

分类号 F83/573

密级

U D C 0005760

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 金融科技对我国全要素能源效率的影响研究

研究生姓名: 曾筱璇

指导教师姓名、职称: 史亚荣 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6月3日

独创性声明

本人声明所提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： 曹发琦 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 郑 签字日期： 2024.6.3

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內容。

学位论文作者签名： 曹发琦 签字日期： 2024.6.3

导师签名： 郑 签字日期： 2024.6.3

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

Research on the impact of financial technology on total factor energy efficiency in China

Candidate : Zeng Xiao Xuan

Supervisor: Shi Ya Rong

摘要

为了实现经济的迅速增长，我国在早期采取了大规模投入要素的发展方式，这样的发展方式容易导致能源利用效率低下和环境质量下降等问题。在新的发展形势下，我国开始不断探索经济增长与环境保护之间的平衡点，能源是经济发展的基石，这就对能源要素配置和利用效率的提升提出了更高的发展要求。自上世纪末，金融科技被首次提出以来就引领着金融领域发展的新方向。金融科技应用在能源领域，将在扩张资金规模和改善市场融资结构方面发挥关键作用，从而助力能源产业得到相应的资金支持，实现能源产业朝着绿色环保和高效利用的发展模式转型升级，并进一步提高全要素能源效率。

本文首先整理了金融科技影响全要素能源效率的相关理论，阐释了金融科技与全要素能源效率的概念，并分析了二者间的影响机制。然后明确了我国金融科技和能源发展的现状，运用文本挖掘法和 DEA 测算了金融科技指数与全要素能源效率值。接着以 2012-2021 年我国 29 个省份的面板数据为样本进行 Tobit 回归，通过异质性分析、稳健性检验和中介效应分析来研究金融科技对全要素能源效率的影响及传导路径，可得如下结论：第一，我国的金融科技与全要素能源效率的整体发展水平和表现欠佳。第二，根据回归结果可知我国金融科技对全要素能源效率整体呈现正向影响，而根据不同地区的情况分析，可以发现东部地区正向作用较为显著，而中部地区则具有负向影响，西部地区的影响并不显著。第三，金融科技能够通过金融规模和金融结构对全要素能源效率产生中介效应，扩大金融规模和优化金融结构能够提高全要素能源效率。最后对全文的研究进行总结，针对研究结论提出强化政府部门激励与监管、依托科技手段重塑能源金融与重视中西部金融科技与能源产业融合的政策建议，以期提高金融科技对全要素能源效率影响力。

关键词：金融科技 全要素能源效率 Tobit 模型

Abstract

In order to achieve rapid economic growth, China adopted the development mode of large-scale input factors in the early stage, which is easy to lead to problems such as low energy efficiency and environmental quality decline. Under the new development situation, China has begun to constantly explore the balance between economic growth and environmental protection. Energy is the cornerstone of economic development, which puts forward higher development requirements for the improvement of energy factor allocation and utilization efficiency. Since the end of last century, financial technology has led the new direction of development in the financial field since it was first proposed. The application of fintech in the field of energy will play a key role in expanding the scale of funds and improving the market financing structure, so as to help the energy industry get the corresponding financial support, realize the transformation and upgrading of the energy industry towards the development mode of green environmental protection and efficient utilization, and further improve the total factor energy efficiency.

Firstly, this paper sorts out the relevant theories of the impact of financial technology on total factor energy efficiency, explains the concepts of financial technology and total factor energy efficiency, and analyzes the impact mechanism between them. Then the current situation of China's

financial technology and energy development is clarified, and the financial technology index and total factor energy efficiency are calculated by using text mining method and DEA. Then, Tobit regression is conducted on the panel data of 29 provincial administrative units in China from 2012 to 2021. The impact and transmission path of fintech on TFE are studied through heterogeneity analysis, robustness test and intermediary effect analysis. The following conclusions can be drawn: first, the overall development level and performance of fintech and TFE in China are not good. Second, according to the regression results, China's financial technology has a positive impact on total factor energy efficiency as a whole. According to the analysis of the situation in different regions, it can be found that the positive effect in the eastern region is more significant, while the negative effect in the central region, and the impact in the western region is not significant. Third, fintech can mediate total factor energy efficiency through financial scale and financial structure. Expanding financial scale and optimizing financial structure can improve total factor energy efficiency. Finally, a summary of the entire research is provided, and policy recommendations are proposed to strengthen government incentives and regulation, reshape energy finance through technological means, and emphasize the integration of financial technology and energy industry in the central and western regions, in order to improve the impact of financial technology on total factor energy efficiency.

Keywords: Fintech; Total factor energy efficiency; Tobit model

目录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的与意义	2
1.2.1 研究目的	2
1.2.2 研究意义	2
1.3 国内外文献综述	3
1.3.1 金融科技的相关研究	3
1.3.2 全要素能源效率的相关研究	4
1.3.3 金融科技对能源效率的影响	6
1.3.4 文献述评	6
1.4 研究内容与方法	7
1.4.1 研究内容	7
1.4.2 研究方法	8
1.4.3 技术路线图	9
1.5 创新与不足	9
1.5.1 本文创新点	9
1.5.2 本文不足之处	10
2 界定概念和理论基础	1
2.1 相关概念界定	1
2.1.1 金融科技	1
2.1.2 全要素能源效率	2
2.2 相关理论概述	2
2.2.1 长尾理论	2
2.2.2 交易成本理论	2

2.2.3 能源优化配置理论.....	3
2.3 金融科技影响全要素能源效率的内在机理	3
2.3.1 金融规模的支持作用.....	3
2.3.2 金融结构的支持作用.....	4
2.3.3 金融风险的抑制作用.....	5
3 我国金融科技及能源发展现状	7
3.1 金融科技发展现状.....	7
3.1.1 金融科技技术的发展.....	7
3.1.2 金融科技政策的演变.....	9
3.1.3 金融科技在各区域的发展情况.....	9
3.2 能源发展现状	11
3.2.1 能源生产概况.....	11
3.2.2 能源结构现状.....	12
3.3 金融科技在能源产业的应用.....	14
4 我国金融科技对全要素能源效率影响的实证研究.....	16
4.1 全要素能源效率的测算.....	16
4.1.1 DEA 方法的简介	16
4.1.2 测算方法与指标.....	18
4.1.3 结果分析.....	19
4.2 金融科技指数构建.....	20
4.2.1 文本挖掘法的简介.....	20
4.2.2 指标选取与构建步骤.....	21
4.2.3 结果分析.....	22
4.3 基于 Tobit 模型的实证分析.....	24
4.3.1 Tobit 模型介绍	24
4.3.2 控制变量选取.....	25

4.3.3 平稳性检验.....	27
4.3.4 描述性统计.....	27
4.3.5 实证结果分析.....	28
4.4 异质性分析.....	29
4.5 稳健性检验.....	31
4.6 中介效应分析.....	32
4.7 本章小结.....	35
5 提高金融科技对全要素能源效率影响力的对策建议.....	37
5.1 政府激励与监管并重引导金融资源投放.....	37
5.2 依托科技手段对能源金融业进行重塑.....	38
5.3 探索中西部能源产业与金融科技的深度融合.....	38
参考文献.....	40
致谢.....	47

1 绪论

1.1 研究背景

面对经济发展带来的高收益和环境保护需要的高成本，大多数国家会选择先大力发展经济实现总体收益，然后再进行环境治理的发展道路，但这容易带来能源利用效率的低下和环境被破坏等问题。近年来，随着我国经济质量的明显提升，只注重经济而忽视环境治理与保护的不合理的发展模式显然已经不利于经济与社会的长远与可持续发展。能源是经济发展的基石，能源的可持续发展问题也逐渐得到重视。我国开始通过提高能源利用效率、激发其创新驱动力以及优化消费结构等方式，全方位促进能源产业的高质量发展。参照《2023 年能源工作指导意见》可知，我国能源产业结构转型升级已经尤为迫切，亟需采取果断措施提升能源要素配置的精细化与合理化程度，增强整个能源系统的灵活适应与有效调节能力。目前，随着国际地缘政治冲突迭起，全球共同面临着能源危机问题，国际能源供给也陷入不确定的境地。我国的能源需求一直以来居高不下，在能源供求失衡的背景下，经济要可持续发展就必须重视能源效率的提高。

能源领域的可持续性发展与能源的高效利用离不开金融的有效支持。近年来，金融科技作为一股推动经济发展的新兴力量，在世界范围内广受关注，成为引领金融创新和技术进步的新兴动力，金融科技发展将决定金融业的未来竞争力。就能源产业的长期发展而言，亟需要借助金融科技力量，推动新型能源领域金融规模的扩大、结构重组及运营效率的改进，引领更多的金融资源流向绿色金融和碳金融领域，为能源领域发展提供更多优质金融产品与服务，从而推动能源产业转型升级，实现能源效率的提升。

因此，在国内外环境日益复杂的情况下，利用金融科技的发展突破金融支持能源产业发展的瓶颈，全面提升全要素能源效率，对保持我国能源产业高质量发展与中国经济可持续发展具有重大意义。

1.2 研究目的与意义

1.2.1 研究目的

本文以长尾理论、交易成本理论和能源优化理论为理论基础，同时查阅大量资料分析我国目前金融科技和能源产业的发展现状，运用文本挖掘法和 DEA 得到金融科技和全要素能源效率的量化指标。进一步以我国 2012-2021 年间 29 个省份的数据为基础，建立适合做该项研究的 Tobit 回归模型，由实证分析得出金融科技对全要素能源效率的影响结果，并探索出影响路径，据此提出提高金融科技对全要素能源效率影响的对策，以期对我国能源领域生产效率的提高与高质量发展提供一定的理论依据与决策参考。

1.2.2 研究意义

能源在国家层面的战略意义重大，是确保国家安全与稳定的重要基石，与此同时，它也是维系经济社会运行及民众日常生活不可或缺的基本投入因素。能源产业一直是国家的重点发展产业，而效率是影响能源产业能否持续健康发展的重要因素。国家通过长效的政策扶持与资金投放机制，不断为能源行业的发展注入活力，在追求宏观经济稳健增长的过程中，始终坚持提升能源利用效率这一重要指标。本文将能源领域和金融科技的发展结合进行研究，重点探索金融科技是否能够影响全要素能源效率，并且如何影响，具体研究意义如下：

(1) 理论意义

在学术领域，能源效率的提升已成为一个备受瞩目的议题。本文将结合金融和能源等关键发展领域，分析金融科技如何影响我国全要素能源效率。在研究进程中，发现金融规模和金融结构两个变量是金融科技影响全要素能源效率的中间环节。关于全要素能源效率的研究层面，本文不局限于以往对产业结构、人力资源配置、科技创新以及金融服务等方面的常规探讨，而是从金融科技这一新颖视角切入，来探究全要素能源效率提升的新动能，这有助于从更深层次和全局的视角去剖析金融科技与能源领域深层关系的本质联结。本文的研究一定程度上拓展了金融科技与全要素能源效率的现有研究，丰富了金融科技的应用场景与与能源效率的研究视角。

（2）现实意义

本文研究对于能源等处于成本压力和融资约束下的各产业提供了借助金融科技之力来完善金融投资规模和结构，进而实现资产端高效配置以及转型升级的新思路。此外，在应对国际贸易摩擦和全球经济衰退的外部形势下，对于能源部门突破能源产业的发展瓶颈，有效保障能源供给安全以及能源产业链长期稳定也就提供一定的借鉴与参考价值。对于金融及其监管部门通过金融变革完善本身的组织形式、商业模式、运营管理以及风险管理，形成科技与实体经济发展的推力与拉力也具有一定的启迪。

1.3 国内外文献综述

1.3.1 金融科技的相关研究

（1）金融科技的概念

金融科技一词最早出现在 1972 年 Bettinger (1972) 的文章里，他提到金融科技是银行金融服务业和现代信息管理技术共同催生的。Au 和 Kauffman (2008)^[1]把金融科技认定为一种新的金融业态，这种新的业态将电子支付、互联网等技术层面的内容融入金融相关领域。Nguyen (2016)^[2]把金融科技 (FinTech) 定义中小科技公司，这类公司能够为金融业发展提供相关技术支持，科技的不断进步促使金融科技成为新兴行业的一种。乔海曙和杨彦宁 (2017) 将以技术的角度来对金融科技进行诠释，并详细叙述了相关基本技术。Schueffel (2016)^[3]将金融科技定义为一种新兴行业，认为金融科技是一种可以改善金融活动的行业应用。Leong 和 Sung (2018)^[4]认为金融科技是从金融产品和服务中充分引入技术之后成为的新兴金融服务产业。王静 (2018)^[27]则认为金融科技是一种变革，能够改变传统的金融运行模式。黄益平和黄卓 (2018)^[28]认为互联网衍生出的金融科技相关企业能够满足不同消费群体的金融个性化需求。Thakor (2020)^[5]认为金融科技虽然为金融行业注入了新鲜血液，但是本质上仍是金融。从金融科技的发展阶段来看，Hadad (2017)^[6]把金融科技定义为电话交易的金融电子化阶段、自动柜台机交易的金融创新阶段以及非金融企业提供传统银行业务各种替代方案的互联网金融阶段。杨松令 (2021)^[29]认为对于金融科技企业来说，数据积累与分析是基础，因此金融科技也可以被认为是以技术和

数据为基础的金融创新。

（2）金融科技的指数构建

通过收集现有的文献和研究成果发现，目前学术界公认的两种较为权威的指数构建方法为综合指标法和文本挖掘法。乔海曙和黄荐轩（2019）^[30]以 19 个相关指标，以供给和需求两个角度为主，测度金融创新环境、金融业的发展水平等指标，并整理成相关的发展动力指数以此来衡量国家金融发展水平。郭品等人（2015）^[31]运用文本挖掘技术，以金融的传输途径、支付手段、资源配置方式及财富管理四个方面为切入点构建关键词集合，从而作为互联网金融的替代性衡量指标。李春涛（2020）^[32]利用百度新闻的搜索技术，人工构建 48 个关键词词库作为地级市的金融水平指标。盛天翔（2020）^[33]同样通过人为构建的金融科技指数体系，借助百度新闻搜索平台的数据，编制了中国各省级行政区的金融科技发展指数。唐也然（2021）^[34]则从金融科技的技术、渠道和信贷业务三个角度构建 16 家上市银行的年报内容构建银行的金融科技指数。胡俊（2021）^[35]通过人工筛选与自然语言处理技术，选出七百多个关键词，并从上市银行年报的管理层讨论与分析章节中进行关键词出现频率统计，借此构建了上市银行的金融科技指数。

1.3.2 全要素能源效率的相关研究

（1）全要素能源效率的概念

在 1995 年，世界能源委员会首次给出了一个精确的能源效率定义，将其描述为在提供相同等级能源服务的前提下，减少所需的能源消耗量。同时 Patterson（1996）^[7]对当时流行的能源效率衡量标准进行了深入的剖析与批判，并创造性地将能源效率划分为三个不同层面的考量维度，即物理热力学效率、经济热力学效率以及纯经济学意义上的效率指标。王庆一（2002）^[36]在其研究中主张，完整的能源效率内涵应涵盖物理性能层面的量化指标以及经济学评价指标两大部分。Hu 和 Wang（2006）^[8]进一步拓展了能源效率理论框架，他们率先提出了“全要素能源效率”的新概念，并将其界定为预期或理想能源消耗与实际发生的能源消耗之间的比率关系。

（2）全要素能源效率的测度

通过对现有文献资料的梳理，能源效率的评估方法有两类：单一要素能源效率测量和综合全要素能源效率测度。其中，单一要素能源效率的计算通常依赖于产出总量与能源消耗总量之间的比率关系，这一能源效率评估手段在学术界的初期研究阶段得到了广泛应用。彭武元等人（2021）^[37]对中国不同行业的终端能源消费二氧化碳排放情况进行描述性分析并采用了 LMDI 分解方法分解影响因素。马晓军等学者（2021）聚焦中国工业界，选取了 2005 年至 2016 年间涵盖 35 个细分行业的数据集，巧妙地将经过改良的 Kaya 恒等式与 LMDI 分解技术相结合，构建了一套能够对能源消耗因素进行细致拆解的模型，并进一步建立了研究工业增长与能源利用间脱钩关系的脱钩指数模型。

