业能源结构优化的大部分努力，未来应加大对非化石能源的开发和利用^[23]。技术创新方面，技术创新尤其是绿色技术创新直接影响到一个经济体的单位能耗，并最终影响碳排放水平。孙传旺等（2010）运用 DEA 模型测算了碳强度约束下我国全要素生产率发展现状，并发现减少碳排放需要依靠技术进步^[24]。方叶祥（2022）以我国省域为研究对象，探讨了逆向技术溢出强度对碳排放强度的影响，结果表明逆向技术溢出会显著抑制本地碳排放强度，也会通过空间效应抑制周边地区的碳排放强度^[25]。

1.2.2 金融发展对碳排放的影响研究

数字金融是传统金融与数字技术的融合，是在传统金融的基础上诞生的，因此，有关金融发展对碳排放影响的研究可以为本文提供借鉴^[4]。关于金融发展与环境之间的关系研究由来已久，主要包括三种观点：第一，金融发展抑制二氧化碳排放；第二，金融发展促进二氧化碳排放；第三，金融发展与二氧化碳排放呈非线性关系。

金融发展抑制二氧化碳排放：Jalil 等（2011）以中国为研究对象，探讨了金融发展、经济增长和能源消耗之间的关系，发现金融发展使碳排放量减少^[26]。Shahbaz 等（2013）针对马来西亚金融发展与碳排放的关系展开研究，发现金融发展通过促进技术进步，提高能源利用效率，进而减少二氧化碳排放^[27]。Abbasi 和 Riaz（2016）以新兴经济体为研究对象，采用 ARDL 方法考察了碳排放与金融发展的长期关系，研究表明金融自由化和金融发展程度高的地区，金融发展对碳排放有显著地抑制作用，金融发展程度较低的地区则不明显^[28]。梅林海和陈会文（2016）、熊灵等（2016）基于省级面板数据均得到了相同的结论，即金融发展对二氧化碳排放起到负面作用^[29-30]。霍远和孙鹏（2017）利用系统广义矩估计

模型实证考察了金融发展、技术进步对碳排放的影响,并得出结论,金融规模对碳排放的影响不明显,但是金融效率有显著的碳减排作用,技术进步在两者间起到中介作用^[31]。

金融发展促进二氧化碳排放: Tamazian 等(2010)研究金融自由化、经济发展和环境污染之间的关系时发现,处于转型期的国家,由于金融自由化程度较低、金融体系不够完善,金融发展对二氧化碳有显著的促进作用^[32]。Zhang(2011)采取协整检验、格兰杰因果检验和方差分解等方法,研究了中国金融发展对碳排放的影响,结果表明中国金融发展是碳排放增加的重要驱动因素,其中,金融中介规模对碳排放的影响大于其他金融发展指标^[33]。Shahzad 等(2017)实证检验了巴基斯坦碳排放和金融发展之间的协整关系发现,金融发展指数每增加 1%,碳排放量将增加 0.165%^[34]。国内学者陈碧琼和张梁梁(2014)、高大伟(2016)以我国省级层面为研究范围,也得出同样的结论,即金融发展促进了二氧化碳排放^[35-36]。

金融发展与二氧化碳排放的非线性关系: Charfeddine 等(2016)以阿拉伯联合酋长国(UAE)为研究范围,发现金融发展与碳排放之间为倒“U”型曲线关系,随着金融发展的不断深化,碳排放表现为先增长后下降^[37]。严成樑等(2016)构建了关于金融发展、技术进步与碳排放的理论模型,分析了金融发展对碳排放的作用机制,并使用省级面板数据研究发现,金融发展与碳排放之间存在非线性关系,随着金融发展水平的提高,技术效应大于规模效应,金融发展对碳排放的抑制作用不断增强^[38]。

综上所述,金融发展是二氧化碳排放的重要影响因素,关于金融发展对二氧化碳排放的作用机制主要分为规模效应、结构效应、创新效应^[39]。就规模效应而言,资本市场的扩张为企业生产规模扩大提供资金支持,企业可以借助金融资本新建生产线、雇佣更多劳动力,从而扩大生产,这必然会提高能源消耗,促进碳排放增加,即金融发展促进碳排放的增加^[40]。就结构效应而言,发达的金融市场往往关注企业的长期盈利性,这势必会使得金融资金流入创新活力强,发展前景广阔的产业,而这些产业的技术进步往往可以引导产业和能源结构升级,进而提高产业能源利用效率,减少碳排放^[41]。就创新效应而言,稳定的金融环境为企业提供持续的研发资金,降低企业技术研发创新的风险,促进创新产出增加,提高

了生产效率，从而减少二氧化碳排放^[42]。

1.2.3 数字金融对碳排放的影响研究

现有关于数字金融对经济发展的研究主要包括产业结构、经济增长、城乡收入差距、创新创业等方向，而关于数字金融对碳排放的研究相对较少。同时，关于数字金融对碳排放的影响也存在不同看法：（1）数字金融抑制碳排放方面，姚凤阁（2021）以我国 30 个省、直辖市为研究样本，基于 Malmquist 指数方法测算碳排放效率，实证检验了数字普惠金融对碳排放效率的影响机制并发现，数字普惠金融能够促进碳排放效率的提高，并且数字普惠金融对碳排放效率的影响路径主要是提高区域创新水平和创业水平来实现的^[43]。邓荣荣（2021）以地级市为基本单元，运用面板固定效应模型实证检验了数字金融对碳排放效率的影响，结果表明数字金融显著促进碳排放绩效的提升，经济规模、产业结构以及创新是其重要的作用机制^[44]。（2）数字金融对碳排放的抑制作用方面，王军（2022）运用中国家庭追踪调查微观数据（CFPS）实证检验了数字金融对家庭消费产生的碳排放的影响，研究发现数字金融显著促进了家庭消费的增加，进而促使家庭碳排放量增加，这主要是支付便利性提高和收入约束缓解带来的消费规模扩大而导致的^[45]。（3）数字金融对碳排放非线性关系方面，许钊等（2021）运用 2011-2018 年 283 个地级及以上城市数据，探讨了数字金融的污染减排效应，研究结果表明数字金融与污染减排呈现“倒 N 型”关系，即当数字金融处于较低水平时，数字金融显著降低了环境污染；介于低数字金融水平和高数字金融水平之间时，数字金融对环境污染有显著的正向影响；达到高数字金融水平后，数字金融对环境污染继续呈现抑制作用^[46]。朱东波等（2022）基于动态面板模型，在测算省级综合污染指标的基础上，实证检验了数字金融对环境的影响，发现数字金融有助于减少污染排放，具体而言，数字金融一方面通过推动经济发展而加剧污染排放，另一方面通过结构转型、技术进步而减少污染排放^[47]。

1.2.4 文献评述

首先，关于碳排放的影响因素主要有人口因素、经济发展水平、能源结构、产业结构、技术进步等。其次，金融发展对碳排放的影响具有不确定性，其作用

效果主要分为三个方面，金融发展对碳排放呈正向促进作用、金融发展对碳排放呈负向抑制作用、金融发展对碳排放呈“U”型和倒“U”型等非线性关系。最后，数字金融对于碳排放的研究相对较少，且结论呈现不确定性，关于数字金融对碳排放的作用机制和动态关系的研究均有所欠缺。

1.3 研究思路与方法

1.3.1 研究思路

文章共有六个章节：

第一章：绪论。主要介绍了本文的研究背景、研究意义、国内外相关研究以及研究思路，为本文研究寻找突破口。

第二章：理论基础与机制分析。一方面，梳理了数字金融对碳排放影响的相关理论基础；另一方面，在此基础上分析数字金融与碳排放之间的传导路径，为本文的实证研究提供相应的理论基础。

第三章：我国数字金融、碳排放的发展现状分析。本部分首先对我国数字金融的发展历程进行阐述；其次，从数字金融业务和数字金融指数两方面对我国数字金融的现状进行分析；再次，对城市层面的碳排放进行度量，并从城市、各地区和全国三个角度对碳排放的发展现状进行分析；最后，运用对比分析的方法，探讨不同数字金融水平下城市碳排放强度的差别。

第四章：我国数字金融对碳排放影响的实证分析。首先，采用双向固定效应模型研究数字金融对城市碳排放的影响；其次，运用城市层面和企业层面数据实证检验数字金融影响城市碳排放的机制路径；再次，运用门槛模型，探讨数字金融与城市碳排放的非线性关系；最后，从不同区域、是否属于城市群两个角度探讨数字金融对城市碳排放的异质性分析，并通过一系列的稳健性检验来佐证前文的结论。

第五章：从数字金融视角，为城市低碳经济发展提出相应的对策建议。

第六章：总结与展望。首先总结全文内容，接着对本文的不足之处进行梳理，最后对本文未来可能的研究方向进行展望。

本文的技术路线图见图 1.1。

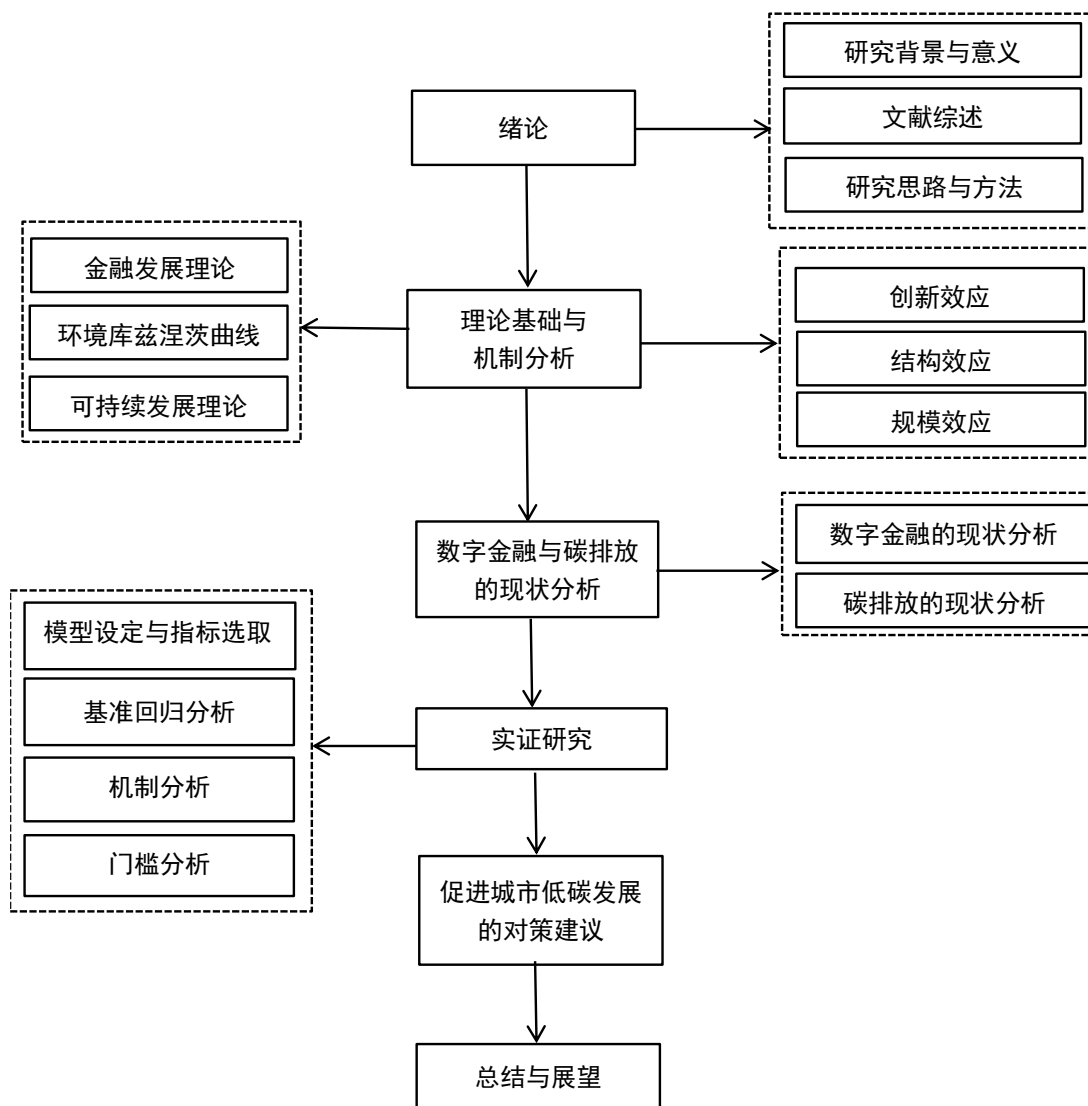


图 1.1 本文的技术路线图

1.3.2 研究方法

论文以理论联系实际、从实际出发作为基本方法和指导思想，在分析过程中采用以下具体研究方法：

(1) 比较分析法

比较分析法是指将现实中的客观事物进行比较，认识事物的本质和规律并做出正确的评价。运用比较分析法，将研究对象的相同点和不同点进行比较和分析，可以加深对研究对象的理解。因此本文运用比较分析法，通过 EXCEL、ArcGIS 等软件对数字金融、碳排放水平进行现状和对比分析。

(2) 规范与实证相结合分析法

一方面，在金融发展理论、环境库兹涅茨曲线等相关理论的基础上，从理论方面梳理数字金融对碳排放的作用机制；另一方面，基于城市层面和企业层面的数据，采用双向固定效应模型和动态面板模型等实证分析数字金融对城市碳排放的影响及路径机制。

2 理论基础与机制分析

技术进步是国家经济增长的持久动力，是企业提升市场竞争力的重要方式，金融业是现代经济活动运行的核心，也同样受益于技术进步。关于金融与技术的结合，国际上使用最多的描述为“金融科技”（Fintech），按照国际金融稳定理事会（FSB）的定义，金融科技是指技术和金融结合而带来的金融创新，主要包括新的金融运行模式、金融业务和产品等。早期，国内学者对金融科技的研究主要集中于互联网平台与金融业务的结合，并将这种模式定义为“互联网金融”。随着“数字经济”时代的到来，大数据分析、云计算、人工智能和区块链等数字技术与金融业务实现深度融合，“数字金融”由此诞生。数字金融泛指传统金融机构利用数字技术，从融资、支付、投资和其他金融业务等方面进行数字化创新的新型金融发展模式，与互联网金融相比，数字金融所涵盖的业务范围更广^[48]。因此，本文选择“数字金融”来概括我国金融与数字技术结合的新型金融发展模式。

