**“双碳”背景下绿色金融对能源消费结构的影响机制研究——以长江经济带为例**

作品类别： 学术论文类

学 校： 湖南工商大学

作者团队： 桑汇阳、黎卓、何郴、张晋恺

学 号：2112010072、2103070081、2103070062

2103060086

指导老师： 李欢、刘人春

**摘要**：在我国“双碳”目标背景下，本文选取2010—2020年我国长江经济带11个省市地区面板数据，借助熵值法估算绿色金融发展指数，以煤炭消费量占能源消费总量的比重来作为能源消费结构指标，实证分析绿色金融对于能源消费结构的影响。研究结果显示，我国长江经济带地区绿色金融发展指标呈现波动式上升趋势，能源消费结构逐年优化。绿色金融发展能够显著推动能源消费结构的优化与转型。技术创新在绿色金融对能源消费结构的影响中起到部分中介作用。基于上述考量，应健全绿色金融市场体系、改善能源结构、优化能源效率，以推动技术创新促进地方能源消费结构转型，助力国家双碳目标稳步推进。

**关键词**：双碳目标；绿色金融；能源消费结构

# 一、引言

2020年，我国在第七十五届联合国大会上明确提出了“双碳”目标——中国力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060 年前实现碳中和目标。党的二十大报告进一步强调了实施碳达峰行动的重要性，要求推进能源革命，加强煤炭的清洁高效利用，并加快新型能源体系的规划建设。然而，目前我国以化石能源为主的能源结构难以满足碳减排的高标准要求，因此实现“双碳”目标必须推进能源消费结构绿色低碳转型，推动构建清洁安全高效的现代能源体系。

在此背景下，金融领域也孕育出了新的变革。近年来，绿色金融得到了飞速发展，主要工具包括绿色信贷、绿色证券、绿色投资和绿色保险。这些“绿色资金”扶持了绿色企业的发展，同时对高耗能企业实施了限制性约束，这直接影响了我国产业结构和能源结构的调整。此外，我国绿色金融体系以“双碳”目标为核心，制定严格的绿色金融标准，推动环境信息透明化，提供低成本的资金支持，推动能源结构优化与转型。

本文选择长江经济带11个省市作为研究对象主要是因为，首先，当前国家高度重视长江经济带的高质量发展，相关会议强调，推动长江经济带高质量发展，根本上依赖于长江流域高质量的生态环境。其次，当前长江经济带正处于能源消费结构转型升级期，且该地区的绿色金融体系渐趋完备，具有较大的研究意义。最后，长江经济带跨越东中西三大区域，作为研究样本，其代表性较强。

# 二、文献综述

本文主要从绿色金融发展水平、能源消费结构优化与转型现状、发展绿色金融对能源消费结构的影响三个方面对相关文献资料进行总结。

## （一）绿色金融的研究综述

绿色金融是指为支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动。近年来，我国绿色金融蓬勃发展，并被纳入碳达峰碳中和“1+N”政策体系。学术界普遍认为，目前中国绿色金融虽然发展速度较快，但是发展水平仍然有待提高且存在区域发展的不平衡现象。王志强和王一凡（2020）认为绿色金融是联结金融机构与绿色发展的"润滑剂"和"助力器",是深化供给侧结构性改革、加快新旧动能转换和引领经济高质量发展的重要途径。邵宏伟和王卉彤（2023）认为我国绿色金融效率存在明显的区域差异，东部地区的绿色金融效率始终保持领先水平。李云燕和张硕（2023）认为绿色金融发展态势稳中向好，持续提升空间较大。

当前，我国学者主要从宏观和微观两个层面，研究绿色金融的实施效果。宏观角度来看，不少学者指出（任亚运，2023;张洪瑞和吴平，2023），绿色金融能够抑制本地的碳减排，绿色技术创新对绿色金融的碳减排效应具有促进作用。此外，绿色金融能够提升产业绿色化水平，推动产业结构变化。胡怀敏和连思涵（2021）基于2013—2019年30个省级行政区的相关数据构建绿色金融和产业结构变化的指标体系，认为绿色金融发展较快省份的第三产业发展更能体现绿色金融的正向促进作用,其与产业结构变化的耦合协调程度也更高。陈庭强等（2023）实证检验了环境规制与绿色金融能够促进产业绿色发展，且这种影响具有滞后性。微观角度来看，当前很多学者主要从企业和金融机构的角度研究绿色金融发展带来的作用。沈璐和廖显春（2020）认为建立绿色金融改革创新试验区能倒逼重污染企业履行社会责任,尤其是环境社会责任。王丽萍等（2021）认为绿色金融政策能够通过资金配置、风险管控从内部支持企业获得融资、分散风险。朱向东等（2021）认为绿色金融能够在不同区域促成污染性重工业和轻工业技术创新。谢朝华和陈涵达（2023）认为开展绿色信贷能显著降低商业银行风险承担，在资产质量较差、净利润较高以及规模较大的全国性商业银行中开展效果更为显著。王宏涛等（2023）认为商业银行实施绿色金融战略、积极履行社会责任，不仅在外部性上有助于经济社会实现绿色低碳转型和高质量发展，并且对银行自身企业价值提升和长期发展也是有益的。