随着科技的不断进步，学术界逐渐倾向于采用更为全面的全要素能源效率测度方法。Hu 和 Wang（2006）^[8]首先提出了全要素能源效率的概念，并通过数据包络分析(DEA)与随机前沿分析(SFA)这两种不同的计量途径对其进行实证研究，尤其是在径向效率模型的框架下进行了深入探讨。袁晓玲等学者（2009）^[38]运用 DEA 方法，利用 1995 年至 2006 年中国 28 个省份的面板数据，针对包含了非期望产出——环境污染在内的全要素能源效率进行了计算与评估。王兵等人（2011）^[39]则是基于方向性距离函数(DEA)技术，对我国各省级行政区划的全要素能源效率进行了精密测定。李玉婷和刘祥艳（2016）^[40]采用了 SFA 技术量化了区域工业全要素能源效率，并与传统的单要素能源效率进行了对比研究，结果显示两者之间存在显著差异。刘争和黄浩（2019）^[41]基于中国 2000-2016 年内地 20 个省市，采用 SFA 模型对全要素能源效率进行测度。

（3）全要素能源效率的影响因素

能源效率的影响因子一直以来都是国际与国内能源研究界广泛关注的重点课题之一。在现有的丰富研究成果中，已识别出若干主导能源效率变动的关键因素，这些因素主要包括但不限于经济体的社会经济发展状态、技术水平的提升、能源结构的优化、城市化进程的步伐、对外交流开放的程度、政府政策干预的力度以及市场化的完善水平等多元维度。Zhang 等学者（2020）^[9]采用时空加权回归分析方法，专门针对能源效率受到多种因素作用的情况进行了深入探究，研究发现经济水平的提升对东部区域有阻碍效果，而中西部有促进作用，通过时间纵向观察可知，东部区域经济发展水平对能源效率的影响随时间推移

逐渐变为正相关。Liu 等人（2020）基于对中国 2006 年至 2016 年长达十年的面板数据，探讨了影响我国能源效率的各种重要因素，结果显示经济发展程度、技术创新进展以及城镇化进程与能源效率之间存在着明显的正向关联；与此相反，过度依赖煤炭和石油的能源消费结构，则对能源效率带来了显著的负面影响。江洪等学者（2020）^[42]依托 Tobit 模型对能源效率进行探究，选取十五年的时间空间样本，发现经济发展水平和技术进步能够有效推动全要素能源效率提升，而以煤炭为主的能源消费结构和较高的城镇化水平会产生阻碍作用，并且地区的对外开放程度尽管影响不甚显著，但同样表现出一定的抑制作用。陈菁泉等学者（2022）^[43]运用空间误差面板 Tobit 模型对中国省级层面的能源效率进行了探索，结果显示第二产业与第三产业的扩张对能源效率产生了负面效应。罗朝阳等人（2019）^[44]重点关注产业结构审计对能源效率的影响，他们发现，由技术进步驱动的结构升级能够显著提升能源效率。

1.3.3 金融科技对能源效率的影响

关于金融科技对能源效率影响的现有文献较少，SaintPaul（1992）认为企业需要提高设备更新来提升能源使用效率的时候，发达的金融系统可以为其提供足够的资金支持，降低其转型失败的风险。Kumbhakar&Mavrotas（2005）^[10]和 Hua&Liang（2010）的研究成果揭示了金融技术的革新是推动能源效率提升和企业实现绿色制造转型的关键要素之一。Sadorsky（2011）^[11]的观点进一步证实了这一点，他指出金融技术创新对于能源企业的潜能发掘至关重要，能够促进能源企业的产能扩张，从而有效地增强能源使用效率。孙志红和陈玉路（2017）^[45]通过建立空间杜宾模型对该主题进行了实证检验，旨在探讨金融科技对能源效率的直接影响及间接效应。其研究结果显示，金融科技的演进确实对能源效率有着直接的提振作用，能够有力地推动能源利用效率的提高。陈静（2021）采取数据包络法对能源效率进行衡量，再通过 Tobit 回归模型验证金融科技对我国能源效率的影响，结果认为是起到正向的作用。

1.3.4 文献述评

综上所述，尽管国内外学者在金融科技和能源效率领域的研究成果颇为丰

富，但关于金融科技对全要素能源效率影响的研究仍显不足。回顾现有文献，可以发现金融科技领域的研究已相当广泛，主要聚焦于其对产业结构、传统金融和农业等领域的影响。同时，有关金融科技对实体经济影响的研究文献颇为丰富，但是在理论上及实证层面对金融科技作用于能源产业具体机制进行全面、系统性分析的文献尚有限。在探讨全要素能源效率的影响因素时，多数研究侧重于能源结构、城镇化水平、政府干预等角度。此外，金融、科技、外商投资等因素也被广泛用于分析全要素能源效率。然而，关于金融科技与全要素能源效率之间的内在逻辑关联及其具体影响传导机制的研究尚不够透彻。因此，本文在汲取既有文献研究成果的基础上，选择了从金融科技如何影响全要素能源效率的独特视角切入，剖析金融科技对全要素能源效率产生的影响及其背后的运行机制。通过这一研究，丰富金融科技和全要素能源效率及其二者关系的现有研究体系，为相关领域的发展提供新的理论支撑和实践指导。

1.4 研究内容与方法

1.4.1 研究内容

本文遵循文献研究-理论研究-现状分析-数据分析-回归分析-政策建议的行文逻辑，具体可以分以下五个方面的内容。

第一部分为绪论。对研究背景与意义进行阐述，通过对国内外相关文献的广泛搜索与深入研读，系统整理并归纳评述了已有研究成果，为后续的深入探讨奠定坚实基础。详细介绍论文的主要内容，包括研究的具体问题、所采用的研究方法以及研究过程等。最后对本文的创新之处进行阐述，且客观分析研究的不足之处。

第二部分在理论研究维度上探析金融科技如何发挥其潜力以推动全要素能源效率的提升。对金融科技和全要素能源效率这两个核心概念进行全面解读和界定，整理相关理论，详细阐述金融科技与全要素能源效率间的内在作用原理及其传导机制。

第三部分集中探讨我国当前金融科技与能源发展的实际情况，立足实际论证金融科技与全要素能源效率整合的可行性。通过相关统计数据详述了我国金融科技技术和政策情况与能源生产及其结构的现况，并进一步整理金融科技与

我国能源业态相互融合的已有实例，分析金融科技提升全要素能源效率的潜能。

第四部分主要围绕我国金融科技对全要素能源效率的影响展开实证分析。利用数据包络分析（DEA）方法，构建全面的全要素能源效率评价体系，用以衡量各地区能源效率的实际水平。同时运用文本挖掘技术和主成分分析方法构建我国各省级区域的金融科技发展指数，以体现各地金融科技发展的总体状况。最终采用 Tobit 模型进行回归分析，选取金融规模与金融结构作为中介变量，剖析金融科技对全要素能源效率的具体作用机制。

第五部分提出相应的促进金融科技影响全要素能源效率的发展建议。在前文的理论论述与实证检验的基础上，有针对性地提出一系列切实可行的建议，以提升全要素能源效率。

1.4.2 研究方法

（1）文献研究法

学界在金融、科技与能源等相关领域开展了广泛而深入的研究，为金融科技与全要素能源效率的研究构筑了扎实的理论基石。本文主要整合了三个方面文献内容：一是回顾了金融与科技融合的研究文献，从中提炼出金融科技的核心观念；二是梳理了全要素能源效率的内涵、度量标准及其影响因素的既有文献；三是汇总关于金融科技对全要素能源效率影响的研究内容。

（2）实证分析法

本文运用数据包络分析（DEA）模型，对我国各省份的全要素能源效率数值进行测算，利用文本挖掘法和主成分分析对我国金融科技的发展程度进行评估。基于上述准备工作，运用 Tobit 模型对我国 2011 年至 2021 年期间 29 个省级行政区划中金融科技对全要素能源效率的影响及其具体传导机制进行了系统性研究。研究所使用的样本数据均来源于各省（市）的统计年鉴以及百度搜索数据。

1.4.3 技术路线图

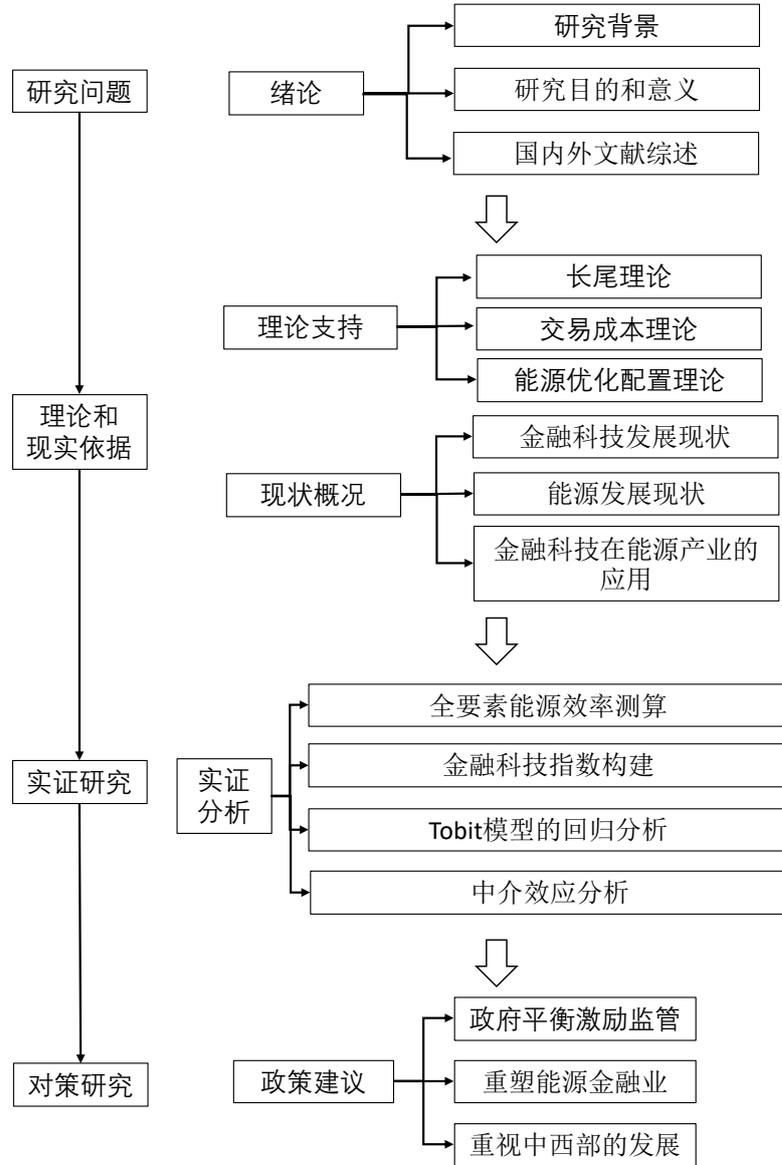


图 1-1 技术路线图

1.5 创新与不足

1.5.1 本文创新点

(1) 从理论分析，在当前的文献中众多学者主要聚焦于金融科技对金融行业的影响进行深入探讨，同时也有部分学者关注到金融科技对农业发展的推动作用。尽管金融科技与能源产业相互作用的现象已引发全球学者的广泛关注，

但目前尚缺乏对两者间关系的系统性且有深度的探讨。因此，本文通过实证分析揭示我国金融科技的发展对全要素能源效率提升的实际影响，不仅有利于填补当前研究领域的理论空缺，还能为金融科技与其他产业间的协同融合发展提供有力的理论指导。

(2) 从视角来看，当前关于金融科技对各产业影响的研究大多集中在传统金融领域和农业领域，而对于金融科技对能源产业的具体影响，相关文献相对匮乏，尚待深入探究。在现有的研究成果中搜索发现，一些文献中以金融或科技对能源效率的影响做出了研究成果，也就是将金融与科技作为两个独立的主体进行研究，但学者们较少从整体视角系统性研究金融科技对全要素能源效率的具体影响。故而本文探索金融科技对全要素能源效率的影响及其作用路径，拓宽了金融科技对能源相关领域影响的研究视角。

1.5.2 本文不足之处

文章基于大量的文献研究，选择使用当前学术界使用较多的文本挖掘法进行金融科技指数的构建，通过百度搜索指数量化指标，得到相应的金融科技数值。采用百度搜索指数作为衡量金融科技发展程度的方法具有一定合理性，因为它能够直观展现广大互联网用户对金融科技关注度的变化，从而侧面反映金融科技的发展水平。但是，完全依赖百度搜索指数评估金融科技的发展程度存在局限，因为这种方法更多反映了公众兴趣与关注度，却未能充分考虑学者、各类市场参与者乃至政府部门等多元化主体对金融科技的关注与研究贡献。这些主体在金融科技的发展过程中也发挥着举足轻重的作用，他们的观点和行动同样对金融科技的发展程度产生深远影响。因此，使用主体覆盖面不够全面的问题可能会让本文构建出来的金融科技指数比实际数值偏低。

2 界定概念和理论基础

2.1 相关概念界定

2.1.1 金融科技

金融科技的界定离不开对其生成逻辑的理解，它是金融与科技两个体系持续交汇融合的结果。无论在国内还是国际学术界，主要有两种不同的定义金融科技的角度。

一种观点认为金融科技是金融创新的核心体现，其根本内核仍是金融活动。金融稳定委员会认为金融科技是通过新兴技术的推动进而出现的金融创新现象，不仅深刻改变了传统金融市场架构、金融机构运作和服务方式，还催生出前所未有的金融产品流通路径、服务模型及各类新型应用。此观点已在全球范围内获得相当程度的认同，如新加坡金管局采纳的金融科技定义集中于运用科技方案构建的金融服务与产品；而德意志银行在关注金融部门全面数字化进程中，视金融科技为利用尖端科技改造金融业务实践的整体集合；毕马威会计师事务所同样聚焦信息技术在金融服务行业的深度应用，赋予金融科技类似的定义。另一种观点着重于金融科技的科技创新本质，将其定位为一类技术工具集合，涵盖了人工智能、区块链、大数据分析等技术，并将金融科技看作此类技术在金融领域的统称。国际证监会认为金融科技或成为对金融领域革新的一种新兴技术。美国国家经济委员会同样认为金融科技作为技术力量能够对金融活动和服务产生重要影响。英国金融行为监管局则明确定义金融科技为一种技术驱动手段，能帮助相关的金融领域主体去中介化和实现业务优化。

本文参考李春涛（2020）^[32]的观点，将金融科技理解为依托技术实现的金融革新活动，通过积极推动已成熟和正在研发阶段的现代信息技术，以改变金融市场结构及金融服务交付方式，进而对传统产业升级产生影响。据此，本文更倾向于将金融科技归入金融创新的范畴进行界定。

2.1.2 全要素能源效率

能源效率自提出以来，其内涵持续深化，经历了不断的演进与拓展。在早期文献中，它主要被划分为物理效率和经济效率两大类。然而，自 2006 年起，随着 Hu 和 Wang 两位研究者首度引入全要素能源效率的概念，学术界开始对能源效率进行更精细的区分，即将其区分为单要素与全要素两种类型。单要素能源效率主要关注生产过程中能源本身的使用情况，忽略其他生产要素的影响。相较于单要素能源效率，全要素能源效率则全面纳入了其他生产要素的影响。在当今追求碳排放达峰和高质量发展的大环境下，全要素能源效率更准确地反映了能源的最佳利用状态，能够更好的满足对能源效率高标准评价的需求。

因此，本文基于上述分析，从经济效率的范畴，对多种要素投入和产出的全要素能源效率进行研究。

2.2 相关理论概述

2.2.1 长尾理论

二八定律强调的是少数人或主流产品的主导作用，然而，长尾理论却提出，那 80%的非主流产品或群体同样拥有不可忽视的重要价值。在金融市场实务操作中，传统金融机构出于对收益和风险的权衡，普遍偏好将资金优先配置给少量具备较高资产价值的客户群体，而忽视规模小的资金需求群体。随着金融科技的出现，这一局面得到转变。金融科技运用尖端技术手段，能够精确锁定并服务长尾群体，为其提供资金帮助，提升管理水平并促进技术升级。同时，金融科技提供的在线化、网络化服务模式消除了地域和时间障碍，使得长尾客户得以享受更便利、高效且低成本金融服务体验。

2.2.2 交易成本理论

交易成本理论，又名交易费用理论，最初由英国经济学家罗纳德于 1937 年的学术论文中提出。该理论认为基于产权明确的背景下，交易成本余额接近于零，越有利于市场的资源实现最佳的配置。金融科技的发展便符合该理论的基本理念。在降低信息成本的同时，借助大数据、人工智能和云计算等技术手段，提升了数据挖掘与分析效能，成功拓宽了客户服务边界。除此之外，金融科技

