

参赛队号：

2021 年 (第七届) 全国大学生统计建模大赛

参赛学校：南京邮电大学

论文题目：碳交易政策下创新要素推动工业企业
绿色转型的实证研究

参赛队员：李尚烨 邱慧贞 王晨

指导老师：景杰

碳交易政策下创新要素推动工业企业绿色转型的实证研究

摘要

2020 年 9 月 22 日，习近平主席在第 75 届联合国大会上提出，力争碳排放 2030 年前达峰，2060 年前实现碳中和。而碳排放问题作为愈发严峻的全球性气候问题之一，受到国内外各界的广泛关注。在此背景下，我国实行创新驱动发展战略，碳排放交易政策下创新要素对企业绿色转型的影响研究是经济社会和学术界关注的热门主题。

首先本文通过查阅大量文献和数据，建立了影响工业企业绿色转型的指标体系。通过量化可能的影响工业企业绿色转型的因素，建立“熵权-模糊层次分析”评价模型，通过模糊层次分析法求得影响工业企业绿色转型的各指标权重，并采用熵权法对权重进行修正，最终确定各因素对工业企业绿色转型影响的综合权重。

然后利用 2016 年碳排放交易政策作为准自然实验，基于 2013 ~ 2019 年中国工业企业上市公司数据，采用双重差分方法，建立碳交易政策影响模型，研究了碳交易政策对我国工业企业转型和发展的影响及其机制。然后以核心解释变量来源于综合评价结果权重，以工业企业绿色转型作为被解释变量，以通过对结果进行基准回归分析，分析各变量对工业企业转型的影响。最后本文进行稳健性检验，通过更换指标值检验，平行趋势检验以及动态趋势检验三方面来验证模型的稳健性，结果表明本文采用的模型具有较高的稳健性。

研究表明，碳交易政策下创新要素对我国工业企业绿色转型具有明显正向促进作用，并为后续在全国范围内推广碳排放交易体系建设及分析工业企业绿色转型提供参考借鉴。

关键词：碳交易；双重差分法；创新要素；企业绿色转型；稳健性检验

Abstract

On September 22, 2020, President Xi Jinping proposed at the 75th United Nations General Assembly to strive for the peak of carbon dioxide emissions before 2030 and strive to achieve carbon neutrality by 2060. As one of the increasingly severe global climate issues, carbon emissions have always attracted wide attention from all walks of life at home and abroad. Our country implements an innovation-driven development strategy. Research on the impact of innovation factors on the green transformation of enterprises under the carbon emissions trading policy is a hot topic of concern in the economic society and academic circles.

Firstly, we have established an index system affecting the green transformation of enterprises through consulting a large number of documents and data. By quantifying the possible influence factors, we establish entropy-fuzzy level analysis and evaluation model, and determine the weight of the influence on enterprise green transformation. The model considers the advantages and disadvantages of the subjective and objective empowerment method, obtains the weight of the green transformation, and then uses the entropy method to calculate the comprehensive weight of each evaluation index.

Then we used the carbon emission trading policy in 2016 as a quasi-natural experiment, based on the data of Chinese industrial enterprise listed companies in 2013~2019, established the influence model of carbon trading policy, and studied the influence and mechanism of carbon trading policy on the transformation and development of China's industrial enterprises. Then the benchmark regression analysis analyzes the influence of various variables on enterprise transformation. Finally, the robustness test, including replacement index value test, parallel trend test and dynamic trend inspection are conducted to verify the robustness of the model, and the model shows high robustness.

Finally, the research results show that the carbon trading policy has an obvious role in promoting the transformation and development of Chinese enterprises, which provides a reference significance for the subsequent promotion of the carbon emission trading system nationwide.

Keywords: Carbon trading; Double difference method; Innovation factors; Enterprise transformation; Green development; Robustness test

目录

一、引言	1
二、文献综述	3
(一) 创新要素与企业绩效	3
(二) 碳交易研究方法	3
(三) 碳交易与企业之间的关系	4
(四) 综述总结	5
三、数据说明和处理	6
(一) 变量选择	6
(二) 数据来源	8
(三) 数据预处理	8
(四) 描述性统计	9
四、熵权-模糊层次分析综合评价与创新要素测度	9
(一) 模糊层次分析	9
(二) 熵权法	11
(三) FAHP 与熵权法综合	12
五、双重差分法模型 (DID) 建立	13
(一) 碳交易政策影响企业转型和发展的机理分析	13
(二) 双重差分法模型的建立	14
六、实证结果和分析	15
(一) 回归结果分析	15
(二) 稳健性检验	18
七、结论和建议	20
(一) 政府层面	20
(二) 行业层面	21
(三) 企业层面	21
参考文献	23
引文文献	23
阅读型文献	23
附录	26
致 谢	33

