

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

(专业学位)

论文题目 数字普惠金融对工业绿色发展效率的  
影响研究

研究生姓名: 杜宁宁

指导教师姓名、职称: 马雪峰、副教授

学科、专业名称: 应用经济学、金融硕士

研究方向: 金融理论与政策

提交日期: 2024年06月03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文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： 杜号号 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 马雪峰 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： \_\_\_\_\_ 签字日期： \_\_\_\_\_

## 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： 杜号号 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 马雪峰 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： \_\_\_\_\_ 签字日期： \_\_\_\_\_

# Research on The Impact of Digital Inclusive Finance on The Efficiency of Industrial Green Development

**Candidate : Du Ningning**

**Supervisor : Ma Xuefeng**

## 摘要

在“十四五”规划与2035年远景目标中，明确了推进绿色发展和促进人与自然和谐共生的目标。工业绿色化发展可以解决传统污染和资源浪费问题，推动全球产业变革，是实现绿色发展的重要阶段，工业绿色发展效率是衡量一个国家或地区工业绿色发展水平的重要指标。数字普惠金融作为重要的数字化金融模式，可以有效的减少融资约束、优化资源配置、促进降本增效，推动产业结构升级，提升工业绿色发展效率，助力绿色发展目标的实现。

首先，本文基于数字普惠金融与工业绿色发展效率的研究成果，结合相关理论，深入剖析了数字普惠金融对工业绿色发展效率的直接影响、间接影响及异质性影响，进而提出研究假设。其次，采用基于SBM-DDF函数的GML指数，使用2011-2021年的相关数据，对工业绿色发展效率进行测度，并将该指数分解为技术效率变化指数和技术进步变化指数，并就二者多年以来的发展情况做了梳理介绍。然后，基于2011-2021年的省级面板数据，构建双向固定效应模型，以数字普惠金融指数及二级指标为核心解释变量分别做基准回归分析；采用剔除地区面板数据和替换变量的方法进行稳健性检验，将数字普惠金融滞后一期作为工具变量采用2SLS回归进行内生性检验；以创新投入和技术进步为中介变量进行中介效应检验；最后将全国范围内的30个省级行政区（不含港澳台及西藏）按照地理环境差异划分为东部、中部、西部和东北地区，进行区域异质性检验，得出最终结论，在此基础上，从政府和企业两个层面提出建议。

本文通过实证分析得出以下结论：第一，数字普惠金融对工业绿色发展效率具有提升作用，且其覆盖广度、使用深度以及数字化程度均能对工业绿色发展效率起到正向的影响作用，其中数字普惠金融覆盖广度对工业绿色发展效率的推动效果最明显。第二，数字普惠金融可以通过技术进步和增加创新投入提升工业绿色发展效率。第三，数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响具有区域异质性，越是经济发达的地区，其促进作用就越强。

**关键词：** 数字普惠金融 工业绿色发展效率 双向固定效应 区域异质性

## Abstract

The 14th Five-Year Plan and the Long-Range Objectives 2035 clearly state to promote green development and promote the harmonious coexistence of man and nature. The green development of industry can solve the problems of traditional pollution and resource waste, promote global industrial transformation, and is an important stage to achieve green development, and the efficiency of industrial green development is an important indicator to measure the level of industrial green development in a country or region. As an important digital financial model, digital inclusive finance can effectively reduce financing constraints, optimize resource allocation, promote cost reduction and efficiency improvement, promote the upgrading of industrial structure, improve the efficiency of industrial green development, and help achieve green development goals.

Firstly, based on the research results of digital inclusive finance and industrial green development efficiency, combined with relevant theories, this paper deeply analyzes the direct impact, indirect impact and heterogeneous impact of digital inclusive finance on industrial green development efficiency, and then puts forward research hypotheses. Secondly, the GML index based on the SBM-DDF function was used to measure the efficiency of industrial green development from 2011 to

2021, and the index was decomposed into the technical efficiency change index and the technological progress change index, and the development of the two over the years was sorted out and introduced. Then, based on the provincial panel data from 2011 to 2021, a two-way fixed-effect model was constructed, and the benchmark regression analysis was carried out with the Peking University Digital Inclusive Finance Index and its secondary indicators as the core explanatory variables, the robustness test was carried out by eliminating the regional panel data and substitute variables, the lagging period of digital financial inclusion was used as an instrumental variable and the two-stage least squares regression was used to test the endogenous effect, and the mediating effect was tested with innovation investment and technological progress as the mediating variables, Central, Western, and Northeast regions for regional heterogeneity testing. Finally, conclusions are drawn and recommendations are made from both the government and business perspectives.

Through empirical analysis, this paper draws the following conclusions: First, the development of digital inclusive finance has a significant role in promoting the efficiency of industrial green development, and the coverage breadth, depth of use and degree of digitalization of its secondary indicators can have a positive impact on the impact of industrial green development, among which the coverage

breadth of digital inclusive finance has the most obvious effect on the efficiency of industrial green development. Second, digital inclusive finance can promote the efficiency of green industrial development through technological progress and increased investment in innovation. Third, digital inclusive finance has a regional heterogeneous impact on the efficiency of industrial green development, and the more economically developed the region, the stronger its promotion effect.

**Keywords :** Digital Inclusive Finance; Efficiency of Green Industrial Development; Two-Way Fixed-Effect Model; Regional Heterogeneity

# 目 录

<b>1 绪 论</b> .....	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	1
1.2 国内外文献综述.....	2
1.2.1 关于数字普惠金融的相关研究.....	2
1.2.2 关于绿色发展效率的相关研究.....	4
1.2.3 数字普惠金融与绿色发展效率的关系.....	6
1.2.4 文献评述.....	7
1.3 研究内容、研究方法的研究思路.....	7
1.3.1 研究内容.....	7
1.3.2 研究方法.....	8
1.3.3 研究思路.....	8
1.4 可能的创新点与不足.....	11
1.4.1 可能的创新点.....	11
1.4.2 不足之处.....	11
<b>2 相关概念及理论基础</b> .....	12
2.1 相关概念.....	12
2.1.1 数字普惠金融.....	12
2.1.2 工业绿色发展.....	13
2.1.3 工业绿色发展效率.....	14
2.2 理论基础.....	14
2.2.1 金融发展理论.....	14
2.2.2 金融排斥理论.....	15
2.2.3 工业生态理论.....	16
<b>3 数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响机制</b> .....	17

3.1 数字普惠金融影响工业绿色发展效率的机制分析 .....	17
3.2 数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响路径分析 .....	20
3.3 数字普惠金融对不同区域的工业绿色发展效率的影响 .....	21
<b>4 数字普惠金融和工业绿色发展效率的测度与分析 .....</b>	<b>23</b>
4.1 数字普惠金融的发展情况分析 .....	23
4.1.1 数字普惠金融的增长情况 .....	23
4.1.2 数字普惠金融水平的区域性差异 .....	25
4.2 工业绿色发展效率的测度与分析 .....	26
4.2.1 指标体系 .....	26
4.2.2 测度方法 .....	27
4.2.3 工业绿色发展效率测度结果 .....	29
<b>5 数字普惠金融对工业绿色发展效率影响的实证分析 .....</b>	<b>34</b>
5.1 变量选取与模型构建 .....	34
5.1.1 变量选取 .....	34
5.1.2 模型设定 .....	36
5.1.3 数据来源 .....	37
5.1.4 描述性分析 .....	38
5.2 实证分析 .....	39
5.2.1 基准回归分析 .....	39
5.2.2 内生性检验 .....	40
5.2.3 稳健性检验 .....	41
5.2.4 中介效应检验 .....	42
5.2.5 异质性检验 .....	45
<b>6 研究结论及政策建议 .....</b>	<b>46</b>
6.1 研究结论 .....	46
6.2 政策建议 .....	47
6.2.1 政府层面 .....	47
6.2.2 企业层面 .....	49

参考文献.....	51
后 记.....	56

# 1 绪 论

## 1.1 研究背景及意义

### 1.1.1 研究背景

在全球经济增长和技术革新的大背景下，金融服务的广泛普及度已变成全球各国发展议程的核心。数字普惠金融随之诞生，成为促进金融行业增长与创新的关键动力，世界各国政府对此表示了高度支持。例如，中国政府在“十三五”规划中明确提出要“大力发展普惠金融”，并推出众多政策，激励金融机构利用网络和大数据技术提升服务效率和覆盖范围。这些政策显著推进了数字普惠金融的发展，为金融服务的普及和创新奠定了基础。

工业绿色发展效率反映了一个国家或地区在推动工业可持续发展方面的成效。面对环境挑战的加剧，全球范围内对工业绿色发展的重视日增。中国政府也在“十三五”规划中提出了促进绿色发展的目标，采取了多项措施鼓励企业采纳绿色生产方式，以降低资源消耗和污染排放。政府还加大了对违规企业的环境监管力度，严厉惩处，促进了企业向绿色生产方式的转变。相关数据表明，中国的工业绿色发展效率近年来有了明显提升，排放量得到有效控制，绿色技术创新和应用取得显著成果。

随着数字普惠金融与工业绿色发展效率的持续进步，探讨二者相互作用的重要性日益凸显。数字普惠金融能为工业绿色发展提供必要的资金支持，帮助解决中小企业融资难题，资助其进行绿色技术的改进和业务升级。此外，它通过风险管理功能协助企业应对绿色转型的挑战，同时通过提供便捷的支付和结算服务，优化企业运营效率和降低成本，支持绿色发展。这项研究为政府制定相关政策提供了理论基础和实践参考，帮助政府更有针对性地出台措施，引导金融资源支持绿色产业，推动工业的绿色进步。

### 1.1.2 研究意义

理论意义：在全球经济发展和技术革新的大背景下，数字普惠金融与工业绿

色发展的相互作用成为了研究的新领域，此领域的探索尚处于初级阶段。本文旨在探讨这两个领域之间的动态联系，旨在补充当前学术界在此方面的缺乏，提供新的见解和分析。数字普惠金融，作为金融领域的新趋势，其理论基础仍待加强和发展。本文通过考察其对工业绿色发展效率的贡献，旨在丰富数字普惠金融的理论框架，并揭示其核心作用机制。同时，工业绿色发展是实现经济持续增长的关键因素，探讨其与数字普惠金融的关系，将有助于加深对于促进可持续发展策略的理解，为实现全球绿色、循环、低碳发展目标提供理论基础。通过本文的深入分析，期望为政策制定者提供有力的政策建议，促进国内外经济的绿色转型，推动全球可持续发展。

现实意义：数字普惠金融与工业绿色发展成为了当今社会的两大重要议题。探索“数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响”既展现了理论探讨的深度，也对实际操作具有重要的指导作用。随着数字普惠金融服务的扩展，为中小型企业开辟了新的资金来源，研究其如何促进工业向绿色技术和创新的转变，有望促使金融资源更加集中于绿色产业。此外，数字普惠金融能够为工业企业在绿色技术研发和实施方面提供必要的财务支持。深入了解两者之间的相互作用，能激励更多企业增加在绿色创新上的投入，从而提升绿色产业整体的竞争力。政策制定者在考虑相关政策时，必须深入理解数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响，这样才能更准确地制定政策，激励金融机构和企业投身于工业绿色发展之中。面对全球环境挑战，经济的绿色转型已经成为一个广泛认同的目标。研究数字普惠金融与工业绿色发展效率之间的联系，对于促进国内外经济的绿色转型，实现经济增长与环境保护的双赢，具有重要的意义。

## 1.2 国内外文献综述

### 1.2.1 关于数字普惠金融的相关研究

#### (1) 数字普惠金融指数的测度研究

数字普惠金融是一种利用数字化技术提供金融服务的新模式，构建数字普惠金融指标体系可以客观反映其发展程度，国内外学者皆对此做出了大量研究。

国外研究方面, Beck (2005) 采用了金融服务的普及率和深度作为基础, 利用四个关键指标建立了一个评估普惠金融的系统框架; 而 Sarma 和 Pais (2011) 以联合国的人类指数方法为参考, 从三个维度对比分析了发达国家与发展中国家金融服务可得性的差异; Kumar (2018) 从银行渗透率、银行服务可用性和使用率三个维度计算金融包容性指数。国外对于构建普惠金融指标体系的理论研究相当完善, 但关于数字普惠金融的研究还在探索初期。国内研究方面, 郭峰、王靖一等 (2020) 基于某代表性数字金融机构的微观数据, 从覆盖广度、使用深度和数字化程度三个维度, 构建了一套“北京大学数字普惠金融指数”, 涵盖了 31 个省、337 个地级以上城市和约 2800 个县域。该指数精准描绘了中国数字普惠金融在不同地区的发展态势, 为后续研究提供了重要参考和广泛应用。

## (2) 有关数字普惠金融的影响研究

“普惠金融”于 2005 年由联合国首次提出, 旨在基于机会均等和可持续性的原则, 向社会各阶层提供高效且便利的金融服务。而“数字普惠金融”则于 2016 年 G20 峰会提出, 指利用数字金融服务推动普惠发展的各类行动。依托现代信息技术手段, 数字普惠金融可以有效实现降本增效, 扩大金融服务范围, 缓解金融排斥问题。

数字普惠金融的服务范围覆盖居民消费、乡村减贫、企业创新、经济增长等诸多方面。在居民消费方面, 易行健 (2018) 通过实证分析发现, 数字普惠金融对于提升居民的消费水平有着明显的正面影响; 邹新月 (2020) 进一步探究内部机制, 揭示了数字普惠金融促进消费增长的具体途径, 并指出这种影响西部地区比东部地区更为显著; 但王雄 (2022)、闫永琴 (2023) 认为相较于西部地区, 数字普惠金融对东部和中部地区居民消费水平的拉动作用更显著, 而且相较于三四五线城市, 数字普惠金融更能拉动一二线城市居民消费的增加; 且任蓉 (2022)、安强身等 (2023) 的研究结果均表明, 数字普惠金融的覆盖广度和使用深度均能促进居民消费, 但数字化程度的影响较弱。在乡村减贫方面, McKinnon (1974) 和 Shaw (1975) 的研究认为, 金融抑制在发展中国家普遍存在, 是阻碍这些国家摆脱贫困的一个重要因素; 刘锦怡等 (2020) 研究发现, 发展数字普惠金融能够显著减缓农村贫困, 而且可以提升金融可得性并直接减缓农村贫困, 通过增加经济机会间接减缓农村贫困; 姚凤阁等 (2020) 认为减贫效应对西部居民的作用

最大，对中部次之，对东部最小；陈慧卿等（2021）在此基础上进行实证分析，异质性研究表明，数字普惠金融的增收效应对中部地区作用最大，东部次之，对西部最小；庞凌霄（2022）分别采用 SDM 和 SAC 模型进行实证检验，发现数字普惠金融对实现乡村减贫表现出空间溢出效应，距离越近，溢出效应越大。在企业创新方面，有学者认为数字普惠金融对企业创新存在显著正向影响，其影响主要通过缓解融资约束来实现（江映霞 2023）；任晓怡（2020）指出，数字普惠金融能有效减轻企业的融资困难，补充传统金融领域的不足，在银行和资本市场发展不充分的地区，它对小型企业和高新技术企业的融资限制有更为明显的减轻作用，体现了其显著的普惠属性；赵晓鸽等（2021）异质性分析表明，在国有企业以及中西部地区企业，数字普惠金融通过缓解金融错配来推动企业创新的效应更为显著；而对于中小企业，李再苒、郭战琴（2023）指出数字普惠金融可助力中小企业创新，缓解融资约束，提升创新水平。在经济增长方面，数字普惠金融及其多维度发展可以显著推动经济增长（何宜庆 2021）；褚翠翠等（2021）通过构建空间计量模型发现，数字普惠金融和经济增长均表现出显著的空间相关性；陈鸣等（2022）的研究结果显示，数字普惠金融与农村经济增长存在空间正相关性，异质性检验结果显示，数字普惠金融促进经济增长的长期效应高于短期效应。

## 1.2.2 关于绿色发展效率的相关研究

### （1）绿色发展效率的测度研究

基于全球生态环境恶化的客观现实，世界各国对环境问题都十分关注。绿色发展将是当下及未来社会发展的一个重要趋势，绿色发展问题已成为当下国际社会的焦点问题，相关的研究成果比较丰富。