2.1 理论基础

2.1.1 金融发展理论

金融发展理论主要关注金融市场的演变和金融制度的发展规律，而数字金融则运用新型科技手段促进了金融行业的创新和发展。数字金融和金融发展理论有密切的联系，金融发展理论通过对金融市场和金融制度的研究，提出了很多关于金融创新和金融产品设计的理论和指导，而数字技术则为金融产品的创新和设计提供了新的可能性和手段。所以，金融发展理论是数字金融蓬勃发展的重要理论依据。

（1）金融结构理论

金融发展理论最早由戈德史密斯在 1969 年发表的《金融结构和金融发展》中首次提出，戈德史密斯认为一国的金融发展水平与金融结构密切相关，一国拥有的金融工具和金融机构越成熟，其金融结构体系越完善，该国的金融发展水平就越高^[49]。在探究金融发展时，不仅要关注量的发展，更要关注金融市场内部结构的合理化水平，只有这样才能使得金融市场高效地运转，社会生产要素合理地配置，进而有助于经济增长。戈德史密斯开创了金融发展与经济增长的研究先河，

奠定了金融发展理论的研究基础，但是，其主要的研究范围是金融结构体系较发达的西方国家，对于金融体系欠发达的发展中国家并未涉足。

（2）金融抑制理论

1973年，麦金农将研究视野转向发展中国家，研究了发展中国家的金融发展与经济增长之间的互动关系，并首次提出“金融抑制理论”，该理论认为发展中国家由于市场机制不健全，金融体系不完善，导致金融市场无法引导资金进行有效配置，政府为了本国经济的健康运行，便会通过信贷配给、利率调控、资本流动管制等一系列管控措施对金融机构和金融市场的行为进行限制，金融机构为了稳健发展，会将资金发放给国有企业，而私营企业、城镇弱势群体和农村低收入群体因自身禀赋较弱会面临较为严峻的资金困境，这将为就业市场和产品市场带来不利影响，并最终导致国内生产萎缩^[50]。因此，麦金农主张放开金融管制，合理的金融自由化可以更好地激发金融市场的中介作用，为经济发展创造良好的环境。

（3）金融深化理论

金融深化理论与金融抑制理论一脉相承，主张金融自由化对经济增长的正向作用。金融深化理论认为，随着金融市场的发展，金融机构和金融服务的不断增多，金融市场可以提供更为多样化、高效率 and 便利化的金融产品和服务，从而满足了不同经济主体的金融需求。在这个过程中，金融机构和金融服务的发展也促进了经济发展和社会福利的提高。爱德华在其1998年出版的《经济发展中的金融深化》中强调了在市场机制下，金融深化对投资储蓄的路径优化，投资风险的监管，金融资源的配置的重要作用^[51]。数字金融是信息技术和金融产品深度融合的产物，通过技术支持，金融深化使得优质的产业率先获得资金支持，改善了金融资源分配不均的现象，进而引领经济高质量发展^[52]。例如，在资产管理领域，数字科技提供了更为准确和高效的资产配置和风险管理工具，这些金融产品的出现，优化了金融市场和金融产品的设计，推动了金融行业的创新发展。

2.1.2 环境库兹涅茨曲线

环境库兹涅茨曲线（EKC）是阐述环境与经济增长之间关系的曲线，由格罗

斯曼和克鲁格首次提出，即随着人均收入水平的提高，环境将出现先恶化后改善的变化^[53]。在格罗斯曼和克鲁格的研究基础上，学者对环境污染细化为二氧化碳排放，并提出二氧化碳库兹涅茨曲线（CKC），二氧化碳库兹涅茨曲线认为收入与二氧化碳排放存在倒“U”型关系：在低收入水平下，随着人均收入的增加，二氧化碳排放量随之增加；当跨入高收入水平状态时，随着人均收入的增加，二氧化碳排放量将减少^[54]。

关于环境库兹涅茨曲线产生的原因，格罗斯曼和克鲁格从三个方面进行了解释。第一是规模效应，在经济发展初期，生产规模的扩大，生产要素的投入确实带来了经济的快速增长，但是也促使二氧化碳排放迅速增加。第二是创新效应，为了获得利润最大化，企业将加大技术研发投入，推动社会技术变革。技术进步一方面可以提高生产效率，减少单位要素投入；另一方面，新型清洁能源的开发逐渐替代高污染、高能耗的不可再生能源，从而减少了二氧化碳的排放。第三是结构效应，随着经济发展水平不断提高，科学技术不断进步，产业结构也会随之优化改进，从农业向资源密集的重工业转变，再从重污染的工业向低污染的知识密集型产业和服务业转化，产业结构的变迁也将带来二氧化碳排放的减少和环境质量的改善。

因此，规模效应对二氧化碳排放具有促进作用，创新效应和结构效应对二氧化碳排放具有抑制作用。在经济发展的初期，规模效应占据主导地位，经济发展带来环境的恶化；当经济发展到较高的水平，创新效应和结构效应将大于规模效应，环境将会随之改善。环境库兹涅茨曲线论述了经济发展对环境污染的作用关系，而金融作为我国经济运行的中枢，是助力实体经济高质量发展的动力源泉。因此，环境库兹涅茨曲线是指导金融业作用于经济发展方式和资源配置，进而影响生态环境的重要理论基础。

2.1.3 可持续发展理论

20世纪90年代末，可持续发展理论在世界环境与发展委员会（WCED）发表的报告《我们的未来》中正式提出，WCED将其定义为：既满足当代人的需求，又不损害后代人满足其自身需求的能力。可持续发展理论强调经济、生态、社会三方面的均衡发展。经济可持续发展批判依靠消耗自然能源的经济增长，认为只

有依靠技术进步的经济增长才是可持续的；生态可持续发展提倡要在生态环境可承受范围内进行经济生产活动，并注重生态补偿和环境保护，在可持续循环利用的条件下进行经济规模扩张，为后代人保留充足的自然资源和良好的生态环境；社会可持续发展是以生态环境保护为基础，以经济发展为条件，创造一个人人平等，自由民主，教育医疗科技多方面均衡发展的友好型社会，来实现社会的可持续发展。

金融可持续发展理论是白钦先（1998）在金融资源理论学说的基础上，将可持续发展理论融入金融市场后得到的^[55]。所谓金融可持续发展，是指在促进国民经济可持续发展的前提下，金融业按照客观发展规律进行量与质的扩张，包括金融工具的创新、金融体系的完善等，协助社会经济活动健康、有序的进行，最终实现经济与金融的可持续发展。金融业是现代经济运行的核心，经济发展阶段越高，金融对经济的影响力就越强，因此，金融市场的改革与创新，一方面为金融业永续发展提供新的动力，另一方面可以更好地推动经济社会的可持续发展。可持续发展理论具有强大综合性和交叉性，其本质是将环境问题和发 展问题有机结合起来，是指导金融业助力生态环境保护的重要理论基础。

2.2 机制分析

数字金融作为金融发展的一部分并不直接对环境产生影响，而是先通过缓解信贷约束和信息不对称等作用于社会经济活动，进而对环境产生影响。基于现有研究可知，金融发展对环境污染的作用机制主要为结构效应、创新效应和规模效应，其中金融发展对环境污染具有抑制作用的是创新效应和结构效应，对环境污染有促进作用的是规模效应^[56]。姚凤阁（2021）研究发现，数字普惠金融通过促进技术进步提升了二氧化碳排放效率^[43]。许钊（2021）认为数字金融通过创新效应和结构效应显著降低了环境污染，同时，数字金融水平越高，数字金融对环境污染的抑制作用越强^[46]。朱东波（2022）通过讨论数字金融的环境效应发现，我国数字金融的发展通过促进经济规模扩张加剧能源消耗，导致碳排放增加^[47]。因此，数字金融的发展对碳排放起到促进作用还是抑制作用，主要取决于数字金融的发展状况以及三方效应的制衡。

2.2.1 数字金融对碳排放的创新效应

创新效应是指数字金融通过激发企业技术创新来减少碳排放。首先,对于中小企业而言,资金约束是企业创新研发的核心问题,这是因为,企业研发投入具有高风险、长周期和不可逆等性质,而中小企业“融资贵”、“融资难”的问题更普遍,这种融资约束可能导致企业的短视性投资,将资金投向短期生产而非长期的研发投入^[44],数字金融的普惠性可以降低中小企业的融资门槛,拓宽中小企业的融资渠道,促进中小企业进行科技创新尤其是绿色技术创新活动的开展,为污染者提供降低环境成本的解决方案,促进城市绿色经济的发展^[57]。其次,地方政府为了兼顾经济效益与环境效益,往往通过绿色金融政策来激励企业绿色转型^[58],但是,依靠传统金融机构无法准确识别企业的环境信息并进行监督,还有可能因为企业的寻租导致绿色金融政策实施低效等问题。数字金融依托大数据、互联网平台,可以有效解决信息不对称的问题,提高了绿色金融政策的实施效率^[59],具体而言,为了控制高能耗产业的污染,国家会针对高能耗企业设置信贷门槛,而数字金融借助于大数据平台,可以准确识别企业生产经营中的排放指标,提高信贷的投资效率。此外,数字金融对传统金融机构具有“鲇鱼效应”和“示范效应”,加速了传统金融机构的数字化升级,降低了传统金融机构对中小企业的融资约束^[60],进一步促进中小企业进行技术创新,由此可得假说 1:

H1: 数字金融通过提高创新产出,进而减少碳排放。

2.2.2 数字金融对碳排放的结构效应

结构效应是指数字金融通过优化产业结构减少碳排放。首先,数字金融作为新兴服务产业,其自身的发展提高了服务业产值的占比,同时,数字金融发端于互联网、电子商务等数字产业平台,与数字产业的发展相辅相成,为数字产业化发展提供了资金支持。一方面,货币基金、网络贷款和消费金融等新型金融产品为以互联网交易、数字支付等平台为基础的新经济业态提供相应的融资支持^[61],另一方面,数字金融依托数字平台从社会中吸纳了大量包括风险投资、股权投资等形式的金融资源,激励了数字产业的创业行为,为数字科技产业的发展提供了强大助力,数字经济产业多集中于第三产业,具有低能耗、低排放的特点,有效

减少了产业发展的能源消耗总量。其次，数字金融通过深化产业分工来推动产业结构升级，我国许多传统工业企业参与社会分工的深度不够，企业中本应该由市场提供的生产性服务（如物流、设计、售后等中间服务）转为由企业内提供，造成生产性服务业市场化不足^[62]。而数字金融一方面通过缓解融资门槛促使创业行为的增加，另一方面，依托数字化平台，可以为传统工业企业更好地整合产业链上下游的市场信息，将企业内部生产性服务外包，在提高生产性服务业市场化程度的同时，提升传统工业的生产效率^[63]，降低了单位产出的生产能耗。现有研究证明，依托数字平台的大力发展，我国制造业生产率大幅提升，能源利用效率也有了显著的提高^[64]。最后，数字金融作为数字化与传统金融业态的结合，可利用信息处理技术构建一个包含多维度指标的评价系统，甄选出具有长期投资价值或者具有更高市场认可度的融资项目^[65]，并进一步引导社会闲置资金从低效率产业向高效率产业流动，提高资源再配置效率，重塑产业发展导向，推动区域产业结构优化升级^[66]，由此可得假说 2：

H2：数字金融通过优化产业结构，进而减少碳排放。

2.2.3 数字金融对碳排放的规模效应

良好的金融发展水平有助于扩大经济规模，提高能源消耗，从而增加污染排放^[39]。具体而言，从供给端来看，数字金融的发展加速了资本市场的扩张，企业可以便利地融资以扩大生产规模，开展更多生产活动，在此情况下，当地政府可能因“短视”而强调物质增长，即遵循了“环境库兹涅茨曲线”，走“先污染后治理、以环境换增长”的路径^[30]，这虽然加快了地区经济增长，同时也带来了更大的能源消费，尤其在以煤炭、石油为主要能源消耗的产业更为突出。从需求端来看，数字金融通过影响消费需求对碳排放产生影响，数字支付平台通过提高支付便利度、缓解收入约束促使消费者扩大了消费需求，尤其是对于低收入消费者而言，数字金融降低了金融排斥，满足了低收入群体的消费欲望，充分释放了这部分消费潜力，而这类人群的消费更偏重产品的“数量”而非产品“质量”^[67]，需求的增加会刺激生产规模扩张，增加原材料和能源的消耗，导致碳排放的增加^[45]，由此可得假说 3：

H3：数字金融通过促进经济规模扩张，进而增加碳排放。

数字金融既可以通过创新效应和结构效应抑制碳排放,对城市节能减排产生正向影响;也可以通过规模效应促进碳排放,加剧环境污染。现有研究表明,随着金融发展水平的不断提高,金融对环境的创新效应和结构效应将逐渐占据主导地位^[39,68]。我国数字普惠金融业务在 2011-2022 年间实现了跨越式发展,2020 年全国数字金融指数是 2011 年的近 9 倍,指数值平均每年增长 29.1%,可以看出,我国数字金融已经达到较高的水平,与此同时,我国污染物排放水平呈现明显的下降趋势,根据国际能源署(IEA)的数据,我国二氧化碳排放增速明显放缓,单位生产总值的二氧化碳排放从 2005 年的 2.9 吨/万元逐步下降到 2019 年的 1 吨/万元,降幅约 60%^①。这可能是因为数字金融对碳排放的“规模效应”在不断下降,而“创新效应”、“结构效应”在不断上升,使得数字金融对环境污染表现为抑制作用,由此可以提出假说 4。

H4: 随着数字金融水平的不断提升,其对碳排放的抑制作用逐渐增强。

^① 数据来源:国际能源署(IEA), <https://www.iea.org/>

3 我国数字金融与碳排放的现状分析

3.1 数字金融的现状分析

3.1.1 数字金融的发展历程

我国数字金融的起步较晚，但是，得益于数字技术在国内的广泛应用，数字金融的发展十分迅速。2003年，支付宝平台的建立是我国数字金融的起点，与国外第一批线上支付工具和互联网金融产品出现的时间相比，我国数字金融的发展滞后了近15年之久。但从2013年起，数字金融进入飞速发展的时期，为经济注入了动力与活力。总体来说，数字金融的发展历程可分为四个阶段：