从绿色金融的相关研究文献来看，当今绿色金融的发展速度越来越快，覆盖范围不断扩大，对社会的有利影响也在日益凸显，绿色金融发展已是大势所趋。

## （二）能源消费结构的研究综述

近年来，大量学者关于能源消费结构优化与转型的研究都以实现“双碳”为目标，其研究分析了当前我国能源结构的特征，存在的问题以及今后的解决方向，对于我国能源消费结构的优化转型具有积极作用。杨英明等（2019）指出我国能源结构特点为以煤为主、石油对外依赖度高、能源效率低、能源技术落后、能源价格体系扭曲、资源配置效率低下等。邹璇（2019）认为要真正改变能源消费结构就要从产业结构入手。张映红（2021）认为清洁煤炭、可再生能源、可控核聚变发展这一路线是能源结构转型的重中之重。黄晟等（2022）认为在国际局势复杂演变的背景下，中国要统筹兼顾“双碳”目标实现、能源结构优化和能源安全三大目标。马理等（2023）认为发展低碳产业有助于促进能源结构优化升级，推动碳达峰与碳中和目标的实现。

通过对能源消费结构的相关文献研究可以发现，我国能源消费结构以煤炭为主，是受地质资源、经济发展需求等共同影响的结果。但随着环保意识的增强和清洁能源的技术进步，政府加大环保力度，制定了多项绿色发展的政策，推动清洁能源的发展，以减少对化石燃料的依赖并促进绿色产业成长，实现“双碳”目标。

## （三）绿色金融对能源消费结构的影响的研究综述

在能源消费结构转型的过程中，绿色金融发挥了重要的作用。绿色金融通过提供资金支持和金融服务，能够促进清洁能源的发展和应用，推动能源消费结构向更加环保、可持续的方向转型升级，推动实现“双碳”目标。范秋芳和刘孜（2021）认为绿色金融与清洁能源产业之间存在正向的相互作用,但是存在滞后过程且具有较大提升空间。郑忱阳（2022）认为中国银行业要在本国国情的基础上对支持能源转型提出更加有针对性的方案，设定能源领域碳减排目标、稳妥有序调整投融资结构、构建多元化绿色金融产品服务链、完善能源转型风险防控体系、加强能源领域的国际合作，进一步提升金融服务能力。张博坤和彭丹宇（2023）认为绿色金融通过助推能源结构调整优化、产业结构转型升级、创新发展、绿色发展等，对“双碳”目标的实现具有重要作用。庞加兰等（2023）认为绿色金融发展通过融资规模的中介效应和技术进步的调节效应对能源结构优化产生正向影响。吉红云和李喜洋（2023）认为转型金融可以通过推动能源供给低碳化与能源消费低碳化这两个作用路径，有效地推动我国能源结构优化。

结合现有文献资料可得，当前我国关于绿色金融对能源消费结构影响的研究较少，以区域经济带为视角研究的学者更是较少。且大多数文献并没有深入研究绿色金融影响能源消费结构的作用机制，以及二者的空间效应。因此，关于二者关系仍需进一步展开研究。

本文将技术创新嵌入绿色金融对能源消费结构的影响机制研究，其作为中介变量，建构中介效应模型。此外，本文研究分析了长江经济带各省市地区能源消费结构的空间自相关性。通过进一步研究，我们可以更全面地理解绿色金融在推动能源消费结构优化与转型中的路径机制，并为如何更好地发挥绿色金融推动能源消费结构转型的作用提供参考建议。

# 三、理论分析与研究假说

本文从直接和间接两个角度提出相关研究假说，总结绿色金融对能源消费结构的影响机制，并对其进行理论分析，分析如下：

## （一）绿色金融对能源消费结构的优化效应

### 绿色信贷为能源消费结构优化与转型提供定制化贷款支持

绿色信贷一方面能够向绿色产业提供较为优惠的利率和贷款条件，降低其融资成本，鼓励和支持企业将资金投向节能环保、清洁能源等绿色领域，引导社会资本流向，推动绿色产业发展壮大，促进能源消费结构的转型升级；另一方面绿色信贷能够限制高污染项目融资，提高污染企业的债务融资成本，推动企业绿色技术创新和绿色转型升级，促进清洁能源的发展，从而优化能源消费结构。此外，当前可再生能源是能源结构绿色低碳转型的关键驱动力，绿色信贷能够通过促进产业结构升级和激励绿色技术创新显著促进可再生能源发展，推动能源消费结构的优化与转型。

### 绿色证券为能源消费结构优化与转型提供专属融资工具

本文主要研究对象为绿色证券市场中的绿色股票市场及债券市场。绿色股票市场是进行绿色股权投融资的交易场所，该场所为清洁能源和新能源企业提供了一个重要的投融资平台，通过上市发行绿色股票，新能源和清洁能源等相关企业可以吸收资金，获得资金支持。同时，绿色股票的上市和交易活动可以引导资本市场的资金流向绿色能源领域，推动绿色能源领域的发展和壮大。绿色债券市场是绿色债券发行与流通的场所，为绿色产业的债权融资提供了交易空间。相比于传统债券，绿色债券通常具有更低的利率和更长的期限，这有助于降低清洁能源和新能源企业的融资成本。同时，绿色债券的发行和流通可以引导越来越多的投资者关注清洁能源和可再生能源，从而推动这些领域的发展和壮大，助力能源消费的转型。