还能通过识别和判读客户风险与市场风险，减少监管层面的成本支出。

2.2.3 能源优化配置理论

能源优化配置的核心诉求在于寻求能源消耗与经济持久发展之间的平衡统一。柴建等(2016)^[46]认为我国的能源优化配置过程表现为逐步从煤炭主导过渡至多元化的格局。张一清(2017)^[47]指出能源优化配置的核心在于应对能源需求挑战，通过对现行能源使用结构的深入剖析，探寻提高能源效率的对策。总体而言，能源优化配置理论旨在通过在不同经济部门之间以及能源消费结构内部实施合理配置，以解决能源效率提升问题，并达成能源效率的实际增进。金融科技能够引导社会资本流向那些能源利用效率更高的经济部门及致力于研发高效能源利用技术的项目，同时可以利用金融科技实现能源行业资金的高效融通，针对性实施相应的资金管理，为能源行业的发展保驾护航。

2.3 金融科技影响全要素能源效率的内在机理

根据前面的理论基础研究可知，金融科技可以帮助金融行业汇聚更多用户，降低其服务的门槛，同时减少信息的不对称成本，进而对能源行业提供更好的资金支持，实现能源效率的提升。因此，可以从金融科技影响金融发展，金融发展影响全要素能源效率的角度验证其传导路径。当前对金融发展的度量，主要围绕金融规模、金融结构和金融风险等方面展开，本文也将从这三个角度出发对影响机制进行理论验证。

2.3.1 金融规模的支持作用

金融科技通过线上和数字化的服务体系，让更多的长尾用户能够随时随地进行金融交易，扩大了金融服务覆盖范围，延伸了金融服务边界，拓宽投融资渠道，为资本交易市场带来更多投资者，增加资本的流动性，促进金融整体规模的扩大^[45]。一方面是银行信贷规模的扩大，金融科技的发展让传统金融机构如银行，能够利用大数据和互联网扩展业务范围，挖掘潜在客户，大大节约人力成本和时间成本，由此扩大信贷规模。另一方面金融科技发展带来了更多的金融市场主体，一些新兴的投融资主体拥有更快速的审批流程和更低的信贷门槛，可以迅速吸引一些中小企业进行投融资活动，扩大了资本市场规模。金融

规模也可以从资金规模和机构规模的角度来分析，金融科技的发展吸收了更多的闲散资金，从而使得金融市场的整体资金规模扩大，同时金融科技公司的出现，也让金融市场上的金融机构更加多元和多样。而金融规模的整体扩大能够从两方面推动能源效率提升。一是资金规模的扩大有助于让能源企业拥有稳定资金来源。市场上的整体资金量增多可以让能源企业更容易获得所需要的资金，满足传统能源产业扩大产能、研发新技术、新建项目等重大投资需求，帮助发展初期的绿色产业获得启动资金，帮助具有良好发展前景但回收期长的节能减排项目获得资金资助，从而促使技术进步实现能源效率的提升^[49]。二是市场主体的增多能够助推绿色金融与碳排放交易市场的发展。原先难以融资的一些新能源和清洁能源项目，可以通过市场上的多样化的融资渠道，吸引更多金融机构和投资者进入政策鼓励的能源发展领域，有效配置金融资源，为环境友好型企业的产业重组并购注入资金，激励更多高能耗企业采用高效节能技术和设备，降低能源消耗并减少碳排放，从而转向清洁能源和低碳生产方式，淘汰落后产能，间接提升能源效率^[50]。

2.3.2 金融结构的支持作用

金融科技的发展衍生出如互联网金融平台、金融科技公司以及一些特殊金融服务提供商等非银行金融机构和融资机构，这些机构的在金融市场的出现，形成了出去中心化的新的金融发展态势，打破了原有的传统银行业在支付领域的垄断，加速金融“脱媒”，扩大了直接融资市场在整体金融市场的占比，压缩了间接融资在金融市场的原有份额，促使金融结构进一步得到优化调整^[51]。而这样的优化调整能够让资产量级不同、承担风险能力有差异的金融市场主体为不同发展阶段和不同发展需求的能源企业提供资金支持，有针对性地服务他们在提升能源效率过程中面临的问题。比如直接融资市场中各类新兴投融资机构的产生，能够改善间接金融市场资源错配的问题，弥补贷款资金审核慢要求高的缺陷，帮助能源企业降低进入金融市场的门槛，同时通过信息发布等渠道倒逼高能耗企业进行技术升级，实现能源的高效利用。而直接融资市场的不断发展也将促使间接融资机构提高对金融科技的利用的重视度，间接金融机构可以借助金融科技如大数据分析和人工智能等技术，提高信贷审批效率，改善支付

结算系统并精准控制风险，为能源领域的发展提供更多安全有效的金融产品与服务，与直接融资市场形成良性竞争关系。随着银行信贷与资本市场占有比例的不断调整与优化，让直接融资市场与间接融资市场的各类资源形成互为补充的局面，改善融资环境，进而帮助能源产业在市场上能更快更高效地得到资金支持，促使产业结构优化升级和能源效率提升^[50]。

2.3.3 金融风险的抑制作用

金融科技在促进金融行业进步的同时，也不可避免地伴随着一定风险。企业使用大数据、云计算和区块链技术来预估数据，可能会出现错误估计的现象，增加成本的同时加剧内生风险。这些内生风险如果蔓延至与之有链接关系的企业，就会导致风险外溢，形成系统性风险^[52]，对能源行业以及更广泛的经济社会层面造成潜在的负面影响。金融风险传导速度快，大部分情况下无法及时对其采取有效措施，对于使用这些技术进行投融资活动和资金管理的能源企业来说，则会直接加剧正常生产运行过程中的资金风险，阻碍传统能源企业进行转型升级或是让新能源企业面临财务危机，从而抑制能源效率的整体提升。而一些金融机构引发的破产危机常常伴随着大范围的经济危机，可能会导致能源行业的资金链断裂，造成产业上下游均无法正常生产运作的情况。同时影响市场对于能源市场的整体预期，使得能源产品的消费需求也下降，这也就是我们所说的风险的外溢，进而让能源行业陷入经营困境，能源效率的提升由此受到抑制。

通过上述分析，可以得知，金融科技不仅能够直接影响全要素能源效率的提升，还能通过金融规模扩张以及金融结构的调整这两个重要的中间变量，对全要素能源效率产生积极的推动效果，同时金融科技带来的金融风险加剧也可能对全要素能源效率产生消极的负面影响。具体传导路径如图 2-1 所示。

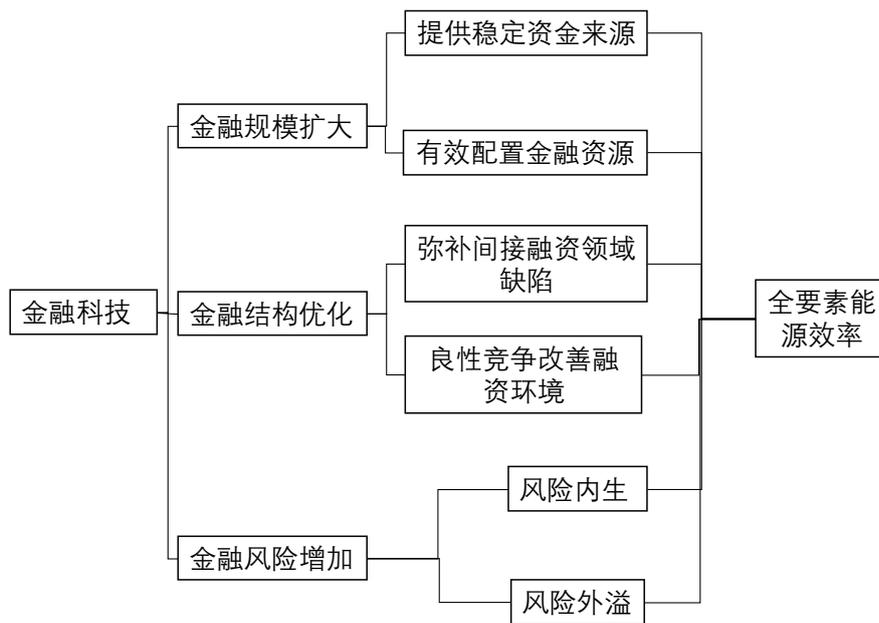


图 2-1 金融科技对全要素能源效率的影响机理

3 我国金融科技及能源发展现状

本章主要通过金融科技与能源发展的现状分析，为研究提供更为坚实的现实依据，揭示金融科技对全要素能源效率的实际影响及其作用机制。

3.1 金融科技发展现状

从技术演进的角度来说，我国科技领域的迅速发展为金融科技的兴起提供了良好的基础条件，国内部分金融科技类企业凭借卓越的技术发展能力，在国际上也处于领先地位。从监管角度来说，政策的支持与约束能够支持和引导金融科技行业实现有秩序且稳健的成长。

3.1.1 金融科技技术的发展

信息技术蓬勃进步，带动了一系列新兴技术涌现，并与金融业的发展密切交织，孕育出许多前所未有的商业模式与经营战略。科技对金融业的赋能进程可被清晰划分为若干发展阶段。起初，IT 技术初步涉足金融行业，其应用主要局限于简单的信息化系统建设，这一变革使得金融业务从人工操作逐步迈向电子化和自动化的新阶段。随着移动设备的广泛普及和互联网平台的强势崛起，金融与科技进入了深度融合的第二阶段。在此阶段，大规模用户数据的整合与信息传输渠道的无缝对接，促成了网上银行、互联网信贷、线上理财等一系列创新商业模式的诞生，这些新型模式对传统金融体系带来了深刻的变革冲击。然而，虽然科技与金融在这一时期有了更多的交集，真正的深度融合仍然尚未实现。直至大数据等先进技术的兴起与应用推广，金融科技新时代才正式开启，互联网金融随之步入第三个发展周期。在该周期内能够深度客户信息分析、精准风险管控，扩宽融资渠道降低市场门槛，智能化的金融产品与服务不断衍生，为金融行业提供了新的发展动力。

在此背景下，我国金融企业不断加大研发投入，并转化科技成果于具体应用中，以应对新一轮的深化变革。近 5 年，全球金融科技领域专利申请数量迅猛增长，在超过 50 个国家申请的 19 万专利中，中国以最高专利申请量位居榜首，紧随其后的是美国和日本，专利申请数量分别为大约 10.69 万件、3.71 万件

和 0.78 万件左右。如图 3- 1 所示。

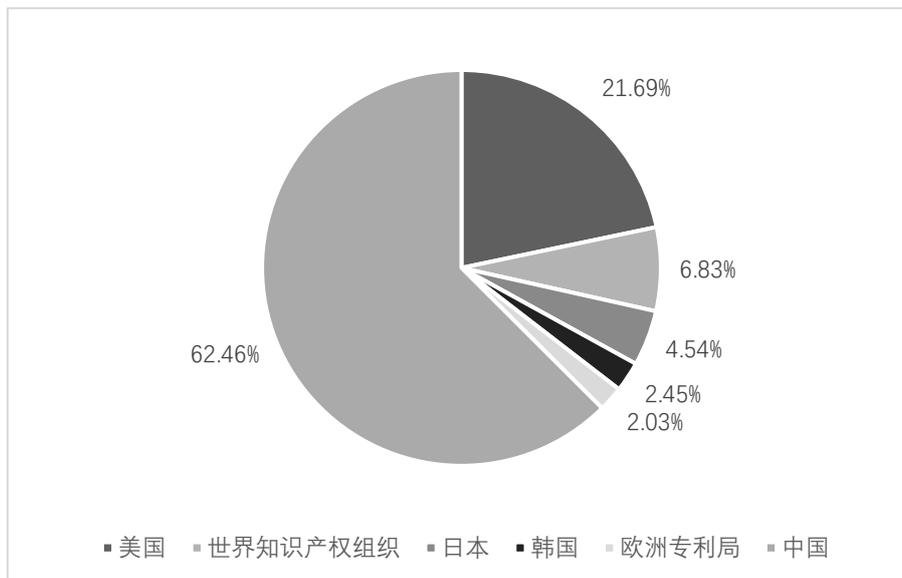


图 3- 1 2022 年全球金融科技企业发明专利数量情况

在全球金融科技技术创新领域中，中国企业的表现极为活跃：在专利申请量居前十的企业名单中，七家为中国企业，其余三家则来自美国。如图 3- 2 所示依次为：平安集团、蚂蚁集团、中国银行、腾讯科技、资本一号、阿里巴巴、工商银行、建设银行、万事达卡和 VISA。进一步对申请量排名前十的企业进行专利综合指数分析显示：平安集团与蚂蚁集团位列第一梯队，资本一号与 VISA 位列第二梯队，中国银行、腾讯科技、工商银行、万事达卡、阿里巴巴和建设银行位列第三梯队。

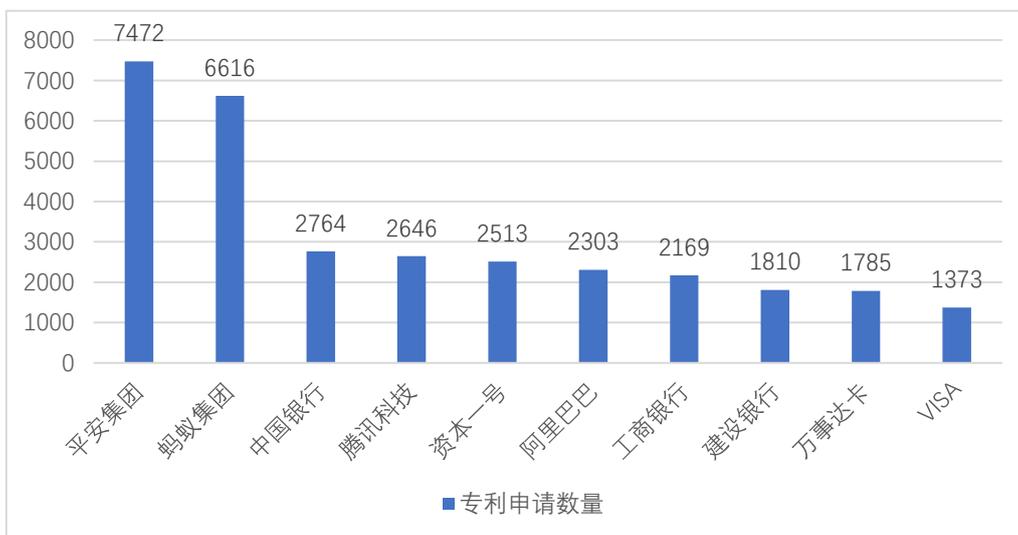


图 3- 2 2022 年中国各企业专利申请数量

3.1.2 金融科技政策的演变

随着金融科技的快速发展，也暴露出了金融杠杆的根本问题，并滋生了诸多不规范行为，严重损害了投资者权益并威胁到金融市场的稳定性。为了确保市场稳定，政府出台了一系列政策，目的在于引导并规范互联网金融与金融科技健康发展，有效防止金融市场风险。中国人民银行于 2017 年成立了金融科技委员会，以“穿透式”监管密切关注金融发展动态和潜在风险因子。2019 年，央行发布了《金融科技发展规划》，构建相应的金融科技监督管理法律法规体系，从战略高度指明金融科技未来发展方向。到了 2022 年，《金融标准化“十四五”发展规划》进一步健全了金融风险防控标准体系，强化金融监管力度，提出了适应新时期需求的金融科技发展指导意见，明确了金融数字化转型的总体设想、发展目标、核心任务及实施保障措施，标志着我国在金融科技领域治理和规范化建设上迈出了坚实步伐。表 3-1 为我国历年的部分金融科技相关政策。

表 3-1 金融科技部分政策法规

颁布时间	政策演变过程
1993 年	《国务院关于金融体制改革的决定》明确指出要加快金融电子化建设
2016 年	《“十三五”国家科技创新规划》将金融科技产业确定为政策引导领域
2017 年	人民银行成立金融科技相关委员会，以促使金融科技领域的技术正确使用
2019 年	《金融科技（FinTech）发展规划（2019-2021 年）》是我国首份对金融科技规范发展提出要求的顶层文件
2022 年	《金融标准化“十四五”发展规划》完善金融科技风险防控标准，加强金融监管