国外研究方面，Xu（2020）运用超效率 DEA-SBM 模型对全球 18 个国家的创新绿色发展效率进行测度，并说明技术创新对绿色发展效率的促进作用不明显，且各国绿色发展效率差异较大；Xiang 等（2021）基于 SBM 模型、空间重心、Kernel 密度函数、Theil 指数和面板模型测算了长江经济带造纸业绿色发展效率，结果显示区域差异是造纸业绿色发展效率差异的首要来源。

国内研究方面，张泽义、罗雪华（2019）采用 SBM 方向性距离函数测算绿色发展效率的方法，克服了传统 DEA 模型的局限性。韩洁平等（2019）运用网络超

效率 EBM 模型评估城市工业生态绿色发展, 结果显示东南沿海城市群水平较高, 西北内陆则相对较低; 黄小勇和查育新 (2022) 采用 SBM-Undesirable 模型、空间数据分析和 Tobit 模型深入分析长江经济带城市的绿色发展效率, 并判断区域内差异明显, 呈现“东高西低”的特征, 且具有“高高聚集”和“低低聚集”的时空特征; 睢党臣等 (2023) 运用 SBM 模型评估黄河流域绿色发展效率, 并探讨其空间关联性, 发现效率呈正空间相关性, 而且从局部空间相关分析, 也具有“高高聚集”和“低低聚集”的时空特征。

## (2) 绿色发展效率影响因素研究

绿色发展效率受众多因素影响, 岳书敬等 (2015) 通过 SBM 模型评估 96 个地级市的绿色发展效率, 发现产业集聚与科技投入、经济水平显著影响效率, 而对外开放程度与环境规制影响较小, 且产业集聚与绿色发展效率之间存在 U 型关系; 相比之下, 李爽等 (2019) 等采用相似方法, 发现经济发展水平与效率呈 U 型关系, 且对外开放、科技投入、经济集聚和环境规制为推动因素, 但产业结构为阻碍因素; 郭付友等 (2020) 对区域绿色发展效率的研究发现, 区域平均绿色发展效率呈现“峰-谷-峰-谷”的变化特征, 经济发展水平、财政支持对于提升绿色发展效率起到负向作用, 外商直接投资具有显著的正向促进作用, 而产业结构、科学技术和市场化水平等因素未通过显著性水平检验; 根据王青、肖宇航 (2021) 的研究, 经济增长和环境规制可以显著促进绿色发展效率, 而就业结构则对其产生了阻碍效果。

## (3) 工业绿色发展效率的相关研究

工业绿色发展效率是衡量工业绿色发展成果的关键指标, 它深刻揭示了工业发展在追求经济增长的同时, 对环境保护和资源利用的效率水平, 学术界对工业绿色发展效率也做了大量研究。在研究方法上, 数据包络分析法 (DEA) 是测度工业绿色发展效率的主流工具, 其优势在于无需受限于决策单元数量和指标敏感性, 且无需预设函数形式, 更适用于区域性研究。例如, 袁荷、仇方道、朱传耿 (2017) 在江苏省各县的工业环境效率测度中采用了 SBM 模型; 张佳 (2017) 对山东省工业能源效率采用非期望 SBM 模型进行了测度分析; 方大春 (2020) 则以长江经济带 11 个省市为样本, 利用 DEA 法测度了其工业绿色发展效率; 王韶华、

何美璇（2021）的研究则聚焦于京津冀地区，揭示了环境质量对工业绿色发展的重要影响。

在指标构建上，学术界普遍采用投入产出法来衡量工业绿色发展效率。投入指标主要涵盖资本、劳动和能源三个方面，如孙振清、李欢欢、刘保留（2020）在研究中就使用了工业单位从业人员、规模以上工业固定资产总值和工业能源消耗总量作为投入指标。同时，产出指标则包括期望产出和非期望产出，前者以工业生产总产值或工业增加值为代表，后者则聚焦于工业“三废”等环境污染物的排放。例如，张江雪（2015）和王建民（2019）等学者的研究就采用了该类指标体系。

### 1.2.3 数字普惠金融与绿色发展效率的关系

绿色发展作为一种新型发展模式，其核心内涵指在不破坏生态系统和不降低环境质量的前提下，把环境保护作为支撑可持续发展的关键支柱，实现经济与环境的和谐共生。欲实现这一目标，需要加强环境监管，减少污染排放，提高公众的环保意识，推进高耗能产业的绿色化改革。综合现有研究来看，关于探究数字普惠金融与绿色发展效率之间关系的文献有所欠缺，但部分学者现有研究已能够间接反映出数字普惠金融与绿色发展是具有相关关系的。

刘敏楼（2022）运用了交叉固定效应模型、中介效应模型以及动态面板数据门槛模型等方法，论证了数字金融与绿色发展之间的关系，结果表明数字金融的进步显著地促进了绿色发展的进程；He 等（2022）的研究结果显示，数字普惠金融及其使用深度、数字化水平能显著提高省域绿色发展效率，而且环境规制和产业结构升级在影响过程中分别具有调节作用和中介作用；惠献波（2021）认为数字普惠金融显著促进城市绿色全要素生产率，通过促进技术创新、改善产业布局 and 减少资源配置不当，数字普惠金融有助于间接提高城市的绿色全要素生产率；岳鹤、谭月彤等（2023）也认为资源配置效率提高和资源配置结构优化是数字普惠金融影响绿色全要素生产率的重要传导机制；杨怡等（2022）提出，数字普惠金融能够通过促进农业绿色生产技术的改善，进而推动农业绿色发展，实现农业绿色增长；Guo 等（2022）也认为数字普惠金融能够有效促进农业绿色发展，但促进效应表现出暂时性和空间溢出效应，短期和长期的空间效应存在区域异质性；

关斐等（2022）认为数字普惠金融凭借创新驱动能力，有效提升区域绿色经济增长效率，而且市场化和城镇化水平越高，作用效果越明显；王巧等（2022）、申云等（2023）的研究结果表明数字普惠金融有利于减少碳排放，推动低碳发展。

#### 1.2.4 文献评述

经过对文献的深入梳理发现，本文可以借鉴的关于研究数字普惠金融与绿色发展的文献资料已相当丰富。数字普惠金融对绿色发展的诸多要素如对技术创新水平、经济发展水平、产业结构优化、污染减排等均具有重要影响。然而，将二者融合并直接探讨其内在联系的研究尚显匮乏。数字普惠金融对工业绿色发展效率的具体影响机制与路径尚不明晰，其溢出效应以及对地区间绿色发展效率差距的影响也亟待深入研究。

现有研究存在两点不足：首先，多从传统产业结构的角度研究对绿色发展的影响，而关于数字普惠金融与工业绿色发展效率之间关系的研究还未形成完整的框架，虽然有间接的影响，但内在机制仍需系统论述；其次，现有研究多从宏观层面探讨数字普惠金融对绿色发展水平的影响，然而绿色发展水平涵盖多个维度，深入研究细分领域将更有助于客观分析数字普惠金融的影响作用，由于工业绿色发展是实现绿色发展战略的关键，基于此，本文拟将数字普惠金融和工业绿色发展纳入统一的分析框架进行机制分析，并在已有研究的基础之上，引入更多细分二级指标，以2010-2021年中国30个省级行政区的数据为基础，探究数字普惠金融对工业绿色发展效率的作用机制，通过实证检验得出可行结论，以期对绿色发展政策设计提供新参考。

### 1.3 研究内容、研究方法及研究思路

#### 1.3.1 研究内容

本文旨在论证数字普惠金融对工业绿色发展效率的作用机制，并进一步分析数字普惠金融如何通过增加创新投入和技术进步等中介变量作用于工业绿色发展效率。关注数字普惠金融指数及其分项指标对工业绿色发展效率的直接影响，通过回归分析，检验数字普惠金融是否能够显著提升工业绿色发展效率。引入创

新投入和技术进步作为中介变量,考察数字普惠金融通过技术创新对工业绿色发展效率的间接路径,这有助于揭示数字普惠金融影响工业绿色发展效率的内在机制。综合考虑人力资源水平、金融支持和政府干预等控制变量,分析它们在数字普惠金融与工业绿色发展效率关系中的调节作用,有助于全面理解数字普惠金融对工业绿色发展效率的多维影响路径。通过以上研究内容,期望为相关政策制定和实践提供有益启示。

### 1.3.2 研究方法

本文采用的研究方法是:

首先,采用文献研究法。细致审查有关数字普惠金融与工业绿色发展效率的国际及国内研究文献,以确定研究的切入点和新颖视角,为理论架构和研究设计提供坚实的基础。

其次,定性与定量分析相结合的方法。从理论上分析数字普惠金融对工业绿色发展效率可能的作用机制,并构建研究假设。

最后,采用实证研究法。结合理论与实践,收集相关数据并构建实证模型,深入探讨数字普惠金融对工业绿色发展效率的具体影响,确保研究成果既符合理论预期又具备操作指导价值。

### 1.3.3 研究思路

本文将围绕数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响展开,旨在揭示数字普惠金融如何通过技术创新、人力资源水平、金融支持和政府干预等变量影响工业绿色发展效率。

第一,收集和整理国内外关于数字普惠金融和工业绿色发展效率的文献,深入了解相关理论和研究现状。通过文献综述,明确已有研究的不足之处,为本文提供理论支撑和研究方向。

第二,基于定性分析方法,对数字普惠金融与工业绿色发展效率的内在联系进行深入探讨。通过构建理论模型,明确数字普惠金融对工业绿色发展效率的直接影响以及中介变量在其中的作用机制。

第三,采用实证研究法,构建实证模型。利用收集到的相关数据,运用回归

分析、中介效应检验等方法，实证检验数字普惠金融与工业绿色发展效率之间的内在联系。同时，综合人力资源水平、金融支持和政府干预等控制变量，分析它们在数字普惠金融与工业绿色发展效率关系中的调节作用。

最后，根据实证结果，总结研究结论并提出相应的政策建议和实践启示，为政府、金融机构和企业提供决策参考。

研究技术路线图如图 1.1 所示：

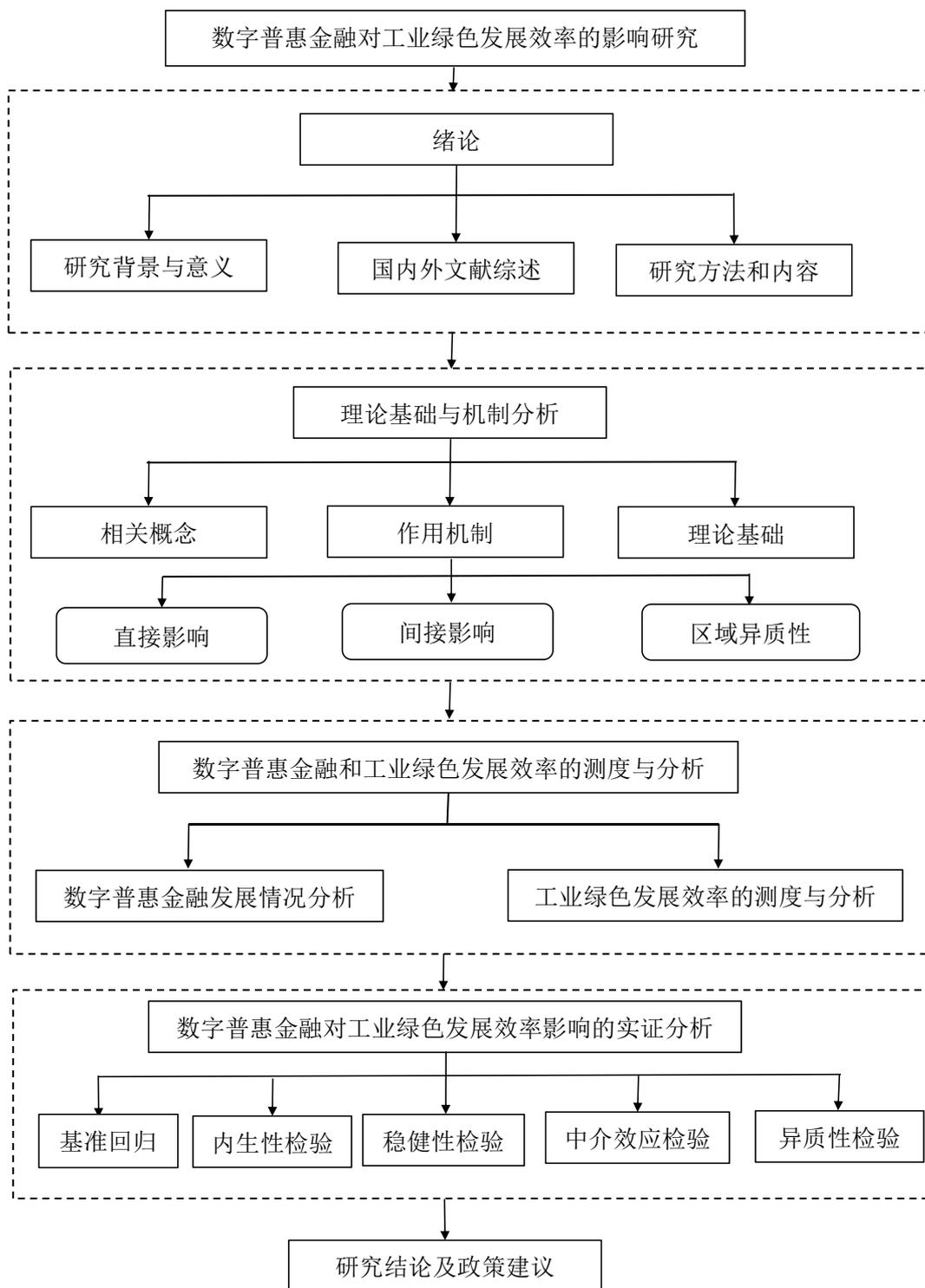


图 1.1 技术路线图

## 1.4 可能的创新点与不足

### 1.4.1 可能的创新点

首先,本文结合金融学、环境科学和工业经济学的理论和方法,构建一个综合性的研究框架。从跨学科融合视角,提供较为全面、深入的分析,揭示了数字普惠金融对工业绿色发展效率之间的复杂关系。

其次,将数字普惠金融与工业绿色发展效率相结合纳入统一的分析框架进行机制分析,从技术进步和创新投入的视角出发,研究数字普惠金融如何影响研发投入和专利申请数量,进而分析这种影响如何传导到工业绿色发展效率上,系统论述了其内在机制。在已有研究的基础之上,引入更多细分二级指标,通过对两者关系的深入剖析,不仅有助于理解数字普惠金融对工业绿色发展的作用机制,更能为提升工业绿色发展效率提供有价值的政策建议,丰富了该领域的相关研究。

### 1.4.2 不足之处

受到疫情的影响,近几年的经济数据精确度层面很可能受到了一定程度的冲击,可能对实证结果的精确性造成影响,且本文所研究的数据样本剔除了中国港澳台和西藏地区,且获取数据更新较慢,缺少时效性。

本文直接采用北大数字普惠金融指数作为核心解释变量,但对于数字普惠金融发展水平的测度还需要更全面的考虑,因此,今后的研究,可以采用衡量数字普惠金融的其他指标进行综合比较分析,以使结果更具有针对性。

## 2 相关概念及理论基础

### 2.1 相关概念

#### 2.1.1 数字普惠金融

20 世纪 70 年代，穆罕默德·尤努斯成立了世界上第一家微型信贷机构——拉格米恩银行，该银行旨在通过向贫困家庭提供小额信贷，帮助他们创业以摆脱贫困，普惠金融的雏形就此诞生，经过多年的发展与推广，普惠金融的理念正式形成，并在全球范围内蓬勃发展。2005 年，联合国宣布定当年为“国际小额信贷年”，目的在于推广普惠金融理念，世界银行等国际组织积极响应，着手布局普惠金融项目，并不断的投入资金与资源，同年，该理念引入中国，得到中国政府的认同与推广。2013 年 11 月，党的十八届三中全会通过《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》，正式提出发展普惠金融的理念(张铭心, 2021)。2015 年国务院发布《推进普惠金融发展规划》，对发展普惠金融做出系统规划(郭峰等, 2020)。普惠金融旨在通过建立完善的金融基础设施，提高金融服务的普及度，为贫困群体提供便捷、低成本的金融服务，促进经济的包容性增长和社会的可持续发展。然而在没有数字化技术普及的情况下，其通过传统金融渠道向广大群众提供金融服务的模式存在很大的局限性。