第一阶段：信息金融时期。2003-2005年，数字金融的发展主要表现为对线下金融业务办理设施的信息化升级，比如ATM机的广泛使用，提高了业务办理的效率。这一阶段信息技术仅作为金融业务的辅助工具，与金融业务的结合处在初级阶段。

第二阶段，互联网金融时期。2005-2015年，互联网平台和金融业务开始进行深度融合，2013年支付宝推出“余额宝”，随后，大量的互联网科技公司利用其技术优势投入到金融行业的竞争中，P2P、众筹等互联网金融产品井喷式增长，互联网金融逐渐成为新兴的商业模式。

第三阶段，移动金融时期。2016-2018年，伴随着移动通信设备和数字通信基础设施的升级，智能手机端的业务逐渐替代了线下金融业务，支付宝移动支付、微信支付得以广泛使用。同时，传统金融机构借助数字技术实现了手机银行的开发，催生了一系列手机理财和投资产品。

第四阶段，智能金融时期。2019年至今，人工智能、云计算、大数据为数字金融进入智能化时代带来可能。无论是参与金融市场的互联网公司，还是被迫数字化转型的传统金融机构，均致力于向量化投资，风险评估，智能化咨询等领域的深入探索。

3.1.2 数字金融业务现状分析

首先，在投融资方面，信贷业务的普惠性和可及性显著提高。十年来，股份制银行、城市商业银行等金融机构，借助大数据、客户移动终端、App 等数字技术，开创了随借随还的结算模式，通过设立网上银行、手机银行、电子银行、直销银行的方式，帮助城乡经济组织恢复“造血”功能。根据中国人民银行发布的《金融机构贷款投向统计报告》显示，中国银行业金融机构用于小微企业的贷款（包括小微企业贷款、个体工商户贷款和小微企业主贷款）为 50 万亿元，其中单户授信总额 1000 万元及以下的普惠型小微企业贷款余额为 19.1 万亿元，同比增速 24.9%，普惠型小微企业贷款、普惠型涉农贷款年均增速分别达到 25.5% 和 14.9%，大大高于贷款平均增速^①。

其次，在支付清算方面，移动支付业务发展迅速。一方面，业务规模不断增长，根据中国人民银行支付体系运行业务数据显示，2003 年之后，我国电子支付业务^②的规模持续上升，其中移动支付业务在电子支付业务中的比重不断攀升，由 2003 年的 6.4% 上升至 54.9%，从 2020 年开始，移动支付业务占电子支付业务的 50% 以上^③。另一方面，业务效率不断提升，移动支付具有移动性、实时性和快捷性的特点，破除了地理限制，提供了包含“吃、穿、住、行”全方位的生活场景支付体验，大大节省了业务办理的时间和交易成本。

最后，在金融监管方面，数字金融驱动了绿色金融的高效发展。在“碳达峰、碳中和”背景下，数字金融利用大数据和云计算等技术手段构建碳核算与碳资产管理、ESG 评价体系（Environment、Social responsibility、Corporate Governance）等模型测算企业环境污染水平，作为数字信贷的重要审核指标。我国中小微企业吸收了 70% 的就业，是绿色转型的重要群体，数字金融利用信息技术有效解决了绿色金融数据缺失的问题，助力绿色融资活动的分析与决策。根据中国人民银行研究局发布的数据，截至 2021 年末，我国绿色信贷余额为 15.9 万亿元，同比增长 33%，位居全球第一^④。保尔森基金会发布的《金融科技推动中国绿色金融发

^① 数据来源于《金融机构贷款投向统计报告》

^② 电子支付业务量是指客户通过网上银行、电话银行、手机银行、ATM、POS 和其他电子渠道，从结算类账户发起的账务变动类业务笔数，从 2003 年开始统计。其中，移动支付是指客户使用手机等移动设备通过银行结算账户发起的业务笔数。

^③ 数据来源于中国人民银行《支付体系运行业务报告》

^④ 资料来源：<http://www.pbc.gov.cn/redianzhuanti/118742/4489076/4500507/index.html>

展：案例与展望（2022）》报告显示，自 2020 年以来，数字金融助力绿色金融的试点改革区成绩斐然，以浙江省湖州市为例，ESG 评价体系已累计评价 17184 家企业，其中 ESG 表现优秀的企业达 71.19%，未来 30 年，我国绿色低碳的融资需求可能达到 487 万亿元，投资需求巨大，数字金融助力绿色金融发展的空间十分广阔^①。

3.1.3 数字金融指数现状分析

（1）数字金融指数的度量

数字金融指数采用北京大学数字普惠金融中心编制的城市“数字普惠金融指数”表示^②，该指数是在蚂蚁金融平台提供的各项金融服务数据的基础上，运用层次分析法、变异系数法确定权重后合成的，这项指标包含我国省份、地级市以及县域三个层面的数据。数字普惠金融指数的指标体系主要包括 3 个子维度，覆盖广度、使用深度和数字化程度，其中覆盖广度（*Bre*）主要包含每万人拥有支付宝账号数量、支付宝绑卡用户比例和平均每个支付宝账号绑卡数量 3 项指标，体现的是数字金融账户的覆盖率；使用深度（*Dep*）涵盖支付、货币基金、信贷、保险、信用等业务用户的使用参数，体现的是各类数字金融业务的使用深度；数字化程度（*Dig*）分为移动化、实惠化、信用化、便利化四个层次，体现的是金融服务与数字技术的融合程度以及普惠性程度^[69]，该数据的指标体系中包含了数字金融各项业务的发展情况，无论是时间跨度，还是地区覆盖广度，都较其他数据更具有优势，在研究数字金融的文献中使用频率较高^[70]，因此本文使用该数据衡量数字金融的发展水平。

（2）数字金融指数现状分析

根据数字金融统计数据，在 2011-2020 年我国数字金融实现了跨越式发展。从总量上看，2011 年全国数字金融总指数为 1240.13，2020 年进一步增长到 10577.81，扩大了 8.53 倍（见图 3.1），可以看出我国数字金融得到了快速的发展。从增速来看，数字金融增速持续下降，主要原因是数字金融业正在由高速增长阶段向高质量发展阶段过渡。2020 年，在新冠疫情的情况下，数字普惠金融仍然比

^①数据来源于《金融科技推动中国绿色金融发展：案例与展望（2022）》

^②数据来源于北京大学数字金融研究中心课题组，网站链接 <https://idf.pku.edu.cn/zsbz/515313.htm>

2019 年增长了 5.4%，进一步证明了数字金融在疫情时代下的稳定性和韧性。

利用 ArcGIS 软件进行可视化分析,并选择 Jenks 自然间断点分级法,将 2010 和 2020 年各城市数字金融指数划分为高、较高、中等、较低和低 5 个等级,图 3.2、图 3.3 展示了 2011、2020 年各城市数字金融指数的分布情况^①。整体来看,全国各城市数字金融呈现不断增长的发展态势;从分布格局来看,数字金融呈现由西向东逐渐升高的分布格局,与我国经济发展格局相同。同时,数字金融指数呈现出显著的空间集聚分布,以省会城市、直辖市为中心形成了“高一高”集聚的分布格局,其中,数字金融指数较高的聚集区为东部沿海的长三角城市群、珠三角城市群、京津冀城市群;中部地区的中原城市群,西部地区的成渝城市群。

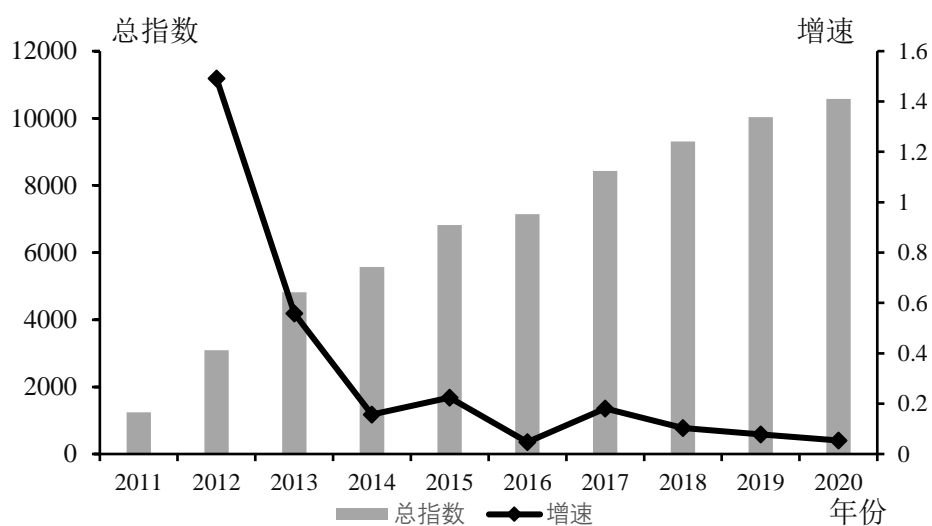


图 3.1 2011-2022 年全国数字金融指数发展趋势

^① 地图数据来自国家基础地理信息系统：<https://www.ngcc.cn/ngcc/html/1/391/392/16114.html>，地图中空白色块的城市不在本文的研究范围内。

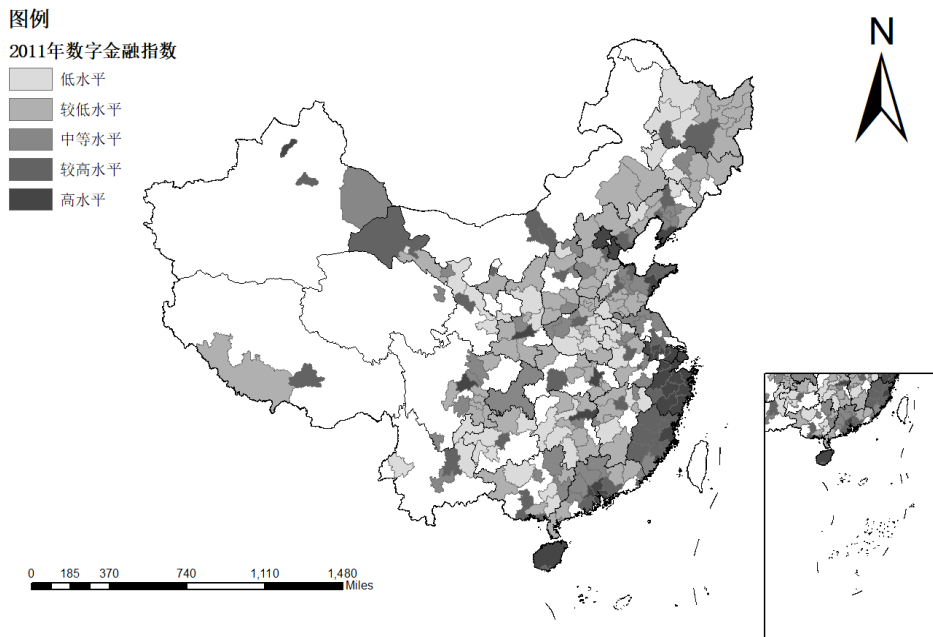


图 3.2 2011 年各城市数字金融指数分布

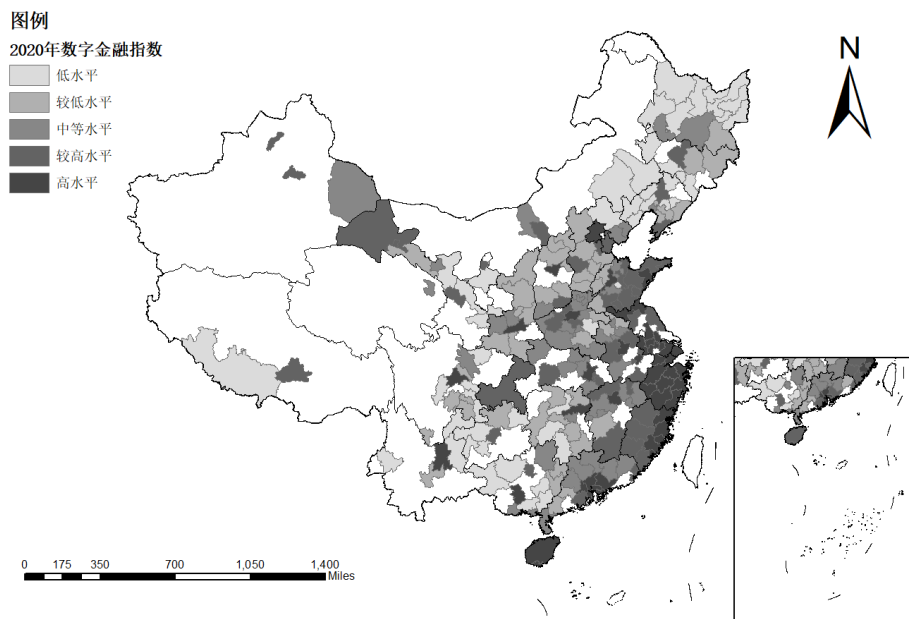


图 3.3 2020 年各城市数字金融指数分布

3.2 碳排放的现状分析

3.2.1 碳排放的测算

目前官方没有关于二氧化碳排放的具体统计数据,而且未给出官方的计算方法,为保证数据的可靠性,本文参考丛建辉等(2014)^[71]、吴建新和郭智勇(2016)^[72]的测算方法,对各城市二氧化碳排放量进行估算,能源消费的碳排放计算公式如下:

$$CO2_{itm} = D_{itm} \times EF_{itm} \quad (3-1)$$

其中, $CO2_{itm}$ 表示*i*城市*t*年*m*能源的二氧化碳排放量, D_{itm} 表示*i*城市*t*年第*m*种能源的消费量, EF_{itm} 表示*i*城市*t*年第*m*种能源的碳排放转换系数,由平均低位发热值、单位热值含碳量和碳氧化率的乘积计算所得。本文测算碳排放包含的能源种类有:天然气、液化石油气、电能、供热量四种,其中,天然气、液化石油气和电能的二氧化碳排放量可利用能源消耗量与碳排放转换系数相乘得到;城市热能主要有锅炉房供热和热电厂供热两种,其原料多数以原煤为主,通过供热量、燃煤工业热效率和原煤发热量计算出供热所需的原煤数量后,再利用原煤的碳排放转换系数得到供热所消耗的二氧化碳排放量,将各类能源的碳排放量进行加总得到城市的碳排放总量。天然气、液化石油气、电能和原煤的碳排放转换系数来源于《省级温室气体清单编制指南》,燃煤工业热效率来自《GB/T 15317-2009 燃煤工业锅炉节能监测》,城市能源消费数据来源于《中国城市建设统计年鉴》和各省市统计年鉴。