表格和插图清单

图目录

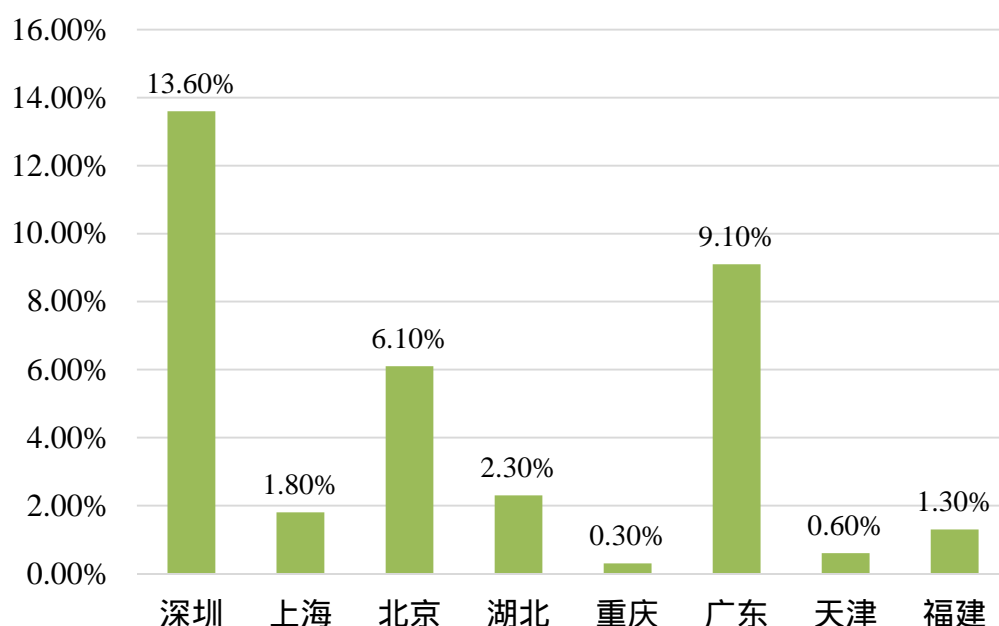
图 1 中国碳交易试点活跃度.....	1
图 2 中国试点碳价波动情况.....	2
图 3 平行趋势检验.....	19

表目录

表 1 绿色创新能力指标.....	7
表 2 部分主要变量描述性统计.....	9
表 3 模糊判断矩阵五标度法.....	10
表 4 随机一致性指标 RI 检验.....	11
表 5 创新要素指标权重.....	13
表 6 碳交易政策对企业转型升级的影响.....	17
表 7 更换指标值检验.....	18
表 8 双重差分法下交互项系数.....	20

一、引言

21 世纪以来，全球极端气候事件频发，气候变化早已成为全球性议题之一，与之息息相关的一次能源消费和碳排放引起国际社会普遍共识。2011 年，中国发展改革委批准 7 省市率先开展碳交易试点工作。截至 2020 年 11 月，我国 8 个试点区域碳市场共覆盖 20 多个行业及近 3000 家企业，碳市场配额现货累计成交量为 4.55 亿吨，金额超 104 亿元。



数据来源：wind 华宝证券研究创新部

图 1 中国碳交易试点活跃度

人类社会由信息时代进入大数据时代，数据新动能成为全球创新管理领域的热点^[1]和大国竞争新的制高点^[2]。创新是新动能的核心生产要素，创新要素的凝聚与释放为经济社会可持续发展创造巨大动力。十八届五中全会上，绿色发展被提升至五大新发展理念的核心位置，也是实现可持续发展的必然要求。

第七次全国人口普查结果显示，我国仍是世界第一人口大国，资源需求缺口及结构不均衡的压力仍显著存在。2020 年以来，全球新冠肺炎疫情蔓延尚未得到良好解决，中国经济率先复苏，但 2020 年上半年碳排放强度同比不降反升，且单位 GDP 二氧化碳排放量在世界上处于较高水平，减排压力较大，对创新要

素的需求缺口巨大。9月22日，习近平提出中国“30-60 碳目标”，释放了绿色低碳发展的强烈信号，并承诺中国将助力扩大《巴黎协定》国家的贡献，敦促各国追求“后疫情时代世界经济的绿色复苏”。中国已逐步成为致力于构建全球气候治理体系的领军者。

同数据要素新动能驱动发展的目标相一致，我国大力发展碳交易市场。生态环境部应对气候变化司司长李高表示，全国碳市场第一个履约周期于 2021 年 1 月 1 日启动。国家核证自愿减排量 CCER 抵消机制是 ETS 的重要环节，能够增强碳市场流动性，提高企业参与碳交易的积极性^[3]。