资料来源：国务院官网

同时，我国部分城市的金融监管部门正积极行动，出台并实施一系列政策规划，以推动金融科技产业的健康发展。以北京为例，政府积极推动金融科技产业园区建设，为金融科技企业和初创项目提供强有力的培育与发展支持。广州着力于金融机构与金融科技的紧密结合，通过优化空间布局和提升设施配套，营造利于金融科技企业快速成长的良好环境。深圳与成都两地则在政策中强调对金融科技人才的吸引与激励机制，以期构建一流的金融科技人才集聚区。

3.1.3 金融科技在各区域的发展情况

金融科技企业的分布地点和数量能够一定程度上反映金融科技的发展。本

文参照中国社会科学院金融研究所金融科技指数课题组于 2022 年发布的《中国金融科技“燃”指数报告》作为衡量我国金融科技发展水平的基准指标。该报告构建了一套包含要素基础、智力支持、资源环境和企业实力四大一级指标在内的综合评价体系，以企业研发，高校科研，政策资源，网络资源，金融资源，企业数量，企业质量构建金融科技燃指数指标体系，得到城市金融科技发展指数，如表 3-2 所示。

表 3-2 2021 年中国城市金融科技指数

区域	城市	指数	区域	城市	指数	
京津冀	北京	9.958	西北	兰州	4.168	
	石家庄	4.992		乌鲁木齐	4.155	
	天津	6.877		西安	7.186	
	唐山	3.324		西宁	2.776	
长三角	常州	5.651		山东半岛	银川	3.532
	杭州	8.557			济南	6.930
	合肥	6.824	青岛	6.728		
	嘉兴	4.732	黄淮	潍坊	4.067	
	金华	4.753		烟台	4.485	
	南京	8.033		临沂	3.652	
	南通	4.874		洛阳	4.567	
	宁波	6.243		徐州	4.693	
	上海	9.563		郑州	6.633	
	绍兴	4.653	海峡西岸	福州	6.273	
	苏州	7.589		泉州	4.715	
	台州	3.957		厦门	6.306	
	泰州	3.448		温州	5.040	
	无锡	6.149		漳州	3.320	
	粤港澳	盐城	4.028	东北	大连	5.069
		扬州	4.350		哈尔滨	5.838
		东莞	6.052		沈阳	5.473
佛山		5.612	长春		4.608	
广州		8.291	西南	贵阳	5.052	
深圳	9.199	昆明		5.171		
成渝	成都	7.704		拉萨	2.457	
	重庆	6.697	北部湾	海口	4.395	
长江中下游	南昌	5.143		华北	南宁	4.810
	武汉	7.662	呼和浩特		3.695	
	襄阳	3.337	太原	4.637		
	长沙	6.770				

资料来源：《中国金融科技“燃”指数报告》

从上表数据可得，粤港澳大湾区、成渝地区和京津冀地区位居前三位。2021 年，粤港澳大湾区以平均分 7.289 的成绩拔得头筹，随后是成渝地区和京

京津冀地区，平均得分分别为 7.201 和 6.288。长三角、长江中游、山东半岛、东北地区 and 海峡西岸则分别位列第四至第八名，其综合指数分布在 5.0 至 6.0 区间内。余下的黄淮、北部湾、西北地区、西南地区（不含成渝）、华北地区（不含京津冀）则排名第九至第十三位。

从城市排名看，前十大城市依次为北京、上海、深圳、杭州、广州、南京、成都、武汉、苏州和西安。北京、上海和深圳的总指数稳居前三甲，数值分别为 9.958、9.563 和 9.199，均超过 9.0。杭州、广州和南京紧随其后，总指数分别为 8.557、8.291 和 8.033，处在 8.0 至 9.0 之间。

从区域发展结构上看，京津冀地区以北京为核心引领，而粤港澳大湾区和成渝地区则表现出齐头并进的态势。2021 年北京以 9.958 的高分遥遥领先，但石家庄和唐山的得分仅为 4.992 和 3.324，拉低了京津冀区域的平均水平，显示出内部城市间金融科技发展存在较大差距。而粤港澳大湾区内，深圳以 9.199 的得分位列区域首位，区域内其它城市的良好表现助力粤港澳大湾区整体排名第一；成渝地区仅包含成都和重庆两城，其得分分别为 7.704 和 6.697，区域内发展相对均衡，使成渝地区在整体区域排名中位列靠前。

3.2 能源发展现状

3.2.1 能源生产概况

近年来，我国在能源发展方面实现了重大进展，图 3-3 描绘了我国 2012 年至 2021 年间能源生产总量及其增速的变化趋势（数据源自历年统计年鉴）。从总量上看，我国能源生产保持了总体向上的态势，仅在 2015 年与 2016 年出现短期下降。尤其是在 2016 年触底后，自 2017 年开始至 2021 年，我国能源生产总量逐年恢复并加快增长步伐，至 2021 年攀至近十年峰值，达到 43.3 亿吨。通过能源生产增速曲线可知，2012 年至 2021 年呈现先降后升的 U 型轨迹。2016 年增速滑落至 -4.5%，为近十年最低记录；此后，能源生产增速自 2016 年起逐步反弹回升，至 2021 年增速跃升至 6.2%，创下近十年内的增速新高。

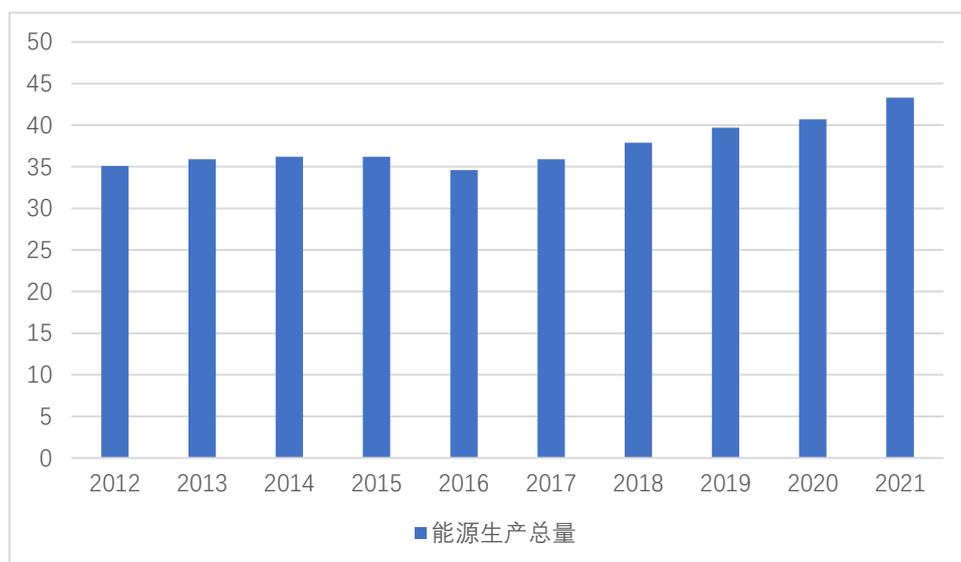


图 3-3 近十年我国的能源生产总量

3.2.2 能源结构现状

近年来我国的能源生产结构不断进行动态演变，体现了能源发展体系的深刻转型。煤炭这一典型传统能源，在 2012 至 2021 年间的产量表现为逐年递减的态势；与此同时，以水电、核电及风电为代表的清洁可再生能源生产则呈现上升走势，其份额逐年积累增加。从图 3-4（根据统计年鉴整理）所展示的数据，可知能源生产结构的变化轨迹。原煤生产在我国能源生产总量中的占比从 2012 年的 76.2% 下降至 2021 年的 67%，表明煤炭产业的地位正在逐渐削弱。原油比例也随着时间推移不断下降，反之天然气的生产量逐年增加。水电、核电与风电等清洁能源的生产量在近年来实现了快速增长。从 2012 年的 11.2% 升至 2021 年的 20.3%，这一比例的提升不仅表明了清洁能源在能源生产结构中的重要性日益凸显，也反映出我国在推动能源转型方面的积极努力。然而，图中仍然显示出能源发展过程中的一些问题，如原煤的生产比例虽然在呈现下降的态势，但依旧是生产的主要消耗能源，这在一定程度上制约了能源结构的进一步优化。同时，天然气、水电、核电和风电等清洁能源总体占能源生产结构的比例仍然较低，且增长速度相对较慢。

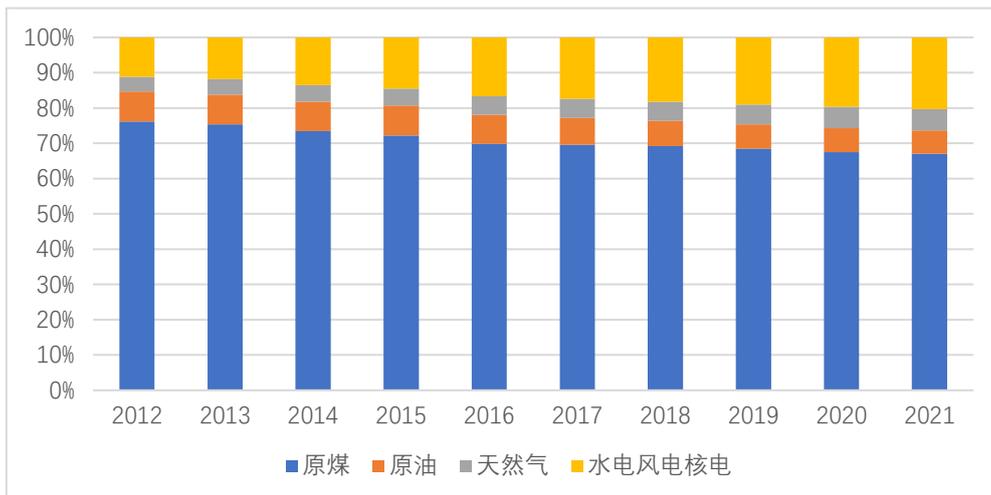


图 3-4 2012-2021 年我国能源生产结构占比情况

从我国能源消费结构的发展态势来看，近年来呈现出逐步优化的趋势。如图 3-5 所示，前几年能耗高污染高的煤炭资源在能源消费中占据主导地位，随着时间的推移，其消费比例逐渐下降，尤其是在 2018 年，煤炭消费比例首次跌破 60%的关口，显示出我国能源消费结构正在发生积极变化。与此同时，我国对石油的消费在这十年间呈现出相对稳定的态势，石油消费比例大致维持在 18% 左右。这表明尽管石油仍然是重要的能源来源，但其消费比例并未出现大幅波动，显示出我国在能源消费方面的稳定性和可持续性。近年来，天然气、风能、水能及核能等清洁能源的消费占比逐年递增，自 2012 年占比 9.7% 提升至 2021 年的 16.6%，这一增幅不仅印证了我国清洁能源产业的迅速壮大，更突显了我国在推动能源消费结构转型上所展现出的实际行动。

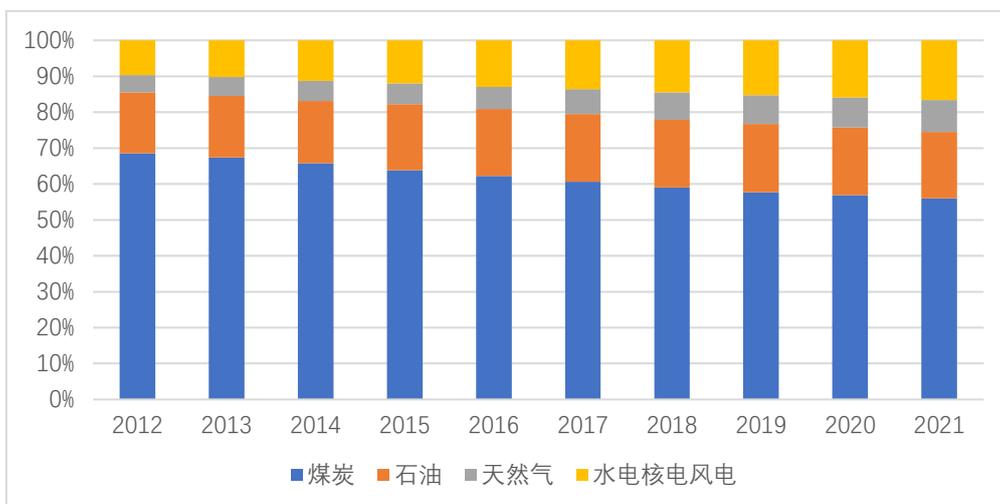


图 3-5 2012-2021 年我国能源消费结构

3.3 金融科技在能源产业的应用

近年来，互联网经济繁荣催生了众多新兴产业和新型业态，展现出强大的生机活力。疫情的冲击更是加速了产业的数字化进程，为能源产业的转型升级提供了新动力，可见金融科技与能源产业的深度融合成为了大势所趋。金融科技以其技术优势和创新能力，为能源产业的绿色化转型提供有力支持，推动产业可持续发展。

中国一直以来十分注重金融资源在能源领域的运用，不仅是全球最大的能源市场，也是最大的能源贷款国。特别是 2020 年以来，“一带一路”国家投资金额和项目数量上，能源行业一直稳居首位。全球能源行业的融资贷款主要来源均为政策性银行，由于 2021 年以后数据未公布，本文仅分析 2012 至 2020 年的数据，具体贷款情况如图 3-6 所示，全球能源贷款量整体呈现波浪型波动，在 2016 年达到峰值，数额为 448 亿美元，较上一年增长近 3.5 倍。经历峰值后全球能源贷款额持续走低，2020 年贷款收紧为 15 亿美元，仅有中国进出口银行贷出的 5 个项目贷款，较 2019 年贷款额下降了 69.39%。



图 3-6 2011-2020 年中国政策性银行对全球能源贷款金额

目前我国已有部分能源企业利用金融科技提升资金使用效率，如正泰电器（新能源领域）在 2017 年和浙商银行合作，推出光伏贷产品并将票据整体放入涌金票据池，促使电力设施的安装并以此获得发电收益。天能集团（电池制造

业)借助浙商银行的应收款链平台,采取了签发区块链应收账款的形式,实现了收入与支付的无缝对接,从而显著降低了财务管理成本。

我国各金融机构也在使用金融科技手段不断探索与能源产业的合作,如平安银行发布了《“金融科技”助推能源行业转型发展白皮书(2021)》,探讨了油气、化工、电力、煤炭、清洁能源及绿色环保等领域的发展趋势、痛点与机会,展示了一批针对客户需求、采用金融科技为其提供解决方案,尤其是区块链技术的平安好链、物联网平台、财资管理平台等应用场景,已开始能源企业中得到广泛应用,切实助推能源行业转型发展。国网数科控股公司(以下简称国网数科)今年以来依托国家电网公司数字化产业链金融服务平台“电e金服”,在电费交纳、产业链、乡村振兴等场景进行运用。公司以金融科技平台服务,有力支撑相关的能源产业转型升级。特别是国网数科推行的电e证比流动资金贷款利率低1%-2%,先后帮助中石油等大型能源企业完成业务办理,累计交费规模超30亿元,占电e证业务整体交费规模的11%。

4 我国金融科技对全要素能源效率影响的实证研究

本章首先采用数据包络分析(DEA)模型以估算我国各省份的全要素能源效率水平,再利用文本挖掘技术构建金融科技发展指数,以量化衡量我国金融科技发展的程度。基于上述基础,通过 Tobit 回归分析法探究金融科技对全要素能源效率的具体影响,研究金融规模与金融结构在影响过程中扮演的中介角色。通过中介因素的作用机制,理清金融科技影响全要素能源效率的路径与方式,从而为相关政策的制定提供更为科学的依据。

4.1 全要素能源效率的测算

以第二章中对比的多种能源效率度量方法为基础,本文认为 DEA 模型来估算我国各省级行政区划的全要素能源效率最为合适。

4.1.1 DEA 方法的简介

DEA 又称数据包络分析,运用数学规划模型来分析决策单元(DMU)各项产出和投入的比例,并通过与理想最优单元相比较来确定相对效率,尤其适合于处理涉及多个输入输出变量的情形。其优点在于客观性强,无需设定特定关系或参数估计。CCR-DEA 和 BBC-DEA 是常用的衍生模型,广泛应用于各行业,为决策提供支持。