3.2.2 碳排放现状分析

根据碳排放计算方法,估算出2006-2020年我国各城市二氧化碳排放量。总体而言,2006-2020年,全国碳排放量呈现持续增长态势(见图3.4),全国碳排放量从2006年629811.3万吨增长到2020年1181551.3万吨,增幅达87.6%。分阶段来看,2006-2011年为快速增长阶段,该阶段国家大力开展经济建设,将经济产出的重点放在第二产业,粗放型增长方式占主导,导致国内能源使用处于高排放、高消耗状态。2012-2017年为稳定阶段,该阶段国家更加注重低碳清洁能

源的使用，天然气、水电、风电以及核能的使用比例不断提高；陆续开展了碳交易试点改革，制定了一系列环境保护政策，并将经济发展重心逐渐向第三产业转移，因而，国内能源消耗情况得到明显的改善。2018-2020年，稳步增长阶段，随着供给侧结构性改革持续推进，大量高污染、低产能的企业实现升级改造，经济规模不断扩大，全要素生产率不断提高，全国碳排放稳步回升。

分区域来看，2006-2020年，东、中、西部地区碳排放量分别从342953.2、175022.4、111835.7万吨增长到566148.4、285212.4、330190.3万吨（见图3.4）。其中，西部地区增幅最快，达到195.2%，统计期内，西部地区碳排放量均呈持续增长的态势，究其原因，西部地区积极推进西部大开发战略，为了自身的经济增长，主动承接了东部地区一部分高能耗产业，西部多数省份的工业结构以重工业为主，使得西部碳排放总量随经济增长而持续升高；东部地区碳排放量最多，由于东部地区是全国经济发展的中心，经济体量最大，碳排放总量较中、西部地区更多；中部地区碳排放增幅最小，为62.9%，2012年后，中部地区碳排放增长较为缓慢，主要因为中部地区大力推进绿色制造体系建设，制造业绿色转型取得了一定成效。

分城市来看，图3.5、图3.6展示了2006、2020年各城市碳排放分布情况^①。整体来看，我国碳排放量不断增长；2006年碳排放较高的地区主要集中在直辖市和省会城市；2020年碳排放分布格局出现明显变化，首先，全国整体碳排放水平明显提升，高水平 and 较高水平碳排放城市大幅增加，主要分布在东部沿海地区包括京津冀城市群、长三角城市群和珠三角城市群和山东半岛城市群；其次，以省会城市为中心的周边城市碳排放量明显增加，碳排放分布格局存在空间集聚的现象。

^① 利用 ArcGIS 软件，并选择 Jenks 自然间断点分级法，将 2010 和 2020 年各城市碳排放量划分为高、较高、中等、较低和低 5 个等级。

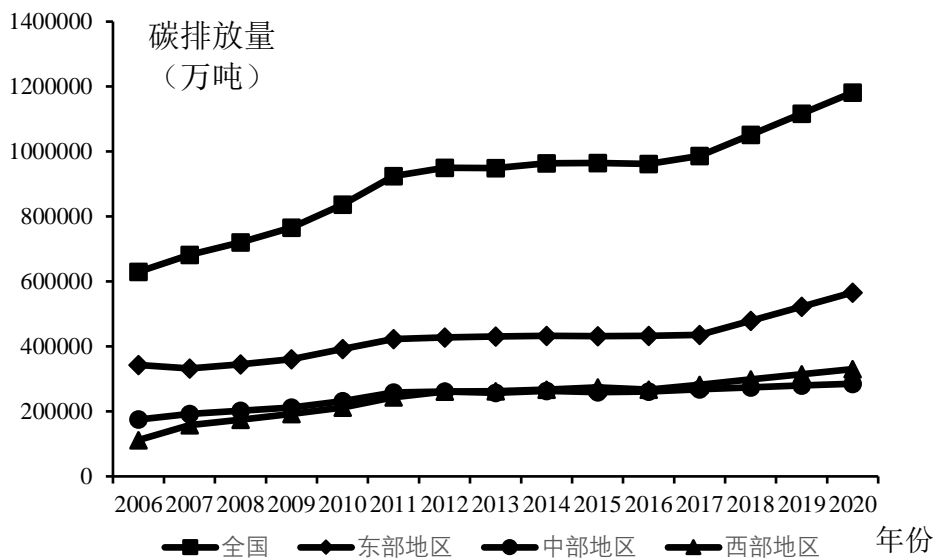


图 3.4 全国及各地区碳排放趋势分布

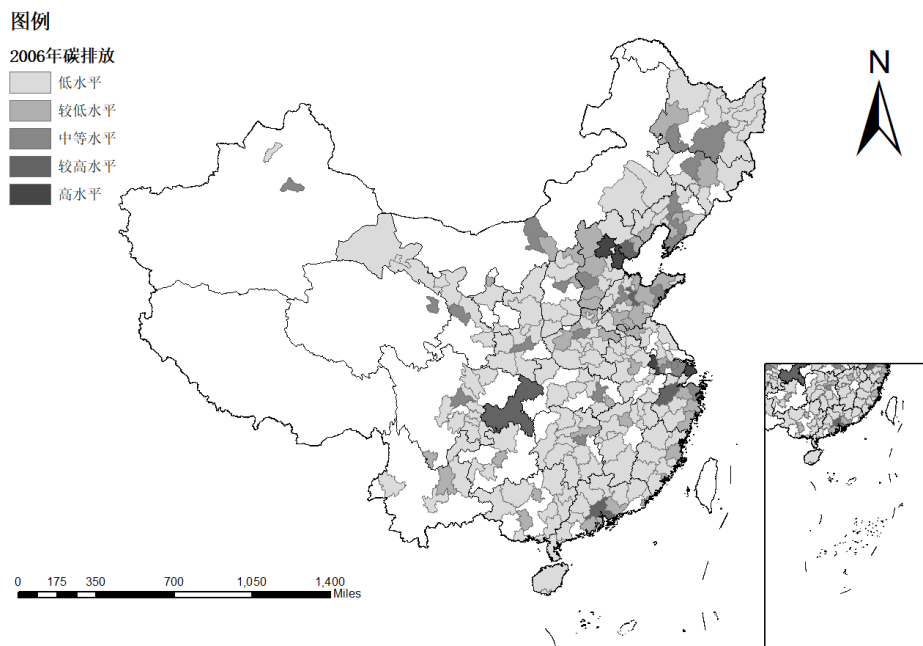


图 3.5 2006 年各城市碳排放分布

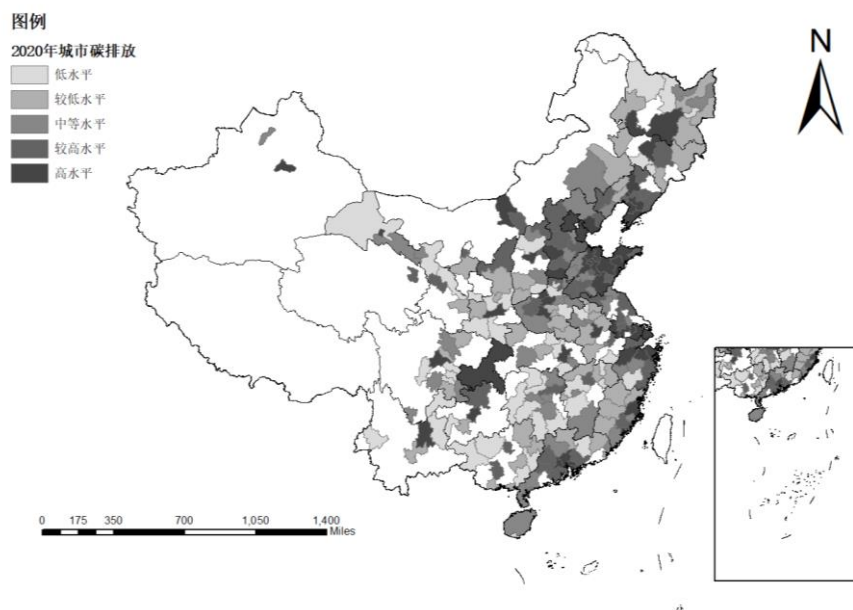


图 3.6 2020 年各城市碳排放分布

为了客观地反映经济生产的能源利用效率，采用单位生产总值的碳排放量即碳排放强度来衡量能源利用效率。图 3.7 展示了全国及各地区碳排放强度的变化趋势，全国及各地区碳排放强度均呈现逐年下降的趋势，这表明随着经济不断增长，能源利用效率不断提高。分区域来看，东部地区碳排放强度最小，整体低于全国碳排放强度，究其原因，东部地区是全国创新的重要极点，聚集了大量高新技术产业，因此东部地区的技术进步有效推动了产业绿色转型。中部地区碳排放强度下降幅度最大，在 2019 年之后，与全国碳排放强度基本持平，再次表明中部地区能源治理成效明显。西部地区碳排放强度最高，处于全国水平之上，但是碳排放强度的下降幅度高于东部地区，这表明西部地区的能源利用效率有所改善，未来在扩大经济总量的同时仍需要加快产业结构转型，逐渐摒弃高耗能、高污染的经济发展模式。

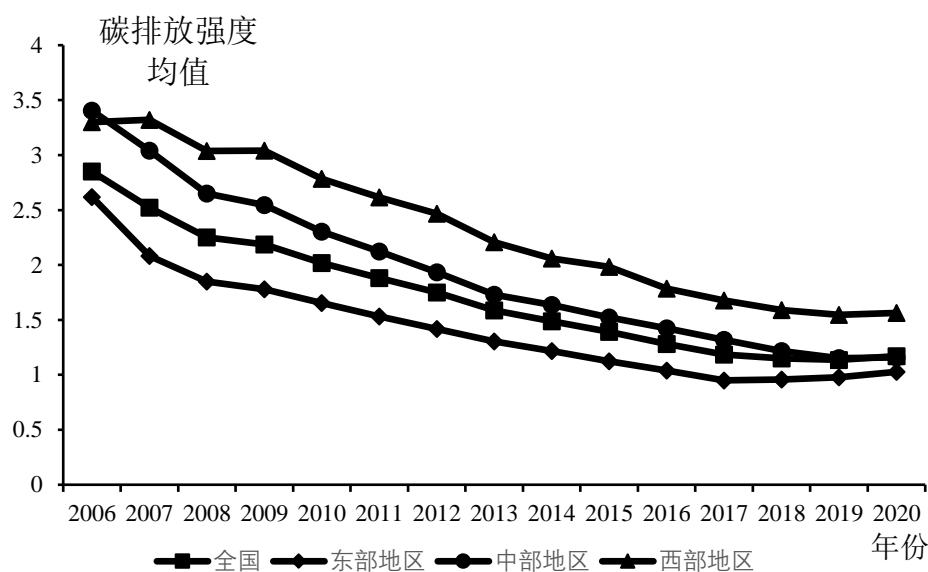


图 3.7 全国及各地区碳排放强度趋势分布

3.3 数字金融与碳排放的对比分析

根据现状分析来看,我国数字金融水平得到飞速发展,城市能源利用效率也在逐渐提高。那么,数字金融的蓬勃发展与城市碳减排是否有一定的联系呢?

为考察数字金融对碳排放的影响,首先,通过对比分析来初步观察二者的联系,对 2011-2020 年来城市数字金融指数区分为高水平与低水平城市^①,并对高水平 and 低水平城市的碳排放强度进行对比分析,如图 3.8 所示,横轴为年份,纵轴为各类城市二氧化碳排放强度均值。由图可知,研究期内,数字金融高水平城市的碳排放强度呈现逐渐下降的趋势,并且从 2018 年开始,其碳排放强度小于低水平城市,但数字金融低水平城市的二氧化碳排放强度呈现波动上升的趋势,这表明低水平城市的能源利用效率不增反降。为了更加准确的判断数字金融对碳排放的影响,下文将通过计量模型进一步分析。

^① 数字金融指数的分类方法采用自然间断点法,将城市数字金融水平分为高、较高、中、较低、低水平五种,这里只列举数字金融指数高、低水平两类城市的碳排放强度进行对比分析,其中高水平城市 39 个,低水平城市 43 个。

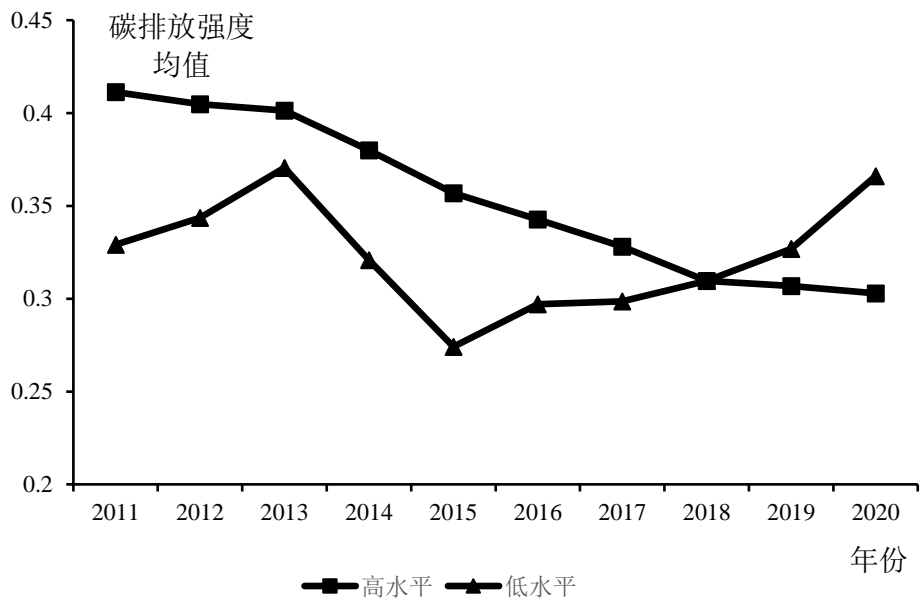


图 3.8 不同数字金融水平下城市碳排放强度对比图

4 我国数字金融对碳排放影响的实证研究

4.1 数字金融对碳排放的总效应分析

4.1.1 模型设定与指标选取

(1) 模型设定

首先,为探讨数字金融对城市碳排放的影响研究,构建了数字金融与城市碳排放的基准回归模型:

$$\ln CO2_{it} = \partial_0 + \partial_1 \ln Index_{it} + \partial_2 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-1)$$