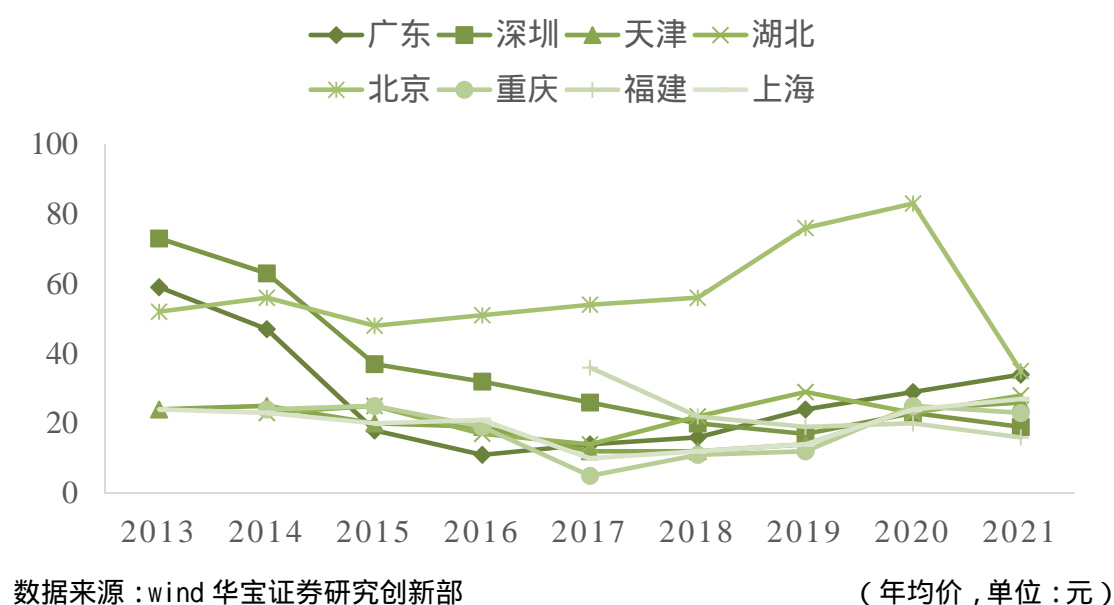


图 2 中国碳交易试点区域碳价波动情况

综上，研究我国碳交易政策下创新要素对企业转型的影响机制具有重要意义。本文建立影响企业绿色转型的创新因素指标体系，通过熵权-模糊层次分析评价模型，确定各创新因素对企业绿色转型影响的权重，然后将《“十三五”控制温室气体排放工作方案》政策实施作为一次准自然实验，基于面板数据下的双重差分模型，实证检验碳交易相关政策下，创新要素能否助力企业能源结构与核心发展转型升级，进一步检验推动中国碳排放权交易减排机制及绿色高质量发展的优化效果，据此得出结论，提出相应建议与发展规划，获得研究边际价值。

二、文献综述

（一）创新要素与企业绩效

在现有研究当中，国内外研究学者普遍认为创新要素能够推动企业绩效提升。如唐未兵等^[9]（2014）认为，技术创新活动能够促进经济增长集约化水平。Lee 等（2017）^[10]研究发现，产品创新和工艺创新都能够促进企业绩效，并受市场创新和组织活动创新影响。进一步，Choi 等（2016）^[11]发现，从长期来说，对产品的创新投资策略优于工艺投资策略。师博和姚峰（2018）^[12]利用 DEA 模型度量了 2004~2014 年国内制造业 TFP（全要素生产率），发现创新投入与市场竞争对提升企业 TFP 具有显著促进作用。

（二）碳交易研究方法

谭秀杰等（2016）^[13]采用中国多区域一般均衡模型 TermCO2，结合各个区域投入产出结构，即依据制度要素进行情景设置，模拟对全省经济的影响，并进一步分析了影响在行业间的差异性，但研究尚停留在宏中观角度。而 CHRISRTOPH B 等（2003）^[14]则围绕碳交易的收缩性和趋同性，基于面板数据应用 CGE 单区域模型，具体分析了碳交易的影响机制。

杨秀汪等（2020）^[15]利用合成控制法，基于数据驱动选择虚拟控制组，分析了碳交易市场对试点地区碳减排的影响，但其受情景选择的影响较大，在微观研究方面则具有一定局限性。而任晓松等（2020）^[16]利用三重差分模型和多重中介效应模型研究碳交易政策对高污染工业企业经济绩效的影响及其传导机制，对政策影响下微观经济主体提升经济绩效的中介机制进行深入探索。

周朝波等（2020）^[17]从国家和地区两个维度，以宏观视角，分析了碳交易政策对经济转型的影响机制，进一步揭示了地区异质性因素对各试点市场的不同转型效果及其内在因素。宋德勇（2019）^[18]应用双向控制效应双重差分模型分析，得出碳交易政策促使二氧化碳排放量和人均排放量逐年降低且效应逐年增强，但

对二氧化碳排放强度没有显著影响。

路正南等(2020)^[19]强调双重差分法的使用前提,从二氧化碳排放量和二氧化碳排放强度两个研究理论中心点,得出碳交易政策对其的减排效用均逐年增强,并对其适用性和动态效应进行检验,同时验证了环境库兹涅茨曲线假说。李艳芹等(2020)^[20]运用多时点双重差分法证明了碳交易政策对二氧化碳排放强度和排放量均有显著减排作用,且对前者的影响更大,同时也验证了排放量和经济发展水平之间的EKC假说。

(三) 碳交易与企业之间的关系

对于环境政策与企业创新发展之间的互动关系,Michael E Porter(1995)^[21]认为,严格的环境规制能够反向促使企业开展更多创新活动,从而从绿色转型中获得环境与经济红利,即经典的环境波特假说。基于此,国内外学者在碳交易领域对碳交易与企业之间的研究层出不穷。