(1) CCR-DEA 模型

DEA 模型在对同类组织进行评价或者分析的时候能够更加有效反映真实情况。该模型的核心思想在于追求以最小的投入实现最大的产出,体现了效率优化的核心理念。设想存在 n 个决策实体,各自具备相同数目的 m 种输入资源和 s 种产出指标。这里的输入资源可以视为各种生产要素,如资金、人力、物资等;而输出成果则代表了这些资源经过决策单元的处理后所产出的价值或效益。通过数学表达式的形式,可以展现每个决策单元在 m 种输入和 s 种输出上的表现,便于进行横向和纵向的比较分析。其表达式为:

$$\begin{aligned} x_j &= (x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \dots, x_{mj})^T, j = 1, 2, 3, \dots, n, \\ y_j &= (y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, \dots, y_{sj})^T, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (4-1)$$

在上述表达式中,用 x_j 表示投入量,用 y_j 代表产出量。

CCR-DEA 模型设定产出投入比不大于 1 作为限制条件，通过对输入和输出变量间关系的量化解析，实现对决策单元效率的精准评估。具体表达为：

$$\max h_{j_0} = \frac{uy_{j_0}}{vx_{j_0}} \quad (4-2)$$

$$st. \begin{cases} h_j = \frac{uy_j}{vx_j} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \\ u, v \geq 0 \end{cases} \quad (4-3)$$

在上述表达式中：系数 $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$ 表示输入变量的权重，而 $u = (u_1, u_2, \dots, u_s)(u_1, u_2, \dots, u_s)^T$ 为输出的权重； u 和 v 分别为投入指标和产出指标的权重，若 $h_j \leq 1$ 时，效率值 h_{j_0} 最大。

令 $t = \frac{1}{v'x_0}$, $\omega = tv$, $\mu = tu$, 对上述原始表达式的变量进行替换，转化为：

$$\max h_{j_0} = uy_{j_0} \quad (4-4)$$

$$st. = \begin{cases} \omega x_0 = 1 \\ \mu y_j - \omega x_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \omega, \mu \geq 0 \end{cases} \quad (4-5)$$

该模型为乘数形式 CCR-DEA 模型，运用对偶理论可转化表达为：

$$\theta^* = \min \theta \quad (4-6)$$

$$st. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_{i_0}, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{rj} \geq Y_{j_0}, r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4-7)$$

其中 X_{ij} 表示 j 的第 i 项输入， X_{rj} 表示 j 的第 r 项输出。目前 DEA 模型因其能全面评估综合效率且分析规模效率而成为广泛应用的效率评估工具之一。综合效率通过参数用 θ 来进行衡量，而规模效率通过参数 λ_j 衡量。

(2) BBC-DEA 模型

与 CCR-DEA 模型不同，BBC-DEA 模型增加了可以衡量决策单元的纯技术效率的条件，具体表达公式为：

$$\theta^* = \min \theta \quad (4-8)$$

$$\text{st.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_{i0}, i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{rj} \geq Y_{j0}, r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4-9)$$

通过 BBC-DEA 模型进行纯技术效率的衡量时，其结果会与 CCR-DEA 模型有偏差，一般会呈现偏大的结果。由于本文没有对纯技术效率进行探讨，因此采用 CCR-DEA 模型更合适。

4.1.2 测算方法与指标

根据前人对全要素能源效率的相关研究^[43]，提炼出了一系列具体的投入与产出指标，以期能够更准确地反映能源效率。具体指标如表 4-1 所示：

表 4-1 全要素能源效率测度的指标

	一级指标	二级指标	三级指标
投入变量	能源投入	能源消费总量	
	非能源投入	劳动力投入 资本投入	各省年末从业人员数量 永续盘存法换算
产出变量	经济产出	国内生产总值	以 2011 年为基期的实际 GDP

如上表所示，全要素能源效率的投入一般选择能源投入和非能源投入两种衡量方式。能源投入主要指的是各省份在某一时期内的能源消耗总量，它直接反映了能源利用的情况和规模。而非能源投入选取劳动力和资本两方面。劳动力投入作为生产活动中的重要因素，其指标通常选用各省份年末的从业人员数量。在资本投入的计算上，由于涉及较多复杂因素，本文选取“永续盘存法”来计算国有能源工业与城镇能源工业两种所有形式的固定投资总额。此法通过考虑资本折旧和更新等因素，能够更为精确地反映出资本投入的实际价值及其影响。具体参照张军（2003）^[55]等学者提出的公式：

$$K_{it} = I_{it} + (1 - \delta_{it})K_{i,t-1} \quad (4-10)$$

K_{it}, I_{it} 表示各省份在第 t 年的资本存量及投资总额， δ_{it} 代表固定资产折旧率，用 9.6% 进行计算，用基期投资额与 10% 的比值衡量基期的资本存量，选用以

2011 年为基期的各地 GDP 值作为产出指标。

4.1.3 结果分析

考虑数据完整性问题，研究范围排除了新疆、西藏及港澳台地区，通过筛选和整合，最终形成了包含我国 29 个省级行政区域的样本集，全面涵盖了各省份的投入产出数据。数据均能通过各地统计年鉴查得。利用软件 DEAP 进行计算，得到表 4-2 我国各省份能源效率值。

表 4-2 省际全要素能源效率值

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
北京	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
天津	0.696	0.642	0.620	0.533	0.517	0.544	0.458	0.473	0.481	0.534
河北	0.329	0.253	0.222	0.210	0.207	0.213	0.193	0.213	0.217	0.235
山西	0.258	0.195	0.148	0.118	0.104	0.155	0.157	0.173	0.201	0.299
内蒙古	0.380	0.351	0.350	0.358	0.354	0.354	0.300	0.320	0.332	0.434
辽宁	0.319	0.282	0.252	0.221	0.192	0.203	0.209	0.284	0.412	0.434
吉林	0.581	0.476	0.454	0.446	0.438	0.355	0.294	0.358	0.387	0.309
黑龙江	0.455	0.361	0.289	0.172	0.145	0.137	0.129	0.142	0.139	0.157
上海	0.644	0.736	0.927	0.958	1	1	1	1	1	1
江苏	0.676	0.616	0.657	0.946	0.626	0.675	0.635	0.655	0.626	0.629
浙江	0.595	0.580	0.539	0.509	0.502	0.525	0.510	0.537	0.481	0.481
安徽	0.662	0.572	0.569	0.502	0.515	0.532	0.649	1	0.578	0.540
福建	0.733	0.662	0.653	0.647	0.665	0.657	0.693	0.730	0.687	0.645
江西	0.675	0.635	0.610	0.547	0.545	0.524	0.548	0.482	0.519	0.519
山东	0.547	0.503	0.505	0.455	0.416	0.421	0.378	0.281	0.280	0.310
河南	0.424	0.397	0.406	0.392	0.416	0.447	0.420	0.439	0.440	0.401
湖北	0.670	0.573	0.567	0.577	0.561	0.548	0.541	0.573	0.455	0.465
湖南	0.673	0.598	0.577	0.572	0.549	0.549	0.493	0.450	0.496	0.471
广东	0.828	0.821	0.872	0.834	0.775	0.486	0.665	0.652	0.611	0.580
广西	0.523	0.499	0.495	0.465	0.459	0.364	0.365	0.291	0.312	0.294
海南	0.721	0.625	0.645	0.555	0.541	0.523	0.504	0.441	0.479	0.482
重庆	0.598	0.560	0.767	0.660	0.680	0.640	0.553	0.586	0.709	0.662
四川	0.637	0.530	0.502	0.444	0.446	0.463	0.451	0.446	0.469	0.433
贵州	0.850	0.746	0.724	0.653	0.530	0.472	0.414	0.400	0.412	0.367
云南	0.702	0.631	0.567	0.484	0.410	0.380	0.353	0.427	0.433	0.404
陕西	0.694	0.587	0.562	0.441	0.392	0.423	0.427	0.403	0.372	0.376
甘肃	0.500	0.438	0.406	0.274	0.233	0.225	0.212	0.214	0.220	0.206
青海	0.367	0.452	0.411	0.371	0.352	0.248	0.253	0.243	0.259	0.279
宁夏	0.359	0.394	0.354	0.333	0.337	0.334	0.272	0.252	0.285	0.317

经过上述计算可知，从 2012 年至 2021 年这十年间，我国 29 个省份的平均

全要素能源效率值为 0.494958，当前的能源利用效率水平显示出较大提升空间。具体到各地区，可以发现北京、上海、广东、福建及江苏等地的全要素能源效率数值名列前茅，均超过了 0.67，相对出色。宁夏、青海、山西、甘肃和河北的全要素能源效率值相对较低，均低于 0.3，揭示了这些地区在能源利用效率上存在的显著短板，亟需改进能源与非能源投入的利用效率。

依据国家统计局的区域划分标准，我国被划分为东部、中部、西部和东北四大区域。从各区域的全要素能源效率数值来看，东部地区以 0.63 的数值领先，中部地区次之，全要素能源效率值为 0.56；而西部和东北地区则相对较低，分别为 0.38 和 0.36。数据显示，我国各地区间全要素能源效率存在显著差异，表现为东部 > 中部 > 西部和东北的梯级分布特点。

从时间维度来观察，我国 2012 年至 2021 年的平均全要素能源效率值呈现出一定的波动趋势。这十年的全要素能源效率值中 2015 年前的全要素能源效率值均高于 0.5，2015 年及之后则均低于 0.6，表示我国各省级行政区在各项投入上对社会经济的拉动力量不足，尤其在 2015 年后，各项社会资源的配置效率明显下滑，浪费资源导致了能源效率的整体低下。

4.2 金融科技指数构建

4.2.1 文本挖掘法的简介

金融科技的理论体系尚在不断完善，其概念边界亦仍在演变，因此难以通过单一或有限的指标全面衡量其发展程度。本文第二章虽然列举了一些金融科技指数的衡量方法，但那些方法随着技术的发展都有一定的局限性。无论是基于单一指标的衡量，还是采用结构化数据构建的金融科技指数，都难以全面反映金融与科技协同发展的复杂性。而以网络搜索热度构建金融科技指数的做法在克服上述局限性之余，也展现出广阔的应用潜力。不可否认的是该方法同样面临一些挑战。例如，在抓取金融科技相关新闻时，如何有效剔除非相关数据，精准提取实质性信息显得尤为重要。随着金融科技的内涵与应用场景不断演进，与其相关的关键词也随之频繁变动，这对指数构建工作提出了持续更新与适应的要求，这使得基于关键词筛选构造指数的方法在后续研究中可能面临不断完善的问题。

尽管存在挑战，但从网络搜索热度构建金融科技指数的方法相比于单纯依赖某一指标或结构化数据指标，仍展现出明显的优势。因此本文以网络热门搜索词汇的数量来构建金融科技指数，这种方法不仅能够有效利用非结构化信息，如网络热度和新闻报道，还能更准确地反映金融科技的发展程度、影响力度及持续时间。

4.2.2 指标选取与构建步骤

本文参照沈悦^[56]的构建方法，通过以下三步衡量金融科技。

首先构建词汇集合。鉴于金融科技与互联网金融均植根于金融与科技的深度交织，并均致力于通过技术创新优化金融服务，因此，在构建金融科技词汇库时，也应当考虑互联网金融的发展。这一词汇库应兼顾金融科技与互联网金融共有的金融属性与功能，并着重彰显金融科技在技术创新层面上的独特性，以便将其与传统互联网金融模式有效区分。如表 4-3 所示。其中的前三类关键词主要反映了金融科技的金融功能，而第四类则聚焦于金融科技最具创新性和潜力的新兴技术和基础设施，同时金融科技企业的发展与数量也是衡量金融科技发展程度的重要指标之一，因此也纳入指标体系。

表 4-3 金融科技词库

维度	词汇						
金融功能	支付结算	NFC 支付	第三方支付	在线支付	移动支付	电子支付	
	投资管理	网络投资	互联网金融	虚拟货币	商业智能		
	存贷款与资本筹集	P2P	网络借贷	众筹	网贷		
底层技术	市场设施	大数据	云计算	物联网	区块链	机器学习	人工智能
市场主体	金融科技企业	润和科技	京东数科	中电金信	恒生电子	神州信息	

其次，为了将原始词汇集合中的非结构化信息转化为可量化分析的结构化数据，本研究采用搜索引擎计算金融科技关键词的出现频率。在挑选搜索引擎时，重点关注三大核心考量因素。一是网站的用户规模，一个拥有庞大用户群体的搜索引擎能够形成庞大的信息数据集，这是确保数据全面性和代表性的基础。二是搜索引擎对金融科技信息的覆盖广度，它应当能够全面收录媒体和用户的声言，以反映金融科技领域的多元动态。三是搜索引擎的专业性能，要确

保其能够精确捕捉用户的搜索行为及媒体报道，这对于保证数据准确可靠至关重要。基于上述三个因素的综合考量，并参照张斌彬（2020）^[57]等学者的研究实践，本研究选取百度搜索引擎作为数据来源，以 2012 年至 2021 年间中国各省级行政区域内的关键词搜索频率作为研究基础。

最后，运用主成分分析法进行降维赋值，得到金融科技指数，通过 KMO 检验可得结果如表 4-4 所示，各变量的 KMO 值高达 0.897，表明本文所选的变量之间存在高度的相关性，通过 SPSS 24 软件进行主成分分析来提取主成分因子，并确保这些主成分的累积贡献率超过 90%，得到金融科技得分。

表 4-4 KMO 和巴特利特检验结果

KMO 取样適切性量数		0.897
巴特利特球形度检验	近似卡方	13624.906
	自由度	276
	显著性	0.000

4.2.3 结果分析

经过上述数据处理后，为更直观地观察金融科技指数在区域和时间上的特征，利用 Stata 17 软件对金融科技得分进行了归一化的标准处理。这一处理过程确保了各省的金融科技值落在 0 到 1 的区间内，使得数据更具可比性和可读性。处理后具体数值如表 4-5 所示。

表 4-5 我国 2012-2021 年省际金融科技指数

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
北京	1	1	0.948	0.936	0.844	0.826	0.817	0.730	0.854	0.863
天津	0.386	0.410	0.376	0.274	0.246	0.209	0.203	0.196	0.215	0.258
河北	0.454	0.456	0.446	0.421	0.403	0.399	0.393	0.379	0.427	0.436
山西	0.310	0.320	0.296	0.268	0.270	0.249	0.233	0.233	0.265	0.254
内蒙古	0.157	0.193	0.193	0.167	0.158	0.159	0.149	0.144	0.160	0.149
辽宁	0.406	0.408	0.362	0.362	0.339	0.318	0.314	0.319	0.346	0.391
吉林	0.212	0.230	0.211	0.210	0.224	0.198	0.165	0.169	0.185	0.200
黑龙江	0.268	0.262	0.247	0.243	0.249	0.214	0.192	0.206	0.229	0.208
上海	0.679	0.698	0.662	0.641	0.624	0.589	0.596	0.564	0.542	0.699
江苏	0.684	0.755	0.752	0.748	0.681	0.666	0.670	0.677	0.662	0.746
浙江	0.728	0.764	0.722	0.709	0.689	0.660	0.666	0.672	0.637	0.750
安徽	0.368	0.401	0.394	0.372	0.326	0.335	0.334	0.364	0.434	0.474
福建	0.490	0.539	0.496	0.461	0.443	0.404	0.390	0.389	0.408	0.440
江西	0.249	0.315	0.333	0.316	0.269	0.263	0.267	0.281	0.293	0.304
山东	0.572	0.645	0.622	0.577	0.549	0.553	0.544	0.537	0.570	0.655
河南	0.498	0.538	0.511	0.501	0.491	0.483	0.480	0.468	0.473	0.511
湖北	0.456	0.505	0.466	0.473	0.449	0.432	0.419	0.430	0.421	0.463
湖南	0.394	0.409	0.401	0.390	0.348	0.353	0.344	0.353	0.359	0.410
广东	0.842	0.992	1	1	1	1	1	1	1	1
广西	0.249	0.302	0.291	0.309	0.260	0.265	0.244	0.250	0.283	0.246
海南	0.120	0.099	0.112	0.108	0.098	0.084	0.079	0.096	0.097	0.101
重庆	0.289	0.270	0.270	0.278	0.273	0.273	0.287	0.284	0.312	0.311
四川	0.493	0.512	0.498	0.495	0.599	0.504	0.480	0.506	0.533	0.550
贵州	0.143	0.163	0.161	0.174	0.187	0.197	0.160	0.175	0.176	0.190
云南	0.202	0.225	0.213	0.232	0.221	0.214	0.216	0.266	0.245	0.274
陕西	0.395	0.420	0.383	0.339	0.361	0.323	0.310	0.327	0.328	0.377
甘肃	0.116	0.139	0.140	0.129	0.123	0.118	0.117	0.128	0.144	0.128
青海	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宁夏	0.362	0.039	0.049	0.032	0.032	0.034	0.027	0.042	0.048	0.050