其中, $\ln CO2_{it}$ 表示 i 城市 t 年二氧化碳排放量的对数值, $\ln Index_{it}$ 表示 i 城市 t 年数字金融指数的对数值, $Control_{it}$ 、 ε_{it} 表示控制变量和随机扰动项。

其次,为探讨数字金融对城市碳排放的机制研究,参考温忠麟(2004)^[73]的研究,构建中介效应模型进行机制分析:

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln Index_{it} + \gamma_2 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-2)$$

$$\ln CO2_{it} = \delta_0 + \delta_1 \ln Index_{it} + \delta_2 M_{it} + \delta_3 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-3)$$

其中, M_{it} 表示中介变量,根据中介效应模型可知,若系数 γ_1 和 δ_2 显著则可以证明中介效应存在。

(2) 指标选取

被解释变量:城市碳排放 ($\ln CO2$),采用丛建辉等(2014)^[71]、吴建新和郭智勇(2016)^[72]的方法测算所得,并对其取对数处理,以消除时间趋势的影响。

解释变量:数字金融 ($\ln Index$),采用北京大学数字普惠金融中心编制的城市“数字普惠金融指数”表示,数字金融指数的指标体系主要包括3个子维度,覆盖广度 (Bre)、使用深度 (Dep) 和数字化程度 (Dig)。该数据包含了数字金融各项业务的发展情况,包括电子支付、数字信贷、数字保险和其他数字金融产品,可以全面地反映数字金融的发展情况,因此,本文使用该数据来衡量数字金融。

中介变量:创新效应包括:技术创新 ($\ln Tec$) 参考房宏琳(2021)^[40]的衡量方法,用城市层面绿色专利申请量取对数表示;融资约束 ($Fincon$) 参考 Hadlock

和 Pierce (2010)^[74]的衡量方法，构建企业融资约束程度模型：

$$Z_{it} = a_0 + a_1 size_{it} + a_2 lev_{it} + a_3 \left(\frac{cash}{ta} \right)_{it} + a_4 MB_{it} + a_5 \left(\frac{NWC}{ta} \right)_{it} + a_6 \left(\frac{EBIT}{ta} \right)_{it} \quad (4-4)$$

其中，*size*：企业资产规模，用总资产的自然对数表示；*lev*：企业财务杠杆率，用资产负债率=总负债/总资产表示；*cash*：公司当年发放的现金股利；*MB*：企业市账比，用市场价值/账面价值表示；*NWC*：净营运资本，用营运资本-货币资金-短期投资表示；*EBIT*：税前利润；*ta*：总资产，对模型进行 Logit 回归，拟合企业每年的融资约束发生概率*P*，并将其定义为融资约束指数*Fincon*（取值在 0 到 1 之间），*Fincon*越大，企业的融资约束问题越严重；结构效应包括：产业结构高级化（*Str*）参考唐文进（2019）^[75]，用第三产业产值/第二产业产值表示，*Str*值越大表示城市产业结构越高级；产业结构合理化（*Ration*），用来反映产业内资源配置效率，借鉴袁航和朱成亮（2018）^[76]的方法，测算公式为：

$$Ration = \frac{1}{\sum_{m=1}^3 y_{i,m,t} \ln \left(\frac{y_{i,m,t}}{l_{i,m,t}} \right)} \quad (m = 1,2,3) \quad (4-5)$$

其中， $y_{i,m,t}$ 表示*i*地区*m*产业*t*时期的工业总产值占生产总值的比重， $l_{i,m,t}$ 表示*i*地区*m*产业*t*时期从业人员数占总就业人员数的比重，*Ration*值越高，产业结构越合理。规模效应包括：供给规模（*lnGDP*），用地区生产总值取对数表示，需求规模（*lnConsu*）借鉴南永清等（2020）^[77]使用城镇居民家庭人均消费支出表示。

控制变量：参考现有文献关于碳排放的影响因素研究^[13-15]，本文选取了以下控制变量：人口规模（*lnpeo*），用年平均总人口取对数表示；外商投资（*Fdi*），用实际外商直接投资额/GDP 表示；全要素生产率（*TFP*），参考王兵等（2010）^[78]，采用 SBM 方向性距离函数测算在资源约束下地级市绿色全要素生产率，其中期望产出为地级市地区生产总值，非期望产出为各项污染物排放量；环境规制（*Envir*），参考陈诗一和陈登科（2018）^[79]的方法，将地方政府工作报告中涉及“环保”词汇进行分类处理，并计算其占报告全文词频的比例作为代理变量，其中环保相关词汇包括低碳、环境保护、绿色、排污、减排、生态、PM2.5、PM10 等，上述控制变量为城市层面影响碳排放的主要因素。企业层面的控制变量包括：总资产报酬率（*ROA*），用企业总利润与总资产比值表示；资产负债比（*Lev*），

用期末总负债/总资产表示；托宾 Q 值 (*Tobin*)，用 (流通股市值+非流通股股份数×每股净资产+负债账面值)/总资产表示；企业年龄 (*Age*)，用观测年度与企业成立年度差值表示；高管持股比 (*Mshare*)，用高管持股数/总股数表示。

本文的数据集一是 2011-2020 年 277 个地级市的面板数据，数据来源具体如下：数字金融数据来自北京大学数字金融研究中心发布的《北京大学数字普惠金融指数（第三期，2010-2020 年）》^[69]；城市碳排放的测算数据来源于《中国城市建设统计年鉴》和各省统计年鉴；其他城市层面控制变量和中介变量的数据来自《中国城市统计年鉴》、各省统计年鉴，数据集一为本文实证研究的主要数据集。另外，鉴于机制分析涉及企业层面，第二套数据是由制造业上市企业数据和城市面板数据合并而来，根据王元彬（2022）^[61]的做法，通过企业代码、企业名称、企业所在城市以及对应年份将 2011-2020 年制造业上市企业数据库和对应城市面板数据匹配，并剔除连续三年出现 ST 的上市企业，剔除相关财务指标缺失的企业，得到城市—企业—年份的企业微观数据集，获得的总观测值为 13183 个，制造业企业微观数据来自国泰安数据库（CSMAR），本文数据的缺失值采用线性插值法补全。

表 4.1 主要变量统计性描述

变量名称	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnCO2</i>	2770	6.144	1.133	2.451	10.489
<i>lnIndex</i>	2770	5.057	0.514	2.834	5.813
<i>lnTec</i>	2770	4.267	1.707	0	9.228
<i>Str</i>	2770	1.288	0.621	0.202	4.754
<i>Ration</i>	2770	9.365	1.256	0.578	21.739
<i>lnGDP</i>	2770	15.981	1.861	9.765	19.269
<i>lnConsu</i>	2770	11.239	1.932	8.772	19.336
<i>lnpeo</i>	2770	5.863	0.673	3.005	7.326
<i>Fdi</i>	2770	0.024	0.026	0	0.69
<i>TFP</i>	2770	1.433	0.781	0.019	2.948
<i>Envir</i>	2770	0.088	0.036	0	0.543
<i>Fincon</i>	13183	0.574	0.145	0	0.869

4.1.2 基准回归结果

采用双向固定效应回归对模型（4-1）进行估计，表 4.2 第（1）列报告了基

准回归的结果。在纳入控制变量的条件下，数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.058，在1%水平下显著，表明在控制其他变量不变时，数字金融指数每增加1%，城市碳排放将减少0.058%。数字金融包含为多个维度，覆盖广度、使用深度和数字化程度，因此，进一步将数字金融分解为数字金融覆盖广度、使用深度和数字化程度三个维度分别探讨各维度对城市碳排放的影响。表4.2(2)-(4)列分别对应三个维度的回归结果，数字金融覆盖广度、使用深度、数字化程度对城市碳排放的估计系数分别为-0.029、-0.036、-0.038，均在1%水平上显著，表明了数字金融三个维度对城市碳排放的抑制作用，并且贡献按从大到小顺序依次为数字化程度、使用深度、覆盖广度。

就控制变量而言，表4.2第(1)列，人口规模对于城市碳排放的回归系数为0.044，并不显著；外商投资的估计系数分别为0.248，在10%水平下显著为正，这表明，外商投资往往以引进高能耗企业为主，在促进当地经济增长的同时，资源消耗和环境污染也随之增多；全要素生产率、环境规制强度的估计系数为-0.016、-0.076，均显著为负，体现了两者对于城市碳排放的抑制作用。

表4.2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>lnIndex</i>	-0.058*** (-6.58)			
<i>Bre</i>		-0.029*** (-3.93)		
<i>Dep</i>			-0.036*** (-4.75)	
<i>Dig</i>				-0.038*** (-6.36)
<i>lnpeo</i>	0.044 (1.20)	0.054 (1.46)	0.056 (1.52)	0.055 (1.49)
<i>Fdi</i>	0.248* (2.22)	0.391* (1.92)	0.324 (1.58)	0.296 (1.46)
<i>TFP</i>	-0.016*** (-5.96)	-0.014*** (-5.25)	-0.012*** (-4.73)	-0.011*** (-4.40)
<i>Envir</i>	-0.076* (-1.96)	-0.087 (-1.50)	-0.083 (-1.42)	-0.064* (-2.01)
城市固定	Y	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y	Y
N	2770	2770	2770	2770
R ²	0.588	0.559	0.580	0.587

注：括号内的数值为t值，*、**、***分别表示在10%、5%、1%的显著性水平下通过

统计性检验（下同）。

4.1.3 内生性检验

为了避免遗漏变量和反向因果带来的内生性问题，采用系统广义矩估计回归（SYS-GMM）和工具变量法进行内生性检验。首先，系统广义矩估计回归以解释变量的滞后项作为工具变量，控制了可能存在的内生性问题，在使用系统广义矩估计回归之前，需要使用 AR、Sargan 检验来排除工具变量过度识别的问题，表 4.3 报告了估计结果，AR、Sargan 检验均通过，其中 AR 检验表明，随机扰动项的差分存在一阶自相关，但不存在二阶自相关，可以使用 SYS-GMM 模型；Sargan 检验表明模型存在过度识别问题，选择 SYS-GMM 模型更有效。表 4.3 第（1）（2）列是系统广义矩估计回归的估计结果，无论是否加入控制变量，数字金融的估计系数均显著为负，加入控制变量后数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.056，与固定效应回归基本保持一致，排除了基准回归模型的部分内生性。

其次，参考许钊等（2022）^[46]的做法，采用城市互联网普及率和各城市距离杭州市的球面距离作为工具变量，其中，各城市距离杭州市的球面距离不随时间变化，将其与全国数字金融指数的平均值相乘作为工具变量。表 4.3 第（3）（4）列为使用工具变量后的回归结果，使用互联网普及率作为工具变量时，数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.212，在 1%水平下显著为负；使用距离杭州市球面距离作为工具变量时，数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.031，且在 1%水平下显著。由上述结果可知，克服内生性问题后，数字金融对于城市碳排放仍然具有显著的抑制作用。

表 4.3 内生性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	SYS-GMM	SYS-GMM	IV: <i>Internt</i>	IV: <i>Distance</i>
<i>L1lnCO2</i>	1.218*** (17.15)	1.218*** (17.15)		
<i>lnIndex</i>	-0.109*** (-32.86)	-0.056** (-2.73)	-0.212*** (-3.46)	-0.031*** (-3.48)
<i>lnpeo</i>		0.035 (0.55)	-0.043 (-1.33)	-0.007 (-0.28)
<i>Fdi</i>		4.80*** (3.63)	0.290** (2.16)	0.199** (2.76)
<i>TFP</i>		-0.022*** (-3.93)	-0.021*** (-7.35)	-0.014*** (-10.27)
<i>Envir</i>		4.045*** (7.99)	-0.029 (-0.79)	0.018 (0.60)
AR(1)、AR (2) 检验	通过	通过	——	——
Sargan 检验	通过	通过	——	——
样本量	2770	2770	2770	2770

4.2 数字金融对碳排放的机制分析

为考察数字金融对于碳排放的传导机制,即创新效应、结构效应和规模效应,根据模型(4-2)和(4-3)进行机制检验。

4.2.1 数字金融对碳排放的创新效应

表 4.4 为创新效应的检验结果,第(2)列为数字金融对技术创新的估计结果,数字金融对技术创新的估计系数为 0.441,在 1%水平下显著为正。第(3)列进一步考察技术创新对城市碳排放的估计结果,技术创新对城市碳排放的回归系数为-0.05,在 10%水平下显著为负。综合以上结果可计算出数字金融对城市碳排放的创新效应为-0.02205[0.441×(-0.05)],即数字金融能够显著提升城市的技术创新水平,并进一步抑制城市碳排放的增加, H1 得证。

前已述及,数字金融通过缓解企业融资约束,助力企业创新研发,提高企业技术创新产出。因此,选用制造业上市公司 2011-2020 年数据,构建城市一企业

一年份数据，从微观层面探寻数字金融对企业技术创新的作用机制，回归结果见表 4.4，第（4）列，数字金融对企业创新产出的回归系数为 0.004，在 5%水平下显著为正，体现了数字金融对企业创新产出的正向作用；第（5）列，数字金融对企业融资约束的估计系数为-2.060，在 1%水平下显著为负，这表明数字金融显著降低了企业融资约束，第（6）列，融资约束对于企业创新产出的估计系数为-0.043，在 1%显著为负。表 4.4（4）-（6）列的结果表明，数字金融通过降低企业融资约束，提升了企业创新产出，而企业的技术创新是提高生产率的重要途径，企业技术创新研发活动的开展，一方面提高了能源利用效率，尤其是高能耗的“粗放型”企业，可以在竞争中通过创新转型和绿色科技的溢出效应，促进自身的绿色低碳发展^[61]；另一方面，数字金融重点帮扶的初创期企业，往往致力于环保产品的利用（如共享出行和共享充电宝）和清洁能源的研发（如新能源产业），能够优化经济活动对资源环境的消费结构^[63]，减少碳排放。所以，微观机制分析从侧面证实了 H1。