在数字技术迅速发展的背景下，普惠金融逐渐与科技相结合，形成了数字普惠金融这一新模式。数字普惠金融作为单独完整的概念被首次提起是在 2016 年 G20 杭州峰会通过的《G20 数字普惠金融高级原则》倡议中，该原则认为数字普惠金融“泛指一切通过使用数字金融服务以促进普惠金融的行动”(张铭心, 2021)。数字普惠金融打破了传统普惠金融在地域上的限制，其具有出色的灵活性与普及性特征，提供了灵活多样的金融产品和服务，用户可以通过手机应用或互联网轻松进行金融交易，节省了时间和成本，又通过数字化技术，扩大了金融服务的覆盖范围，使更多人能够方便地获取金融服务，特别是那些传统金融难以触及的人群，有效克服落后地区金融排斥难题，解决传统产业融资难题，并逐步成为推动可持续发展，促进乡村振兴，实现经济高质量发展的重要助力。目前，国内研究

人员广泛采用北京大学数字普惠金融指数（郭峰等，2020）作为研究基础。

## 2.1.2 工业绿色发展

20世纪70年代以来，世界各国争相发展重工业，全球工业化促使社会经济和社会科技水平不断进步，世界经济蓬勃发展，但工业的发展造成了严重的环境污染和资源枯竭等问题，国际社会逐步认识到传统工业模式对环境的破坏，并开始思考新的工业发展模式，人类环境保护意识开始觉醒。1987年，联合国发布《我们的未来》报告，报告中首次提出可持续发展理念，这为工业绿色发展奠定了理论基础。1989年，Pearce等首次提出了“绿色经济”的概念，强调其为能实现可持续发展的经济形式。Graedel等（1995）将工业绿色发展定义为高效利用资源、减少污染，实现环境友好的工业发展模式。21世纪初，越来越多的环保技术被应用于工业生产中，以减少环境污染和资源消耗，同时，各国政府也相继出台环境保护政策和支持绿色产业的措施，推动了工业向绿色发展的转变。在21世纪初至今的时期，国际间展开了一系列合作。例如，联合国环境规划署（UNEP）发布了《绿色经济报告》，各种国际绿色标准也相继制定，推动了工业绿色发展的国际合作和标准化进程。苏利阳（2013）指出UNIDO对工业绿色发展的定义模糊了生产与消费界限，强调绿色生产、产品和产业。傅志缙（2015）认为工业绿色发展通过技术创新和管理优化，提升能效，实现生产、产品和企业的绿色化。

工业绿色发展，是传统工业的绿色化改造与科技创新投入相结合的过程。它不仅关注“存量”的改造和“增量”的优化，更强调“质量”的提高。在发展中国家，推进工业绿色化进程需在保证经济持续增长的同时，打破传统工业结构的限制，通过创新实现节能减排和提高工业绿色属性。此外，科技创新投入是工业绿色发展的关键，它能提高能源利用率，改善环境治理，实现工业结构合理化。工业绿色发展需考虑生态系统的实际承载力，综合考量资源消耗、污染物排放等非期望产出，为工业绿色发展提供明确导向，这是一个持续改善的过程。因此，本文认为工业绿色发展是指在工业发展过程中，强调保护环境、节约资源、减少污染的理念，通过采用清洁技术、优化生产方式和改善管理模式，实现经济增长与环境保护的双赢，在满足人们日益增长的物质需求的同时，减少对生态环境的破坏，并实现生态环境的可持续发展的经济形式。

### 2.1.3 工业绿色发展效率

如前文所述,工业绿色发展的内涵不是固定不变的,但在不同的历史背景和地域生态环境下,其目标都是在循环经济、可持续发展、生态经济之间权衡,以考虑环境容量和资源承载能力为约束条件,实现可持续的工业绿色发展。而工业绿色发展效率作为绿色发展效率在工业领域中的延伸和具体化,是从整个工业生产链的视角下来分析工业投入与产出之间的比率关系,包括规模效率、管理效益(包括配置效益、竞争效益、组织效益)、技术效益等。它旨在将工业发展的规模和速度限定在资源承载和环境容量的承受范围之内,最大化资源利用效率,使工业发展与资源和环境之间达到协调发展,最终实现工业乃至整个国民经济的可持续发展。故本文认为,工业绿色发展效率是指在资源环境约束条件下,工业投入不变时,所能得到期望产出增加的最大程度和工业非期望产出减少的最大程度。它考虑了环境影响的工业绿色发展相对效率,即在投入指标不变的情况下,既考虑工业总产值的增加,又考虑工业污染物等非期望产出的一种相对效率。

## 2.2 理论基础

### 2.2.1 金融发展理论

金融发展理论旨在探讨金融发展与经济增长间的密切关联。其核心在于剖析金融体系(金融中介与金融市场)在经济发展中的关键作用,并研究如何构建高效的金融架构与政策组合,以最大化地推动经济增长。同时,它也致力于探讨如何合理利用金融资源,以实现金融与经济的双重可持续发展。金融发展理论在20世纪被广泛研究,当今的研究者则更多的将重点放在实证性的研究上,以深入分析金融体系及其角色在经济发展中的作用。通过实证研究,从理论的角度深入分析一个国家的金融体系贡献给经济发展的作用以及其对宏观经济走势的影响;其次,从金融体系内部出发,考察金融体系建设和管理方式,以及其推动经济发展时面临的挑战;最后,从金融体系外部出发,研究金融体系如何采取有效措施应对国际金融市场及全球经济形势变化,解决当前经济发展中存在的问题。以中国为例,金融发展理论对于中国经济发展有着重要的影响,中国金融体系的

发展过程也是国家经济发展的过程。自 1995 年中国改革开放以来，金融改革就显得尤为重要。中国政府逐步推行金融开放政策，改变金融体系的垄断结构，建立以央行为核心的金融体系，激发金融市场竞争，完善金融市场机制，增强企业和个人投资活动，并促进了社会经济发展。

## 2.2.2 金融排斥理论

“金融排斥”是指部分社会经济的参与主体由于地理隔离、专业知识等诸多原因不能或者不愿获取金融服务的金融现象。在金融服务的发展历程中，部分地区因为人文因素或地理因素等，逐渐出现金融服务发展不平衡的现象，在一些国家，金融体系开始被少数精英阶层控制，金融体系的精英化加剧了金融服务的失衡。20 世纪末，随着金融科技的不断发展，传统金融服务开始数字化和智能化，虽然带来了一些便利，但也可能造成一些人群因为技术障碍而无法获得金融服务，进一步加剧了金融排斥现象。这种现象部分由于政府监管的不足而加剧，促使金融行业向新业务领域的拓展。在追求最大化利润的驱动下，金融机构减少或撤销了在欠发达地区的服务点，这导致这些区域的人们难以接触到必要的金融服务。结果是金融服务供需结构的显著失衡，表现为企业及个人对金融资本的需求与金融服务供给之间的显著矛盾，这成为了市场功能失调的典型表征。

农村贫困地区金融服务的可获取性和可及性降低，其主要原因是金融网点的数量减少。具体来说，金融排斥在农村可分为六个方面：首先，地理位置的排斥，意味着服务网点距离居民远，需要依赖公共交通，从而增加了机会成本；其次，评估排斥，这是因为农业的不确定性和农村地区信用记录的不足，使得获得贷款的评估和信用评价成本增加；第三，条件排斥关乎金融机构对借贷者设定的高门槛，如信用历史、偿还能力和贷款目的的严格审核；第四，价格排斥体现在农村信用社的利率通常高于商业银行，提高了贷款成本，减少了资金的可获得性和借贷意愿；第五，营销排斥主要是因为农村地区的金融机构缺少足够的人员来推广产品和服务，导致消费者对这些产品缺乏了解，减少了消费欲望；最后，自我排斥也是一种常见现象，由于地理偏远、经济及教育水平落后，一些农村用户对金融机构缺乏信任，主动避开主流金融系统，造成了自我排斥的情况。

### 2.2.3 工业生态理论

通常认为,工业生态理论起源于20世纪80年代Robert·Frosch等人模拟生物新陈代谢过程和生态系统的循环再生过程所开展的“工业代谢”研究。1955年,美国学者Gentler在《工业生态学》一书中正式提出“工业生态学”的概念,将工业生态学定义为:以节约资源、清洁生产和废物多层次循环利用等为特征,依托现代科学,运用生态规律、经济规律和系统工程的方法经营和管理工业发展模式的学科。随着可持续发展的观念深入,工业和生态学领域加强了对工业生态学理论和实践的探索。1991年,UNIDO重新定义了工业生态,强调它旨在通过环境保护与工业增长的协调来减少对环境的负担,体现了可持续发展理念在工业中的应用。与传统工业不同,生态工业着重于实现生态化工业生产,其具有以下特点:第一,实现经济效益与环境效益的有机统一,发展目标从单一追求经济效益转变为经济与生态并重。第二,充分体现工业生产的综合性与系统性,生态化工业生产注重从整体角度考虑生产过程中的资源利用、能源消耗、废物排放等方面,强调系统性思维和综合管理。第三,实现资源循环与再生利用,将废弃物转化为新的资源,减少资源的浪费和排放,实现资源的最大化利用。第四,保证低碳和清洁生产,既高效又节约,一方面,充分考虑环保要素,采用低碳技术和清洁生产工艺,减少或避免对环境的污染排放,降低碳排放量,保护生态环境;另一方面,强调高效节约,即在实现资源和能源利用最大化的同时,尽量减少能源和资源的消耗,提高生产效率。第五,建立多元产业互联,做好生态设计与规划,生态化工业生产鼓励不同产业之间建立联系和合作,实现产业链的闭环,促进资源、能源和废物的互相利用和转化;同时,将生态考虑融入产品设计、生产规划和城市规划中,注重生产过程对环境的影响,促进可持续发展。第六,放眼全球,树立全球生态观,生态化工业生产具有全球化的视野,注重全球资源的合理分配和利用,倡导跨国合作,共同应对全球性的环境和资源挑战,既能加强我国与世界各国之间的交流合作,推动全球绿色发展事业,又能彰显我国作为世界大国的责任心,树立良好的国际形象。

### 3 数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响机制

数字普惠金融作为一种新型金融服务模式，旨在通过数字化手段，为传统金融服务难以覆盖的人群提供更广泛、更便捷的金融服务。数字普惠金融通过大数据、云计算及人工智能等技术，突破传统金融服务限制，降低门槛与成本，提升服务的可得性与便利性，一定程度上缓解了中小企业融资难的问题，对于推动经济发展和社会进步具有重要意义。绿色发展理念是一种注重可持续发展的理念，旨在促进经济、社会 and 环境的协调发展。绿色发展理念强调在发展的过程中，要充分考虑生态环境的承载能力，保护自然资源，减少能源消耗，打造一种涵盖全局的高效率、低能耗、低污染的绿色经济增长模式，实现经济、社会、环境的共赢。本文将从数字普惠金融对工业绿色发展效率的直接影响、间接影响以及异质性影响三个方面阐释其作用机制。

#### 3.1 数字普惠金融影响工业绿色发展效率的机制分析

为了降低运营成本并实现利润最大化，传统金融机构在商业发达和人口密集地区集中设点，而边缘地区网点稀少，导致企业在这些区域获取现场金融服务受限，服务范围与效率受时空约束。数字普惠金融的发展打破了传统金融服务的空间限制，有助于帮助金融机构摆脱对线下网点的过度依赖，可有效减少线下网点的数量和降低运营成本，其也可以依托数字化技术，不断发展金融创新，进而降低金融服务的门槛，为中小微企业提供融资支持，并通过加大信息整合力度，提升金融服务传播性和可得性，助推企业绿色发展，为高污染企业提供绿色金融服务，进而促进工业绿色发展效率的提升，对绿色经济增长具有正向激励效应。

数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响是多方面的。数字普惠金融可优化资源配置，提升企业资源配置效率，其利用大数据和算法，能够更精准地评估工业企业的绿色发展潜力和需求，为工业的绿色项目提供更合理的资源配置，确保资金流向真正需要的领域，数字普惠金融还可以优化企业人力资源管理，其通过区块链技术和大数据分析能够准确甄别高层次人才，实现高端人才与岗位的快速匹配，有效提高匹配度，进而实现专业化分工。数字普惠金融能够降低交易成本，提升整体效率，通过数字化手段，金融服务的交易过程更为简洁、便利，降低了

在绿色项目评估、监管和执行过程中的成本，提高了整体的效率。具体而言，数字普惠金融具备高效识别和收集绿色投资项目及企业的能力，有效整合信息以降低信息处理成本，其能够全面、迅速地整理企业信用信息，并结合偿债能力、经营数据以及违约概率等关键指标，提升数据信息的沟通共享度，显著缓解信贷双方的信息不对称问题，从而推动绿色金融领域的可持续发展。数字普惠金融与双碳目标融合，推动金融机构创新绿色金融产品与服务，强化信贷资源对环保领域的投入，提升节能减排效率。数字普惠金融可以促进绿色创新，优化金融服务模式，引导资金流向绿色项目，推动工业绿色发展。数字普惠金融限制信贷资源流入高碳、高污染企业，助力工业绿色发展。利用数字平台创新绿色金融服务，通过点对点机制扩展融资渠道、改进融资环境，从而降低绿色融资成本，推动工业绿色发展效率提升。数字普惠金融有效引导金融资源流向绿色环保、节能减排领域，降低碳排放，提升工业绿色发展效率（李文明，2023）。综上所述，数字普惠金融在促进工业绿色发展效率的提升方面具有积极的作用。未来，随着技术的进步和应用的深化，其潜力将得到更充分的释放。基于此，本文提出研究假设 H1：

H1：数字普惠金融能够有效提升工业绿色发展效率。

由于数字化技术飞速发展，数字普惠金融也随之快速发展，其所覆盖的范围也越来越大，即数字普惠金融的覆盖广度在不断扩大。数字普惠金融覆盖广度主要体现为金融服务的普及程度，这种覆盖广度能够扩大金融服务的范围和覆盖面，使得更多弱势融资者能够享受到正规金融服务。例如，传统工业企业如钢铁厂、化工厂、造纸厂等通常会对周围的环境和生态系统造成严重的影响，往往会受到环境保护管制，容易被传统金融排斥在外。数字普惠金融覆盖广度的持续提升，有助于缓解这一问题。数字普惠金融覆盖广度的提高能够为工业绿色发展提供更加灵活、个性化的金融服务，可显著促进金融服务效率的提升，依托于大数据、人工智能、区块链技术，实现了客户身份识别、信用评估、风险控制、产品匹配等环节的自动化和智能化，大大提高了金融服务的效率和质量，从而降低了企业的融资成本和融资难度。同时，覆盖广度的提高能够促进工业绿色技术的创新与应用，通过提供风险投资、股权融资等服务，支持工业绿色技术的研发和创新，推动工业绿色技术的普及和应用，还可以为企业提供全面的风险管理服务，帮助企业更好地应对环境风险和经营风险。通过提供供应链金融、绿色债券等金融服务，帮助企业推展绿色产业的业务和市场，推动绿色产业的发展 and 壮大，促进工

业绿色发展的市场化和产业化。由此可见，覆盖广度的发展能够为工业绿色发展提供更加便捷、高效的金融服务，提升工业绿色发展效率。基于以上论述，本文提出假设 H1a：

H1a：数字普惠金融覆盖广度能促进工业绿色发展效率的提升。

数字普惠金融使用深度主要体现在金融业务类型的多样性、使用总量和活跃度等方面。具体而言，数字普惠金融涵盖支付、货币基金、消费贷、保险、投资及信用等多领域业务，通过深度挖掘金融使用潜力，高效提供个性化金融服务，满足用户多样化需求。数字普惠金融的使用深度越高，意味着数字普惠金融服务更普及、更便捷、更高效，能更好地满足用户的金融服务需求，为经济发展和社会进步提供支持。数字普惠金融使用深度的提升可提高融资效率，推动绿色技术创新。例如，信用业务的发展可以降低融资成本，简化交易手续，企业无需提供抵押物也能获得资金支持，提高了融资效率。企业可以通过数字普惠金融平台获得绿色贷款等金融支持，用于购买环保设备、研发绿色技术等，从而提升其绿色发展能力并促进企业快速实现绿色转型，本文据此提出假设 H1b：