据各省份在 2012 至 2021 年间的金融科技数据，可以观察到显著的发展水平差异。在这十年间，广东省的金融科技发展水平居于全国领先地位，其得分高达 0.9926，展现了强大的金融科技实力。相对而言，青海省的金融科技发展水平则显得较为滞后，得分为 0，表明该省在金融科技领域仍有较大的发展空间。

为了更清晰地呈现各地区发展差异，本研究依据计算所得的金融科技指数值进行了分级。将指数区间划分为四档：0 至 0.2、0.2 至 0.4、0.4 至 0.6 以及 0.6 至 1，对应弱至强的四个金融科技发展级别，如下表 4-6 所示。同时甘肃、贵州、海南、内蒙古、宁夏和青海等省份在金融科技发展方面相对较弱，归属于

较低级别。相反，北京、广东、江苏、浙江和上海等地在 2012 至 2021 年间的金融科技发展水平表现出色，属于较高级别。

表 4-6 我国各省份金融科技指数分类

区间	省份						
0-0.2	甘肃	贵州	海南	内蒙古	宁夏	青海	
0.2-0.4	辽宁	重庆	广西	云南	黑龙江	湖南	吉林
	江西	山西	陕西	天津	安徽		
0.4-0.6	福建	河南	湖北	河北	四川	山东	
0.6-1	北京	广东	浙江	江苏	上海		

4.3 基于 Tobit 模型的实证分析

4.3.1 Tobit 模型介绍

Tobit 模型始创于 1958 年，旨在研究家庭耐用品开支与其收入间的内在联系机制。其中作为响应变量的耐用品支出必须是非负数。若响应变量值为负，则相关观测数据会被特别处理为零值记录。此种对响应变量非负性的限定，实质上是对常规线性模型假设的一种突破。如果在此情况下，如果仍然采用普通最小二乘法估计，可能就会导致结果出现偏差，无法准确反映实际情况。Tobit 的基本模型如下：

$$y_i^+ = \max\{x_i^T \beta_0 + \varepsilon_{i,c}\}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4-11)$$

式中的 y_i 是响应变量， x_i 是协同变量， β_0 是回归系数， $\{\varepsilon_i\}$ 是随机误差项。 y_i^+ 为响应变量的观测值，该观测值不完全等于响应变量的真实数值，这种差异是模型估计中需要考虑的重要因素。因此，由于其对非负响应变量的特殊处理方式，Tobit 模型有时又被称作左截断回归模型。

假设随机误差项是服从正态分布的，且满足独立同分布的条件，那么就可以推导出 Tobit 模型的似然函数，这一似然函数是模型参数估计的基础，可以得

到模型参数的估计值，Tobit 模型的似然函数可以表示为：

$$L = \prod_0 (1 - \Phi(\frac{x_i^T \beta}{\sigma})) \prod_1 \sigma^{-1} \phi(\frac{y_i - x_i^T \beta}{\sigma}) \quad (4-12)$$

其中， Φ 和 ϕ 分别表示标准正态分布函数及其对应的密度函数，该表达式实际上是集合 $\{i: y \leq 0\}$ 和 $\{i: y > 0\}$ 乘积的量化表示。最大似然估计可用于估计参数 β_0 。在这之后，众多学者对 Tobit 模型深入探索，该模型逐渐在经济学的相关研究领域广泛运用起来。

本文的被解释变量是局限于 0 到 1 之间的双端受限数值，具有明显的截断数据特性。因此，经典的最小二乘法（OLS）估计不适合做相关分析。Tobit 模型能够顾及全要素能源效率数据的截断特点，故采用该模型构建如下所示的具体分析框架：

$$Y_{i,t}^* = \alpha + \beta Fintech_{i,t} + \sum_{j=1}^k \gamma x_{i,t}^j + \mu_i + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} | x \sim N(0, \sigma^2) \quad (4-13)$$

$$Y_{i,t} = Y_{i,t}^*, \text{ if } Y_{i,t}^* \in (0, 1]$$

$$Y_{i,t} = 0, \text{ if } Y_{i,t}^* \in (-\infty, 0)$$

$$Y_{i,t} = 1, \text{ if } Y_{i,t}^* \in (1, +\infty)$$

上式中的 $Y_{i,t}$ 表示第 t 年各省份全要素能源效率， $Y_{i,t}^*$ 则对应全要素能源效率的因变量。 $Fintech_{i,t}$ 为金融科技指数， $x_{i,t}^j$ 表示第 j 种控制变量。

4.3.2 控制变量选取

本文结合赵艳敏^[58]和韩旺红^[59]等人的研究，选取了经济发展水平、科技创新能力、外商投资水平、城镇化水平以及环境规制这五个关键控制变量，这些数据的来源均为各省份的统计年鉴。

(1) 经济发展水平：在经济发达程度高的区域，地方政府通常拥有充足的资金可用于绿色基础设施和环保项目的投资，这些投资在推动绿色经济发展的同时，对提升能源使用效率也起到了积极作用。不过，一方面较高的经济发展水平可能是高能耗高污染投入带来的经济效益，另一方面随着地区经济水平的提高，居民消费层次同步上涨，也将增大包括能源在内的各类资源的需求，从而对能源利用效率的提升构成了潜在难题。本文采用当地实际 GDP 的自然对数

来表示经济发展水平。

(2) 科技创新能力：伴随科技创新能力的不断提升，更高性能的科技产品及清洁能源技术有望取得突破，进而有效推动能源利用效率的提高。这意味着，在保持相同能源投入的前提下，地区能够创造出更多的经济产值，进而实现全要素能源效率的提升优化。本文采纳研发人员占比，即研发人员数量与地区总就业人数之比作为衡量创新能力的关键指标。

(3) 外商直接投资：外商的投资可以反映当地对外的依存水平，对于全要素能源效率的影响也应该从两个方面研究。一方面外商投资的直接增加可以帮助当地借鉴更多的先进技术，促使能源产业转型升级，实现绿色可持续发展；另一方面，外来资本的流入可能导致部分高能耗、高污染产业的转移，这对本地全要素能源效率的提升可能产生消极影响。本文以外商直接投资金额占当地GDP的比例作为衡量这一现象的指标。

(4) 城镇化水平：城镇化进程对全要素能源效率的影响体现在多个层面，包括城市发展带来能源发展机遇和改变居民能源需求结构等。正面看来，城镇化进程中形成的产业集聚、燃料品质升级以及人才汇集等优势因素，为提高地区能源效率提供了积极条件。而另一方面，过快追求城镇化发展速度，容易让城市建设过程中忽视质量，衍生出交通拥堵、环境污染等问题，对能源效率产生了负面作用。本文采用各省份年末城镇人口数占当年年末总人口数的比重作为城镇化率的衡量指标。

(5) 环境规制：地区的环境规制对于清洁能源的使用有进一步的促进作用，通过当地保护环境和处理污水垃圾的力度，倒逼部分高能耗能源产业进行能源效率的提升以及产业结构的转型升级。环境规制指标越好，说明除了经济增长，当地对低碳经济的可持续性发展也十分重视。当然环境治理的持久性和严格的排污标准可能导致部分企业在面对减排责任时产生懈怠心理，甚至可能为了弥补前期高昂的环保投入成本而增加能源生产和消耗，再加上一些降污减排的行动不到位，反而产生抑制能源效率的作用。本文根据数据的可得性，选取工业污染治理完成投资额与工业的增加值比值来衡量环境规制。

综合上述分析，本文选取指标如表 4-7 所示。

表 4-7 指标选取及其计算方法

	指标	指标计算
被解释变量	全要素能源效率	DEA 方法（详见 4.1 节）
主要变量	金融科技发展	文本挖掘法（详见 4.2 节）
	经济发展水平	实际 GDP 的对数值
	科技创新能力	地区研发人员数量/就业人员数量
控制变量	外商投资水平	外商直接投资额/当地 GDP
	城镇化水平	城镇人口/总人口
	环境规制	工业污染治理完成投资额/工业增加值

4.3.3 平稳性检验

为了避免面板数据的不稳定性和潜在的伪回归问题，有必要对数据进行平稳性测试。当结果均拒绝单位根的存在时，可以判定面板数据是平稳的。在本研究中，采用 LLC 和 IPS 两种方法对关键变量进行单位根检验和平稳性检验。检验结果如表 4-8 所示。所有变量的 LLC 检验 p 值均小于 0.01，这意味着变量是平稳的。再通过 IPS 检验，结果显示所有选定的变量均通过了 IPS 平稳性检验。由此可知，所选数据可以进行后续的回归分析。

表 4-8 相关变量数据平稳性检验结果

变量	LLC 检验	IPS 检验	检验结果
全要素能源效率	-6.813 ^{***}	-2.755 ^{**}	平稳
金融科技发展	-18.882 ^{***}	-3.912 ^{***}	平稳
经济发展水平	-2.516 ^{***}	-22.018 ^{***}	平稳
科技创新能力	-0.002 ^{***}	-20.365 ^{***}	平稳
外商投资水平	-3.726 ^{***}	-20.416 ^{***}	平稳
城镇化水平	-7.369 ^{***}	-16.117 ^{***}	平稳
环境规制	-13.071 ^{***}	-5.193 ^{**}	平稳

（注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。）

4.3.4 描述性统计

本文选取 29 个省份 2012-2021 年的金融科技指数为主要自变量，以经济发展水平、科技创新能力、外商直接投资、城镇化水平和环境规制为控制变量，并且基于第二章的理论分析选取金融规模和金融结构为中介变量，描述性统计结果如下表 4-9 所示。本文样本量为 290 个，全要素能源效率和金融科技均为 0-1 之间的截断数据。经济发展水平采取当地年末 GDP 的对数值进行衡量，最小为 7.332，最大为 11.734，说明各省份的经济发展水平差距较大。科技创新能力最小值为 0，最大值为 0.127，说明整体创新能力都偏低。金融规模最小为

0.11, 最大为 6.897, 由此得知各地的金融发展水平参差不齐, 地域省份之间差距明显。同时为避免共线性问题, 本文采取 VIF 检验检查是否存在自变量高度相关的情况, 结果显示 VIF 值均小于 5, 表明自变量之间不存在高度共线性问题。

表 4-9 变量描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
全要素能源效率	290	0.495	0.209	0.104	0.480	1.000
金融科技	290	0.378	0.237	0.000	0.335	1.000
经济发展水平	290	9.888	0.870	7.332	9.982	11.734
科技创新能力	290	0.008	0.011	0.000	0.004	0.127
外商直接投资	290	0.026	0.011	0.000	0.018	0.146
城镇化水平	290	0.509	0.168	0.199	0.500	0.896
环境规制	290	0.006	0.016	0.000	0.002	1.028
金融规模	290	0.607	0.917	0.110	0.358	6.897
金融结构	290	0.151	0.133	0.005	0.110	1.028

4.3.5 实证结果分析

通过 Stata 17 对我国 2012 年至 2021 年间各省级行政区划的金融科技发展与全要素能源效率之间的关系进行了回归分析, 结果如表 4-10 所示。构建模型 1 探究金融科技与全要素能源效率之间的关联性:

$$EE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Fint_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-14)$$

模型 1 的基础上加入前文所列的五个控制变量, 模型 2 表达式如下:

$$EE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Fint_{it} + \alpha_2 IS_{it} + \alpha_3 UR_{it} + \alpha_4 ES_{it} + \alpha_5 ED_{it} + \alpha_6 TEC_{it} + \alpha_7 FU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-15)$$

据模型 1 的结果分析, 金融科技变量在 1% 的统计显著性水平下具有正值效应 (0.528), 这表明我国金融科技的发展对全要素能源效率具有积极的促进作用, 即每增加 1 单位的金融科技发展水平, 我国全要素能源效率将提高 0.528 单位。而在引入五个控制变量后的模型 2 中, 金融科技变量的系数为 0.26, 在 5% 的显著性水平上显示对全要素能源效率具有正面效应。文中所选的五个控制变量经过验证均有显著意义, 这意味着经济发展水平、科技创新能力、外商直接投资额度、城镇化进程以及环境规制等因素均对我国全要素能源效率产生影响。尤其是经济发展水平的系数为负值, 暗示经济发展速度过快或水平过高可能对全要素能源效率的提升形成制约。其余的四个控制变量为正, 说明科技创新水

平、外商直接投资、城镇化水平和环境规制都能对我国全要素能源效率的提升起到正向的影响。

表 4-10 金融科技发展对全要素能源效率影响的实证结果

	模型 1	模型 2
金融科技	0.528*** (11.49)	0.260** (2.28)
经济发展水平		-0.054** (-2.24)
科技创新水平		1.513** (2.39)
外商直接投资		0.984*** (2.70)
城镇化水平		0.270*** (5.14)
环境规制		0.019** (2.34)
常数值	0.299*** (14.78)	0.873*** (3.80)

(注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。)

4.4 异质性分析

为探索各地区的影响差异性，将省份划分为东部、中部和西部，通过回归分析得到表 4-11。结果发现，三大区域的金融科技对全要素能源效率的影响显著性和作用系数存在明显的差异，这表明区域异质性的存在。

表 4-11 三大区域金融科技发展对全要素能源效率的影响

	东部	中部	西部
金融科技	0.535*** (3.22)	-0.637** (-2.18)	-0.079 (-0.47)
经济发展水平	-0.082* (-1.95)	0.047 (0.81)	-0.163*** (-5.00)
科技创新水平	1.99 (0.59)	-5.94 (-0.83)	1.333* (1.76)
外商直接投资	1.698*** (2.82)	-0.740 (-0.50)	1.781* (1.90)
城镇化水平	0.341*** (3.36)	0.396*** (2.66)	0.142*** (5.14)
环境规制	0.010	-0.512***	1.269

续表 4-11 三大区域金融科技发展对全要素能源效率的影响

	东部	中部	西部
	(0.86)	(-6.03)	(0.76)
常数值	0.905** (2.44)	0.193 (0.33)	2.066*** (6.68)
N	130	60	100

(注: **、*、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。)

(1) 东部地区

通过上表数据分析得知, 东部地区的金融科技进步对全要素能源效率展现了显著的正面效应, 表现为当金融科技发展水平每增加一个单位时, 全要素能源效率相应提高了 0.535 个单位。相比之下, 全国范围内的金融科技发展系数为 0.260, 显然低于东部地区的数值 0.535。这一结果表明, 东部地区金融科技在提升全要素能源效率方面的作用显著强于全国平均水平。经济发展水平、外商直接投资和城镇化水平控制变量均通过显著性检验, 能够产生显著影响。科技创新水平和环境规制并未通过显著性检验, 表明在东部地区, 科技创新水平和环境规制并未对全要素能源效率的提升产生明显作用。外商直接投资和城镇化水平在东部地区对全要素能源效率的提升具有积极的影响。这意味着这些地区的外商直接投资和城镇化进程有助于将能源投入更有效地转化为经济效益。经济发展水平呈现负相关, 可能是由于当前的高速经济发展模式不利于能源的合理投入产出, 降低了能源利用效率。

(2) 中部地区

观察中部地区的影响结果发现金融科技发展的系数为负, 这揭示了金融科技发展在中部地区对全要素能源效率的提升产生了一定的阻碍作用。结合原始金融科技指数数据可知, 可能是中部地区各省份的金融科技发展尚处于较低水平, 而当地的能源利用效率已经处于较高水平。因此, 尽管金融科技在不断发展, 但其对全要素能源效率提升的积极影响尚未显著体现。同时发现经济发展水平、外商直接投资和科技创新能力在中部地区均未通过显著性检验。这表明在中部地区, 这三个因素对全要素能源效率的影响相对较弱, 不是当前阶段全要素能源效率提升的关键因素。城镇化的发展对全要素能源效率的提升起到了积极的推动作用。环境规制的过于严格反而抑制了全要素能源效率的提升。

(3) 西部地区

表中结果显示西部地区金融科技发展水平对全要素能源效率的影响力并不

显著，这揭示了在当前阶段，西部地区金融科技发展程度尚不足以对全要素能源效率的提升产生明显效果。对于控制变量而言，经济发展水平的发展会对全要素能源效率产生负面影响，说明西部地区的经济发展方式对于全要素能源效率的提升起到阻碍效果，外商直接投资和城镇化水平的发展均能起到正向促进作用，而环境规制在西部地区无法显著影响全要素能源效率。