表 4.4 创新效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>lnCO2</i>	<i>lnTec</i>	<i>lnCO2</i>	<i>patent</i>	<i>Fincon</i>	<i>patent</i>
<i>lnIndex</i>	-0.058*** (-6.58)	0.441*** (9.35)	-0.047*** (-5.91)	0.004** (2.67)	-2.060*** (-44.10)	0.003** (2.64)
<i>lnTec</i>			-0.050* (-1.85)			
<i>Fincon</i>						-0.043*** (-9.96)
城市固定	Y	Y	Y	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y	Y	Y	Y
控制变量	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N	2770	2770	2770	13183	13183	13183
R ²	0.588	0.730	0.618	0.043	0.235	0.051

4.2.2 数字金融对碳排放的结构效应

表 4.5 报告了结构效应的检验结果，第（2）列数字金融对产业结构高级化的估计系数为 0.151，在 1%水平下显著为正，这表明数字金融的发展有助于推动产业结构高级化。第（3）列，产业结构高级化对城市碳排放的回归系数为-0.024，在 10%显著为负，因此，数字金融对城市碳排放的结构效应为-0.003624[0.151×(-

0.024)], 即数字金融可通过促进产业结构高级化来减少城市碳排放, H2 得以验证。

数字金融对产业结构的影响, 一方面表现为利用金融资源促进第三产业的发展, 实现产业结构高级化, 另一方面, 数字金融将金融资源从生产资源较低的部门转入生产效率更高的部门, 提高了资源配置效率, 优化产业布局。为考察数字金融是否通过提升了产业间资源配置的效率, 进而抑制城市碳排放, 借鉴袁航和朱成亮(2018)的方法, 使用产业结构合理化(*Ration*)进行实证检验, 产业结构合理化是对要素投入和产业结构的耦合程度的测算, 即可以用来反映产业之间协调程度, 也可以反映产业内部的资源利用效率^[76]。表 4.5 后两列报告了检验结果, 数字金融对产业结构合理化的回归结果显著为正, 产业结构合理化对碳排放的回归结果显著为负, 即数字金融促进了产业结构合理化水平的提升, 产业结构的合理化对城市碳排放具有显著的抑制作用, 进一步佐证了 H2。

表 4.5 结构效应检验结果

变量	(1) <i>lnCO2</i>	(2) <i>Str</i>	(3) <i>lnCO2</i>	(4) <i>Ration</i>	(5) <i>lnCO2</i>
<i>lnIndex</i>	-0.058*** (-6.58)	0.151*** (5.34)	-0.056*** (3.77)	0.043* (1.79)	-0.039*** (-3.58)
<i>str</i>			-0.024* (-1.81)		
<i>Ration</i>					-0.731** (-2.30)
城市固定	Y	Y	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y	Y	Y
控制变量	Y	Y	Y	Y	Y
样本量	2770	2770	2770	2770	2770
R ²	0.588	0.584	0.045	0.087	0.265

4.2.3 数字金融对碳排放的规模效应

表 4.6 报告了规模效应的检验结果, 就供给端而言, 根据表 4.6 第(2)列, 数字金融对供给规模的估计系数为 0.073, 在 1%水平下显著为正, 表明数字金融显著促进了地区供给规模的扩张, 供给规模对城市碳排放的回归系数为 0.042, 且在 5%水平下显著, 通过计算可知数字金融通过供给规模扩张产生的规模效应为 0.003066 (0.073×0.042); 就需求端而言, 表 4.6 后两列显示, 数字金融对需

求规模的回归系数为 0.006，在 10%水平下显著为正，需求规模对城市碳排放的估计系数为 0.026，在 1%水平下显著为正，计算可知数字金融通过需求扩张带来的规模效应为 0.000156 (0.006×0.026)，这表明了数字金融的普惠性和支付便利性，推动经济规模的扩张，促使城市碳排放增加，即数字金融的规模效应加剧了城市碳排放的增加，H3 成立。

表 4.6 规模效应检验结果

变量	(1) <i>lnCO2</i>	(2) <i>lnGDP</i>	(3) <i>lnCO2</i>	(4) <i>lnConsu</i>	(5) <i>lnCO2</i>
<i>lnIndex</i>	-0.058*** (-6.58)	0.073*** (6.73)	-0.057*** (-5.67)	0.006* (1.81)	-0.057*** (-4.35)
<i>lnGDP</i>			0.042** (2.36)		
<i>lnConsu</i>					0.026*** (9.29)
城市固定	Y	Y	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y	Y	Y
控制变量	Y	Y	Y	Y	Y
样本量	2770	2770	2770	2770	2770
R ²	0.588	0.796	0.842	0.796	0.561

4.3 数字金融对碳排放的门槛分析

由于数字金融对城市碳排放具有多重效应，其总效应会随着数字金融水平的不断提高而呈现不同的特征，因此，有必要验证数字金融对城市碳排放是否存在非线性关系，即 H4。本文运用面板门槛模型进行检验，在模型 (4-1) 的基础上构建数字金融对城市碳排放的门槛回归模型：

$$\ln CO2_{it} = \mu_0 + \mu_1 \ln Index_{it} \cdot I(\ln Index_{it} \leq \delta_1) + \mu_2 Control_{it} \cdot I(\ln Index_{it} \geq \delta_1) + \mu_3 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-6)$$

其中， I 表示指示函数， $\ln Index_{it}$ 既是解释变量也是门槛变量，使用门槛模型进行非线性回归的优点是客观地划定门槛值，并可以对门槛值的显著性进行检验。具体而言，在最小化门槛数的条件下，通过 OLS 回归得到门槛值和相应的估计系数，然后对门槛效应的显著性和门槛估计值的置信区间进行检验，验证门槛值划定是否准确。根据门槛效应估计结果可知，数字金融对于城市碳排放具有单门槛效应，门槛值为 146 ($e^{4.983}$)。

表 4.7 报告了门槛模型的回归结果, 数字金融对城市碳排放的作用分为两个阶段: 当数字金融指数小于 146 时, 数字金融的估计系数为-0.021, 当数字金融指数大于 146 时, 数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.033。总体来看, 数字金融对污染减排的总效应始终为负, 即创新效应和结构效应对城市碳排放的抑制作用始终大于规模效应对城市碳排放的促进作用, 这表明随着数字金融的发展, 数字金融对城市碳排放的抑制作用表现为逐渐增强, 即当数字金融处于较低水平时, 数字金融对城市碳排放具有适度的抑制作用; 当数字金融处于较高水平时, 数字金融对城市碳排放的抑制作用增强。

按照面板门槛模型的回归结果, 将研究期内的城市按照数字金融指数的门槛值划分为两个区间, 并观察其动态变化。表 4.8 的结果显示了研究期内数字金融指数在门槛值前后的城市分布情况, 2011 年, 全国所有城市均处在门槛值以下, 但是 2016 年后, 所有城市数字金融指数均跨越门槛值, 这进一步证明了我国数字金融发展达到较高的水平, 数字金融对城市碳排放的抑制作用也在逐渐增强。

表 4.7 门槛模型检验结果

变量	(1)	(2)
门槛值	I<146	I>146
<i>lnIndex</i>	-0.021*** (-2.23)	-0.033*** (-3.81)
控制变量	Y	Y
N	2770	2770

表 4.8 门槛值前后城市分布

	年份									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
门槛值<146	277	276	226	164	6	0	0	0	0	0
门槛值>146	0	1	51	113	271	277	277	277	277	277
东	0	1	34	55	83	83	83	83	83	83
中	0	0	9	36	112	112	112	112	112	112
西	0	0	8	22	76	82	82	82	82	82

数据来源: 根据研究期内数字金融指数统计所得。

4.4 异质性分析

我国作为最大的发展中国家, 幅员辽阔, 经济发展水平和金融资源存在明显

的地区差异，为进一步分析数字金融对城市碳排放的空间异质性，将全国按东、中、西地区和是否为城市群内城市进行划分。

首先，按照《关于明确东中西地区划分意见》中对我国东、中、西地区的划分，进行区域异质性分析。表 4.9 第 (1) - (3) 列为区域异质性的回归结果，东部和中部地区数字金融对城市碳排放的影响具有显著的抑制作用，就东部地区而言，其数字基础设施建设和数字产业发展的优势明显；集聚了上海、深圳、杭州等金融资源较为丰富的城市，依托较为发达的数字金融服务体系，东部地区可有效发挥数字金融的创新效应和结构效应，促进城市低碳经济的发展；中部地区的估计系数小于东部地区，这是因为，中部地区数字金融的发展方面明显低于东部地区；并且，东部地区主要以高端制造业和第三产业为主，而中部地区聚集了大量的传统制造业，因此中部地区数字金融对城市碳排放的抑制作用小于东部地区。西部地区数字金融对城市碳排放具有显著的促进作用，一方面，与东部、中部地区相比，西部地区的传统金融业发展相对缓慢，另一方面，西部地区各省份主要以能源和资源型产业为主，企业自主研发和创新投入水平较低，数字金融的发展可能为企业的经营规模扩张带来可能，这种经营规模的扩张加剧了环境污染，表现为数字金融的规模效应大于创新效应和结构效应。

表 4.9 异质性分析结果

变量名	(1) 东	(2) 中	(3) 西	(4) 城市群	(5) 非城市群
<i>lnIndex</i>	-0.063*** (-7.61)	-0.052*** (-9.07)	0.077*** (10.70)	-0.042*** (0.65)	0.004 (0.62)
控制变量	Y	Y	Y	Y	Y
城市固定	Y	Y	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y	Y	Y
N	830	1120	820	1850	920
R ²	0.112	0.239	0.032	0.149	0.134

其次，根据现状分析可知，数字金融和城市碳排放的分布均具有空间集聚特征，表现为以城市群为主的“高一高”集聚现象，因此，借鉴张凡等（2019）^[80]界定城市群的标准，划定出 11 个城市群^①，表 4.9 第 (4) (5) 列报告了回归结果，城市群内部，数字金融对城市碳排放的回归系数显著为负，城市群内城市借助中心城市数字金融红利，可以有效推动自身创新发展和产业升级，进而抑制城

^① 选取了京津冀城市群、长江中游城市群、哈长城市群、成渝城市群、长江三角洲城市群、中原城市群、北部湾城市群、关中原城市群、呼包鄂榆城市群、兰西城市群以及粤港澳大湾区。

市碳排放的增加。非城市群城市，数字金融对城市碳排放的估计系数为正，但不显著，表明非城市群内城市由于地理位置的劣势，并未享受到数字金融的发展红利。综上所述，考虑空间异质性后，数字金融对城市碳排放的抑制作用主要在东部、中部地区以及城市群内城市。

4.5 稳健性检验

为确保上文估计结果的可信性，下文将进行一系列稳健性检验，具体包括替换被解释变量、剔除外生政策冲击与子样本回归，具体结果见表 4.10。

表 4.10 稳健性检验结果

变量名	(1)	(2)	(3)
	替换因变量	排除政策干扰	子样本回归
<i>lnIndex</i>	-0.906*** (-6.71)	-0.059*** (-6.96)	-0.062*** (-8.24)
控制变量	Y	Y	Y
城市固定	Y	Y	Y
年份固定	Y	Y	Y
N	2770	2770	2550
R ²	0.109	0.588	0.495

4.5.1 替换被解释变量

替换被解释变量城市碳排放的度量方法，参考 Chen (2020)^[81]的衡量方法，使用下辖县区层面的碳排放量加总得到市级层面的二氧化碳排放总量，表 4.10 第 (1) 列报告了替换解释变量之后的回归结果，数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.906，在 1%水平下显著为负，即替换了城市碳排放的计算方法后，数字金融对于城市碳排放的抑制作用仍然显著。

4.5.2 剔除外生政策冲击

作为全球碳排放量最大的发展中国家，我国始终格外关注污染减排问题，为有效改善我国温室气体排放问题，2010 年国务院发改委发布了《关于开展低碳

省区和低碳城市试点工作的通知》^①，根据通知内容，地方政府积极推进低碳省区和低碳试点城市工作，此后一系列低碳城市投入建设。为了剔除“低碳试点城市”这一外生政策的干扰，将“低碳试点城市”这一虚拟变量纳入基准回归模型中，具体而言， i 城市 t 年被确立为“低碳试点城市”，则赋值为1，否则赋值为0。表4.10第（2）列报告了剔除外生政策干扰后的回归结果，数字金融对城市碳排放的估计系数为-0.059，在1%水平下显著为负，表明剔除外生政策干扰后，数字金融的污染减排效应仍然有效，进一步证明了结果的稳健性。

4.5.3 子样本回归

数字金融作为金融发展的形式之一，其本身受到地理区位优势的影响，省会城市、直辖市等城市作为区域经济中心，其原有的金融资源较其他城市更为丰富，数字金融的发展更为便利，为保证数字金融对于城市碳排放的回归结果更具有普适性，在剔除省会城市的基础上再进行子样本回归，结果见表4.10第（3）列，数字金融对城市碳排放的估计结果仍然显著为负，验证了数字金融对城市污染减排的普适性。

^①资料来源：http://www.gov.cn/zwggk/2010-08/10/content_1675733.htm

5 数字金融促进城市低碳发展的对策建议

通过理论与实证的研究发现,数字金融的发展有利于企业绿色技术研发和创新,推动城市产业结构向绿色低碳方向转型升级,从而抑制城市碳排放。在应对全球气候变暖的背景下,无论是推进清洁能源的高效使用,还是工业、建筑业、交通等各领域的产业结构转型,都需要科技、人才、政策全方位的支持,数字金融作为社会资源配置的重要方式,是实现城市低碳发展的有效手段。因此,结合前文研究,从长远发展的角度为数字金融促进城市碳减排提出以下几点建议:

5.1 打牢技术根基,深化数字金融服务能力

当前数字产业化和产业数字化高速进行,金融业作为高端服务业,借助数字技术赋能,提高金融资源配置效率,是助力经济高质量发展的重要机遇。

首先,鼓励各项传统金融业务进行数字赋能,利用信息技术实现线上金融业务办理服务,打造线上一站式业务体验场景,在节省服务成本的基础上,最大程度提高金融服务效率,将数字金融服务与产品推向更为广泛的群体,为数字金融开辟更广阔的市场。