H1b：数字普惠金融使用深度能促进工业绿色发展效率的提升。

数字普惠金融借助互联网技术实现金融服务数字化，弥补了传统普惠金融服务成本高、效率低等不足，展现出强大的包容性与商业可持续性。通过信息处理、数据通讯、大数据分析等技术应用，降低交易成本，扩大服务覆盖面，提升金融普惠性。数字普惠金融通过信息共享与数字化技术收集企业数据，有效缓解信息不对称，降低道德风险与逆向选择的发生概率（涂强楠和何宜庆，2021）。数字普惠金融数字化程度对工业绿色发展效率的影响主要体现在两个方面。第一，数字化技术提高了工业生产的能源利用效率，通过实时监控、数据分析和优化算法，企业可以更精准地控制能源消耗，减少不必要的浪费。第二，数字化技术促进了工业生产中的废弃物减量化，通过精确的计划和优化，企业可以减少生产过程中的原材料和能源的消耗，从而间接减少废弃物的产生。数字化技术也方便了企业进行废弃物管理和回收利用，提高了工业废弃物的处理效率。可见，数字化程度的提高有助于提升工业绿色发展效率，推动工业可持续发展，故本文提出假设 H1c：

H1c：数字普惠金融数字化程度能促进工业绿色发展效率的提升。

### 3.2 数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响路径分析

数字普惠金融在大数据、区块链和云计算等技术的支持下,展现出广泛覆盖、高效处理和低成本的优势。这种金融模式在处理环节中减少了人工干预,从而提高了效率和准确性。在普惠发展中,数字普惠金融发挥显著外溢效应,为小微企业及时提供信贷支持。双碳目标下,企业绿色转型已成必然趋势。众多“专精特新”的小微企业独具优势,市场潜力巨大,数字普惠金融在为其提供金融服务时,充分发挥技术外溢效应,推动行业技术革新与绿色低碳发展,提升绿色发展效率。数字普惠金融发展对产业结构升级具有积极影响,对工业绿色发展起到推动作用,促进工业绿色技术的创新与发展,进而实现产业结构的优化升级。数字普惠金融通过为中小企业和传统行业绿色项目提供金融服务,推动企业绿色化转型,进一步推动了整个产业结构的转型与升级,最终促进了工业绿色发展,同时也催生了一批新兴产业,如互联网金融、大数据等,这些产业的发展也为工业绿色发展提供了新的动力。

数字普惠金融通过提供定制化的金融产品和服务,能有效改善资源分配,提高生产力。在“双碳”目标下,提高传统高碳产业的效率并培养绿色产业对于改善环境状况和提高绿色发展效率具有重要作用。数字普惠金融的包容性扩展了金融服务的范围和深度,成功激活了消费潜力,显著影响了不同收入层次群体的消费偏好。随着消费者对绿色产品需求的增长,这种趋势促使企业加速在产业链升级和绿色产品创新上的努力,从而促进绿色产业的快速增长,并为提高绿色发展效率提供了坚实的基础。在资源配置优化方面,数字普惠金融可以有效帮助减轻资源配置不当的问题。在产业发展过程中,高效的资源配置对于企业发展至关重要,错误的资源分配可能会阻碍产业的集中,限制产业的升级,降低效率,抑制绿色创新的动力,并可能加剧能源密集型企业的环境污染问题。数字普惠金融的发展实现了对各种资源的精准识别和优化配置,使得资源更加高效地服务于工业绿色发展。数字普惠金融通过大数据分析、云计算等技术手段,能够快速、准确地获取各种资源和信息,并根据企业需求进行优化配置,提高了资源利用效率,降低了资源错配的影响,为提升产业效率和绿色发展水平发挥了积极作用。数字普惠金融通过线上服务和产品,打破传统金融限制,消除时空障碍,提高资源连接性。这不仅优化了劳动力、资本和技术等要素的分配,还降低了绿色产业链的

交易成本，支持信贷资源的获取和绿色产业的成长，从而增强绿色发展效率（李文明，2023）。因此，本文提出研究假设 H2：

H2：数字普惠金融能够通过创新投入和技术进步影响工业绿色发展效率。

### 3.3 数字普惠金融对不同区域的工业绿色发展效率的影响

数字普惠金融的发展推动了全国各个省份的经济发展，但数字普惠金融在发展壮大的过程中，在空间上对全国各个省份的影响是不同的，东部、中部、西部以及东北四大经济地区在数字普惠金融与工业绿色发展效率的关系上可能存在差异，地区经济发展水平、地理位置、产业结构差异、金融生态环境差异等都会对数字普惠金融的效果产生影响（蒋长流和江成涛，2020）。

数字普惠金融的发展可能受到地理距离和经济差异的影响，导致其在不同的地区产生不同的溢出效应。在地理上接近的地区，数字普惠金融的发展可能更有利于促进资本流动和技术传播，从而对工业绿色发展效率产生更积极的影响。同时，经济差异也可能导致数字普惠金融对工业绿色发展效率的作用产生差异，经济发展水平高的地区可能更能受益于数字普惠金融的发展。不同地区的产业结构可能存在较大差异，一方面，东北地区 and 中部地区以重工业为主，数字普惠金融有助于推动企业进行技术改造和绿色化转型；而东部地区则更侧重于高新技术产业的发展，数字普惠金融则可能更多地支持企业的研发和创新活动，推动工业绿色发展效率的提升。另一方面，第三产业主要分布在东部地区，而第二产业在中部和东北地区更加兴盛，第一产业则在西部地区占据了较大的份额。第一产业在生产过程中往往会使用大量的农药、化肥、兽药等化学物质，会对环境造成一定程度的污染，数字普惠金融对东部地区的影响最大，西部次之，中部最小（王磊和马金铭，2023）；第二产业在生产过程中也存在严重的环境污染问题，一些高耗能、高污染的工业行业，如钢铁、化工等，会对环境造成严重的污染，但随着数字普惠金融的发展以及技术进步和环保监管的加强，许多传统的工业制造业逐步采取了更加环保的生产方式，并将逐步实现绿色化转型；第三产业主要包括服务业，对环境的破坏程度较低。所以，污染较为严重的区域更需采取多种措施进行整治和缓解，其改善的效果因此显得更为显著。再者，不同地区的政府对数字普惠金融和工业绿色发展的支持力度可能存在差异。政府支持力度的不同会影响

数字普惠金融对工业绿色发展效率的作用方式和效果，如果政府支持力度较大，可以制定更多有针对性的政策和措施，促进数字普惠金融与工业绿色发展的有效对接和融合发展。综上所述，本文提出研究假设 H3：

H3：数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响存在区域异质性。

## 4 数字普惠金融和工业绿色发展效率的测度与分析

### 4.1 数字普惠金融的发展情况分析

#### 4.1.1 数字普惠金融的增长情况

数字普惠金融指数由北京大学与蚂蚁集团合作研发，基于丰富的数字普惠金融数据，采用层次分析法构建，旨在量化评估普惠金融发展水平。该指标体系具有覆盖广度、使用深度和数字化程度三个维度，覆盖省、地、县三级行政区，共 33 个指标。覆盖广度通过电子账户与银行卡数量衡量，使用深度涉及多项金融服务，数字化程度则强调便利性、低成本与信用化。这一指数的发布对于评估和监测我国普惠金融的发展具有重要意义。

探讨数字普惠金融覆盖广度时，主要依据互联网普及与基础设施建设覆盖率。衡量使用深度则侧重于金融服务类型与使用人数。随着社会科技的不断进步，社会信息化与电子化推进将拓宽普惠金融应用场景，智能手机普及与数字人民币推出将扩大数字普惠金融覆盖广度，降低准入门槛，实现去实体化和信息共享，便利普惠金融的实施，这将刺激市场需求，各省数字普惠金融发展情况见图 4.1：

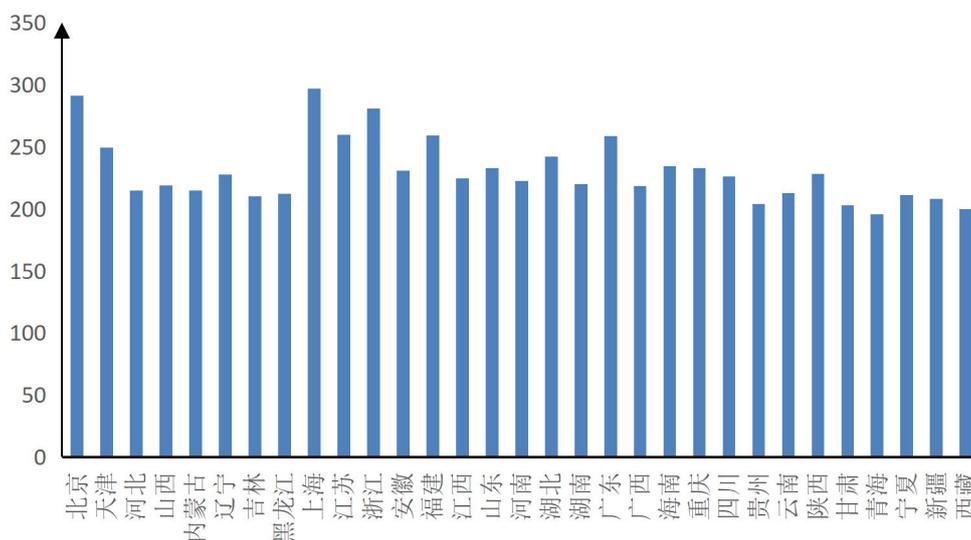


图 4.1 中国各省份数字普惠金融发展情况

据观察，从 2011 年至 2021 年，这三个指数均呈现出上升趋势，从而推动了

数字普惠金融整体指数的上涨。深入研究各分指数发现覆盖广度的增长最为显著，从 34.28 增长至 361.41，年均增幅为 86.75%。使用深度次之，平均增速为 67.7%。相对而言，数字化程度的增长速度较慢，平均增速为 44.55%，2021 年均值甚至出现了轻微回落，具体变化如图 4.2 所示。综上所述，数字普惠金融的快速增长主要得益于覆盖广度的不断提升。但鉴于未来网络基础设施将逐渐延伸至偏远地区，覆盖广度与数字化水平的增长或将得到进一步提升。

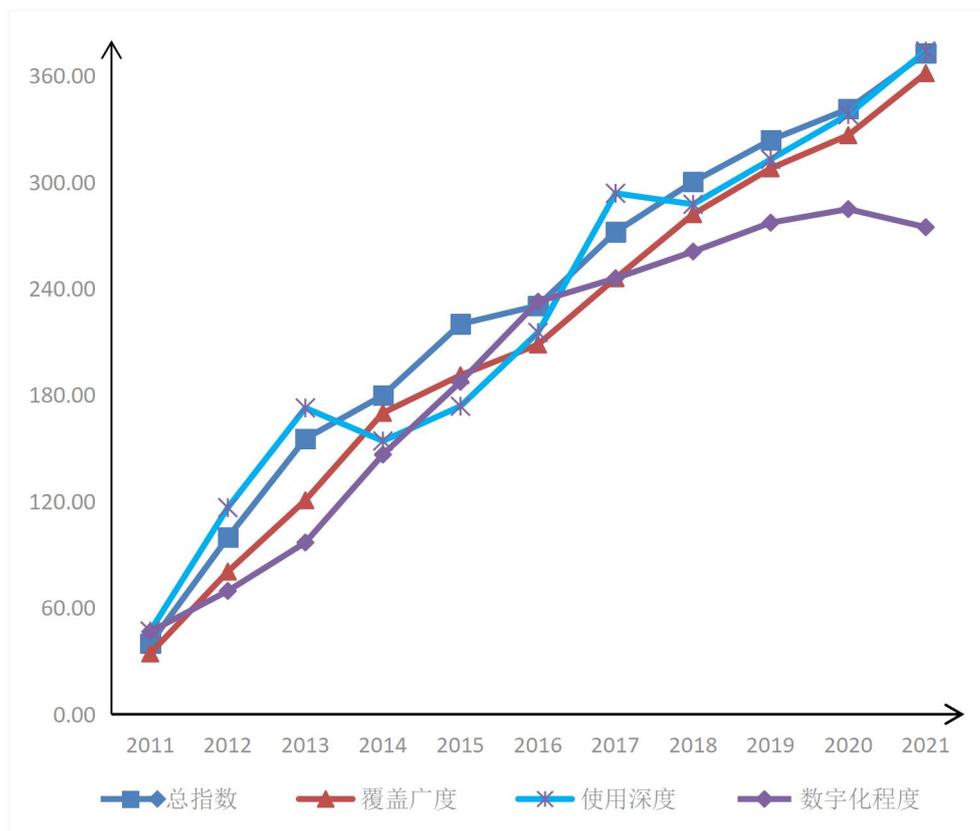


图 4.2 2011-2021 年数字普惠金融与其分指标均值变动情况

从上文分析，2011-2021 年，我国数字普惠金融指数及其分维度指标均呈现显著增长态势。为了进一步分析数字普惠金融的发展情况，图 4.3 列出了 2011-2021 年我国省级数字普惠金融指数的平均值，最大值、中位数以及增长率。图 4.3 中所展示的信息依旧能够直观反映出数字普惠金融的增长趋势，2011-2021 年平均数与中位数始终保持较小的差异，说明搜集的数据离散程度较低，反映出我国 11 年来数字普惠金融指数的平稳增长。图中增长率呈现出递减的变化趋势，该指标的减缓表明我国数字普惠金融的发展已经进入了一个成熟的阶段，不再是 2011 年的爆发式增长，而是进入了新常态。尽管数字普惠金融的增长速度有所减缓，但在未来很长时间内，它仍然是一块很重要的领域，仍

然具有广阔的发展前景和潜力。



图4.3 省级数字普惠金融指数的均值、最大值、中位数和增速

#### 4.1.2 数字普惠金融水平的区域性差异

数字普惠金融的发展水平跟地方的经济发展水平紧密相关，由图 4.1 数字普惠金融指数的发展情况来看，东部沿海地区的数字普惠金融发展水平明显较高。北京大学数字普惠金融指数显示：2011 年，北京、上海、江苏、浙江、福建、广东的总指数分别为 79.41、80.19、62.08、77.39、61.76 和 69.48，高于同期西部地区的陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、西藏的指数 40.96、18.84、18.33、31.31、20.34 以及 16.22。到 2021 年，上述东部六省的这一指数分别上升至 445.44、458.97、412.92、410.31 和 406.53，而同期西部六省的这一指数分别是 374.16、341.16、329.89、344.86、341.77 和 342.10。对比发现，西部地区的数字普惠金融发展水平远低于同期东部地区的发展水平。本文参照四大经济地区将我国 31 个省、市、自治区（港澳台地区除外）划分为东部地区、中部地区、西部地区、东北地区，划分详情如表 4.1 所示，分别计算出各地区 2011-2021 年数字普惠金融指数的均值用于比较分析，如图 4.4 所示。东部地区的数字普惠金融发展水平显著领先于其他地区，并长期维持在全国平均水准之上。各地区数字普惠金融发展水平由高到低依次为东部地区、中部地区、东北地区、西部地区。

表 4.1 四大经济地区划分情况

东部地区	北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建 山东、广东、海南
中部地区	山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南
西部地区	内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、 甘肃、宁夏、青海、新疆、西藏
东北地区	辽宁、吉林、黑龙江