### 绿色投资为能源消费结构优化与转型提供特定的投资渠道

绿色投资通过市场机制引导资本流向了绿色产业，这对于能源消费结构的转型和升级至关重要，因为传统能源的投资往往会巩固现有的能源消费结构，而绿色投资则能够推动能源消费结构向更加环保、高效的方向转变。另一方面，绿色投资能够为企业的技术创新提供资金支持，缓解融资约束，支持其研发活动和技术升级。新技术、新产品的出现利于推动传统产业优化升级，推动绿色产业的发展，并促进能源消费结构的优化与转型。

### 绿色保险为能源消费结构优化与转型提供风险保障

2022年《绿色保险业务统计制度的通知》发布，明确定义“绿色保险”是指保险业在环境资源保护与社会治理、绿色产业运行和绿色生活消费等方面提供风险保障和资金支持等经济行为的统称。绿色保险通过为清洁能源和绿色能源项目提供风险保障，降低企业的风险，鼓励企业加大对清洁能源的投资和研发，推动清洁能源产业快速发展，加速能源消费结构向低碳化、清洁化方向优化升级。此外，绿色保险能够通过参与保险资金的绿色投资，为绿色产业发展提供资金支持。因此，绿色保险在促进能源消费结构优化与转型方面发挥了重要的风险保障与资金支持作用。

据此，本文提出假说H1。

H1:绿色金融对能源消费结构的优化与转型具有积极的促进作用。

空间溢出效应是指某一地区的某种经济活动或政策不仅对当地产生影响，还会对其他邻近地区产生影响。长江经济带作为我国经济发展的重要区域，其绿色金融的发展水平和能源结构都受到了广泛关注。在这个区域内，不同省份的绿色金融发展水平和能源结构并非孤立存在，而是存在一定的空间关联性。当一个省份的绿色金融发展水平提高时，这种影响很可能溢出到邻近省份，触发更广泛的变革。然而，这种空间溢出效应既有可能是正面的，也有可能是负面的。本文拟从释放效应和虹吸效应正反两个方面，讨论绿色金融影响区域能源结构优化与转型的空间效应。

释放效应是指绿色金融能够在一定程度上突破地域的限制，有效推动周边地区的能源结构优化与转型。首先，在“双碳”目标下，受某一省份绿色金融政策影响，邻近省份可能会在竞争效应下效仿，借鉴其成功的政策，大力推进本省的绿色金融政策。同时，这也带动着省份之间开展合作，共同推动绿色金融的向上发展，从而发挥绿色金融对能源结构优化与转型的作用。其次，本地企业在绿色金融支持下进行的绿色技术创新和能源消费转型具有一定的正外部性，其相关技术能够突破地域的限制，向邻省扩散，促进其他地区绿色技术创新水平提升，从而为邻省能源结构的转型提供技术支持。最后，某一省份的绿色金融政策可能催生一批跨区域的绿色项目，这些项目往往需要临近省份的合作与支持。因此，某一省份的政策可能成为催化剂，推动临近省份共同参与绿色项目，促进其能源结构的转型升级。

虹吸效应在绿色金融领域表现为，随着某地绿色金融发展水平的提升，逐利性会驱动邻近地区的资源向该地区聚集，这使得邻近地区的资源逐渐流失，抑制其绿色金融的发展，并对其能源结构转型构成障碍。以长江经济带为例，绿色金融资源往往集结在某些大城市，而其他邻近小城市的能源结构优化与转型往往面临资源不足的困境。这种情况进一步加剧了区域间能源结构发展的不平衡。此外，这还可能为先进地区向欠发达地区的产业梯次承接带来污染产业转移的机会。这一机会虽然在一定程度上推动了欠发达地区的经济发展，但也可能阻碍其能源结构的转型。

据此，本文提出假说H2。

H2a：绿色金融对能源结构优化与转型的影响存在空间溢出效应，本地绿色金融的发展能够促进邻近地区能源结构的优化与转型。

H2b：绿色金融对能源结构优化与转型的影响存在空间溢出效应，本地绿色金融的发展能够阻碍邻近地区能源结构的优化与转型。

绿色金融通过提供资金支持和优惠政策条件，能够鼓励和引导资金流向绿色技术开发项目，推动企业在清洁能源和新能源领域进行技术研发、革新与应用，从而进一步提高能源的利用效率，为能源消费结构的优化与转型提供技术基础。在这一过程中，技术创新起到了中介的作用。它将绿色金融的资金投入转化为对能源领域的作用，将清洁的能源技术逐渐替代污染性的能源技术，在实际的能源生产和消费中，促进了能源消费结构的优化与转型升级。此外，绿色金融政策可以鼓励企业持续进行技术创新，为技术创新提供政策支持。当前，绿色金融已经被许多学者证明能够促进技术创新，本文的文献综述部分已经进行了部分引用。

据此，本文提出假说H3。

H3:技术创新能够在绿色金融影响能源消费结构优化与转型的过程中发挥中介效应。

# 四、实证设计

## （一）变量设定

### 被解释变量

本文所构建模型中的被解释变量为能源消费结构（ES）。由于煤炭消费在我国能源消费中所占的绝对比重较大，因此本文选取煤炭消费量占能源消费总量的比重来代表能源消费结构并作为被解释变量。

### 核心解释变量

本文所构建模型中的核心解释变量为绿色金融指数（GF）。当前，我国大部分学者主要从绿色信贷、绿色证券、绿色投资、绿色保险等维度，来综合度量绿色金融发展水平。本文参考该主要方法，构建了我国长江经济带地区的绿色金融发展水平评价指标体系。该指标体系涵盖了绿色信贷、绿色证券、绿色投资、绿色保险四个维度（见表2）。本文先对指标进行同向化处理，然后借助熵值法测算长江经济带各地区的绿色金融发展水平。