其次,应用大数据技术解决海量数据的分析和管理工作,进而从中抽取高价值信息,有效帮助融资企业识别市场需求和行业发展趋势,并精准实施营销策略。通过人工智能、深度学习等技术,对用户基本特征和历史交易数据进行分析,深入挖掘用户的交易偏好、信用状况等特征,预测金融产品和服务的消费趋势,为金融产品的创新内容和创新方式提供决策依据,充分激活数据要素的潜能,提升金融服务质量。

最后,在金融监管方面,强化数字金融治理能力,采用定量统计加定性筛选的方法构建金融用户信用评估指标体系,为金融机构预测用户违约风险发生概率提供技术支持,同时,建立健全相关制度评价标准,建立安全与效率并重的科技成果体制,改善传统金融机构中用户信用评估标准不统一、数据来源不可靠、评价手段滞后的弊端,搭建一体化运营中台,建立智能化风险管理机制,激活数字化经营新动能。

5.2 发挥数字金融普惠优势，助力企业创新发展

数字金融以云计算和大数据为基础的分析能力使得数字金融链接起了金融信息的生产端和需求端，有效缓解了信息不对称问题，畅通资本流动，进一步突破了资本流动的时间、空间限制，改善资本市场流通环境。因此，未来应继续开拓以数字技术为支撑的信贷融资途径，助力企业创新发展。

一方面，以银行为代表的金融机构要主动寻求开放发展，与互联网等科技企业共建“开放式金融”发展模式，选择那些符合国家产业发展方向的企业重点帮扶。民营企业是我国科技创新的主力军，数字金融要充分发挥其对中小企业的普惠性，优先服务于新能源、高新技术产品、生物医药等暂时遇到困难的创新型企业。对于经济较为发达的东部地区、中部地区和城市群中心城市，加快建立包括多元化融资体系和多层次的资本市场结构，通过运用包括信贷融资、股票市场、基金投资等手段，完善整体金融服务网络，使金融市场成为连接产、学、研创新链的资金纽带，为高校、科研机构的科研成果转化和“高精尖”企业技术孵化创造资金支持。对于西部地区和非城市群城市，应加快数字金融基础设施建设，确保数字金融服务的可获得性，政府设立相应的激励政策，鼓励金融机构建立数字金融产品知识普及平台，帮助中小微企业进行贷前、贷中、贷后全方位咨询服务。

另一方面，政府应完善相应制度环境，为数字普惠金融业务营造良好的发展环境，一是更新知识产权保护准则，结合信息技术等新兴技术手段及时收录企业技术创新信息，保障中小企业的技术创新成果及创新产品安全。二是完善与数字金融有关的法律法规，对数字金融市场主体、客体、管理者、使用者行为进行规范，帮助中小企业打破技术创新融资约束。三是强化数字金融监管机制，加强对数字技术的利用，及时预警并防范系统性风险，确保中小企业可以获取充足技术创新资金。

5.3 增强绿色产业金融扶持，推动产业结构升级

在“双循环”发展格局下，数字金融助力产业转型升级的能力需进一步提升，通过新型数字金融产品创新，绿色金融政策激励，市场制度创新与监管，建立“产业+科技+金融”的数字金融生态体系，深化金融市场在产业转型升级中的枢纽作

用。

首先，基于产业转型升级需求，设立符合产业转型升级需求的新型金融产品包括绿色融资租赁、碳中和债、绿色 REITS、碳中和指数收益互换等创新产品，拓展绿色低碳和高科技企业的多层次融资方式，增强金融资本的枢纽作用，特别是要鼓励设立高精尖、新能源等科技类指数基金的建立，强化低能耗、高科技产业聚集资本的能力，弱化房地产、资源型产业的资金聚集能力，引导资金流向高级产业链、价值链的企业，助力产业转型升级。

其次，建立关于绿色金融的相关政策激励，引导数字金融产品不断向绿色金融的方向完善。一是借助大数据、云计算、互联网等新一代信息技术，构建衡量企业环境污染排放的相关评价体系，形成包括绿色信贷 ESG 投资、碳排放核算等多层次评价体系，作为提供信贷融资的重要参考依据；二是整合财政现有资金，设立绿色发展基金，或与有实力的数字金融公司合作设立产业基金平台，针对节能减排、污染防治和绿色低碳的产业提供资金支持。对于符合条件的环保类企业和环境友好型企业提供债务融资补贴和技术支持，为企业绿色企业债、绿色公司债、绿色资产支持证券等新型绿色债券产品的咨询平台，对符合条件的绿色债券发行主体给予中间费用补贴，以降低发行成本，扩大融资规模。

最后，构建优胜劣汰的市场机制，加强数字金融产品和市场交易制度建设，完善投融资参与者进入与退出机制，建立合理高效的数字金融市场，确保资金有序合理地向新技术、新产业、新业态流动。此外，还应建立规范的金融产品监管机制，避免出现投资过热、抱团投资等产业“假象”，使得金融资金能够“精准支持、直达实体”地引导产业结构转型。

5.4 因地制宜，充分发掘数字金融红利

各区域发展需要充分考虑各自的自然禀赋、经济基础和金融环境等各项情况，因地制宜地制定相应的数字金融发展规划，才能实现数字金融助力城市低碳减排的长效发展。

首先，东部地区作为我国创新发展的战略高地，以京津冀、长三角、珠三角城市群为主的都市圈具有较为完善的数字金融市场体系，也是数字金融产品创新发展的主要阵地。这类城市一方面要夯实自身数字金融的服务实力，通过数字金

融产品促进数字产业的快速发展，提升其国际地位；另一方面，借助完善的数字金融产业链，合理配置金融市场的资金，大力扶持科技引领型的“独角兽”企业，构建数字金融市场、科技创新型企业合作互惠的金融科技产业生态圈。此外，秉承“绿色+节能环保”的产业发展思路，政府应切实把握数字金融助力绿色金融发展的契机，积极支持装备制造业进行环保装备更新、资源循环体系改造以及污染排放治理等，以金融力量守护绿水青山。

其次，中西部地区资源储备充足，多以资源型产业为主，生态环境脆弱，污染防治需求大，因此，中西部地区城市低碳减排的任务相对艰巨，产业结构转型发展任务相对繁重，所以，利用数字金融市场将资金重点投放在工、农业的低碳技术人才培养与引进、能源结构升级等方面是重中之重。这类城市一方面充分发挥数字金融对绿色低碳企业项目的吸引集聚作用，为企业项目的建、投、运、管等提供融资补贴和技术支持，助力中西部地区绿色低碳产业的引进；另一方面，构建以数字产业和本土优势结合的发展模式，发挥经济欠发达地区新兴产业的后发优势，为推进“东数西算”打下坚实基础。同时，利用大数据和云计算技术建立碳汇核算方法，建立线上碳汇交易市场和碳金融市场，激励农户通过人工造林、封山育林等手段进行退耕还林、补偿生态，提升农户植树造林的积极性，丰富数字金融与生态建设的经验尝试。

最后，数字金融的发展应遵循“以点带线，连线成面”的多维发展方式，构建全国相互连通的数字普惠金融平台，促进数字金融服务实现跨区域流通，方便中西部地区享受东部地区发达的数字金融资源，进而助力地区间资源与技术成果共享，促进区域间协同化发展。

6 总结与展望

6.1 全文总结

文章基于相关理论,从三个角度阐述了数字金融对碳排放的作用机制,一是创新效应,数字金融降低了企业的融资约束,提高了企业技术创新水平,从而减少了碳排放;二是结构效应,数字金融促进资源从低效率产业向高效率产业转移,促进了城市产业结构升级,进而减少了碳排放,三是规模效应,数字金融通过促进供给端和需求端的规模扩张,增加了碳排放;综合分析来看,随着数字金融的发展不断深化,创新效应和结构效应将大于规模效应,即数字金融对碳排放的抑制作用逐渐增强。接着,对数字金融与碳排放的发展现状进行梳理和总结,探寻我国数字金融与碳排放的特征事实。

基于以上思路,运用双向固定效应模型来估计数字金融对城市碳排放的影响。首先,采用2011-2020年277个地级市的面板数据进行基准分析,发现数字金融对城市碳排放存在负向影响,系数为-0.058,并通过了1%显著性水平下的统计检验,通过工具变量、广义矩估计两种方法排除了内生性干扰后,结果依然显著为负。其次,机制分析表明数字金融通过创新效应、结构效应和规模效应三种途径作用于城市碳排放,并且面板门槛模型回归结果表明,随着数字金融水平的提高,数字金融对城市碳排放的抑制作用逐渐增强。再次,考虑到我国发展的不平衡性,把样本按东中西三大区域和城市群、非城市群来进行异质性分析,发现数字金融对东部、中部地区的城市碳排放具有显著的抑制作用,对西部地区城市碳排放具有促进作用;城市群内外数字金融对城市碳排放存在不同的影响,城市群内表现为数字金融对城市碳排放的抑制作用,城市群外,数字金融对城市碳排放表现为促进作用。为保证实证结果的稳健性等,使用替换被解释变量、剔除外生政策干扰与子样本回归三种方法进行稳健性检验,结果进一步证实了前文的结论。最后,结合以上理论与实证的分析,提出了四条对策建议。

6.2 研究展望

本文主要就数字金融对碳排放的影响进行了详细的理论和实证研究,总体来

看，研究还存在一些不足之处，主要体现在：

（1）我国数字金融的发展和城市碳排放可能存在空间关联的特征，而本文的实证分析并未使用空间计量模型进行空间关联效应的检验；

（2）限于数据的可得性，数字金融对城市碳排放的规模效应和结构效应未从微观层面进行分析。

未来可能的研究方向有：

（1）可以运用空间计量模型，探究数字金融对碳排放的影响，进一步为区域内低碳减排提供对策建议；

（2）可以通过获取调查数据等，进一步细化对规模效应和结构效应的微观机制检验。

参考文献

- [1] Newell R G, Jaffe A B, Stavins R N. The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1999, 114(3): 941-975.
- [2] Maskus K E, Neumann R, Seidel T. How national and international financial development affect industrial R&D[J]. *European Economic Review*, 2012, 56(1): 72-83.
- [3] 汪伟,潘孝挺.金融要素扭曲与企业创新活动[J].*统计研究*,2015,32(05):26-31.
- [4] 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.
- [5] 刘洋,李敬,雷俐.数字金融发展推动中国城市产业结构升级了吗?——来自地级及以上城市的经验证据[J].*西南大学学报(社会科学版)*,2022,48(06):123-136.
- [6] 黄琳琳,王远,张晨,等.闽三角地区碳排放时空差异及影响因素研究[J].*中国环境科学*, 2020,40(5):2312-2320
- [7] 王长建,张虹鸥,叶玉瑶,等.广东省能源消费碳排放影响机理分析:基于 IO-SDA 模型[J].*热带地理*, 2017,37(1):10-18.
- [8] 刘佳骏,史丹,汪川.中国碳排放空间相关与空间溢出效应研究[J].*自然资源学报*, 2015,30(8):1289-1303.
- [9] Adom P K, Bekoe W, Amuakwa-Mensah F, et al. Carbon dioxide emissions, economic growth, industrial structure, and technical efficiency: Empirical evidence from Ghana, Senegal, and Morocco on the causal dynamics[J]. *Energy*, 2012, 47(1): 314-325.
- [10] Ertugrul H M, Cetin M, Seker F, et al. The impact of trade openness on global carbon dioxide emissions: Evidence from the top ten emitters among developing countries[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 67: 543-555.
- [11] Duro J, Teixeira J, Padilla E. The causal factors of international inequality in CO₂ emissions per capita: a regression-based inequality decomposition analysis[J]. *Universitat Rovira i Virgili, Department of Economics*, 2016.
- [12] 程叶青,张守志,叶信岳,等.中国能源消费碳排放强度及其影响因素的空间计

- 量[J].地理学报,2013,68(10):1418-1431.
- [13] 颜艳梅,王铮,吴乐英,等.中国碳排放强度影响因素对区域差异的作用分析[J].环境科学学报,2016, 36(9):3436-3444.
- [14] 顾阿伦,何崇恺,吕志强.基于 LMDI 方法分析中国产业结构变动对碳排放的影响[J].资源科学,2016,38(10):1861-1870.
- [15] 黄勤,何晴.长江经济带碳排放驱动因素及其空间特征——基于 LMDI 模型[J].财经科学,2017(05):80-92.
- [16] 张华明,元鹏飞,朱治双.中国城市人口规模、产业集聚与碳排放[J].中国环境科学,2021,41(05):2459-2470.
- [17] 刘丰,王维国.人口年龄结构变动对碳排放的影响——基于生育率和预期寿命的跨国面板数据[J].资源科学,2021,43(10):2105-2118.
- [18] 林伯强,蒋竺均.中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J].管理世界,2009(04):27-36.
- [19] 朱磊,张建清.我国经济增长与区域碳排放的关系测度——基于 Tapio 脱钩理论和 EKC 假说的实证分析[J].江汉论坛,2017(10):12-16.
- [20] 赵爱文,李东.中国碳排放的 EKC 检验及影响因素分析[J].科学与科学技术管理,2012,33(10):107-115.
- [21] 孙丽文,李翼凡,任相伟.产业结构升级、技术创新与碳排放——一个有调节的中介模型[J].技术经济,2020,39(06):1-9.
- [22] 赵玉焕,钱之凌,徐鑫.碳达峰和碳中和背景下中国产业结构升级对碳排放的影响研究[J].经济问题探索,2022(03):87-105.
- [23] 朱勤,彭希哲,陆志明,吴开亚.中国能源消费碳排放变化的因素分解及实证分析[J].资源科学,2009,31(12):2072-2079.
- [24] 孙传旺,刘希颖,林静.碳强度约束下中国全要素生产率测算与收敛性研究[J].金融研究,2010(06):17-33.
- [25] 方叶祥,卢一斌.逆向技术溢出、自主技术创新与中国碳排放强度[J].科学学研究,2023,41(05):818-829+885.
- [26] Jalil A, Feridun M. The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: a cointegration analysis[J]. Energy economics, 2011, 33(2): 284-291.