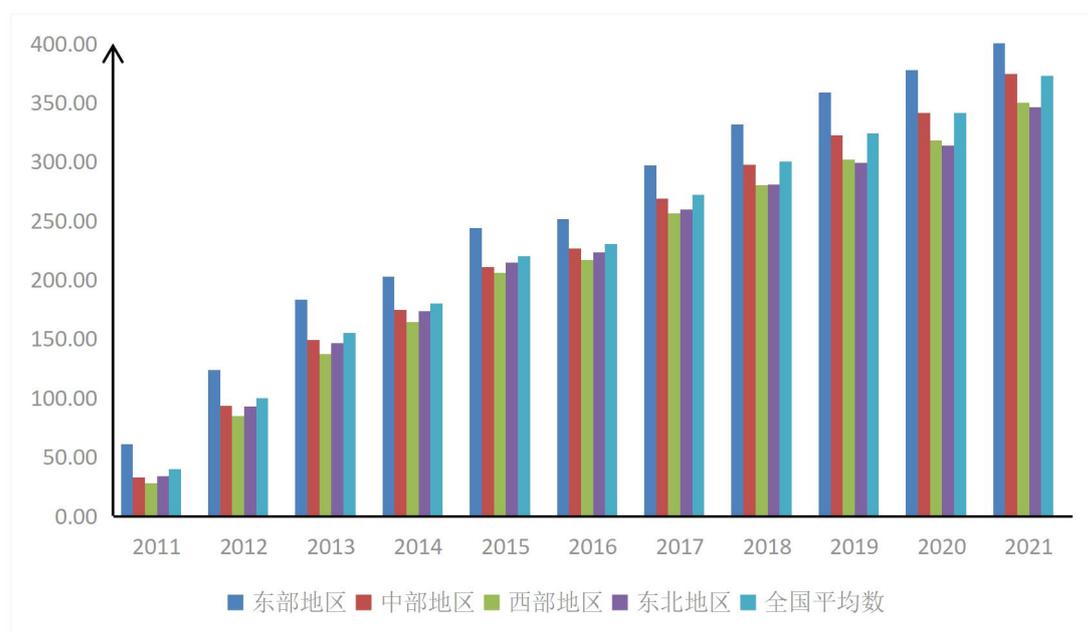


图 4.4 2011-2021 年分区域数字普惠金融均值对比

## 4.2 工业绿色发展效率的测度与分析

### 4.2.1 指标体系

本文采用三个主要的输入变量：能源、资本和劳动力。其中，劳动力的度量是通过规模以上工业企业的年均员工人数来实现的。资本的量度是通过计算固定资产的投资总额减去累计折旧后的净值来得到的，这反映了工业领域的固定资产投资水平。能源的输入量则通过工业部门的能源总消耗量来衡量，特别是以煤炭

的消耗为主要指标。在产出方面，期望产出指标以工业部门的增加值来评估，而非期望产出则通过测量工业二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、废水、化学需氧量（COD）以及烟尘的排放量来确定。本文借鉴了李斌（2013）的方法以准确估计工业领域的绿色发展效率值。本文所用数据源主要包括《中国统计年鉴》以及各省统计局发布的年度统计资料。

表 4.2 工业绿色发展效率评价指标体系

类别	指标定义	指标名称	单位
投入指标	能源投入	工业能源消耗量	万吨
	资本投入	工业固定资产投资净值	亿元
	劳动力投入	规模以上工业企业年平均用工人数	万人
产出指标	期望产出	工业增加值	亿元
	非期望产出	工业二氧化硫排放量	万吨
		工业烟粉尘排放量	万吨
		工业废水排放量	万吨
		工业化学需氧量	万吨

#### 4.2.2 测度方法

本文运用基于 SBM-DDF 函数的 GML 指数对工业绿色发展效率（GreenIE）进行精准测算。

1. 构建全域生产可能性集合。首先，将每个省域视作独立的决策单元。假设每个决策单元投入  $N$  种生产要素  $x = (x_1, \dots, x_N) \in R_N^+$ ，并产生  $M$  种期望产出  $y = (y_1, \dots, y_M) \in R_M^+$  以及  $I$  种非期望产出  $b = (b_1, \dots, b_I) \in R_I^+$ 。进而，第  $t$  期的投入与产出向量可表示为特定的数学表达式。基于这些投入与产出数据，可以构建出当期的全域生产可能性集合  $P^t(x)$ ，该集合反映了在给定技术条件和资源约束下，所有可能的生产组合。具体可表示为：

$$P^t(x) = \begin{cases} (y^t, b^t): \sum_{k=1}^k z_k^t y_{km}^t \geq y_{km}^t, \forall m; \sum_{k=1}^k z_k^t b_{ki}^t = b_{ki}^t, \forall i; \\ \sum_{k=1}^k z_k^t x_{kn}^t \leq x_{kn}^t, \forall n; \sum_{k=1}^k z_k^t = 1, z_k^t \geq 0, \forall k \end{cases}$$

其中,  $z_k^t$  为各横截面权重, 若  $z_k^t \geq 0$  表示规模报酬不变 (CRS), 若  $\sum_{k=1}^K z_k^t = 1, z_k^t \geq 0$  则表示规模报酬可变 (VRS)。

2. SBM 方向距离函数。当考虑到松弛变量, 传统的函数估计效率时容易出现误差。本文定义涵盖非期望产出的当期 SBM 方向距离函数为:

$$\begin{aligned} \vec{S}_V^t(x^{t,k'}, y^{t,k'}, b^{t,k'}, g^x, g^y, g^b) = \\ \max_{s^x, s^y, s^b} \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{s_n^x}{g_n^x} + \frac{1}{M+1} (\sum_{m=1}^M \frac{s_m^y}{g_m^y} + \sum_{i=1}^I \frac{s_i^b}{g_i^b})}{2} \\ \text{s. t. } \sum_{k=1}^k z_k^t x_{kn}^t + s_n^x = x_{kn}^t, \forall n; \\ \sum_{k=1}^k z_k^t y_{km}^t - s_m^y = y_{kn}^t, \forall m; \\ \sum_{k=1}^k z_k^t b_{ki}^t + s_i^b = b_{ki}^t, \forall i; \\ \sum_{k=1}^k z_k^t = 1, z_k^t \geq 0, \forall k; \\ s_m^y \geq 0, \forall m; s_i^b \geq 0, \forall i \end{aligned}$$

其中,  $(g^x, g^y, g^z)$  是方向向量,  $g^x$  为投入减少、 $g^y$  为期望产出增加、 $g^z$  为非期望产出减少;  $(s_n^x, s_m^y, s_i^b)$  为松弛向量,  $s_n^x$  表示投入过剩、 $s_m^y$  为期望产出不足、 $s_i^b$  为非期望产出过剩, 若松弛变量值高于 0, 则表明实际投入与非期望产出都超过了理想界限, 而期望产出却未触及这一界限。这表示投入冗余和非期望

产出过多，而期望产出水平不足。

3. GML 指数。GML 指数克服了 ML 指数的循环性缺陷和线性规划无解等问题。参考了杨翔（2015）与 Oh(2017)的研究框架，本文通过运用 SBM 方向距离函数设计了 GML 指数，进而将其拆解为技术效率变化（IGEC）与技术进步变化（IGTC）两部分。IGEC 主要衡量了管理策略的优化与资源配置效率的提升，而 IGTC 则着重反映了在生产流程与制造技术方面取得的进展。具体如下：

$$GML_t^{t+1} = \frac{1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^t, y^t, b^t; g^x, g^y, g^b)}{1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^x, g^y, g^b)} = IGEC_t^{t+1} \times IGTC_t^{t+1}$$

$$IGEC_t^{t+1} = \frac{1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^t, y^t, b^t; g^x, g^y, g^b)}{1 + \overrightarrow{S}_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^x, g^y, g^b)}$$

$$IGTC_t^{t+1} = \frac{[1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^t, y^t, b^t; g^x, g^y, g^b)] / [1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^t, y^t, b^t; g^x, g^y, g^b)]}{[1 + \overrightarrow{S}_V^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^x, g^y, g^b)] / [1 + \overrightarrow{S}_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^x, g^y, g^b)]}$$

其中， $\overrightarrow{S}_V^G(x^t, y^t, b^t; g^x, g^y, g^b)$  和  $\overrightarrow{S}_V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^x, g^y, g^b)$  分别表示当期基于非径向非角度测度的 SBM 方向距离函数；GML 指数反映  $t+1$  期与  $t$  期之间的变化，小于 1 表示效率下降，等于 1 则表明技术进步与效率稳定。据此，可了解系统各时点的效率与技术动态。

#### 4.2.3 工业绿色发展效率测度结果

本文工业绿色发展效率测算结果是基于我国 30 个省市、自治区（港澳台及西藏除外）2011-2021 年的数据计算得出，具体结果如表 4.3 所示。为了深入分析工业绿色发展效率的变动情况，又将工业绿色发展效率分解为绿色技术效率和绿色技术进步两个指标，如表 4.4 所示。从测算结果来看，我国工业绿色发展效率呈现上涨趋势。东部沿海地区（如江浙沪）的效率值明显高于西部内陆地区（如甘青宁）的效率值，说明工业绿色发展效率也具有明显的地域差异。

表 4.3 工业绿色发展效率测度结果

省份	2011	2012	2013	2014	2015	2016
北京	0.8370	0.9426	1.0672	1.1766	1.2247	1.3069
天津	0.8226	0.9018	0.9864	1.0707	1.1062	1.1247
河北	0.7858	0.8672	0.9198	0.9561	1.0022	1.0524
山西	0.7882	0.8769	0.9185	0.9803	1.0078	1.0907
内蒙古	0.7619	0.8715	0.9334	0.9818	1.0556	1.0882
辽宁	0.8170	0.8953	0.9561	1.0000	1.0730	1.0942
吉林	0.7372	0.8638	0.9089	0.9661	1.0348	1.0536
黑龙江	0.7957	0.8651	0.9118	0.9816	1.0487	1.0462
上海	0.8399	0.9443	1.0111	1.1485	1.2003	1.2481
江苏	0.8251	0.8992	0.9983	1.0597	1.1136	1.1452
浙江	0.8314	0.9320	1.0281	1.1166	1.1501	1.1870
安徽	0.7864	0.8841	0.9455	0.9972	1.0506	1.0815
福建	0.8233	0.9018	0.9996	1.0903	1.1321	1.1572
江西	0.7751	0.8756	0.9267	0.9906	1.0385	1.0121
山东	0.8073	0.8912	0.9496	0.9986	1.0573	1.0989
河南	0.7614	0.8538	0.9141	0.9695	1.0251	1.0881
湖北	0.8081	0.8942	0.9623	1.0000	1.0849	1.1082
湖南	0.7860	0.8840	0.9400	0.9728	1.0297	1.0670
广东	0.9033	0.9843	1.0825	1.1721	1.2153	1.2419
广西	0.8030	0.8675	0.9120	0.9692	1.0322	1.0609
海南	0.8182	0.8953	0.9491	0.9956	1.0596	1.1004
重庆	0.8170	0.8861	0.9513	1.0000	1.0844	1.1076
四川	0.8104	0.8866	0.9465	0.9838	1.0595	1.0840
贵州	0.7131	0.8263	0.8990	0.9472	1.0005	1.0466
云南	0.7431	0.8564	0.9064	0.9587	1.0147	1.0664
陕西	0.8139	0.8860	0.9419	0.9925	1.0822	1.1022
甘肃	0.7168	0.8311	0.9063	0.9508	1.0029	1.0162
青海	0.6962	0.8232	0.8982	0.9217	1.0020	1.0110
宁夏	0.7781	0.8614	0.9063	0.9638	1.0297	1.0920
新疆	0.7361	0.8481	0.9147	0.9566	1.0277	1.0199

续表 4.3 工业绿色发展效率测度结果

省份	2017	2018	2019	2020	2021
北京	1.4906	1.7154	2.0444	2.2803	3.6692
天津	1.1948	1.3556	1.5054	1.6076	2.0095
河北	1.1437	1.2100	1.2996	1.3748	1.5699
山西	1.1659	1.2749	1.3857	1.5375	1.8984
内蒙古	1.1486	1.2259	1.3229	1.4334	1.6925
辽宁	1.1547	1.2335	1.3392	1.3893	1.6008
吉林	1.1336	1.1934	1.2586	1.3167	1.5125
黑龙江	1.1304	1.1898	1.2627	1.3162	1.5426
上海	1.3892	1.6877	2.0087	2.2757	4.4241
江苏	1.2370	1.4464	1.6284	1.8381	2.3072
浙江	1.3081	1.5515	1.8900	2.0105	2.5062
安徽	1.1480	1.2480	1.3694	1.5020	1.9581
福建	1.2499	1.4522	1.6237	1.8053	2.2633
江西	1.1347	1.2226	1.3527	1.4925	1.7136
山东	1.1812	1.2949	1.4117	1.5597	1.9938
河南	1.1630	1.2855	1.4089	1.5545	1.9677
湖北	1.1866	1.3398	1.4996	1.5758	2.0074
湖南	1.1188	1.1996	1.2970	1.3713	1.5879
广东	1.3619	1.5832	1.6872	1.8566	2.2543
广西	1.1435	1.2296	1.3535	1.4521	1.6417
海南	1.1827	1.3528	1.4972	1.5724	1.9938
重庆	1.1813	1.3048	1.4451	1.5509	1.8555
四川	1.1398	1.2127	1.3173	1.4438	1.6477
贵州	1.1338	1.2243	1.3436	1.4896	1.6721
云南	1.1234	1.2037	1.3006	1.3714	1.5613
陕西	1.1788	1.2916	1.3900	1.5512	1.9503
甘肃	1.1333	1.2027	1.3078	1.4088	1.6689
青海	1.1102	1.1821	1.2476	1.3391	1.5248
宁夏	1.1631	1.2484	1.3633	1.4990	1.7383
新疆	1.1385	1.2234	1.3449	1.4331	1.6863

表 4.4 是工业绿色发展效率及其分解指标绿色技术效率和绿色技术进步。从

结果可知，我国 2011-2021 年工业绿色发展效率的平均效率值为 1.2098，年均增长率高达 9%，说明我国 11 年以来在实现工业经济发展的同时，注重环境的保护和可持续发展，并在推动绿色发展方面取得了显著成效。从分解指标的结果看，绿色技术效率的年平均值为 1.2914，年均增长率 8%，绿色技术进步的年平均值为 1.3161，年均增长率 5%。可见，分解指标均能促进工业绿色发展效率的提升，其中，分解指标绿色技术进步对工业绿色发展效率的提升效应更强。

表 4.4 工业绿色发展效率及其分解指标平均值

年份	GreenIE	IGEC	IGTC	增长率
2011	0.791288	0.863356	1.030958	
2012	0.883226	0.957434	1.093606	12%
2013	0.949718	1.025408	1.138892	8%
2014	1.008968	1.085976	1.179246	6%
2015	1.068194	1.146595	1.219608	6%
2016	1.099976	1.179118	1.241265	3%
2017	1.188983	1.270128	1.301893	8%
2018	1.312868	1.396713	1.386248	10%
2019	1.450223	1.537292	1.479852	10%
2020	1.573633	1.663474	1.563912	9%
2021	1.980661	2.079909	1.841244	26%
平均	1.209794	1.2914	1.316066	9%

图 4.5 反映了 2011-2021 年我国工业绿色发展效率及其分解指标均值变动情况，更直观的反映出我国 11 年间工业绿色发展的变动情况。由图 4.5 可知，2011-2016 年，工业绿色发展效率的增速逐年放缓，2016-2021 年，增速扩大，其中，2020 年增速下降，2021 年又恢复高速增长，但是 11 年间一直保持正的增长速度。2011-2016 年，这一时期是我国经济发展的高速增长期，我国的经济增长模式和产业结构发生了重要变化，我国开始着力推动经济结构调整，逐步减少对传统重工业的依赖，我国经济逐渐向多元化和创新驱动的方向发展，同时，加大了节能减排和环境保护力度，限制高污染、高耗能行业，这些措施的实施在一

一定程度上对工业绿色发展效率增速产生影响。2016-2021 年间，我国产业结构转型进入了新阶段，高技术产业和绿色产业成为新的发展方向，在此背景下我国工业绿色发展效率增速加快，2020 年增速下降的原因可能是新冠疫情的影响，全国范围内大面积停产停工所造成。2021 年工业绿色发展效率出现迅猛增长，在 2020 年复工复产后我国采取了一系列刺激经济增长的政策恢复经济，可能对工业绿色发展效率产生了积极影响，更重要的是，2020 年我国提出“双碳”目标，可能刺激了工业企业加大绿色技术和生产方式的投入，从而提高了工业绿色发展效率。