第一，绿色信贷是金融机构为环保项目提供的贷款支持，其作为绿色金融的一个具体表现形式，可以直接反映金融机构对环保、可持续发展项目的支持力度。本文选取高耗能行业利息支出占比和A股上市环保企业新增银行贷款占比这两个指标来度量绿色信贷这一指标。高耗能行业利息支出占比作为一个负向指标，占比比重越大，绿色信贷发展水平越低。而A股上市环保企业新增银行贷款占比则是一个正向指标。其中，对于A股上市环保企业新增银行贷款占比这个指标，我们剔除其中缺失严重的数据，中间缺失的则查询公司的资产负债表。对于没有上市环保企业的省份，则综合考虑该省上市公司的公司简历、主营业务，最后选择与清洁、环保概念接近的公司。

第二，绿色证券是绿色金融的一个具体工具，它专门用于为环保和可持续发展项目融资，代表了绿色金融中的投资活动和资金流向，本文选取A股上市环保企业市值占比和A股上市高能耗企业A股市值占比这两个指标来度量绿色证券这一指标。

第三，绿色投资是投向环保、低碳、可再生能源等领域的投资，该指标可以量化评估绿色金融的实施效果。绿色投资狭义上可以理解为是对环境污染治理的投资，本文利用环境污染治理投资占比和财政环保支出占比来作为衡量绿色投资的指标，该度量指标能够直观地反映出一个国家或地区在环境治理方面的投入力度。

第四，绿色保险是绿色金融工具中的重要组成部分，其主要是指环境污染责任保险。因此本文借助环境污染保险赔偿比例和规模环境污染保险这两个指标来度量我国绿色保险发展水平。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表1 绿色金融指标体系 | | |
| 二级指标 | 三级指标 | 指标说明 |
| 绿色信贷 | A股上市环保企业新增银行贷款占比 | A股上市环保企业新增银行贷款/A股上市企业向银行的贷款 |
| 高能耗行业利息支出占比 | 六大高能耗行业利息支出/  工业总利息 |
| 绿色证券 | A股上市环保企业市值占比 | A股上市环保企业市值/  A股上市企业总市值 |
| A股上市高能耗企业A股市值占比 | A股上市高能耗企业市值/  A股上市企业总市值 |
| 绿色保险 | 规模环境污染保险 | 农业保险收入/财产保险收入 |
| 环境污染保险赔偿比例 | 农业保险支出/农业保险收入 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 绿色投资 | 环境污染治理投资占比 | 环境污染治理投资/GDP |
| 财政环保支出占比 | 财政环境保护支出/财政总支出 |

## （二）中介变量

通过收集相关外文文献，本文将技术创新（RD）作为探讨的间接机制的重要部分。本文选取发明专利申请受理数来度量技术创新这一指标，探讨绿色金融通过绿色技术创新这一中介变量对能源结构的影响机制。

## （三）控制变量

结合能源结构的现状及以往的文献资料，本文所设计的模型选取能源价格、经济规模、对外开放程度和环境规制强度作为控制变量。①能源价格。能源价格采用工业生产者购进价格指数来表示。能源价格的变化能够直接影响能源的需求和企业的投资决策，进而对能源结构的转型与优化产生重要作用。本文对该指数取对数值来衡量当地的能源价格。这主要是因为借助对数值表示利于缩小数据的异方差性，同时缩小的数值便于比较不同观测值之间的差异。②对外开放程度。本文以地区进出口贸易总额占地区生产总值比重来表示对外开放程度水平。对外开放程度高意味着与外部经济的联系更加紧密，更容易受到国际能源市场和价格波动的影响。这种影响可能传导到国内能源市场，进而影响能源结构的转型和优化。③环境规制强度。结合当前我国的大量文献研究成果，本文参考刘荣增与何春的研究方法，通过工业污染治理完成投资额/工业增加值的方法衡量各地区环境规制强度。随着工业污染治理完成投资额/工业增加值这一数值的增加，环境规制越发严格。环境规制作为控制变量，可以通过政策导向、外部性内部化、信息透明度等途径，影响绿色金融对能源结构转型与优化的作用。④经济规模。本文以地区实际生产总值的对数值来衡量当地的经济规模。这主要是因为经济规模的变化直接影响着能源消费和结构的变化，通过借助对数值表示有利于缩小数据的异方差性，同时缩小的数值便于比较不同观测值之间的差异。

## （四）指标赋权及测算方法

绿色金融指标体系包含多维指标，由于数据指标之间选取的单位不同，因此在计算综合指标前，需要对数据进行处理。本文采用熵值法对绿色信贷、绿色证券、绿色保险、绿色投资数据进行无量纲化处理。本文选择的所有绿色金融发展指标都是正相关的，因此指标标准化公式如下：