- [27] Shahbaz M, Solarin S A, Mahmood H, et al. Does financial development reduce CO2 emissions in Malaysian economy? A time series analysis[J]. *Economic Modelling*, 2013, 35: 145-152.
- [28] Abbasi F, Riaz K. CO2 emissions and financial development in an emerging economy: an augmented VAR approach[J]. *Energy Policy*, 2016, 90: 102-114.
- [29] 梅林海, 陈会文. 金融深化对中国碳排放有影响吗?[J]. *生态经济*, 2016, 32(05): 89-94+146.
- [30] 熊灵, 齐绍洲. 金融发展与中国省区碳排放——基于 STIRPAT 模型和动态面板数据分析[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 2016, 16(02): 63-73.
- [31] 霍远, 孙鹏. 金融发展、技术进步对碳减排的效应研究——基于省级动态面板数据 GMM 方法[J]. *生态经济*, 2017, 33(07): 25-30+97.
- [32] Tamazian A, Chousa J P, Vadlamannati K C. Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries[J]. *Energy policy*, 2009, 37(1): 246-253.
- [33] Zhang Y J. The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China[J]. *Energy policy*, 2011, 39(4): 2197-2203.
- [34] Shahzad S J H, Kumar R R, Zakaria M, et al. Carbon emission, energy consumption, trade openness and financial development in Pakistan: a revisit[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 70: 185-192.
- [35] 陈碧琼, 张梁梁. 动态空间视角下金融发展对碳排放的影响力分析[J]. *软科学*, 2014, 28(07): 140-144.
- [36] 高大伟. 国际研发资本、金融发展对碳生产率的影响研究[J]. *经济经纬*, 2016, 33(01): 150-154.
- [37] Charfeddine L, Khediri K B. Financial development and environmental quality in UAE: Cointegration with structural breaks[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 55: 1322-1335.
- [38] 严成樑, 李涛, 兰伟. 金融发展、创新与二氧化碳排放[J]. *金融研究*, 2016(01): 14-30.
- [39] 胡宗义, 李毅. 金融发展对环境污染的双重效应与门槛特征[J]. *中国软科*

学,2019(07):68-80.

[40] 房宏琳,杨思莹.金融科技创新与城市环境污染[J].经济学动态,2021(08):116-130.

[41] 解维敏,方红星.金融发展、融资约束与企业研发投入[J].金融研究,2011(05):171-183.

[42] 王勋,Anders Johansson.金融抑制与经济结构转型[J].经济研究,2013,48(01):54-67.

[43] 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.

[44] 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.

[45] 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.

[46] 许钊,高煜,霍治方.数字金融的污染减排效应[J].财经科学,2021(04):28-39.

[47] 朱东波,张相伟.中国数字金融发展的环境效应及其作用机制研究[J].财经论丛,2022(03):37-46.

[48] 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.

[49] Goldsmith RW. Financial Structure and Development[M]. New Haven: Yale University Press,1969.

[50] Mckinnon R I. Money and Capital in Economic Development[M]. Washington: Brookings Institution Press, 1973.

[51] 爱德华·肖:《经济发展中的金融深化》[M].上海:上海人民出版社,1998:112-136

[52] 赵晓鸽,钟世虎,郭晓欣.数字普惠金融发展、金融错配缓解与企业创新[J].科研管理,2021,42(04):158-169.

[53] Grossman G, Krueger A. Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement[J]. National Bureau of Economic Research Working Paper Series,1991, 3914(3914): 1-57.

[54] Chen Y, Wang Z, Zhong Z. CO2 emissions, economic growth, renewable and non-

renewable energy production and foreign trade in China[J]. *Renewable Energy*, 2018,131(FEB.):208-16.

[55] 白钦先,丁志杰.论金融可持续发展[J].*国际金融研究*, 1998(5):5.

[56] Brock W A, Taylor M S. Economic growth and the environment: a review of theory and empirics[J]. *Handbook of economic growth*, 2005, 1: 1749-1821.

[57] 谭卫华,舒银燕.新金融发展与工业绿色转型——基于系统 GMM 模型的实证分析[J].*经济地理*,2020,40(11):149-157

[58] 韩科振.绿色金融发展与绿色技术创新效率关系研究——基于空间溢出视角的实证分析[J].*价格理论与实践*,2020(04):144-147+178.

[59] 段永琴,何伦志,克魁.数字金融、技术密集型制造业与绿色发展[J].*上海经济研究*,2021(05):89-105.

[60] 马芬芬,王满仓.数字金融与金融资源配置[J].*金融理论与实践*,2021(08):9-19.

[61] 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.

[62] 何德旭,姚战琪.中国产业结构调整的效率、优化升级目标和政策措施[J].*中国工业经济*,2008(05):46-56.

[63] 刘潭,徐璋勇,张凯莉.数字金融对经济发展与生态环境协同性的影响[J].*现代财经(天津财经大学学报)*,2022,42(02):21-36.

[64] 黄群慧,余泳泽,张松林.互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J].*中国工业经济*,2019(08):5-23.

[65] 马光荣,杨恩艳.社会网络、非正规金融与创业[J].*经济研究*,2011,46(03):83-94.

[66] 付宏,毛蕴诗,宋来胜.创新对产业结构高级化影响的实证研究——基于2000—2011年的省际面板数据[J].*中国工业经济*,2013(09):56-68.

[67] 关键,马超.数字金融发展与家庭消费异质性——来自 CHARLS 的经验证据[J].*金融经济研究*,2020,35(06):127-142.

[68] Rousseau P L, Wachtel P. What is happening to the impact of financial deepening on economic growth?[J]. *Economic inquiry*, 2011, 49(1): 276-288.

[69] 郭峰,王靖一,王芳,孔涛,张勋,程志云.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.

- [70] 郭峰,熊云军.中国数字普惠金融的测度及其影响研究:一个文献综述[J].金融评论,2021,13(06):12-23+117-118.
- [71] 丛建辉,朱婧,陈楠,刘学敏.中国城市能源消费碳排放核算方法比较及案例分析——基于“排放因子”与“活动水平数据”选取的视角[J].城市问题,2014(03):5-11.
- [72] 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.
- [73] 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.
- [74] Hadlock C J, Pierce J R. New Evidence on Measuring Financial Constraints: Moving Beyond the KZ Index [J]. Review of Financial Studies, 2010, 23(5): 1909-1940.
- [75] 唐文进,李爽,陶云清.数字普惠金融发展与产业结构升级——来自 283 个城市的经验证据[J].广东财经大学学报,2019,34(06):35-49.
- [76] 袁航,朱承亮.国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J].中国工业经济,2018(08):60-77.
- [77] 南永清,宋明月,肖浩然.数字普惠金融与城镇居民消费潜力释放[J].当代经济研究,2020,No.297(05):102-112.
- [78] 王兵,吴延瑞,颜鹏飞.中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J].经济研究,2010,45(05):95-109.
- [79] 陈诗一,陈登科.雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J].经济研究,2018,53(02):20-34.
- [80] 张凡,宁越敏,娄曦阳.中国城市群的竞争力及对区域差异的影响[J].地理研究,2019,38(07):1664-1677.
- [81] Chen J D, Gao M, Cheng S L, et al. County level CO₂ emissions and sequestration in China during 1997-2017[J]. Scientific Data, 2020, 7: 391.

攻读学位期间的研究成果

[1]高云虹,陈敏.城市品质、人才集聚与城市创新[J].中国地质大学学报(社会科学版),2023,23(02):89-102.

[2]高云虹,陈敏,黄华婷.城市创新能力评价与提升路径研究[J].区域经济评论,2023,No.61(01):117-126.

[3] 高云虹,王文铎,陈敏.农业技术进步对农业结构调整的影响研究——以甘肃省为例[J].甘肃行政学院学报,2022(01):115-123+114+128.

致谢

行文至此，我的硕士生涯即将画上句点，回想起这三年的点点滴滴，心中感慨万千，从第一次踏上兰州这片土地，从第一次与导师见面交谈，从第一次发表论文，凡此种种，仍在脑海浮现。这些经历将成为我人生道路上闪闪的星光，指引我在接下来人生道路中继续砥砺前行，当然，这三年来一直陪伴我的老师、家人、同学、朋友，是我最需要感谢的！

首先，感谢我的导师高云虹教授。高老师在科研上治学严谨，坚持努力的精神一直是我科研路上的指南针。记得第一次书写论文时，高老师从逻辑结构到言辞藻，事无巨细的为我指导，面对论文投稿过程中的审稿意见，高老师也是亲自指导我修正，高老师认真严谨的态度，让我受益匪浅。老师事事为学生考虑，无论是科研工作，还是日常生活的关怀，还记得疫情封校期间，老师经常关心大家，给我们以精神的鼓励。在我迷茫焦虑时，总是为我们提供指引和帮助，记得自己考博期间，我遇到很多困惑和难题，老师细心为我指导和帮助，为我规划未来的人生选择和道路，老师说：“人生就是不断解决问题的过程，未来的博士生涯你会有新的体验，遇见新的难题，但是，这些难题都将成为你成长和进步的见证，你一定可以比现在获得更多的成长和进步。”想起当时的情景，老师对我的鼓励仍历历在目。高老师不仅将我们看成学生，也将我们看成她的孩子们，在学术道路上严格要求我们，让我们不断努力；在生活中尽力为我们考虑，希望我们未来能越来越好。感谢能遇见高老师作为我的导师，未来，学生将带着您的教导，继续努力前行，不负师恩。

其次，感谢学校给了我宝贵的硕士生涯。感谢学院各科任课老师在平常学习中提供的帮助，任课老师们生动的专业课讲授，还记得在人口经济学课堂上，刘建国老师深入浅出地对大家的演讲做出的点评，环境经济学课堂许静老师、石志恒老师对专业知识的精准解读，让我们打开视野，激发兴趣。感谢学校能给我去央财交流的机会，让我有幸能聆听到严成樑、陈斌开等老师的经世济民之学，更加激发了我将研究深耕于祖国大地的决心。感谢学院负责学生日常管理的任谦老师，任老师认真负责，全心全意地为学生提供各项服务，让我们在学校的生活更加顺利。

再次，感谢兰财的师兄师姐和同学们，感谢张彦淑师姐，从入学开始，对我

在生活中和学业中的指导，师姐一直像师门的小太阳一样，照亮我们，你的活力和努力一直是鼓励我前进的动力。感谢同门的小伙伴们，感谢我的舍友们，一个人在兰州工作和学习的生活中，你们就像是我的亲人一样，陪我细数这一路上的喜怒哀乐。

最后，感谢我含辛茹苦的父母，他们毫无保留地支持我的学业，让我在求学路上可以心无旁骛，努力前行。记得妈妈在我读研伊始对我的叮嘱，让我学业有成，用自己的力量回报社会，为大众、为人民服务；爸爸在我学习的道路上，不断鼓励我，要我笨鸟先飞，不断挑战自我。感谢我的哥哥、姐姐，我的好朋友，在我人生遇到困惑时，帮我解答困惑，排除忧愁。

时光荏苒，三载已至，谨以此文，略表言谢；幸逢盛世，愿五尺微命，一展拳脚，方不负恩师之所愿，家人之所盼，平生之所学。身着戎装十余载，三载苦心铸鱼肠，叩别恩师今难忘，泪洒纸笺任心殇！

附录

附录 277 个地级及以上城市名单

直辖市：

北京、天津、上海、重庆（4 个）

河北省：

石家庄、唐山、秦皇岛、邯郸、邢台、保定、张家口、承德、沧州、廊坊、衡水（11 个）

山西省：

太原、大同、阳泉、长治、晋城、朔州、晋中、运城、忻州、临汾、吕梁（11 个）

内蒙古自治区：

呼和浩特、包头、乌海、赤峰、通辽、鄂尔多斯、呼伦贝尔、巴彦淖尔、乌兰察布（9 个）

辽宁省：

沈阳、大连、鞍山、抚顺、本溪、丹东、锦州、营口、阜新、辽阳、盘锦、铁岭（12 个）

吉林省：

长春、吉林、四平、辽源、通化、白山、松原、白城（8 个）

黑龙江省：

哈尔滨、齐齐哈尔、鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、佳木斯、七台河、牡丹江（10 个）

江苏省：

南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁（13 个）

浙江省：

杭州、宁波、温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、舟山、台州、丽水（11 个）

安徽省：

合肥、芜湖、蚌埠、淮南、马鞍山、淮北、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城（16 个）

福建省：

福州、厦门、莆田、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德（9 个）

江西省：

南昌、景德镇、萍乡、九江、新余、鹰潭、赣州、吉安、宜春、抚州、上饶（11 个）

山东省：

济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、临沂、德州、聊城、滨州、菏泽（16 个）

河南省：

郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、新乡、焦作、濮阳、许昌、漯河、三门峡、南阳、商丘、信阳、周口、驻马店（17 个）

湖北省：

武汉、黄石、十堰、宜昌、襄阳、鄂州、荆门、孝感、荆州、黄冈、咸宁（11 个）

湖南省：

长沙、株洲、湘潭、衡阳、邵阳、岳阳、常德、张家界、益阳、郴州、永州、怀化、娄底（13 个）

广东省：

广州、韶关、珠海、汕头、佛山、江门、湛江、茂名、肇庆、惠州、梅州、汕尾、河源、阳江、清远、东莞、中山、潮州、揭阳、云浮（20 个）

广西壮族自治区：

南宁、柳州、桂林、梧州、北海、防城港、贵港、玉林、百色、贺州、河池、来宾、崇左（13个）

海南省：

海口、三亚、成都、自贡、攀枝花、泸州、德阳、绵阳、广元、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、巴中、资阳（20个）

贵州省：

贵阳、六盘水、遵义、安顺（4个）

云南省：

昆明、曲靖、玉溪、保山、昭通、丽江、普洱、临沧（8个）

陕西省：

西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南、延安、汉中、榆林、安康、商洛（10个）

甘肃省：

兰州、嘉峪关、金昌、白银、天水、武威、张掖、平凉、酒泉、庆阳、定西、陇南（12个）

青海省：

西宁（1个）

宁夏回族自治区：

银川、石嘴山、吴忠、固原、中卫（5个）

新疆维吾尔自治区：

乌鲁木齐、克拉玛依（2个）