在欧盟排放交易体系(EU-ETS)下,Abrell等(2011)基于2000余家欧盟企业公开数据,研究发现碳交易对企业生产效率、增加值和利润率的影响不显著。但仍有学者如Commins等(2011)^[22],Lschel(2018)^[23],KLEMETSEN等(2020)^[24]则认为碳交易市场对于企业生产率等经济绩效具有正向影响。

在国内碳交易政策实施后,胡晖等(2020)^[25]基于2011~2017年沪深股市2766家上市公司的数据,通过比较政策实施前后企业的高质量生产水平,以渐进性双重差分法检验发现,碳交易地区企业高质量生产水平较其他地区显著提升,同时对不同环境规制下的异质性影响效果进行进一步分析,得出强制纳入的重点控排企业对碳交易政策反映更大。黄楠(2018)^[26]基于2010~2015年碳交易试点省市上市公司数据,实证检验碳交易对企业创新、环境绩效以及经济绩效的影响机制,发现中国碳交易政策下并未实现环境与经济共赢的“强波特假说”。

在研发投入方面,彭业辉(2019)、刘晔等(2017)和沈洪涛等(2017)均

对碳交易政策对于企业研发投入的影响方面进行了相关研究。彭业辉基于试点地区部分上市公司数据，发现碳交易政策对试点企业研发投资具有显著促进作用。而刘晔等基于中国 A 股上市公司数据，采用三重差分模型，结果表明，碳交易政策能够诱发大规模企业增加研发创新投入，而对于小规模企业则未产生显著影响^[27]。沈洪涛等则基于 2012~2015 年部分上市公司平衡面板数据，运用双倍差分法，发现在碳交易政策影响下，企业倾向于通过减少产量来短期减少碳排放，而非投入减排技术来实现长期清洁生产减排^[28]。

而卢佳友等（2021）^[29]没有停留于企业研发和减排的传统领域，而是基于碳交易市场建设状况，建立碳信息披露指数，碳交易政策的实施对企业碳信息披露的影响，并进一步分析产权异质性及政府干预对于企业碳信息披露的差异性。另外，在企业价值方面，沈洪涛、黄楠（2019）^[30]利用双重差分法研究了碳交易政策对企业价值提升的作用，发现碳交易未能影响企业长期价值，并分析了其原因路径，得出了科斯定理的微观经济后果。

（四）综述总结

综上，国内外研究者广泛使用以双重差分法为主的各种计量经济方法探究碳交易政策的影响机制，虽然方法多元，但少见分析碳交易政策下基于企业绿色转型发展的创新要素指标体系的建立，且并未高度要求双重差分模型鲁棒性的相关检验，致使研究结果与结论同实际经济发展状况有一定出入。

本文的边际贡献主要体现在：利用熵权-模糊层次分析评价模型，得出催生工业企业新动能的创新要素指标体系及其各项对应权重，通过碳交易政策对企业绿色转型的 4 种途径分析其对企业绿色转型的影响机制，然后基于双重差分模型，研究不同碳交易市场规模下，在微观企业经营管理、资本结构等特征的视角下，对工业企业获得碳减排效果的影响，并且对模型进行了规范检验，使获得的结论具有良好的鲁棒性。

三、数据说明和处理

(一) 变量选择

碳交易政策可作为实现温室气体减排的重要规制手段，同时也对企业绿色技术创新起到了促进作用，其碳定价机制有助于激励企业的绿色低碳投资与创新，从而可以推动宏观经济增长以及可持续发展。在这样的背景下，本文进行了碳交易政策创新要素推动企业绿色转型的实证研究。

本文从投入和产出两个方面来考虑碳交易政策创新要素对企业绿色转型的影响，其中投入指标包括创新技术投入量和企业组织结构，产出指标为绿色创新绩效。

本文选取了以下指标进行实证分析。

1. 创新技术投入量

创新技术投入量包括企业研究与开发经费内部支出、研发支出占营业收入比例、企业总资产、企业生产总值及流动资产/流动负债。企业研究与开发经费内部支出的多少、研发支出占营业收入比例的多少，体现出企业对创新技术的重视程度。企业总资产、企业生产总值、流动资产/流动负债体现出企业的资金状况，一般认为，企业收益率相对越高，创新的成功率越高，企业成功绿色转型的可能性越大。

2. 绿色创新绩效

专利数据相比全要素生产率、R&D 等指标，更能够准确识别技术领域，学界通常根据专利信息来衡量创新质量。对于企业转型绿色创新方面，本文采用绿色发明专利占其当年所有专利申请的比例来作为衡量指标。因为相比单纯的专利数量，采用绿色专利占比能有效地剔除其他影响企业创新的不可观测因素，同时专利申请年份比专利授予年份更能反映企业的实际创新时间，因此，本文将绿色发明专利占其当年所有专利申请的比例作为企业绿色创新绩效的因素之一。

一般认为，专利的创新性及申请难度由高到低依次为发明专利、实用新型专利和外观设计专利，本文获取并针对异常数据进行处理，得到企业每年的绿色专利数量，并进一步区分了绿色专利中属于发明专利、实用新型专利和外观设计型专利的数量及比例，来衡量企业当期的实际绿色创新绩效。