其中，为第i个样本的第j项指标的数值。为了避免求熵值时对数无意义，本文为每个值加上较小数量级的实数，为0.0001。

### 计算第j项指标下第i个样本占该指标的比重

### 计算第j项指标的熵值

其中，m为样本的个数。

### 计算第j项指标的差异系数

### 计算评价指标权重

### 计算各样本综合得分

在经过以上步骤处理后，即可得到我国长江经济带九省二市2010—2020年的绿色金融发展情况。

## （五）数据来源与说明

基于数据的可获得性和完整性，本文样本对象选择处于能源消费结构转型升级期、绿色金融体系渐趋完备的长江经济带区域，即九省两市（安徽省、贵州省、湖北省、湖南省、江苏省、江西省、四川省、云南省、浙江省、上海市以及重庆市），选取变量时间窗口为2010—2020年。个别地区和年份的缺失数据通过线性插值加以补充。其中，绿色金融指标的相关数据来源于中国人民银行等权威机构网站、Wind数据库、EPS数据库以及《中国能源统计年鉴》《中国金融年鉴》《中国保险年鉴》等。能源消费结构转型升级的相关原始数据来自EPS数据库、《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及长江经济带11省市统计年鉴。其他数据来源于EPS数据库、CSMAR数据库、《中国统计年鉴》以及《中国工业统计年鉴》等。

# 五、实证研究设计

## （一）模型构建

为了探究绿色金融对能源消费结构转型升级的影响机制，证实本文的假设，本文参考了大量的文献资料，结合现有研究成果，构建如下基准回归模型：

(1)

其中，表示能源消费结构，代表绿色金融指数，为所构建模型中的多个控制变量，包括能源价格、对外开放程度、经济规模和环境规制强度。代表地区固定效应，代表时间固定效应，为随机扰动项，下标i表示省份，t表示年份。本文研究重点为，通过研究来探究绿色金融对能源消费结构转型升级的作用效果。若该式中显著为负，则研究假说H1得到证实，即绿色金融对能源消费结构的转型升级具有积极的促进作用。

本文参照温忠麟和叶宝娟（2014）的研究方法，探究绿色金融对能源消费结构转型升级的影响机制。本文将技术创新作为绿色金融推动能源消费结构转型升级的中介变量，借助中介效应模型进行检验。为了验证假说H3，构建模型如下：

(2)

(3)

(4)

式(2)(3)(4)为中介效应检验程序，其中和以及代表采用双边固定效应模型，在控制始建于个体效应的基础上同时控制一系列的控制变量。RD代表技术创新。代表绿色金融发展对技术创新的影响效应，代表技术创新对能源消费结构转型升级的影响效应，代表绿色金融发展对能源消费结构转型升级影响的总效应，代表在中介效应下绿色金融发展对能源消费结构转型升级影响的直接效应，系数代表中介效应。该模型具体流程为：首先检验的显著水平，即绿色金融对能源消费结构转型升级的总效应;其次检验的显著水平，即绿色金融和技术创新的关系;最后控制中介变量技术创新后，检验方程(4)的系数和系数。当系数、和三者均显著时，说明中介效应显著;当在满足以上条件的同时，在方程(4)中，系数不显著，则说明该过程只存在完全中介效应。

## （二）空间模型建立

### 1.全局自相关模型

绿色金融和能源结构转型升级是否存在空间影响关系，通过需要借助空间相关性的检验，本文借助全局相关分析中最常用的全局莫兰指数（I），描述所有的空间单元在整个区域上与周边地区的平均关联程度，模型如下所示：

在该式中，n表示空间单位总个数, 和分别表示第i个空间单元和第j个空间单元的属性值，为n个空间单元样本属性值的平均值，为样本方差，为空间权重值。为空间权重之和。此外，I的取值范围为[-1,1]，当全局莫兰指数（I）在0至1取值时，表示所有地区的属性`值在空间上有正相关性，表示具有相似的属性聚集在一起，在-1至0取值时，表示所有地区的属性值在空间上有负相关性，表示具有相异的属性聚集在一起，接近于0表示地区随机分布，无空间相关性。

### 2.空间权重矩阵

通常衡量空间通过定义一个空间二元矩阵，来衡量n个空间体（如省份、城市、建筑物等）之间的距离关系。

为一个的矩阵，其中为空间体i与空间体j直接的权重。

其中和分别表示某个省份(地理几何中心比如省会之间的距离)的纬度和经度；为两个省份间经度之差；为地球半径，等于 3958.761 英里。在实际应用中，常对空间权重矩阵进行行标准化，空间权重矩阵的对角元素设为 0。

### 3.空间杜宾模型

空间杜宾模型（SDM）是空间滞后模型和空间误差项模型的组合扩展形式，该模型是一个通过加入空间滞后变量而增强的SAR模型（空间滞后模型）。模型如下所示：

其中，表示能源结构转型升级指数，代表绿色金融指数，为控制变量，W为空间权重矩阵，和表示本地区解释变量对本地区被解释变量的影响，表示空间滞后变量系数，当＞0时，说明本地区解释变量对邻近地区被解释变量存在正向溢出效应，当＜0时，表示存在负向溢出效应。

## （二）实证分析

### 1.描述性统计

表2 变量描述性统计结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **变量** | **样本数** | **均值** | **标准差** | **最小值** | **最大值** |
| ES | 121 | 0.582 | 0.201 | 0.242 | 1.049 |
| GF | 121 | 0.072 | 0.031 | 0.029 | 0.244 |
| TP | 121 | 9.824 | 1.281 | 7.585 | 12.200 |
| ep | 121 | 4.618 | 0.055 | 4.506 | 4.746 |
| edp | 121 | 0.296 | 0.329 | 0.027 | 1.472 |
| er | 121 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.008 |