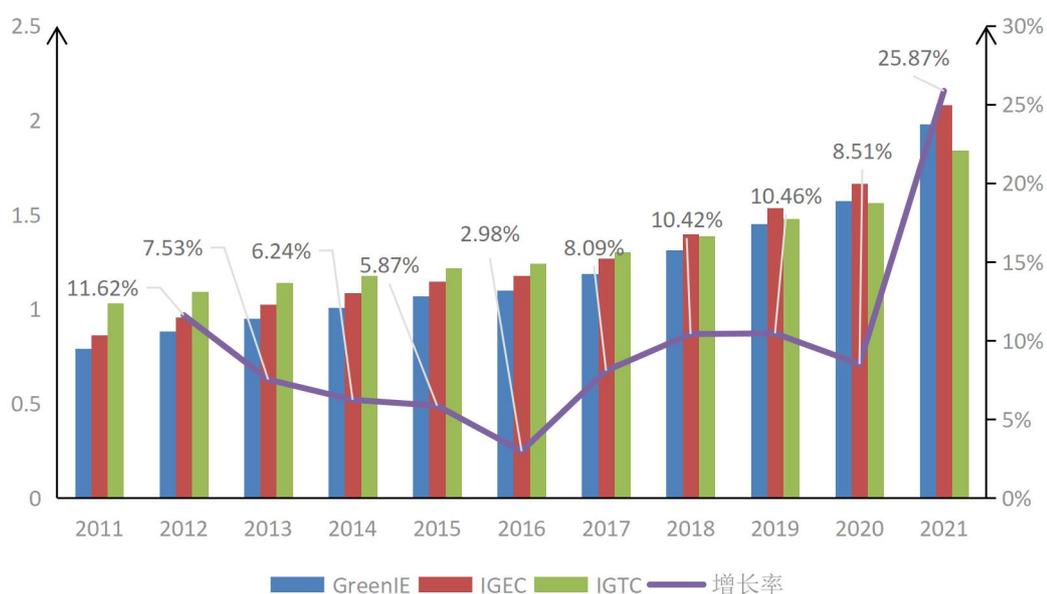


图 4.5 2011-2021 年工业绿色发展效率、分解指标均值对比及增长率

## 5 数字普惠金融对工业绿色发展效率影响的实证分析

### 5.1 变量选取与模型构建

#### 5.1.1 变量选取

##### (1) 被解释变量 (GreenIE)

工业绿色发展效率: 本文选取了 2011 年-2021 年全国各省工业绿色发展效率作为被解释变量, 利用上文中工业绿色发展效率测度结果作为代理变量。

##### (2) 核心解释变量 (Fin)

为了从不同角度分析, 本文选取数字普惠金融指数及其二级指标为别作为核心解释变量进行回归分析。该指数为“北京大学数字普惠金融指数”(郭峰, 2020)。

##### (3) 中介变量

创新投入 (RD): 数字普惠金融具有缓解融资约束的功能, 数字普惠金融可以为中小企业提供更便捷的融资渠道, 降低融资成本, 从而释放企业的创新投入潜力, 而创新投入的增加可以推动技术创新, 提高资源利用效率, 降低环境污染, 从而促进工业绿色发展效率的提升。本文以研发投入为代理变量。

技术进步 (TCP): 数字普惠金融对科技成果的转化提供了更多元化的融资渠道, 降低了转化风险, 从而促进技术进步的商业化应用, 数字普惠金融可提高金融服务的效率, 降低了交易成本, 为企业技术进步和创新提供了更高效的支持。企业技术进步可以降低工业生产的环境成本, 降低能耗, 推动产业升级和转型, 从而提高工业绿色发展效率。本文以规模以上工业企业有效发明专利数作为代理变量。

##### (4) 控制变量

参考现有文献并考虑本文所研究的具体问题, 本文以人力资源水平 (HC)、金融支持 (FIN)、政府干预 (GOV)、外商直接投资 (FDI)、环境规制 (ER) 以及产业结构 (INS) 为控制变量。

人力资本 (HC): 在不断提升素质教育质量的进程中, 绿色相关教育这一新理念应运而生。从学术角度看, 教育水平的高低在很大程度上决定了人们的素质水平。而素质较高的人群, 普遍表现出对环境保护的高度意识 (朱金鹤和王雅

莉)。具备高素质和技术能力的劳动力能够更好地理解和实施绿色发展理念,推动企业进行绿色技术创新和转型升级。人力资本的积累有助于提高生产效率和资源利用效率,降低生产过程中的能源消耗和污染物排放,人力资本的流动和优化配置能够促进绿色产业的发展 and 产业结构优化,推动工业绿色发展,从而提升工业绿色发展效率。本文选取本文采用各地区高等学校本科在校人数来衡量人力资本。

**金融支持 (FIN):** 金融支持会影响地区绿色发展水平。金融系统一方面为企业 提供资金支持,可有效助力提升企业的技术水平和环保能力,更能显著提高工业绿色发展效率,推动绿色发展的深入实施;另一方面,它还可通过风险管理、信息披露等手段,引导企业更加注重环保和可持续发展,进一步推动工业绿色发展。所以,本文借鉴吕朝凤(2018)等人的做法,以贷款余额占 GDP 的比重来体现地区金融服务中金融支持所发挥的作用。

**政府干预 (GOV):** 政府行为会对工业绿色发展产生重要影响。一方面,政府既可以通过制定和实施环保政策,限制高污染企业的生产,从而降低污染物排放,提高绿色发展效率,也可以提供资金支持,鼓励企业进行绿色技术创新,推动产业升级和绿色发展。政府还可以通过规划和引导,优化产业结构,推动绿色产业的发展,从而提高工业绿色发展效率。可见政府的积极行为对工业绿色发展效率的影响是积极的,有助于推动经济社会的可持续发展,但政府不作为和消极态度会导致资源要素配置扭曲,阻碍节能减排和绿色经济效率提升。因此,本文选取政府干预作为控制变量,以地区财政支出占 GDP 比重为代理变量。

**外商直接投资 (FDI):** 通过引入先进技术和额外资本,提高当地生产力并促进经济扩张。但外资的涌入也可能激化当地市场的竞争环境,对国内企业和投资造成挤出效应,这不仅可能抑制经济增速,还有可能导致贫富差距的扩大。因此,在吸引外资的同时,也需要关注其对本地经济的长期影响,并采取相应的政策措施来平衡不同利益相关方的利益。本文借鉴王玉爽(2023)的做法,用实际外商直接投资额占 GDP 的比值来表示。

**环境规制 (ER):** 在面对地区环境污染问题时,当地政府往往需要采取一系列政策措施。这些措施可能包括限制高污染企业的生产活动,以降低污染物排放;为绿色项目和绿色企业提供资金支持;或直接投入资金进行环境污染治理。

无论采取哪种方式，这些政策措施都将对总产出产生直接或间接的影响，进而影响绿色全要素生产率。因此，对这一变量的控制显得尤为重要。环境规制的衡量方法有很多，本文以工业污染治理完成投资额与 GDP 的比重为代理变量。

产业结构（INS）：产业结构对工业绿色发展效率具有重要影响。不同产业对资源的需求和污染排放不同，产业结构决定了资源的配置和利用方式，如果产业结构以高耗能、高污染的传统产业为主，会导致大量的污染物排放和能源消耗，从而制约工业绿色发展效率的提高。相反，如果产业结构以绿色产业和清洁能源为主，则会更有利于提高工业绿色发展效率。因此产业结构的变化会影响工业绿色发展效率。本文用第三产业产值与第二产业产值的比值作为代理变量。具体变量定义如表 5.1 所示：

表 5.1 变量定义及衡量标准

类别	变量名称	变量符号	变量解释
被解释变量	工业绿色发展效率	GreenIE	工业绿色发展效率测度
解释变量	数字普惠金融指数	Difi	数字普惠金融指数/100
	覆盖广度	usage	数字普惠金融指数分项指标/100
	使用深度	coverage	数字普惠金融指数分项指标/100
	数字化程度	digilization	数字普惠金融指数分项指标取/100
中介变量	创新投入	RD	研发投入/100
	技术进步	TCP	规模以上工业企业有效发明专利数/1000
控制变量	人力资源水平	HC	高等学校本科生在校人数
	金融支持	FIN	金融机构贷款余额与GDP的比例指标
	政府干预	GOV	各省财政支出与GDP的比重
	外商投资	FDI	外商直接投资额占地区GDP的比值
	环境规制	ER	工业污染治理完成投资额与GDP的比重
	产业结构	INS	第三产业产值与第二产业产值的比值

## 5.1.2 模型设定

本文首先分析数字普惠金融及其分维度指标对工业绿色发展效率的影响。为了更好的观测样本间的个体差异性，有效降低变量之间的共性，本文参考惠献波

(2021) 的做法, 将数字普惠金融总指数及其三个二级指标分别作为核心解释变量构建固定效应模型, 进行回归估计。具体回归模型如 (5.1) - (5.4) 所示:

$$GreenIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Difi_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

$$GreenIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 usage_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.2)$$

$$GreenIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 coverage_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.3)$$

$$GreenIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 digitization_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.4)$$

其中, 被解释变量  $GreenIE$  为工业绿色发展效率。解释变量  $Difi_{it}$ 、 $usage_{it}$ 、 $coverage_{it}$  和  $digitization_{it}$  分别是数字普惠金融指数、使用深度、覆盖广度和数字化程度。 $Control_{it}$  表示控制变量, 具体包括人力资本、金融支持、政府干预、外商直接投资、环境规制以及产业结构。 $\mu_i$  表示地区个体效应, 控制不同地区的其他未观测变量对绿色发展效率的影响,  $\lambda_t$  为时间效应,  $\varepsilon_{it}$  表示随机扰动项, 包括模型中未能涵盖的其他影响因素和数据误差。

根据前文所述, 本文提出假设 2, 为了检验该假设是否成立, 本文借鉴温忠麟和叶宝娟 (2014) 的做法, 构建具体模型如 (5.5) - (5.9) 所示:

$$GreenIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Difi_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.5)$$

$$RD_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Difi_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.6)$$

$$GreenIE_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Difi_{it} + \gamma_2 RD_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.7)$$

$$TCP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Difi_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.8)$$

$$GreenIE_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Difi_{it} + \gamma_2 TCP_{it} + \sum \beta_j Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (5.9)$$

其中,  $RD_{it}$  表示中介变量创新投入,  $TCP_{it}$  表示中介变量技术进步。

### 5.1.3 数据来源

鉴于数据可得性与完整性, 本文选取除港澳台及西藏外的 30 个省级行政区数据作为样本, 时间跨度为 2011-2021 年 (2022 年数据无法完整获取)。数据均源自《国家统计年鉴》《各地区官方统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴中国高技术产业统计年鉴》Wind 数据库及中经网数据库等权威渠

道，确保了数据质量与可靠性。其中，数字普惠金融指数来源于《北京大学数字普惠金融指数》。

#### 5.1.4 描述性分析

从表 5.2 看出，我国 2011-2021 年全国 30 各省级行政区工业绿色发展效率差异较大，被解释变量工业绿色发展效率最大值为 4.424，最小的只有 0.696，平均值为 1.207，说明我国工业绿色发展效率各个省之间发展不均衡；从解释变量来看，数字普惠金融的整体指标在覆盖范围、使用深度和数字化程度上有明显的区别，这反映了我国不同省份数字普惠金融发展程度的不平衡。

表 5.2 描述性统计

变量	N	mean	sd	min	max
<i>GreenIE</i>	330	1.207	0.398	0.696	4.424
<i>Difi</i>	330	2.315	1.033	0.183	4.590
<i>coverage</i>	330	2.130	1.037	0.020	4.334
<i>usage</i>	330	2.268	1.058	0.068	5.107
<i>digitizatio</i>	330	1.940	0.919	0.000	3.795
<i>RD</i>	330	5.531	6.535	0.104	35.370
<i>TPC</i>	330	26.150	50.240	0.071	328.500
<i>HC</i>	330	53.930	29.440	2.980	128.100
<i>FIN</i>	330	1.493	0.449	0.665	2.774
<i>GOV</i>	330	0.115	0.032	0.058	0.245
<i>INS</i>	330	1.246	0.705	0.518	5.297
<i>FDI</i>	330	0.019	0.015	0.000	0.080
<i>ER</i>	330	0.003	0.004	0.000	0.031

## 5.2 实证分析

### 5.2.1 基准回归分析

依据豪斯曼检验结果，本文采用双向固定效应模型。为检验研究假设 1，本文基于模型（5.1）至模型（5.4）进行回归估计，检验数字普惠金融总指数及其三个分指标对工业绿色发展效率的影响，回归结果如表所示：

表 5.3 中（1）-（4）列表示以数字普惠金融总指数、覆盖广度、使用深度以及数字化程度为核心解释变量对工业绿色发展效率分别回归的结果。回归结果显示，数字普惠金融及其三个分指标对工业绿色发展效率的系数分别为 1.348、0.847、0.677 和 0.466，表明它们均对工业绿色发展效率具有正向影响，除数字化程度在 5% 的显著性水平下显著外，其余指标均在 1% 的显著性水平下显著，验证了假设 1 成立。对比分析发现，数字化程度对工业绿色发展效率的回归系数 0.466，低于覆盖广度和使用深度的回归系数，说明在数字普惠金融对工业绿色发展效率的提升作用中，覆盖广度和使用深度的发展对工业绿色发展效率的提升更明显。

表 5.3 基准回归结果

变量	(1) <i>GreenIE</i>	(2) <i>GreenIE</i>	(3) <i>GreenIE</i>	(4) <i>GreenIE</i>
<i>Difi</i>	1.348*** (6.04)			
<i>coverage</i>		0.847*** (5.69)		
<i>usage</i>			0.677*** (5.66)	
<i>digitization</i>				0.466** (2.66)
<i>HC</i>	-0.008*** (-2.89)	-0.005 (-1.61)	-0.006* (-1.81)	-0.007 (-1.62)
<i>FIN</i>	-0.131 (-1.57)	-0.212* (-1.82)	-0.142 (-1.64)	-0.172 (-1.46)
<i>GOV</i>	1.290* (1.85)	1.710* (1.88)	1.318 (1.39)	0.439 (0.31)

续表5.3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>GreenIE</i>	<i>GreenIE</i>	<i>GreenIE</i>	<i>GreenIE</i>
<i>INS</i>	0.123*	0.187**	0.075	0.187
	(1.98)	(2.06)	(1.10)	(1.58)
<i>FDI</i>	-2.094**	-3.454***	-0.851	-1.694
	(-2.40)	(-2.89)	(-0.67)	(-1.00)
<i>ER</i>	0.667	9.040**	0.354	5.446*
	(0.28)	(2.52)	(0.15)	(1.84)
<i>_cons</i>	0.564**	0.716***	0.699***	0.879***
	(2.73)	(2.77)	(3.29)	(3.44)
<i>N</i>	330	330	330	330
<i>R - squared</i>	0.872	0.842	0.863	0.831
省份固定效应	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES

注：\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%水平下显著，括号内为标准误差。

## 5.2.2 内生性检验

考虑到模型内生性问题，如遗漏变量和双向因果关系可能会干扰实证分析的稳健性，本文选用数字普惠金融滞后一期作为工具变量，并应用2SLS进行回归分析，以此来解决上述问题。对2SLS第一阶段结果分析发现，最小特征值统计量为7524.07，大于10%真实显著水平的临界值16.38，弱工具检验通过，拒绝原假设，说明选取的工具变量非弱工具变量。如表5.7所示，数字普惠金融系数显著为正，表明其能有效地推动工业绿色发展效率的提升，证明研究结果是稳健的。

表5.7 内生性检验

变量	first stage	second stage
	<i>Difi</i>	<i>GreenIE</i>
<i>HC</i>	0.0003	0.0001
	(0.000)	(0.001)
<i>FIN</i>	0.0157	-0.0418
	(0.024)	(0.043)
<i>GOV</i>	0.0362	0.8590
	(0.384)	(0.682)