同时本文将企业“是否可加入可持续发展报告指南”及“企业可持续增长率”也列入绿色创新绩效中，以更全面的衡量企业绿色转型的进度和程度。

3.企业组织结构

本文认为企业组织结构中包括企业的规模和企业收益率，企业的规模相对越大，企业收益率相对越高，创新的成功率越高，企业成功绿色转型的可能性越大。因此选取中的上市公司的企业员工数量和企业净资产作为控制变量来衡量用于创新的资产投入和企业规模的大小。同时一个企业的年龄、企业内部员工的年龄，也影响着企业组织机构的变化。

具体绿色创新能力指标如表 1 所示。

表 1 绿色创新能力指标

一级指标	二级指标	指标方向
创新技术投入量	研究与开发经费内部支出	正(+)
	研发支出占主营业务成本之比	正(+)
	企业总资产	正(+)
	企业生产总值	正(+)
	流动资产/流动负债	正(+)
绿色创新绩效	申请发明专利数量	正(+)
	申请实用新型专利数量	正(+)
	申请外观设计专利数量	正(+)
	绿色专利申请比例	正(+)
	是否可加入可持续发展报告指南	正(+)
企业组织结构	可持续增长率	正(+)
	企业员工平均年龄	负(-)
	企业员工数量对数	正(+)
	企业净利润	正(+)
	企业年龄自然对数	正(+)

(二) 数据来源

上市公司专利数据来自中华人民共和国国家知识产权局 (State Intellectual Property Office, SIPO) 以及中国研究数据服务平台 (Chinese Research Data Services Platform, CNRDS), 其企业经济、结构等数据来自国泰安数据服务中心 (China Stock Market & Accounting Research Database, CSMAR)。

(三) 数据预处理

1. 样本选取

本文考虑到碳交易试点主要影响企业集中于工业企业, 即除深圳和北京的碳交易试点将服务业企业纳入重点控排企业名单外, 其他省市的碳交易试点覆盖的企业基本上都是工业企业, 为了使结果更加准确, 本文剔除了非工业企业, 只选取工业企业为研究对象。(后文研究中“企业”若如无特殊标注, 均代指“工业企业”)

另外以处在北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳这 7 个试点地区的上市公司作为处理组, 以其他上市公司样本作为控制组。

2. 缺失值和异常值处理

首先本文对样本数据进行了筛选: 剔除已经退市的样本, 剔除专利申请总量为 0 或数据缺失的样本, 但为了保证在实验时拥有足够数量的样本, 本文对发明专利申请和实用新型专利申请及外观设计专利申请的缺失数据赋值为 0。

为了降低极端值对参数估计的影响, 通常会对样本中的极端值进行一定的处理, 本文采用的手法是 winsorize, 利用 winsorize 对连续变量两端进行 1% 水平的缩尾处理。

3. 数据处理

对于上市公司企业净资产、用于创新的资产投入、企业年龄、企业员工数量、企业员工平均年龄等, 本文进行了取对数的处理。

(四) 描述性统计

部分主要变量描述性统计如表 2 所示, 本文经过筛选剔除后获得 1630 家上市公司 8920 个样本。对于 2013~2019 年之间这些上市公司, 从企业所有制看, 国有企业占比 41%, 而非国有企业占比略高于国有企业; 从企业规模来看, 大型企业占比 59%, 小型企业占比 41%。另外本文通过细分绿色专利类型, 发现其中企业申请绿色发明专利占比的均值为 0.013, 绿色实用新型专利的占比为 0.015, 可见申请专利的难度随着专利的类型及其创新性的提高而有所增大。本文发现这些差异为后面检验碳交易试点政策对不同企业的所有制类型、不同规模影响的异质性提供了可供分析的视角。

表 2 部分主要变量描述性统计

主要变量含义	名称	平均值	标准差	最大值	最小值
企业绿色专利占比	GP	0.031	0.066	1.132	0.000
企业绿色发明专利占比	GIP	0.013	0.063	1.043	0.000
企业绿色实用新型专利占比	GUMP	0.015	0.063	1.332	0.000
企业绿色外观设计专利占比	GDP	0.072	0.063	1.329	0.000
企业净资产 (对数)	NAE	21.234	1.567	26.897	10.923
企业收益率 (对数)	CY	0.037	0.098	1.126	-2.746
企业用于创新的资产投入 (对数)	IIA	0.234	1.034	0.546	0.023
企业员工数量 (对数)	EN	8.124	1.345	15.345	0.000
企业年龄 (对数)	EA	1.753	0.801	4.021	0.000
企业员工平均年龄 (对数)	EEA	1.556	1.356	1.434	0.454

四、熵权-模糊层次分析综合评价与创新要素测度

本文采用熵权-模糊层次分析评价模型对影响煤炭价格的各因素进行重要度测度及排序。模糊层次分析法解决了层次分析法遇到如企业绿色创新绩效等层次太多的评价指标时, 难以保证思想一致性的问题; 进一步, 通过熵权法对模糊层次分析法下的指标权重进行修正, 减少了计算中的主观影响。