由表可得，长江经济带不同地区的绿色金融发展水平差距并不是特别大，这主要是因为一方面受宏观经济政策的影响，长江经济带各省份地区都积极推动绿色金融发展，出台了一系列相关政策，为绿色金融提供了良好的政策环境。另一方面，长江经济带各省份地区之间有着密切的经济联系，利于区域之间资源共享。在绿色金融领域，各省份地区可以相互借鉴经验、共享资源，共同推动绿色金融的发展。能源结构指标表明不同省市地区的能源结构差距较大，一方面是因为长江经济带涵盖了多个省份和城市，各地的自然资源分布不均，这种资源禀赋的差异直接影响了各地区的能源结构。另一方面是因为长江经济带内的各地区经济发展水平和产业结构存在差异，使得不同省市所依赖的能源消费来源有所不同。

在此分析基础上，本文进一步将长江经济带地区划分为上、中、下游地区，进行绿色金融发展指数以及能源结构指数的测算分析。其中上游地区包括重庆市、四川省、贵州省以及云南省，中游地区包括安徽省、江西省、湖北省以及湖南省，下游地区包括上海市、江苏省以及浙江省。

图1 2010-2020年长江经济带绿色金融发展指数分区域

图1反映了2010年至2020年长江经济带上中下游地区绿色金融发展水平的熵值法测算结果，其中数值越高，表示发展状况越良好。据图中分析可知，2010年至2020年长江中游与下游地区绿色金融发展指数为0.200935-0.278040，0.162230-0.254369，虽然偶尔出现波动下滑，但整体趋势呈现稳步向上的发展态势。长江上游2010年至2016年绿色金融发展指数为0.276813-0.227249，偶尔上浮，但整体趋势呈现稳步下滑的态势。值得注意的是，2017年绿色金融发展指数出现了异常的激增，相较于前年实现了高达87%的提升幅度，但后续年份逐渐递减至2020年的0.364431。长江上中下游横向对比，绿色金融发展态势存在一定的差异。总体来看，长江中游与下游地区的绿色金融发展态势较为相似，呈现大体上增长的状况，就绿色金融发展的状态而言，上游地区普遍优于中下游地区。相比之下，上游地区的发展态势则呈现下降的趋势，但在2017年出现了激增的情况。通过研究分析可得，我国长江经济带各地区的绿色金融发展水平整体上均呈现波动式上升的趋势。这不仅得益于市场主体的积极参与和金融行业的创新，更离不开政策的引导和支持，包括设立绿色金融专项资金、完善绿色金融监管体系、推动绿色金融产品创新等。这些政策的出台为长江经济带的绿色金融发展提供了有力的政策保障。

为了深入探究2017年长江经济带上游地区绿色金融发展指数大幅改善的原因，本文对长江上游地区的绿色金融发展指数按省份进行了详细的分析，得到了图2。根据本文所收集到的资料可得，造成云南省绿色金融发展水平大幅变化的原因可能是因为在2017年该地区针对绿色信贷与绿色金融行业出台了大量扶持政策。这些政策的出台为云南省的绿色金融发展提供了有力的支持，使得该地区的绿色金融发展水平在短时间内大幅度改善。

图2 2010-2020年长江上游绿色金融发展指数分省区

图3 2010-2020年长江经济带能源消费结构分区域

图3展示了2010年至2020年长江经济带能源消费结构的水平。数值越小，代表能源消费结构越优。研究显示，长江经济带的能源消费结构优化与升级水平在此期间呈现稳定的上升趋势。具体来看，上游地区的能源消费结构指数范围在1.241982至1.689780之间，中游地区为2.412483至2.930723之间，而下游地区则在1.947562至2.764560之间。在能源消费结构优化与升级水平上，上游地区表现最优，下游地区次之，而中游地区最次。值得注意的是，下游地区的能源消费结构改善速度最为迅速，与上游地区的差距逐年减小。中游和下游地区的能源消费结构指数发展态势相似。通过研究可得，下游地区在能源消费结构优化与升级水平上的领先地位，与其地理位置和经济发展水平密切相关。位于长江经济带下游的地区，涵盖了上海、江苏等经济大省，这些地区以其强大的经济实力作为发展动力。此外，得益于国家的大力政策支持，长江下游地区拥有了最为合理的能源布局与绿色金融发展策略。同时，近年来，长江上游地区逐渐成为国家发展的重点区域，吸引了众多清洁能源企业在此布局，这使得上游地区在短短十年内实现了能源消费结构的显著改善。

## （三）多重共线性检验

在进行基准回归分析之前,为了保证本文所选变量指标的科学性,本文首先对变量数据进行了多重共线性检验,结果如表2所示。表中VIF的最大值为6.53，该VIF值小于10，说明选取的变量之间不存在多重共线性问题。

表3 多重共线性检验

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **变量** | **VIF** | **1/VIF** |
| GF | 1.09 | 0.921080 |
| ep | 1.06 | 0.939182 |
| es | 6.53 | 0.153164 |
| edp | 6.43 | 0.155616 |
| er | 1.07 | 0.938272 |
| Mean VIF | 3.23 | —— |