4.5 稳健性检验

在计量经济学中，稳定性检验是确保研究结论可靠性的重要环节，它通常涵盖计量方法、计量数据以及计量区间等多个方面的检验。本文主要采用更换变量、剔除异常值和缩减样本三种方法来进行稳健性检验。

(1) 更换解释变量：基准回归利用文本挖掘法构建金融科技指数，选取的 24 个关键词尽管在一定程度上能够反映金融科技的部分领域，但显然无法全面覆盖其所有方面，更无法准确反映用户数据。这样的局限性可能导致研究结果存在偏差，甚至引发数据带来的虚假回归问题。因此本文更换金融科技指数为数字普惠金融指数，该指数由北京大学数字金融研究中心与蚂蚁金服研究院共同编制。更换解释变量后的 Tobit 回归结果如表 4-12 (1) 所示。研究结果显示，金融科技进步对我国全要素能源效率呈正面关联，金融科技发展每提升一个单位，全要素能源效率将相应提高 0.075 个单位，与原始回归分析保持一致。

(2) 剔除异常值：本文研究省份多，涉及到的一些变量难免存在极端值，为进一步排除极端值对研究的影响，对金融科技指数、全要素能源效率以及五个控制变量进行 1% 的缩尾缩尾后再进行 Tobit 回归，得到的结果如下表 4-12 (2) 所示。研究发现金融科技发展能够促进全要素能源效率的提升，每当金融科技指数提升 1，全要素能源效率提升 0.256，与原回归结果一致。

(3) 缩短样本区间：根据我国金融发展的实际情况，考虑到数字金融和金融科技等金融业的新兴发展业态是从 2013 年才开始迅猛发展的，业界也普遍认为 2013 年之后是中国金融发展的元年，因此本文将研究的开始时间定为 2013 年，即研究的样本时间区间缩短为 2013-2021 年，同样运用 Tobit 模型进行回归处理，得到结果如下表 4-12 (3) 所示，研究显示金融科技的发展对全要素能源效率具有正向有效的影响，金融科技发展每 1 个单位，全要素能源效率则提

升 0.395，与原基准回归模型得到的结论一致。

表 4-12 我国金融科技发展对全要素能源效率影响的稳健性检验

	(1)	(2)	(3)
金融科技	0.075** (2.31)	0.256** (2.19)	0.395*** (3.36)
经济发展水平	-0.002 (-0.06)	-0.058** (-2.37)	-0.036 (-1.39)
科技创新能力	1.531** (2.45)	1.73 (1.27)	-0.498 (-0.20)
外商直接投资	0.981*** (2.70)	1.192*** (2.98)	1.055*** (2.89)
城镇化水平	0.240*** (4.29)	0.279*** (5.28)	0.203*** (3.99)
环境规制	0.022*** (2.77)	0.020*** (2.42)	0.022*** (2.63)
常数值	0.464 (1.52)	0.911*** (3.91)	0.701*** (3.05)
N	290	290	290

(注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。)

4.6 中介效应分析

基于第二章所构建的理论框架，本节探索相关的影响路径。由于金融风险的复杂性和难以量化性，中介效应主要测度金融规模和金融结构的中介作用。本文参考王勋^[60]的方法衡量两个指标，参考江艇^[61]的研究，运用两步回归检验中介效应。金融结构与金融规模的计算方式详见表 4-13。

表 4-13 中介指标的衡量与计算

指标	指标计算
金融规模 (FSC)	直接与间接融资之和/GDP
金融结构 (FST)	资本市场规模/银行信贷规模

数据来源：各省统计年鉴和《中国期货与证券年鉴》

首先，通过前文的主回归模型，分析金融科技发展对全要素能源效率的回归结果，记为模型 2：

$$EE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Fint_{it} + \alpha_2 ED_{it} + \alpha_3 TEC_{it} + \alpha_4 FDI_{it} + \alpha_5 UR_{it} + \alpha_6 EN_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4-16)$$

其中， i 代表各省份， t 为时间。 EE 为全要素能源效率， $Fint$ 代表我国金融

科技发展； ED, TEC, FDI, UR, EN 为五个控制变量，分别代表我国经济发展水平、科技创新能力、外商直接投资、城镇化水平和环境规制。

然后，检验金融科技发展对我国金融规模扩张及金融结构调整是否具有显著的推动作用。将金融规模和金融结构作为被解释变量，而金融科技发展程度则作为解释变量进行分析，通过构建相应的计量模型来深入探究它们之间的潜在关系。设定模型 3、4 为：

$$FSC_{it} = \eta_0 + \eta_1 Fint_{it} + \eta_2 ED_{it} + \eta_3 TEC_{it} + \eta_4 FDI_{it} + \eta_5 UR_{it} + \eta_6 EN_{it} + \xi_{it} \quad (4-17)$$

$$FST_{it} = \beta_0 + \beta_1 Fint_{it} + \beta_2 ED_{it} + \beta_3 TEC_{it} + \beta_4 FDI_{it} + \beta_5 UR_{it} + \beta_6 EN_{it} + \omega_{it} \quad (4-18)$$

金融规模的检验结果如表 4-14 所示。

表 4-14 对金融规模的检验结果

	模型 2	模型 3
金融科技	0.260** (2.28)	0.492*** (2.75)
经济发展水平	-0.054** (-2.24)	0.141*** (3.16)
科技创新能力	1.513** (2.39)	0.134 (0.13)
外商直接投资	0.984*** (2.70)	1.476** (2.45)
城镇化水平	0.270*** (5.14)	-0.333*** (-3.79)
环境规制	0.019** (2.34)	0.011 (0.80)
常数值	0.873*** (3.80)	-0.928** (-2.24)
N	290	290

(注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。)

模型 3 显示金融科技对金融规模在 1%的水平上具有正向显著影响，证明金融科技对我国金融规模的扩大具有积极的促进作用。换句话说，金融科技的发展进步与银行信贷规模及资本市场规模的显著增长趋势之间存在紧密关联。随着金融科技不断发展，银行信贷规模和资本市场规模均呈现上升态势。表明金融科技的发展不仅推动了信贷市场的扩大，还促进了资本市场份额的增加，从而为我国金融体系的整体发展注入了强劲动力。

金融规模扩大对于全要素能源效率的提升在既有文献^[49]中已得到检验，其提升作用主要体现在两方面。一方面，金融总资产的扩大能够帮助能源产业缓

解融资约束的难题，对于一些发展初期的绿色产业能够更容易获得启动资金，而一些前景好但收益期长的能源项目也获得稳定的资金支持。同时资本市场的发展能帮助一些符合时代发展规律的绿色能源企业以股票、债券发行等方式，直接从市场上筹集发展资金，从而进行自身的节能减排改造。另一方面，金融机构的规模扩大可以让金融服务更加丰富多元，减少信息不对称。不同的金融机构由于自身的业务范围、服务对象、筹融资方式以及风险承担能力的不同，能够根据不同发展阶段及需求差异，为能源企业提供精准的资金服务支持，使得金融资源能够在资源配置、风险管理及信息流通等方面有力地促进能源企业的技术创新，进而实现全要素能源效率的提升。

金融结构检验结果如表 4-15 所示。

表 4-15 对金融结构的检验结果

	模型 2	模型 4
金融科技	0.260** (2.28)	0.303*** (4.88)
经济发展水平	-0.054** (-2.24)	0.033** (2.04)
科技创新能力	1.513** (2.39)	-0.096 (-0.24)
外商直接投资	0.984*** (2.70)	0.397* (1.72)
城镇化水平	0.270*** (5.14)	-0.093*** (-2.81)
环境规制	0.019** (2.34)	0.006 (1.18)
常数值	0.873*** (3.80)	-0.216 (-1.44)
N	290	290

(注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%上的显著水平。)

模型 6 的实证结果显示，在 1% 的显著性水平上，金融科技对金融结构的优化作用得到了确认，且其系数为正，这意味着金融科技对我国金融结构的改善具有显著的正面效应。随着金融科技发展水平的提升，直接融资在整体融资结构中的比例呈现出增长的趋势。这一趋势不仅反映了金融科技在推动金融结构多元化方面的成效，更揭示了金融科技如何促进股票市场资金以更高效的方式转化为投资，进而推动整个金融体系的健康发展。直接融资市场的比例扩大，间接融资比例的减小更能够激发金融市场活力。间接融资的过程中往往面临着

审核慢、资源配置不合理的问题，直接融资市场的高效和有效性刚好弥补了这一缺陷，促使金融资源更好地流向各实体领域，又能通过实体经济的发展反哺金融行业。

而根据查阅相关的文献^[50]可知，金融结构作为我国当前推动可持续发展的重要因素，对全要素能源效率的影响主要体现在两方面。一是优化金融结构能够增强技术创新能力，通过非金融机构和一些互联网借贷平台的发展，扩展技术溢出和扩散效应，推动智能技术在各领域的融合发展，从而促进能源产业结构的优化调整，最终有利于全要素能源效率的提高。二是金融结构对社会各领域的收入分配与资源配置具有显著影响。在收入水平较低阶段，社会消费主要集中于基本生活需求；而随着收入水平逐渐提高，消费重心会发生相应转变。这一变化将促使当前不符合绿色发展观的能源产业不得不调整其发展模式，通过提升能源效率，以顺应社会、经济与环境协调发展的需求。

4.7 本章小结

本章系统测算了我国各省份的全要素能源效率值和金融科技发展指数，探究了金融科技发展对全要素能源效率的影响，同时研究了金融规模和金融结构在影响过程中的中介作用。由此可以得出以下几点结论：

第一，从整体来看，我国全要素能源效率与金融科技发展的表现均不理想。在 2012 年至 2021 年的这段时期内，各省份的平均全要素能源效率仅为 0.495，这显示出我国能源利用效率的普遍低下。绝大多数省份的平均全要素能源效率均低于 0.5，意味着能源投入与非能源投入在推动社会经济发展方面的贡献度相对较低。金融科技发展方面的情况也不容乐观，仅有北京、上海、广东、福建和江苏五地的金融科技发展指数超过 0.6，显示出良好的金融科技发展态势，大多数地区的金融科技发展指数未能达到 0.6。尤其值得关注的是西部诸省，如甘肃、贵州、内蒙古、宁夏和青海，这些地区的金融科技指数甚至低于 0.2，表明我国金融科技整体发展水平仍存在较大的提升空间。

第二，我国金融科技的演进对全要素能源效率的增进起到了积极推动的作用。科技创新能力、外商直接投资、城镇化水平和环境规制等因素对我国全要素能源效率的提升产生了积极的影响，而经济发展水平对全要素能源效率的影

响却表现出消极的一面。这或许是因为在经济发展的过程中，能源消耗和环境污染等问题未能得到妥善解决，从而妨碍了全要素能源效率的提高。从区域差异视角出发，我国东部、中部和西部地区的金融科技对全要素能源效率的作用各有特色。具体来说，在东部和中部地区，东部地区体现为积极促进作用，而中部地区则表现出抑制效应。这可能是由于两地区在金融科技发展程度、技术创新、资金引入和城市发展模式等方面存在差异所致。相比之下，西部地区的金融科技发展对全要素能源效率的提升并未展现出显著的效果，表明该区域金融科技发展仍处于相对落后的状态，目前还未对全要素能源效率产生明显促进作用。

第三，金融科技能够通过促进金融规模扩张和优化金融结构的方式，对全要素能源效率产生正面的提升效应。金融科技对金融规模的扩大具有显著的正向激励作用，这种激励不仅促进了资金的增量，稳定资金供给，引领其投向绿色高效能源领域。同时，金融科技对金融结构也产生了积极的影响，通过优化金融市场的直接与间接融资结构，进一步提升了金融市场的运作效率。一方面，金融规模的扩大则为能源产业发展提供了更为雄厚的资金支持，有助于推动传统能源产业规模的扩大和结构的升级，降低绿色能源企业的融资门槛；另一方面，金融结构的优化有助于引导资金更加精准地流向具有创新潜力和高成长性的绿色能源产业，从而促进这些产业的技术进步。这两方面的红利共同作用于能源产业发展，进而有效促进了我国全要素能源效率的提升。

5 提高金融科技对全要素能源效率影响力的对策建议

基于前文的理论与实证研究，本章从发展方式、机构改革和区域协同三个方面提出政策与建议，促使金融科技对全要素能源效率的提升产生积极影响。

5.1 政府激励与监管并重引导金融资源投放

在前文的研究中可知，我国经济发展对于能源效率的提升起到了负向作用，但是这在经济理论中结论应该是恰恰相反的，说明我国的经济的发展还存在一些影响能源效率提升的地方。从金融领域来说，大部分金融机构仍然选择将大量金融资源投入国有企业或是龙头企业，以此来保障自身资金的安全和高收益，这可以看做是一种投资歧视，带来的结果就是一些能源效率较低的国有企业反而能够轻易获得资金支持，而新兴能源产业持续面临着融资难和资金不安全的问题，阻碍了能源效率的整体提升。在市场无法自主调节这种现象的时候，政府应该发挥激励与监管的重要作用。

政府首先应该做好政策解读和社会发展风气引领工作，倡导各高能耗高污染产业与地区走绿色发展道路，并激励金融行业对绿色能源产业提供资金帮助。其次，做好基础设施的不断完善工作，为金融机构深层次发展和改革提供有利条件，同时为金融科技企业与更多的金融机构发展与合作提供良好的政策发展条件，优化金融科技的发展环境，让能源相关的产品和服务不断得以创新和丰富，设计出更多适合中小能源和工业企业的产品服务，共同推动能源产业效率的提升。在监管方式层面，在金融与能源产业交汇融合的进程中，监管机构应当全面审视金融发展过程中所带来的风险，并为其在提高效率、驱动产业创新方面创造有利条件。另外，在金融投资的战略布局上，政府需确立明晰行业和技术规范，有力推动金融行业与能源产业的深度融合，积极借鉴国际上金融与节能减排成功融合的范例，及时跟进全球金融科技应用的前沿动态，并紧密结合具体国情，进行全面、细致的评估，以揭示金融各种资源在节能减排领域的具体应用前景及其发展潜力。

5.2 依托科技手段对能源金融业进行重塑

金融科技作为新兴的科技力量，其发展前景备受瞩目。在当前阶段，借助金融科技的力量对能源金融业进行深度变革，显得尤为迫切和必要。

综合理论分析与实证研究结果可知，金融科技能够对调整金融架构和扩大金融规模产生积极效应。能源行业与其他传统行业则可以通过金融科技带来的金融发展红利，为产业成长提供强大的驱动力，进而催化全要素能源效率的提高，借助金融规模和金融结构这两个关键的中介变量，推动传统能源金融行业在能源领域的革新，并指导金融资源在能源领域实现精细化配置。当然金融机构的作用是不可或缺的，应重视金融机构的发展并充分发挥其优势，以实现更加高效、可持续的能源利用。首先，传统金融机构需适时研发契合能源行业特性的金融产品，并针对能源行业的发展瓶颈创新提供金融服务，将绿色金融服务切实延伸到各个产业细分领域。这就要求金融机构积极运用新兴的金融科技工具，精准洞悉并回应产业需求，从而推动金融产品的快速创新迭代和精细化运营管理。其次，金融机构要运用现代信息技术如网络技术、移动互联网、大数据分析、物联网技术和区块链技术等，以提升授信决策分析的精准性、加强对贷款资金流动的监控力度以及强化贷后风险的有效管理与处置，防范金融风险，安全有效地支持能源领域进行降本增效。最后，也应该鼓励多层次多样化的金融机构产生与发展。为非银行金融机构和一些借贷机构的发展提供相应的条件，在监管体系下良性竞争，让种类丰富的金融机构体现助力不同发展阶段和不同发展需求的能源产业获得资金支持，实现良好的对接服务，助力能源产业结构优化和效率提升。

5.3 探索中西部能源产业与金融科技的深度融合

通过前文可知，中西部金融科技表现较差，对全要素能源效率产生负面或是没有影响，一定程度上反映了当前我国金融科技发展水平参差不齐，对全要素能源效率影响地区差异大的现象。要整体提升我国金融科技对全要素能源效率的影响，必须根据地区差异性制定合理的发展方案，补齐短板。