(一) 模糊层次分析

模糊层次分析法 (FAHP) 是模糊分析法与层次分析法的有机结合, 为量化

评价指标、选择最优方案提供依据。FAHP 方法在社会经济产出、环境绩效等综合评价与经济预测与决策领域中得到广泛应用。在 FAHP 中进行因素间相对重要程度的两两比较判断 ,建立模糊判断矩阵。利用模糊数学理论使定性分析定量化 ,让分析结果和数量经济学决策结论更加准确和清晰。

Step 1：建立模糊判断矩阵。

对全部因素的相对重要程度进行两两比较。然后根据五标度法，最终建立可能影响企业实现绿色转型的创新要素指标模糊判断矩阵 R 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

其中， $r_{ij} (i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, m)$ 通过 0.1~0.9 五标度法给出，如表 3 所示。

表 3 五标度法说明

标度	两元素相对重要程度比较情形
0.1,0.2,0.3,0.4	反比较：若元素 a_i 与元素 a_j 比较得出 r_{ij} ，则此两因素之间的反 向比较表示为 $r_{ji} = 1 - r_{ij}$
0.5	同等重要
0.6	较为重要
0.7	明显重要
0.8	重要得多
0.9	极度重要

Step 2：检验模糊判断矩阵的一致性。

计算模糊判断矩阵的一致性指标 CI 。

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1) \cdot RI}$$

式中， λ_{\max} 为计算出来的最大特征值； n 为可能影响企业绿色转型的创新要素指标的模糊判断矩阵的阶数。 RI 为平均一致性指标（见表 4）。

表 4 各阶数对应的 RI 检验值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Step 3 : 计算指标权重值。

首先,计算绿色创新要素指标判断矩阵中的每个行元素 a_{ij} 的观测值的连续乘积,再求 m 次方根。即可得到几何平均权重值:

$$\bar{W}_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$$

然后对向量 $\bar{W} = (\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_m)$ 进行标准化处理:

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^m \bar{W}_i}$$

所以,向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)$ 是需要的特征向量, W_i 是每个元素的权值。

(二) 熵权法

熵权法基于信息熵理论,对于所需的定量化指标体系能够实现客观赋权。其原理就是比较不同评价对象之间指标的评价差异。指标得出的评价差异越大则代表信息含量越丰富,熵值越小,在体系中的权重就越大。

Step 1 : 数据归一化处理。

对原始数据进行标准化来统一量纲。根据各指标对评价结果的影响,可分为积极指标和消极指标两类。积极指标对企业绿色转型能力具有正向促进影响。处理方法为:

$$x_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}}{\max_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\} - \min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}}$$

对于消极指标,指标值与企业绿色转型能力呈现反向变动关系。处理方式:

$$x_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \max_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}}{\min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\} - \max_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\}}$$

为简单起见,将规范化值写作 x_{ij} 。

Step 2：计算熵值。

第 i 个指标的熵值为：

$$e_i = -k \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \ln \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}}, k = \frac{1}{\ln m}, e_i \geq 0$$

Step 3：计算熵权值。

由此，第 i 个指标的熵权值为：

$$u_i = \frac{1 - e_i}{n - \sum_{i=1}^n e_i}$$

(三) FAHP 与熵权法综合

作为一种客观评价方法，熵权法能够充分利用原始数据提供的信息，得出较为客观的结论，但也存在受评价对象影响较大的缺点；模糊层次分析法是借助专家经验知识给出并计算指标权重，需要的实际数据少，计算简单，缺点是专家的偏好和选择对结果影响很大。使用综合评价方法，将二者的评价结果结合使用，可以弥补两种方法的不足，提高评价精度。故运用模糊层次分析法获得的指标主观权重 w_i 与熵权法获得的指标客观权重 u_i 进行综合，从而获得各影响企业绿色转型的创新因素指标综合权重 T_i ，并由此建立指标体系。

$$T_i = \frac{u_i w_i}{\sum_{i=1}^n u_i w_i}$$

由此，计算得出最终的影响企业绿色转型的各一级、二级指标的创新要素综合权重和客观权重，如表 5 所示。

表 5 创新要素指标权重

一级指标	权重 (T_i)	二级指标	权重 (u_i)
创新技术投入量	0.4376	研究与开发经费内部支出	0.3212
		研发支出占主营业务成本之比	0.1243
		企业总资产	0.2234
		企业生产总值	0.1802
		流动资产/流动负债	0.1509
绿色创新绩效	0.3189	申请发明专利数量	0.1401
		申请实用新型专利数量	0.1023
		申请外观设计专利数量	0.0823
		绿色专利申请比例	0.3231
		是否可加入可持续发展报告指南	0.1432
企业组织结构	0.2465	可持续增长率	0.2090
		企业员工平均年龄	0.0989
		企业员工数量对数	0.2345
		企业净利润	0.4524
		企业年龄自然对数	0.2142

五、双重差分法模型 (DID) 建立

(一) 碳交易政策影响企业转型和发展的机理分析

碳排放权交易是一种配额交易机制,是指把二氧化碳排放权作为一种可交易的商品,通过政府向各企业分配碳排放的配额,同时规定各企业二氧化碳排放量上限为 E 。若某企业实际的碳排放超出或低于上限 E ,则需在碳市场上以 C_b 或 C_p 的价格购买或卖出碳排放配额,从而形成二氧化碳排放权交易市场。