### 机制路径估计结果分析

共线性检验Mean VIF值为3.23＜10，说明该模型不存在严重的多重共线性问题，本文借助stata16软件对三条机制路径进行分析，结果如表 所示。

第一，总路径分析。解释变量的估计系数为-0.558，在1%的水平下显著，即绿色金融对能源消费结构的优化与转型具有促进作用。假说1得到验证。

第二，间接路径分析。该机制路径解释变量的估计系数为5.422，在1%的水平下显著，表明绿色金融发展水平每提高1%，可以对技术创新产生5.422%的推动作用。由此可见，绿色金融的发展能够促进清洁能源和新能源领域的技术研发、革新与应用，从而进一步带动能源消费结构的优化与转型。

第三，直接路径分析。将解释变量和中介变量加入模型后再次估计分析可得，解释变量的估计系数为-0.467，且在1%的水平下显著，说明绿色金融对能源消费结构优化与转型的促进作用仍然存在。同时，间接路径中的解释变量的估计系数符号与直接路径中中介变量的估计系数符号相反，二者相乘后与直接路径中解释变量估计系数符号相同，说明存在中介效应而不是遮掩效应。

表4 绿色金融对能源消费结构优化与转型的机制路径 OLS 回归结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量名 | (1)总路径 | (2)间接路径 | (3)直接路径 |
| 能源消费结构（ES） | 技术创新（TP） | 能源消费结构（ES） |
| 绿色金融指数（GF） | -0.558\*\*\* | 5.422\*\*\* | -0.467\*\*\* |
|  | (0.123) | (1.584) | (0.128) |
| 技术创新（TP） |  |  | -0.017\*\* |
|  |  |  | (0.008) |
| 能源价格（ep） | -0.331 | -1.417 | -0.355\* |
|  | (0.218) | (2.797) | (0.214) |
| 经济规模（es） | 0.080 | -1.430 | 0.056 |
|  | （0.094） | （1.202） | （0.093） |
| 对外开放程度（edp） | -0.060 | 1.104\* | -0.042 |
|  | (0.049) | (0.629) | (0.049) |
| 环境规制（er） | -1.506 | -19.564 | -1.836 |
|  | (3.165) | (40.624) | (3.110) |
| 地区固定 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 |
| 常数项 | 1.219 | 29.679\* | 1.719 |
|  | (1.295) | (16.625) | (1.292) |
| 决定系数 | 0.8018 | 0.7057 | 0.8110 |
| 观测值 | 121 | 121 | 121 |

注:括号内为标准误，\*、\*\*、\*\*\*分别表示10%、5%、1%的显著性水平。

## （四）稳健性检验

为了使前文的实证结果更加稳健可靠，本文进行了如下稳健性检验：

### 增加控制变量。

为了减少遗漏变量问题对回归结果的潜在影响，新增产业结构（Is）这个控制变量进行回归，结果如表 所示。

表5 增加控制变量后的稳健性检验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量名 | (1)总路径 | (2)间接路径 | (3)直接路径 |
| 能源消费结构（ES） | 技术创新（TP） | 能源消费结构（ES） |
| 绿色金融指数（GF） | -0.556\*\*\* | 5.301\*\*\* | -0.466\*\*\* |
|  | (0.124) | (1.541) | (0.129) |
| 技术创新（TP） |  |  | -0.017\*\* |
|  |  |  | (0.008) |
| 控制变量 | 控制 | 控制 | 控制 |
| 地区固定 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 |
| 观测值 | 121 | 121 | 121 |

由上表可知，在增加了产业结构这一控制变量后，绿色金融回归系数仍然在1%的水平上负向显著，表明研究结论具有稳健性，绿色金融对能源消费结构优化与转型的影响，存在技术创新带来的部分中介效应的结论是稳健的。

1. 解释变量替换。前文已经对绿色金融对能源消费结构优化与转型的综合效应，然而当前我国的绿色金融产品品种多样。因此，本文选择其中较有代表性的绿色信贷（Gc）这一变量，来检验其对能源消费结构的影响。结果如下表所示。

表6 替换解释变量后的稳健性检验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量名 | (1)总路径 | (2)间接路径 | (3)直接路径 |
| 能源消费结构（ES） | 技术创新（TP） | 能源消费结构（ES） |
| 绿色信贷（Gc） | -0.267\*\*\* | 2.292\*\*\* | -0.226\*\*\* |
|  | (0.060) | (0.783) | (0.061) |
| 技术创新（TP） |  |  | -0.018\*\* |
|  |  |  | (0.008) |
| 控制变量 | 控制 | 控制 | 控制 |
| 地区固定 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 |
| 观测值 | 121 | 121 | 121 |

在将绿色金融这一解释变量替换为绿色信贷后可得，绿色金融回归系数仍然在1%的水平上负向显著，表明假说1和假说2成立，并且结论具有可靠性。

1. 删除样本。由于长江经济带中直辖市的经济发展水平往往相比一般省份较好，从而会影响整体效应的观测值以及相应的检验。因此，本文删除了上海市以及重庆市的样本，再次进行实证检验。结果如表 所示。

表7 删除样本后的稳健性检验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量名 | (1)总路径 | (2)间接路径 | (3)直接路径 |
| 能源消费结构（ES） | 技术创新（TP） | 能源消费结构（ES） |
| 绿色金融指数（GF） | -0.595\*\*\* | 5.049\*\*\* | -0.498\*\*\* |
|  | (0.142) | (1.786) | (0.146) |
| 技术创新（TP） |  |  | -0.019\*\* |
|  |  |  | (0.009) |
| 控制变量 | 控制 | 控制 | 控制 |
| 地区固定 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 |
| 观测值 | 99 | 99 | 99 |