续表5.7 内生性检验

变量	first stage	second stage
	<i>Difi</i>	<i>GreenIE</i>
<i>INS</i>	0.0174 (0.013)	0.0680*** (0.024)
<i>FDI</i>	0.7283 (0.652)	-1.1079 (1.159)
<i>ER</i>	-8.8624*** (2.286)	-2.7911 (4.093)
<i>L. Difi</i>	0.8747*** (0.010)	
<i>Difi</i>		0.3478*** (0.021)
<i>_cons</i>	0.5555*** (0.046)	0.2769*** (0.085)
<i>N</i>	300	300
<i>R – squared</i>	0.982	0.712

注：\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%水平下显著，括号内为标准误差。

### 5.2.3 稳健性检验

上述分析表明,数字普惠金融能够促进工业绿色发展效率的提升。由于浙江、北京、上海、江苏这四个省市工业绿色发展效率位于全国前列,为进一步检验结果的稳健性,本文选择剔除这些样本,然后重新回归检验,并将因变量设置为GreenIE\_01。

此外,在此基础上,本文还采用替换变量的方法进行稳健性测试。本文把工业绿色发展效率分解为工业绿色技术效率(IGEC)和工业绿色技术进步(IGTC),并将其分别作为被解释变量代入基础模型重新回归,回归结果如表5.8所示。

对稳健性检验结果分析可知,在剔除浙江、北京、上海、江苏四个省市后,数字普惠金融的系数为0.651,相比剔除前述样本前有所下降,但仍然具有显著的正向影响,且在1%的显著性水平显著。

由表5.8可知,在替换变量后,数字普惠金融既对工业绿色技术效率具有促进作用,也对工业绿色技术进步具有促进作用。结果显示,当别解释变量替换为工业绿色技术效率和工业绿色技术进步时,数字普惠金融的系数分别是1.381和

0.919, 均具有显著的正向影响, 且均在 1% 的显著性水平下显著。

综上所述, 在经过上述处理后, 数字普惠金融的系数方向、显著性与前文一致, 进而验证了前文所得结果具有稳健性。

表 5.8 稳健性检验结果

变量	(1) GreenIE_01	(2) IGEC	(3) IGTC
<i>Difi</i>	0.651*** (6.03)	1.381*** (6.04)	0.919*** (6.04)
<i>HC</i>	-0.001 (-0.70)	-0.009*** (-2.89)	-0.006*** (-2.89)
<i>FIN</i>	-0.039 (-0.73)	-0.135 (-1.57)	-0.090 (-1.57)
<i>GOV</i>	0.781* (1.77)	1.322* (1.85)	0.880* (1.85)
<i>INS</i>	-0.017 (-0.43)	0.126* (1.98)	0.084* (1.98)
<i>FDI</i>	-1.664** (-2.35)	-2.146** (-2.40)	-1.428** (-2.40)
<i>ER</i>	-1.801* (-1.81)	0.683 (0.28)	0.455 (0.28)
<i>_cons</i>	0.613*** (6.32)	0.636*** (3.01)	0.878*** (6.24)
<i>N</i>	286	330	330
<i>R-squared</i>	0.976	0.872	0.872
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES

注: \*\*\*, \*\*, \*表示在 1%、5%、10% 水平下显著, 括号内为标准误差。

#### 5.2.4 中介效应检验

根据研究假设 3, 本文构建了中介效应模型, 本文借鉴温忠麟和叶宝娟(2014)的相关研究, 使用三步法进行中介效应检验。本文选取创新投入和技术进步作为中介变量, 对模型 (5.5) - (5.9) 进行回归。

##### (1) 创新投入中介效应检验

表 5.4 为创新投入中介效应检验结果, 创新投入作为中介变量。第 (1) (2)

(3) 列分别是根据模型 (5.5)、模型 (5.6) 和模型 (5.7) 回归得到。第 (1) 列显示, 数字普惠金融对工业绿色发展效率的系数在 1% 的水平下显著为正。在第 (2) 列中, 将数字普惠金融与创新投入进行回归时, 发现其回归系数在 1% 的显著性水平下正向显著, 这表明数字普惠金融的拓展正面影响了创新投入的增长。在第 (3) 列中, 数字普惠金融的系数达到了 0.977, 并且在 1% 的显著性水平上显著; 同时, 创新投入的系数为 0.027, 在 5% 的显著性水平上也显著。这些结果共同指出, 推动数字普惠金融的发展可以提升工业绿色发展的效率, 创新投入的增加同样有助于加快工业绿色发展效率的提高。此验证结果证实了数字普惠金融的发展能够通过增加创新投入提升工业绿色发展效率。

表 5.4 创新投入中介效应检验结果

变量	(1) <i>GreenIE</i>	(2) <i>RD</i>	(3) <i>GreenIE</i>
<i>RD</i>			0.027** (2.47)
<i>Difi</i>	1.348*** (6.04)	13.562*** (5.39)	0.977*** (4.73)
<i>HC</i>	-0.008*** (-2.89)	0.117 (1.44)	-0.012*** (-2.87)
<i>FIN</i>	-0.131 (-1.57)	-5.137** (-2.52)	0.009 (0.12)
<i>GOV</i>	1.290* (1.85)	40.935** (2.23)	0.173 (0.19)
<i>INS</i>	0.123* (1.98)	-0.288 (-0.22)	0.131** (2.07)
<i>FDI</i>	-2.094** (-2.40)	-40.612 (-1.61)	-0.986 (-1.05)
<i>ER</i>	0.667 (0.28)	117.719** (2.34)	-2.547 (-1.35)
<i>_cons</i>	0.564** (2.73)	-5.555 (-1.38)	0.716*** (3.04)
<i>N</i>	330	330	330
<i>R-squared</i>	0.872	0.733	0.882
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES

注: \*\*\*, \*\*, \*表示在 1%、5%、10% 水平下显著, 括号内为标准误差。

## (2) 技术进步中介效应检验

表 5.5 为技术进步中介效应检验，技术进步为中介变量。第（1）（2）（3）列分别是根据模型（5.5）、模型（5.8）和模型（5.9）回归得到。在第（1）列中，可以观察到数字普惠金融对工业绿色发展效率的正向影响，在 1% 的显著性水平上具有统计学上的显著性。而在第（2）列中，数字普惠金融对技术进步的正面作用也在 5% 的显著性水平下得到了证实，这进一步强调了数字普惠金融在推动技术进步方面的重要作用。对第（3）列数据的分析可知，数字普惠金融的影响系数为 1.255，而技术进步的系数仅为 0.001，两者均在 1% 的显著性水平下显著。这一结果不仅证明了数字普惠金融和技术进步都能促进工业绿色发展效率的提升，也表明了数字普惠金融通过支持技术进步来有效提高工业绿色发展效率的潜在路径。

表 5.5 技术进步中介效应检验结果

变量	(1) <i>GreenIE</i>	(2) <i>TCP</i>	(3) <i>GreenIE</i>
<i>TCP</i>			0.001*** (3.33)
<i>Difi</i>	1.348*** (6.04)	80.030** (2.75)	1.255*** (5.66)
<i>HC</i>	-0.008*** (-2.89)	1.761 (1.48)	-0.010*** (-3.11)
<i>FIN</i>	-0.131 (-1.57)	-26.587 (-1.16)	-0.101 (-1.27)
<i>GOV</i>	1.290* (1.85)	490.941* (1.84)	0.719 (0.95)
<i>INS</i>	0.123* (1.98)	-14.985 (-1.23)	0.140** (2.21)
<i>FDI</i>	-2.094** (-2.40)	-719.003** (-2.05)	-1.258 (-1.45)
<i>ER</i>	0.667 (0.28)	689.980* (1.71)	-0.135 (-0.06)
<i>_cons</i>	0.564** (2.73)	-101.295* (-1.72)	0.682*** (3.02)
<i>N</i>	330	330	330
<i>R - squared</i>	0.872	0.551	0.875
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES

注：\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%水平下显著，括号内为标准误差。

### 5.2.5 异质性检验

根据前文数字普惠金融对工业绿色发展效率的异质性影响章节所述，由于我国各省市的经济发展程度不同，地区间经济发展差异较大，工业绿色发展效率存在区域异质性。为了验证研究假设 3，本文依据四大经济地区，本文将中国 30 各省级行政区（不含港澳台以及西藏）划分为东北地区、东部地区、中部地区和西部地区，具体划分如表 4.2 所示，并以此来检验研究假设 3 是否成立。

实证结果如表 5.6 所示，根据区域异质性检验结果可知，四大经济地区的数字普惠金融对工业绿色发展效率的系数分别为 0.378、1.787、0.444 和 0.210，且除东北地区在 5% 的显著性水平下显著外，其余三大地区均在 1% 的显著性水平下显著。分析结果显示，数字普惠金融在促进工业绿色发展效率上表现出明显的区域性差异，其中，东部地区的促进作用最为突出，中部地区次之，东北地区位列第三，而西部地区影响最弱。这表明在经济发展水平较高的地区，数字普惠金融对工业绿色发展效率的提升作用更为突出，进而验证了研究假设 3 是成立的。

东部地区位于我国东部沿海地带，地理位置优越，经济发展速度快，是我国经济发展的重要引擎，具有东北、中部和西部地区不可比拟的人才优势和政策支持。东部地区作为我国经济发展的先行者，城市化水平高、经济基础雄厚、产业结构合理，是我国科技创新和高技术产业的重要基地，具有较高的技术创新能力，而较高的技术创新水平可以有效提高资源利用效率，减少生产过程中的污染排放，促进绿色生产，推动东部地区实现绿色化转型。再者，如前文图 4.4 所示，东部地区数字普惠金融平均指数水平远高于其他地区，发达的数字普惠金融可以为东部地区的技术创新和绿色发展提供更多的政策支持，为企业的绿色转型省级提供充足的动力。

表 5.6 异质性检验

变量	(1) 东北地区	(2) 东部地区	(3) 中部地区	(4) 西部地区
<i>Difi</i>	0.378** (2.82)	1.787*** (4.45)	0.444*** (3.47)	0.210*** (2.98)

续表 5.6 异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	东北地区	东部地区	中部地区	西部地区
<i>HC</i>	-0.004 (-1.64)	-0.013* (-1.81)	0.001 (0.63)	-0.002* (-1.92)
<i>FIN</i>	-0.166* (-1.89)	-0.041 (-0.22)	-0.010 (-0.11)	0.090*** (3.44)
<i>GOV</i>	0.417 (1.21)	-0.108 (-0.05)	0.177 (0.17)	-0.520 (-1.30)
<i>INS</i>	-0.002 (-0.12)	0.075 (0.56)	-0.026 (-0.40)	-0.098*** (-3.27)
<i>FDI</i>	-0.250 (-0.65)	0.030 (0.01)	-9.642*** (-5.71)	0.028 (0.03)
<i>ER</i>	-1.815 (-0.48)	20.177 (1.45)	-10.203 (-1.65)	-0.070 (-0.07)
<i>_cons</i>	1.018*** (6.38)	0.357 (0.49)	0.831*** (6.22)	0.779*** (14.38)
<i>N</i>	33	110	66	121
<i>R – squared</i>	0.999	0.879	0.990	0.990
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES

注：\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%水平下显著，括号内为标准误差。

## 6 研究结论及政策建议

### 6.1 研究结论

本文搜集整理了 2011-2021 年我国 30 个省级行政区（港澳台和西藏不含在内）的面板数据，通过设立双向固定效应模型做实证分析，详细探讨了数字普惠金融与工业绿色发展效率之间的联系，分析了其与绿色技术效率及绿色技术进步之间的关联，并以创新投入和技术进步为中介变量，分析二者在数字普惠金融对工业绿色发展效率促进作用中的中介效应，并对数字普惠金融与工业绿色发展效

率之间的区域异质性作了检验。经研究，验证了研究假设的合理性，故得出以下结论：

(1) 数字普惠金融的发展能够有效提升工业绿色发展效率，且其覆盖广度、使用深度以及数字化程度均能对工业绿色发展的提升起到正向的影响作用，其中数字普惠金融覆盖广度对工业绿色发展效率的提升效果最显著。

(2) 数字普惠金融可以通过技术进步和增加创新投入促进工业绿色发展效率的提升。数字普惠金融具有“数字化”、“普惠性”双重特点，可以在很大程度上缓解了融资约束，促使创新投入增加和技术进步，进而推动企业提高资源利用效率和节能减排，加快了企业绿色化转型，最终促进工业绿色发展效率的提升，有助于实现工业绿色发展。

(3) 数字普惠金融对工业绿色发展效率的影响具有区域异质性。本文通过实证验证了二者之间存在显著的区域异质性，而且经济越发达的地区，数字普惠金融在提升工业绿色发展效率方面的作用越显著。东部地区区位优势，城市化水平高，产业结构更合理，高技术产业发达，是我国科技创新和高技术产业的重要基地，具有较高的技术创新能力，而较高的技术创新水平可以有效提高资源利用效率，减少生产过程中的污染排放，促进绿色生产，推动东部地区实现绿色化转型。而数字普惠金融对西部地区工业绿色发展效率的提升作用最弱，西部地区经济基础相对薄弱，产业结构亟待调整，自然资源消耗严重，土地盐碱化、沙漠化等生态问题突出，因而更需要数字普惠金融的大力扶持，以助力西部等欠发达地区早日实现高质量发展。

## 6.2 政策建议

### 6.2.1 政府层面

#### (1) 加强工业绿色发展的引导和支持

政府在推动工业绿色发展方面扮演着至关重要的角色。为了引导企业朝着绿色方向发展，政府可以制定明确的政策和规划，为其提供明确的指导和目标。通过相关法律法规的制定和推动，鼓励企业采取更环保的生产方式和技术，同时加强对环境的监管和执法力度，以确保企业严格遵守环保法规。政府还应当加大对

工业绿色发展的财政支持力度，通过设立专项资金，为企业提供低息贷款、税收减免等优惠政策，从而降低其绿色转型的成本。引导社会资本参与绿色项目的投资，以多元化的资金来源促进工业绿色发展。推广绿色技术和创新也是推动工业绿色发展的重要手段之一，政府应当加强与科研机构、高校等的合作，推动绿色技术的研发和应用，提高企业的绿色技术水平。此外，政府还可以举办培训班、研讨会等活动，提升企业的环保意识和能力。为了激励企业积极参与工业绿色发展，应建立完善的评价体系和激励机制。

### **(2) 完善数字普惠金融基础设施建设**

政府在促进金融机构、企业以及其他相关部门之间的信息共享方面具有重要作用。为了降低信息不对称风险，可以建立统一的信息共享平台，整合各方数据资源，提升数据质量和可用性，信息共享有助于金融机构更准确地评估企业的信用风险，为其提供更精准的金融服务。此外，政府应当加强支付清算体系的建设，提高支付清算效率和安全性，推广电子支付方式，降低支付成本，为企业提供便捷的支付服务，同时，加强对支付清算的监管，防范金融风险，确保支付清算系统的稳定运行。网络安全是数字普惠金融发展的重要保障，政府应当加强网络安全监管，制定相关标准和规范，推动金融机构和企业提升网络安全防护能力。另外，应加大对网络攻击和数据泄露等违法行为的打击力度，以保护金融消费者的合法权益。政府还应增加对金融教育的投入，培养具备数字化思维和技能的金融人才。政府还要加强对金融机构和企业的培训，提升其对数字普惠金融的认知和应用能力。

### **(3) 建立工业绿色发展评价体系和激励机制**

政府应当制订一整套科学、客观且易于操作的评估框架，用于衡量工业领域的绿色发展。这套框架应当包括清晰的评估准则与指标，并定期对企业在绿色和可持续性方面的表现进行检查和跟踪。通过透明公开的评估结果，不仅能激励企业间的健康竞争和协作，还能营造出积极向上的绿色发展环境。此外，政府需要建立奖励机制，以表彰那些在工业绿色发展方面成绩卓越的企业，奖励措施可以包括税收优惠、资金支持，正向激励措施有助于激发企业的环保热情和创新能力。同时，政府可以构建绿色信用评价体系，将企业的绿色发展表现与其信用等级和融资条件挂钩，对绿色发展表现出色的企业提供更高的信用评级和更优惠的融资