从企业经营管理方面来说,企业组织管理活动的创新调整直接影响着企业转型方向和发展姿态,从微观企业财务管理视角来看,在碳交易政策的驱动下追求利润最大化的企业,企业投资结构调整对于企业日常财务运营和中长期战略发展具有重要影响,而企业现金流 (CF)、资产收益率 (ROA) 也是影响企业开展研发创新业务的重要因素^[4] (熊彼特, 2009)。

基于碳交易政策下的企业的生产收入特征,本文预期碳交易政策将通过以下 4 种途径影响企业转型和发展。

1.通过（绿色）技术创新

碳交易政策在多方面控制排放企业的碳排放情况，往往致使企业不可同时实现环境红利和经济红利。而低碳技术改造、优化产品开发等技术创新，尤其是绿色专利、发明等产出或购进数量增加，体现企业科研结构和生产要素结构的转变，直接推动企业降低排放，诱发生产方式的转型变革，增强企业绿色、低碳创新驱动力，实现企业发展动能的转化过程，从根本上改变企业发展趋势。

2.通过增加交易现金流

在碳交易政策下，企业可以将多余的碳排放配额卖出，以获取直接的额外收益，即增加企业现金流量，从而释放企业研发活动的资金压力，促使企业不断获得研发投入激励，释放企业减排治污能力，促进企业转型发展。

3.通过提高资产收益率

在碳交易政策影响下，基于长期经济利益考量，企业倾向于重新优化资源配置效率，降低企业边际减排成本，不仅可以减少长期购买碳排放配额的成本支出，还有可能获取额外的减排收益，从而提高资产收益率。由此，激励企业加大研发投入力度或购进绿色专利，以实现企业生产的技术转型和发展创新。

4.通过资本深化

碳交易政策的实施，为排放企业带来新的环境规制，迫使企业环境成本提高，促使其调整投资支出结构，即相对需要更多投资以实现治污或减排，从而恢复和提高生产效率和利润率。企业往往购进高技术设备，以更加高级的资本投入代替普通劳动投入，即实现了资本的深化过程。

（二）双重差分法模型的建立

上文我们建立了影响企业绿色转型的指标体系，即确定了影响企业转型和发展的变量，并对企业的绿色转型建立了综合评价模型。接着我们通过双重差分法研究碳交易政策对我国工业企业转型和发展的影响及其机制。双重差分法多用于

经济学中对公共政策或项目实施效果的定量评估,通常是基于一个反事实的框架来评估政策发生和不发生两种情况下被观测因素的变化,能充分考虑不同组间样本在政策实施前可能存在的事前差异^[6],聚焦于试点地区是否受到碳交易政策影响,即通过对处理组和对照组以及试点实施前后进行 0 和 1 的赋值来考察碳交易政策的平均处理效应。

参照刘晔和张训常(2017)的模型思路,本文以 2016 年国务院颁布《“十三五”控制温室气体排放工作方案》为中心政策,将 2016 年作为研究政策实施点,2013~2015 年为试点前期,2017~2019 年为试点后期,采用双重差分方法,检验碳交易政策对企业转型和发展的影响。实证模型设定如下:

$$GPP_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 Measure_{ij} \times Time_t + \beta_2 Time_t + \beta_3 Measure_{ij} + \lambda X_i + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{ijt}$$

其中,下标 i, j, t 分别表示企业、省份和年份,以创新要素指标综合评价最终结果作为核心解释变量,采用绿色发明专利占其当年所有专利申请的比例 GPP 度量企业当期的实际绿色创新质量作为被解释变量,表示企业的转型和发展; $Measure_{ij}$ 为碳交易地区虚拟变量,如果企业 i 位于试点省市 j 取值为 1,否则为 0; $Time_t$ 为时间虚拟变量,碳交易时间点 2016 年后取值为 1,否则为 0;交互项 $Measure_{ij} \times Time_t$ 的系数 β_1 反映碳交易政策对企业转型和发展的影响; X 表示企业自身特征和地区特征的控制变量组, μ_i 为企业具备的固定效应,控制企业自身不随时间变化而变化的因素, σ_t 为时间固定效应, ε_{ijt} 为随机扰动项。

六、实证结果和分析

(一) 回归结果分析

碳交易政策对企业绿色专利占比的回归结果见表 6,回归结果表明,无论是否加入控制变量,模型变量系数均为正,意味着碳交易政策实施显著促进了以绿色技术创新为标志的工业企业的转型。与此同时,我们还对污染密集企业进行了回归分析,碳排放政策对污染密集企业的影响更大。从表 6 可以看出交互项系数