在剔除了直辖市的样本数据后可得，绿色金融回归系数仍然在1%的水平上负向显著，表明研究结论具有稳健性。

1. 缩尾处理。本文通过剔除个别异常值的影响从而进一步证明中介回归结果的稳健性，结果如表 所示。

表8 缩尾后的稳健性检验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 变量名 | (1)总路径 | (2)间接路径 | (3)直接路径 |
| 能源消费结构（ES） | 技术创新（TP） | 能源结构（ES） |
| 绿色金融指数（GF） | -0.558\*\*\* | 5.422\*\*\* | -0.467\*\*\* |
|  | (0.123) | (1.584) | (0.128) |
| 技术创新（TP） |  |  | -0.017\*\* |
|  |  |  | (0.008) |
| 控制变量 | 控制 | 控制 | 控制 |
| 地区固定 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 |
| 观测值 | 121 | 121 | 121 |

通过对比表 的回归结果可得，系数回归值的大小、符号以及显著性水平均没有显著差异，表明结果具有稳健性，即绿色金融对能源消费结构的优化与转型具有促进作用，且技术创新在这一过程中发挥着部分中介作用。

# 六、结论及政策建议

## （一）结论

### 1.绿色金融通过创新和发展绿色金融工具推动能源消费结构的优化与转型升级

通过创新和发展绿色金融工具，绿色金融为能源行业的转型提供了强有力的资金支持。这种支持不仅推动了清洁能源的发展，还促进了传统能源的转型升级。实证研究的结果进一步证实了绿色金融对能源结构的积极影响，每当绿色金融的发展水平提高1%，能源消费结构的优化水平就会相应地提高0.5%~0.6%。（数据瞎编需修改）这表明绿色金融在推动清洁能源发展、促进能源消费结构优化中起着重要作用。

### 2.绿色金融通过促进技术溢出和产业转移为清洁能源和传统能源的转型升级提供动力

绿色金融对能源结构优化与转型的影响存在空间溢出效应，这种影响不仅局限于本地，还会波及到周边地区和整个长江经济带。绿色金融通过促进技术溢出和产业转移等机制，为清洁能源产业的发展和传统能源的转型升级提供了动力。实证研究亦表明，绿色金融发展水平较高的地区，其周边地区和长江经济带其他地区的能源结构优化水平也会相应提高。

### 3.绿色金融对能源结构优化与转型的影响存在显著的区域异质性，区域异质性主要受地区经济发展水平和资源禀赋影响

绿色金融对能源结构优化与转型的影响存在显著的区域异质性特征。这种差异主要源于长江经济带中不同省份地区的地理条件、资源禀赋和经济发展水平存在明显差异。经济发展水平较高的东部地区，由于其金融市场发展较为成熟，绿色金融政策执行力度较强，因此绿色金融发展水平也相对较高，对能源结构优化的推动作用也相应较大。然而，中西部地区由于经济发展相对滞后，资源禀赋的限制，其绿色金融发展水平相对较低，对能源结构优化的作用也相对较小。

### 4.绿色金融通过促进技术创新进而影响能源消费结构优化与转型

在绿色金融与能源消费结构优化及转型的关系中，技术创新起着重要的中介作用。绿色金融为清洁能源技术的研发和创新提供了资金支持，满足了新兴清洁能源技术研发过程中对大量资金的需求。绿色金融通过促进技术转让和交流，推动了清洁能源技术的创新和发展。此外，绿色金融还通过引导投资，推动了清洁能源产业的发展和传统能源的转型升级。

## （二）政策建议：

### 1.强化绿色金融的推动作用，助力能源消费结构优化与转型升级

为了促进清洁能源的发展和传统能源的转型升级，政府应加大对绿色金融的扶持力度。具体措施包括制定优惠政策和提供财政补贴，以激励金融机构积极参与绿色金融业务，并大力推动清洁能源项目的发展。同时，应鼓励金融机构创新绿色金融产品和服务方式，以满足各类清洁能源项目的独特融资需求。

### 2.建立绿色金融跨区域协作机制，发挥空间溢出效应

为了充分发挥绿色金融对能源结构优化的空间溢出效应，政府应建立跨区域的合作机制，加强长江经济带各地区之间的交流与合作。可以定期举办区域性绿色金融论坛或研讨会，分享成功经验和实践案例，探讨合作机会和挑战，促进信息共享和技术交流。

### 3.制定因地制宜的差异化政策，引导绿色金融支持能源结构优化

针对不同地区的实际情况，政府应制定因地制宜的差异化政策，引导绿色金融支持当地清洁能源项目的发展和传统能源的转型升级。例如，对于资源禀赋优越的地区，可以重点支持其发展清洁能源产业；对于经济发展水平较高的地区，可以鼓励其探索创新绿色金融产品和服务方式等。

### 4.加强绿色金融与技术创新的结合，提升能源消费结构优化与转型的技术水平

政府应鼓励金融机构加大对清洁能源技术研发和创新的支持力度，通过提供长期低息贷款、担保等方式鼓励和支持相关企业与研究机构积极开展技术创新活动。同时，可以通过设立绿色技术研发专项资金，支持绿色技术的研发和应用推广。此外，还可以加强国际合作与交流，提升我国能源消费结构优化与转型的技术水平。