作为市场经济活动的重要参与者，金融科技企业掌握着当下市场中最先进的金融科技技术，充分利用与金融科技企业的合作关系是发展的最优策略。而

中西部地区的金融科技企业相对较少，吸引它们落户中西部地区是首要任务。这就需要政策的支持，鼓励金融科技类企业在中西部地区发展，给予相应的税收优惠或是资金支持，同时提供完善的基础设施，筹建金融科技研究中心帮助金融科技企业拥有良好的发展空间，促使金融科技研究成果的转化，积极开展金融科技与节能减排相结合的实践活动，积累宝贵经验和成果。金融科技企业落户之后，当地的能源企业与之的合作方式可采取两种，一是可以直接投资金融科技企业，充当其产业孵化器，以此来培育和共享金融科技企业的成长结果。二是推动业务发展合作，以某项业务的发展为合作契机，帮助能源产业自己建立金融科技部门，为其业务发展提供技术层面的指导。为了推动产业升级转型，能源产业可通过携手金融科技企业或自行构建金融科技部门来实现这一目标。当前我国正在积极推进产学研一体化进程，能源企业应当把握这一契机，强化与金融科技企业的战略合作，抑或按照自身的业务需求建立金融科技部门以驱动业务的纵深发展。

参考文献

- [1] Au Y A, Kauffman R J. The economics of mobile payments: Understanding stakeholder issues for an emerging financial technology application[J]. *Electronic commerce research and application*, 2008, 7(2): 141-164
- [2] Nguyen Q K. Blockchain-a financial technology for future sustainable development[C]. 2016 3rd International conference on green technology and sustainable development (GTSD). IEEE, 2016: 51-54
- [3] Schueffel P. Taming the beast: A scientific definition of fintech[J]. *Journal of Innovation Management*, 2016, 4(4): 2-54.
- [4] Leong K, Sung A. FinTech (Financial Technology): what is it and how to use technologies to create business value in fintech way?[J]. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 2018, 9(2): 74-78
- [5] Thakor V A. Fintech and banking: What do we know?[J]. *Journal of Financial Intermediation*, 2020, 41(C): 100833-100833.
- [6] Hadad M D. Financial Technology (Fintech) di Indonesia[J]. *Kuliah Umum tentang Fintech, Indonesia Banking School*, 2017: 1-17.
- [7] Patterson, M. G., What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues[J]. *Fuel and Energy Abstracts*, 1996, 37(4).
- [8] Hu, J. L. and S. C. Wang. Total-factor Energy Efficiency of Regions in China[J]. *Energy Policy*, 2006, 34: 3206-3217.
- [9] Wei Z, Jing C, Xuemeng L, et al. Heterogeneous industrial agglomeration, its coordinated development and total factor energy efficiency[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2022, 25(6): 5511-5537.
- [10] Kumbhakar C S, Tsionas G E. Estimation of stochastic frontier production functions with input-oriented technical efficiency[J]. *Journal of Econometrics*, 2005, 133(1): 71-96.
- [11] Sadorsky P. Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies[J]. *Energy Policy*, 2011, 39(2): 999-1006.
- [12] Kim J, Kim S, Lee H. An effect of technology innovation activity on firm value and

- a mediation effect of leverage:evidence from Korean firms[J].Asian Journal of Technology Innovation,2011,19(1):37-51.
- [13] Corsatea T D,Giaccaria S,Arantegui R L.The role of sources of finance on the development of wind technology[J].Renewable Energy,2014,66:140-149.
- [14] Abate G T,Rashid S,Borzaga C,et al.Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia:Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter?[J].World Development,2016,84:235-253.
- [15] Chishti S,Barberis J.The Fintech book:The financial technology handbook for investors,entrepreneurs and visionaries[M].John Wiley & Sons,2016.
- [16] Safarzyńska K,van den Bergh J C J M.Integrated crisis-energy policy:Macro-evolutionary modelling of technology,finance and energy interactions[J].Technological Forecasting and Social Change,2017,114:119-137.
- [17] Arjun K,Sankaran A,Kumar S,et al.An endogenous growth approach on the role of energy,human capital,finance and technology in explaining manufacturing value-added:A multicountry analysis[J].Heliyon,2020,6(7):e04308
- [18] Philippon T.The fintech opportunity[R].National Bureau of Economic Research,2016.
- [19] Kerényi Á,Molnár J.The impact of the Fintech phenomenon—radical change occurs in the financial sector?[J].Financial and Economic Review,2017,16(3):32-50.
- [20] Anagnostopoulos I.Fintech and regtech:Impact on regulators and banks[J].Journal of Economics and Business,2018,100:7-25.
- [21] Anshari M,Almunawar M N,Masri M,et al.Digital marketplace and FinTech to support agriculture sustainability[J].Energy Procedia,2019,156:234-238.
- [22] Fung D W H,Lee W Y,Yeh J J H,et al.Friend or foe:The divergent effects of FinTech on financial stability[J].Emerging Markets Review,2020,45:100727.
- [23] Kolesova I V,Girzheva Y S.Impact of financial technologies on the banking sector[J].KnE Social Sciences,2018:215-220.
- [24] Ya B U.Research on development strategy of commercial banks'fintech based on SWOT analysis[J].Journal of Contemporary Financial Research,2019,11(04):126-

134.

- [25] Phan D H B, Narayan P K, Rahman R E, et al. Do financial technology firms influence bank performance? [J]. Pacific-Basin Finance Journal, 2020, 62: 101210.
- [26] Mahalik M K, Babu M S, Loganathan N, et al. Does financial development intensify energy consumption in Saudi Arabia? [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 75: 1022-1034.
- [27] 王静. 全球金融科技发展动因及监管科技发展趋势[J]. 证券市场报, 2018, (02): 10-16.
- [28] 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.
- [29] 杨松令, 刘梦伟, 张秋月. 中国金融科技发展对资本市场信息效率的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(08): 125-144.
- [30] 乔海曙, 黄荐轩. 金融科技发展动力指数研究[J]. 金融论坛, 2019, 24(3): 66-82.
- [31] 郭品, 沈悦. 互联网金融对商业银行风险承担的影响: 理论解读与实证检验[J]. 财贸经济, 2015, (10): 102-116.
- [32] 李春涛, 闫续文, 宋敏等. 金融科技与企业创新——新三板上市公司的证据[J]. 中国工业经济, 2020, (01): 81-98.
- [33] 盛天翔, 朱政廷, 李祎雯. 金融科技与银行小微企业信贷供给: 基于贷款技术视角[J]. 管理科学, 2020, 33(06): 30-40.
- [34] 唐也然. 商业银行发展金融科技如何影响信贷业务? ——基于上市银行年报文本挖掘的证据[J]. 金融与经济, 2021, (02): 38-44.
- [35] 胡俊, 李强, 刘颖琛等. 商业银行金融科技对零售贷款的影响——基于年报的文本分析[J]. 管理评论, 2021, 33(11): 298-311.
- [36] 王庆一. 能源效率及相关政策和技术[J]. 应用能源技术, 2002, (06): 1-10.
- [37] 彭武元, 姚焯亭. 中国分行业终端能源消费 CO₂ 排放分解研究[J]. 生态经济, 2021, 37(08): 21-27.
- [38] 屈小娥, 袁晓玲. 中国地区能源强度差异及影响因素分析[J]. 经济学家, 2009, (09): 68-74.
- [39] 王兵, 朱宁. 不良贷款约束下的中国上市商业银行效率和全要素生产率研究——

- 基于 SBM 方向性距离函数的实证分析[J].金融研究,2011,(01):110-130.
- [40] 李玉婷,刘祥艳.中国工业能源效率及其收敛性——SFA 全要素与单要素方法的比较分析[J].干旱区资源与环境,2016,30(12):14-19.
- [41] 刘争,黄浩.中国省际能源效率及其影响因素研究——基于 Shephard 能源距离函数的 SFA 模型[J].南京财经大学学报,2019,(01):99-108.
- [42] 江洪,李金萍,纪成君.省际能源效率再测度及空间溢出效应分析[J].统计与决策,2020,36(01):123-127.
- [43] 陈菁泉,连欣燕,马晓君等.中国全要素能源效率测算及其驱动因素[J].中国环境科学,2022,42(05):2453-2463.
- [44] 罗朝阳,李雪松.产业结构升级、技术进步与中国能源效率——基于非动态面板门槛模型的实证分析[J].经济问题探索,2019,(01):159-166.
- [45] 孙志红,陈玉路.基于碳排放约束的金融支持、技术进步与能源效率分析[J].商业研究,2017,(05):58-66.
- [46] 柴建,周友洪,邢丽敏等.多目标约束下中国能源结构调整方向[J].系统工程,2016,34(09):74-80.
- [47] 于红,张一清,宋华岭等.新常态下能源行业去产能的思考与建议[J].山东工商学院学报,2017,31(03):20-25.
- [48] 孙志红,张娟.金融科技、金融发展与经济增长[J].财会月刊,2021,(04):135-142.
- [49] 许旭红,谢志忠,胥焱.我国金融发展对能源效率变动影响的实证研究——以省际面板数据为分析依据[J].东南学术,2018(06):127-136.
- [50] 杨越,成力为.区域金融发展影响能源效率的阶段性特征[J].科研管理,2019,40(04):125-134.
- [51] 姚德权,刘润坤.金融科技对金融体系结构的影响研究[J].财经理论与实践,2023,44(06):2-12.
- [52] 杨东.监管科技:金融科技的监管挑战与维度建构[J].中国社会科学,2018,(05):69-91+205-206.
- [53] 陆彪,王索军,陈德敏等.基于碳约束的区域能源结构优化实证[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2022,39(01):86-90.
- [54] 罗嘉雯,陈浪南.金融发展影响科技创新的实证研究[J].中国科技论

- 坛,2013(08):128-133.
- [55] 张军,章元.对中国资本存量 K 的再估计[J].经济研究,2003,(7):35-43.
- [56] 沈悦,郭品.互联网金融、技术溢出与商业银行全要素生产率[J].金融研究,2015(03):160-175.
- [57] 张斌彬,何德旭,张晓燕.金融科技发展能否驱动企业去杠杆?[J].经济问题,2020(01):1-10+69.
- [58] 赵艳敏,王迪.数字经济发展对全要素能源效率的影响机制研究——以黄河流域 73 个地级市为例[J/OL].软科学,1-14[2024-06-03].
- [59] 韩旺红,马瑞超.低碳约束下中国金融发展与全要素能源效率[J].云南财经大学学报,2013(4):128-135.
- [60] 王勋,赵珍.中国金融规模、金融结构与经济增长——基于省区面板数据的实证研究[J].财经研究,2011,37(11):50-60.
- [61] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(05):100-120.
- [62] 郑玉航,李正辉.中国金融服务科技创新的有效性研究[J].中国软科学,2015(07):127-136.
- [63] 汪克亮,赵斌.“双碳”目标背景下数字金融对能源效率的影响研究[J].南方金融,2021(09):20-31.
- [64] 景朝阳,孙晓婷.京津冀区域金融支持科技创新的研究[J].科技管理研究,2017,37(22):86-92.
- [65] 沈冰,李鑫.金融发展、产业结构高级化与能源效率提升[J].经济问题探索,2020(12):131-138.
- [66] 张林.金融发展、科技创新与实体经济增长——基于空间计量的实证研究[J].金融经济研究,2016,31(01):14-25.
- [67] 魏楚,沈满洪.能源效率及其影响因素:基于 DEA 的实证分析[J].管理世界,2007,(08):66-76.
- [68] 王一乔,赵鑫.金融集聚、技术创新与产业结构升级——基于中介效应模型的实证研究[J].经济问题,2020(05):55-62.
- [69] 张云辉,李少芳.数字金融发展能提升能源效率吗[J].财经论丛,2022(03):47-55.

- [70] 李健,马亚.科技与金融的深度融合与平台模式发展[J].中央财经大学学报,2014(05):23-32.
- [71] 王仁祥,张晗,杨曼.科技创新与金融创新耦合系统脆弱性及政府干预[J].科技进步与对策,2018,35(07):1-8.
- [72] 孙雪娇,朱漪帆.科技创新与金融服务协同发展机制研究——基于中国科技金融平台演化视角的多案例分析[J].金融发展研究,2019(01):73-79.
- [73] 邱兆祥,刘永元.金融科技发展对金融稳定的影响及对策研究[J].教学与研究,2019(02):28-34.
- [74] 朱俊杰,王彦西,张泽义.金融科技发展对我国产业结构升级的影响[J].科技管理研究,2017,37(19):31-37.
- [75] 陈德余,汤勇刚,张绍合.产业结构转型升级、金融科技创新与区域经济发展实证分析[J].科技管理研究,2018,38(15):105-110
- [76] 周力,张宁,陈晴旖.基于低碳视角的我国金融发展对能源效率的影响[J].企业经济,2013,32(10):16-20.
- [77] 岳书敬.金融发展与能源消耗——基于总量与效率双重视角的跨国分析[J].学术论坛,2019,42(02):1-10.
- [78] 杨志江,朱桂龙.技术创新、环境规制与能源效率——基于中国省际面板数据的实证检验[J].研究与发展管理,2017,29(4):23-32.
- [79] 孙志红,陈玉路.基于碳排放约束的金融支持、技术进步与能源效率分析[J].商业研究,2017(5):58-66.
- [80] 杨森,林爱梅.金融发展与能源效率提升——基于技术创新中介效应的研究[J].技术经济与管理研究,2019(05):91-96.
- [81] 刘晓瑞,孙涛.金融发展对中国能源消费的动态经济增长门槛效应[J].当代财经,2019(08):48-57.
- [82] 庄雷,王焯.金融科技创新对实体经济发展的影响机制研究[J].软科学,2019,33(02):43-46.
- [83] 宋敏,周鹏,司海涛.金融科技与企业全要素生产率——“赋能”和信贷配给的视角[J].中国工业经济,2021(04):138-155.
- [84] 史丹.我国是如何以较低的能源消费实现高速经济增长的[J].中国能

源,2002,(11):12-15.

- [85] 江三良,贾芳芳.科技金融政策对城市碳排放绩效的影响效应研究——基于“科技和金融结合试点”的准自然实验[J/OL].软科学,2023(07):1-12.
- [86] 周亚军,齐志渊.金融科技对碳排放强度的影响研究[J].金融理论与实践,2022(11):26-36.
- [87] 刘继兵,田韦仑,张驰等.金融科技如何影响绿色发展——基于动能转换和地理结构的经验证据[J].技术经济,2022,41(09):95-108.
- [88] 郑诗情,胡玉敏.中国新能源产业与金融发展关系的实证研究[J].山西财经大学学报,2018,40(S2):55-59.
- [89] 关爱萍,李娜.金融发展、区际产业转移与承接地技术进步——基于西部地区省际面板数据的经验证据[J].经济学家,2013(09):88-96.
- [90] [1]马文斌,朱欢.绿色低碳企业创新效率测度及影响因素研究——基于三阶段DEA与Tobit模型[J/OL].软科学,1-12[2024-06-03].

致谢

如同波涛不断涌来一般，我们的可能也是无限的。十年前的我没想过自己十年后还在校园里过着学生生活，三年前的我一意孤行地要延长我的学生生涯，前几个月的我裹挟在求职者的浪潮中紧抓着我的应届身份。虽回顾之时还存在许多遗憾，但行文至此也应该结束了，以后也再无法“找借口”说自己还是学生。人人都有一座围城，这座围城的闯关时间已近结束必须尽快离开，下一座围城也已打开城门，在一座座围城中穿梭，成为我们的人生。不过我希望，我们奔赴的终将是山海，也定有辽阔的彼岸。

在硕士期间有幸遇到史亚荣老师，时常以温柔而强大的力量影响着我和帮助着我，没有她就没有我这篇论文的呈现，成为她的学生会有一种安全感，这都是基于老师为我们的无私付出，学生心里一直很佩服和敬重老师。也有幸成为金融学院的学子，在金融的汪洋里也许我的存在微不足道，可走这条路让我见识到了很多的可能性，得益于学院各位老师的帮助，我可以学到更多的知识，也能够在这片浪潮中再翻涌一段时间。当然还应该感谢兰财在三年前拉了一把快被拍在沙滩上的我，时代的步伐总是很快，兰财等了等我，自此我的人生日记簿增加了许多厚度。

曾哥和梁女士一如三年前那样是我的靠山也是我的软肋，除了感谢我更希望也能早一点成为你们坚实的依靠。庆幸的是以前感谢的那波人现在也还在我的身边，更幸运的是还遇到了 714 的小伙伴和其他的同学们，我们同在这世间浮沉，共享痛苦与喜悦，成为彼此生活里缺一不可的慰藉。

以后的心愿，是像小包那样热爱奔跑时风的模样，一直翻越高山，做潺潺流水，汇入港口，芸芸众生，但能卷起巨浪。