条件，刺激企业更重视绿色发展和可持续发展。

## 6.2.2 企业层面

### (1) 积极利用数字普惠金融资源

在当前数字普惠金融的发展趋势下，企业应主动适应变化，积极利用数字普惠金融资源来增强自身的市场竞争力。企业需要充分认识到数字普惠金融的价值和潜力，把它作为推进公司成长的关键策略。通过加大对数字普惠金融的推广和教育力度，可以提升企业领导层及员工对于它的理解和运用，从而更有效地抓住市场的机遇，应对可能面临的挑战。企业应根据自身的发展目标和外部环境，制订一套适合自己的数字化转型计划，明确转型的目标、实施路径和关键点，把数字普惠金融整合进企业的总体战略中，保障数字化转型过程的顺利进行。企业还应积极研究如何将数字普惠金融融入到自己的金融服务中，通过运用大数据、人工智能等现代技术手段，推动金融创新，例如开展供应链金融服务和应收账款融资，从而提高融资效率和优化风险管理。

### (2) 注重创新与知识产权保护

在数字普惠金融的发展背景下，企业须重视通过创新和加强知识产权的维护来增强竞争力和应对市场的挑战。企业应该增加对创新活动的投资，激励技术创新，并积极研发拥有自主知识产权的新技术与产品。建设一套行之有效的创新体系，激励员工参与创新活动，从而提高企业整体的创新实力。此外，企业应加强知识产权的申请、保护和管理，以确保其技术创新的成果得到充足的法律保障。通过参与国际技术合作，引进和学习国际先进技术，帮助企业能够在全球市场中占据更有利的竞争位置。创新和知识产权的保护对于企业持续发展是极为关键的。持续的技术创新和对知识产权的严格保护能够显著提升企业的技术水平和市场地位，为数字普惠金融的发展提供坚实的支持。这不仅促进企业的成长，还有助于推动整个行业的技术进步和经济的持续健康发展。在操作层面上，企业应该明确制定知识产权策略，构建完善的知识产权管理体系。强化对员工的知识产权教育和保护意识培训，与知识产权专业机构合作，寻求高效的保护方案。同时，积极加入国际知识产权保护的行动，加深与全球知识产权组织的联系与合作。

### (3) 与科研机构开展产学研合作

在科技快速发展的时代背景下，积极建立企业与高校、研究所的密切合作关系，对于促进创新发展和增强市场竞争力显得尤为关键。企业应主动寻求与学术界的深度合作，共同进行技术研究与开发。通过这种密切的合作模式，企业不仅能够借助学界的研究力量和资源，加快新技术的开发和落地应用，还能够为学术研究提供实际的市场背景和应用需求，推动研究成果的快速转化和商业化进程。为了有效实施这种产学研合作，企业与学术机构之间应建立起长期且稳定的伙伴关系，共同规划合作的方向和目标。加大在技术研讨、人才交流方面的投入，促使知识和技术的双向流动和共享。同时，应建立起高效的沟通和协调机制，确保双方在合作过程中能够及时沟通信息，共同解决遇到的难题和挑战。

## 参考文献

- [1] Anoop Kumar Singh,Shreyanshu Singh. Index of financial inclusion: State level empirical study in India[J]. ZENITH International Journal of Multidisciplinary Research,2018,8(8).
- [2] Beck Thorsten, Demirguc Kunt Asli, Martinez Peria Maria Soledad. Reaching Out : Access To And Use Of Banking Services Across Countries[M].:2005-10-01.
- [3] Dong-hyun Oh.A global Malmquist-Luenberger productivity index[J].Journal of Productivity Analysis,2017,34(03).
- [4] Graedel T E, Allenby B R, COMRIE P R. Matrix approaches to abridged life cycle assessment[J]. Environmental Science&Technology, 1995 ,29(3): 134A-139A.
- [5] Guo Hua,Gu Fan,Peng Yanling,Deng Xin,Guo Lili. Does Digital Inclusive Finance Effectively Promote Agricultural Green Development?—A Case Study of China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2022,19(12).
- [6] He Zhimin,Chen Huaichao,Hu Jingwei,Zhang Yueting. The impact of digital inclusive finance on provincial green development efficiency: empirical evidence from China.[J]. Environmental science and pollution research international,2022,29(60).
- [7] Mandira Sarma,Jesim pais. Financial Inclusion and Development[J]. Journal of International Development,2011,23(5).
- [8] McKinnon Ronald I.. "book-review"Money and Capital in Economic Development[J]. International Journal,1974,29(4).
- [9] Newlyn W. T.,Shaw Edward S. Financial Deepening in Economic Development.[J].Economica,1975,42(167).
- [10]Pearce D, Markandya A, Barbier E. Blueprint for a green economy[M]. London: Earthscan Publications Ltd, 1989.
- [11]Xiang Yunbo,Wang Shengyun,Zhang Yong,Dai Zhijun. Green Development Efficiency Measurement and Influencing Factors of the paper Industry in the Yangtze River Economic Belt[J]. Water,2021,13(9).
- [10]Xu Sheng. Research on Global Innovative Green Development Efficiency Measurement Based on Dea Super Efficiency Model[J]. Academic Journal of Business &

Management,2020,2(5).

- [11]安强身,刘俊杰,李文秀. 数字普惠金融与居民消费结构升级:作用机制与经验证据[J]. 云南财经大学学报,2023,39(03):1-23.
- [12]陈慧卿,陈国生,魏晓博,彭六妍,张星星. 数字普惠金融的增收减贫效应——基于省际面板数据的实证分析[J]. 经济地理,2021,41(03):184-191.
- [13]陈鸣,陈峰,廖世伟. 数字普惠金融与农村经济增长:空间溢出机制与经验证据[J]. 首都经济贸易大学学报,2022,24(06):14-27.
- [14]褚翠翠,佟孟华,李洋,费威. 中国数字普惠金融与省域经济增长——基于空间计量模型的实证研究[J]. 经济问题探索,2021,(06):179-190.
- [15]范富琳. 数字普惠金融对区域绿色发展效率的影响研究[D]. 江苏大学,2022.
- [16]方大春. 长江经济带工业经济效率测度及其影响因素研究[J]. 理论月刊,2020,(11):89-96.
- [17]傅志寰,宋忠奎,陈小寰,李晓燕. 我国工业绿色发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2015, 17(08): 16-22.
- [18]关斐,高星,李麦收. 数字普惠金融、创新驱动与区域绿色经济增长[J]. 征信,2022,40(08):63-74.
- [19]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.
- [20]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.
- [21]郭付友,陈才,刘志刚. 城市绿色发展效率的空间分异及影响因素——基于山东省 17 地市面板数据[J]. 世界地理研究,2020,29(05):1040-1048.
- [22]郭守亭,张旺虎,熊颖等. 数字普惠金融与绿色发展:理论与实证[J]. 合肥工业大学学报(社会科学版),2022,36(04):1-11+33.
- [23]韩洁平,程序,闫晶,杨晓龙. 基于网络超效率 EBM 模型的城市工业生态绿色发展测度研究——以三区十群 47 个重点城市为例[J]. 科技管理研究,2019,39(05):228-236.
- [24]何宜庆,王茂川. 数字普惠金融的非线性与异质性经济增长效应——基于平滑转换模型与分位数模型的实证研究[J]. 四川师范大学学报(社会科学版),2021,48(01):54-64.
- [25]黄小勇,查育新. 绿色发展效率的测度评价与驱动因素研究——以长江经济带为例[J]. 价格理论与实践,2022,(06):7-11+42.

- [26]惠献波. 数字普惠金融与城市绿色全要素生产率: 内在机制与经验证据[J]. 南方金融,2021,(05):20-31.
- [27]江映霞. 地区数字化视角下普惠金融对企业创新的影响——基于融资效率和投资机会的分析[J]. 财会通讯,2023,(07):54-58+111.
- [28]蒋长流,江成涛. 数字普惠金融能否促进地区经济高质量发展?——基于 258 个城市的经验证据 [J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2020, 23 (03): 75-84.
- [29]李斌,彭星,欧阳铭珂. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于 36 个工业行业数据的实证研究 [J]. 中国工业经济, 2013, (04): 56-68.
- [30]李爽,周天凯,樊琳梓. 长江经济带城市绿色发展及影响因素分析[J]. 统计与决策,2019,35(15):121-125.
- [31]李文明,陈政,陈威全等.数字普惠金融对省域绿色全要素生产率的影响研究[J].区域金融研究,2023,(10):57-66.
- [32]李再苒,郭战琴. 数字普惠金融对中小企业创新的影响探析[J]. 现代商业,2023,(08):136-139.
- [33]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.
- [34]刘敏楼,黄旭,孙俊. 数字金融对绿色发展的影响机制[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(06):113-122.
- [35]吕朝凤,黄梅波. 金融发展能够影响 FDI 的区位选择吗[J]. 金融研究, 2018, (8) : 137-154.
- [36]庞凌霄. 数字普惠金融、农村减贫与乡村振兴[J]. 统计与决策,2022,38(10):57-62.
- [37]任蓉,翟宛东,李轩. 数字普惠金融对居民消费的异质性影响研究[J]. 价格理论与实践,2022,(02):152-155.
- [38]任晓怡. 数字普惠金融发展能否缓解企业融资约束[J]. 现代经济探讨,2020,(10):65-75.
- [39]申云,洪程程. 数字普惠金融与农业绿色低碳发展: 水平测度和机制检验[J]. 金融理论与实践,2023,(01):45-60.
- [40]睢党臣,张扬,孟望生. 黄河流域经济绿色发展效率测度及其空间分异研究[J]. 统计与决策,2023,39(02):116-119.
- [41]孙振清,李欢欢,刘保留.中国碳交易下的工业绿色发展效率及影响因素[J].华东经济管

- 理,2020,34(12):57-64.
- [42]苏利阳,郑红霞,王毅. 中国省际工业绿色发展评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2013,23(08): 116-122.
- [43]涂强楠,何宜庆. 数字普惠金融、科技创新与制造业产业结构升级 [J]. 统计与决策, 2021, 37 (05): 95-99.
- [44]王建民,仇定三,蒋倩颖,等.长江经济带工业绿色发展效率测量与提升路径研究[J].科技管理研究,2019,39(12):46-52.
- [45]王景波,刘忠诚,张佳.基于改进非期望SBM模型的工业能源效率测度研究——以山东省17地市面板数据为例[J].华东经济管理,2017,31(07):25-30.
- [46]王磊,马金铭. 数字普惠金融影响农业绿色发展的机制与效应 [J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023, 22 (06): 14-27.
- [47]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.
- [48]王青,肖宇航. 华北平原城市绿色发展效率时空演变趋势及影响因素[J]. 城市问题,2021,(10):65-75.
- [49]王韶华,何美璇,刘晔,等.京津冀工业绿色发展水平测度及障碍因子诊断[J].统计与决策,2021,37(20):109-112.
- [50]王雄,黄云,任晓航,文风华. 数字普惠金融对居民消费的空间溢出效应研究[J]. 系统工程理论与实践,2022,42(07):1770-1781.
- [51]王玉爽. 环境规制对绿色全要素生产率的影响——基于环境分权和空间溢出视角 [J]. 中国流通经济, 2023, 37 (09): 63-79.
- [52]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.
- [53]谢旭升,严思屏.融资约束视角下数字普惠金融促进中小企业技术创新的路径研究[J].金融理论探索,2022,(04):49-63.
- [54]闫永琴,崔叶婷,屈永恒. 数字经济发展对我国居民消费的影响机制及策略选择[J]. 生产力研究,2023,(01):27-33+161.
- [55]杨翔,李小平,周大川.中国制造业碳生产率的差异与收敛性研究[J].数量经济技术经济研究.2015,32(12):3-20.
- [56]杨怡,吴丽玉,张齐家,王亚飞. 数字普惠金融对农业绿色增长的影响——兼论农村人力资本投资的调节作用[J]. 经济问题探索,2022,(06):165-180.

- [57]姚凤阁,李丽佳. 数字普惠金融减贫效应及区域差异研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2020,(06):3-18.
- [58]易行健,周利. 数字普惠金融发展是否显著影响了居民消费——来自中国家庭的微观证据[J]. 金融研究,2018,(11):47-67.
- [59]袁荷,仇方道,朱传耿.江苏省工业环境效率时空格局及影响因素[J].地理与地理信息科学,2017,33(05):112-118.
- [60]岳鹤,谭月彤,周子灼,吴美贤. 数字普惠金融、资源配置与工业绿色全要素生产率[J]. 武汉金融,2023,(03):3-10.
- [61]岳书敬,邹玉琳,胡姚雨. 产业集聚对中国城市绿色发展效率的影响[J]. 城市问题,2015,(10):49-54.
- [62]张江雪,蔡宁,毛建素,等.自主创新、技术引进与中国工业绿色增长——基于行业异质性的实证研究[J].科学学研究,2015,33(02):185-194+271.
- [63]张林,邹迎香,刘秋伶. 数字普惠金融何以缓解农户相对贫困——来自中西部地区 1062 份农户的微观证据 [J]. 农村金融研究, 2023, (07): 49-64.
- [64]张铭心,汪亚楠,郑乐凯.数字金融的发展对企业出口产品质量的影响研究[J].财贸研究,2021,32(6):16.
- [65]张泽义,罗雪华. 中国城市绿色发展效率测度[J]. 城市问题,2019,(02):12-20.
- [66]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.
- [67]郑剑辉.数字普惠金融赋能双循环新发展格局的逻辑机理、实践成效与创新建议[J].西南金融,2023,(02):44-56.
- [68]周健华.数字普惠金融对企业创新的影响研究——以六家建筑央企为例[J].企业改革与管理,2024,(02):50-51.
- [69]邹新月,王旺. 数字普惠金融对居民消费的影响研究——基于空间计量模型的实证分析[J]. 金融经济研究,2020,35(04):133-145.

## 后 记

2024年5月，我25岁，随着毕业论文的最终完成，我的研究生生涯即将结束，随之结束的还有我长达二十年的校园生活。都说时间如白驹过隙，可求学之路风雨泥泞，我走了足足二十载，虽然遇到过无数的焦虑和困扰，但最终还是顺利一一渡过，这少不了恩师、家人和朋友们的帮助与支持，诚挚的感谢每一位给予过我帮助和鼓励的人。

人生之幸在于得遇良师，感谢我的导师，从论文的选题、构思到撰写、修改，每个环节都给予我细致的指导和帮助。导师不仅在学习上给予我悉心的指导，更在生活中给予我无微不至的关怀，关心我的身心健康，给予我鼓励与支持，教会我如何平衡学习与生活。也感谢一路走来所有授业恩师，祝各位老师身体健康、桃李芬芳。感谢我在不同学习阶段就读过的所有母校，感谢母校为我提供成长的平台，督促我成长。

感谢我的父母，父母无私的爱与教诲，如夏夜星辰，无数次照亮我前行的道路，为我指明方向。父母没上过几年学，但也始终教我做一个善良、正直、诚实守信的人，他们虽然识字不多，教给我的为人之道却可受益终生，更是我二十载求学生涯最坚实的基础。感谢父母对我学业上一如既往的支持，为我遮风挡雨，替我排忧解难，生活的担子很重，只求我个人努力能得偿所愿，早日分担他们的困难，这是我所期待，更是我前进的动力。

感谢我的同届同门兄弟、室友以及612的朋友们，三年来相互支持、促膝交谈、嬉笑打闹，留下了很多美好的回忆，我们一起去黄河边喝三炮台、去兰山看夜景、去大自然吃烤串、去甘南游玩……每一幕都让人难以忘怀，然时光易逝，终有别时，愿我的兄弟们以梦为马，不负韶华。感谢师兄师姐们做我读研期间前行的灯塔和坚实的后盾，他们的经验分享、人生建议与鼓励，让我在面对挑战时更加勇敢和坚定。感谢读研期间的所有同学们，同窗三载，相聚甚少，但也弥足珍贵，我们从五湖四海来，也将往五湖四海去，愿我们保持热爱，不忘初心，做为国为民的好青年。

假如时光可以倒流，我仍然希望遇见你们。因为在那个起点，你们给予我的不仅是帮助，更是无价的记忆与成长。你们的出现如同星辰点缀夜空，在我人生的画卷上留下了浓墨重彩的一笔，谢谢你们！

最后，感谢祖国的培养，愿祖国繁荣昌盛、国泰民安！愿世界和平、不起战端！