为正，与我们预期的结果基本一致。

表 6 碳交易政策对企业转型升级的影响

变量名称	(1a)	(1b)	(1c)	(1d)	(1e)
	全样本				污染密集行业
	GPP				
GP	0.152***	0.089***	0.067***	0.053***	0.046***
	(0.024)	(0.018)	(0.014)	(0.021)	(0.019)
GIP	0.373***	0.354***	0.302***	0.365***	0.276***
	(0.013)	(0.013)	(0.013)	(0.013)	(0.016)
GUMP	0.244***	0.324***	0.223***	0.431***	0.376***
	0.052	0.059	0.069	0.071	(0.065)
GDP	0.278***	0.342***	0.543***	0.345***	0.453***
	(0.032)	(0.054)	(0.067)	(0.046)	(0.053)
NAE	0.014	0.013	0.043	0.072*	0.026
	(0.037)	(0.039)	(0.034)	(0.038)	(0.063)
CY	0.623***	0.743***	0.595***	0.602***	0.589***
	(0.099)	(0.096)	(0.093)	(0.092)	(0.091)
IIA	0.052**	0.047**	0.049**	0.046**	0.051**
	(0.021)	(0.019)	(0.022)	(0.019)	(0.027)
EN	0.034*	0.032*	0.036	0.034*	0.043*
	(0.018)	(0.016)	(0.029)	(0.017)	(0.020)
EA	-0.078***	-0.078***	-0.075***	-0.072***	-0.076***
	(0.002)	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)
EEA	0.178***	0.178***	0.175***	0.172***	0.176***
	(0.012)	(0.024)	(0.023)	(0.024)	(0.033)
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制
地区变量	未控制	未控制	未控制	控制	控制
常数项	9.798***	3.034***	2.874***	4.521***	3.873***
	(0.023)	(0.134)	(0.214)	(0.345)	(0.435)
观察值	9845	8456	8445	8321	7853
R ²	0.157	0.245	0.221	0.230	0.289

注：所有回归都控制了时间和地区效应，括号中为标准误差，***p<0.01，**p<0.05，*p<0.1。以下表格相同。

回归结果充分表明碳交易政策是一种体现企业减排能力异质性的市场激励型环境制度，在碳交易过程中会通过市场激励向企业传达合适的价格信息。即在追求利润最大化的前提下，碳排放少的绿色企业可以卖出多余碳排放配额以获取额外收益，同时又会进一步激励其节能减排；而对碳排放量高的企业，则需要在碳交易市场上购买碳排放配额来满足自己的碳排放需求，由此带来更大的经济压

力,于是在这种情况下排放成本压力将使企业加大绿色技术研发投资,从而降低碳排放量。由此可以看出,这种自动调节的市场激励型环境制度能够激发企业加大研发投入打造绿色专利技术,开发低碳绿色技术,促进企业实现碳减排技术化,最终实现企业转型和发展。

控制变量回归结果也与预期基本一致。碳交易政策下,企业通过传导机制经济发展方式,产出的绿色发明专利占比、绿色实用新型专利占比以及绿色外观设计专利占比系数显著大于0,表明企业在碳交易政策的传导机制下所产出的绿色专利在总专利数的占比对企业转型发展具有促进作用;企业净资产(对数)、企业收益率(对数)和企业用于创新的资产投入(对数)的系数显著为正,表明碳交易对企业经济发展水平和对创新的资产投入的影响为正向显著,其有利于促进企业转型发展;企业员工数量(对数)和企业员工平均年龄(对数)系数显著为正,说明碳交易政策诱发企业自身组织结构优化,显著促进工业企业转型;企业年龄(对数)系数为负,表明碳交易政策下,年代久远的工业企业往往经济发展模式陈旧且难以改变,故其对企业转型具有显著的抑制作用。

同时,回归结果可以表明,在碳交易政策实施的前提下:第一,在绿色技术创新途径中,碳交易政策影响企业碳排放情况时,促使企业实施绿色技术创新,催生企业生产要素结构的转变,实现企业发展所依靠驱动力的转化,进而将改变企业发展趋势;第二,在增加交易现金流途径中,企业从多余碳排放配额交易中直接获取额外收益,有效缓解企业研发活动的资金压力,正反馈释放企业减排治污能力,推动绿色转型;第三,在提高资产收益率途径中,企业在长期经营中的趋利性导致其倾向于优化资源配置效率,降低企业边际减排成本,甚至获得额外减排收益,从而通过提高资产收益率促进企业绿色转型;第四,在资本深化途径中,碳交易政策实施增强环境规制作用,迫使企业购进高技术设备、专利等,将相对更多投入至治污或减排来恢复和提高生产效率及利润率,实现绿色转型发展。

(二) 稳健性检验

1. 更换指标值检验

我们通过更换影响企业绿色转型指标的具体数值，来判断模型的稳健性。从表 7 可以看出，回归的结果仍然是稳健的，从而表明所建立模型的敏感性和鲁棒性均较高。

表 7 更换指标值检验

变量名称	(2a)	(2b)	(2c)	(2d)	(2e)
	AVA 人均企业 增长值	GP 绿色专利 申请比例	Lncprofit 成本利润率	LnSGR 可持续增长率	动态趋势检验
GP	0.292*** (0.054)	0.289*** (0.038)	0.087*** (0.014)	0.153*** (0.041)	0.046*** (0.019)
	0.275*** (0.019)	0.259*** (0.010)	0.302*** (0.043)	0.245*** (0.053)	0.274*** (0.036)
GUMP	0.544*** 0.156	0.524*** 0.154	0.523*** 0.161	0.631*** 0.174	0.576*** (0.105)
	0.398*** (0.132)	0.382*** (0.093)	0.443*** (0.123)	0.545*** (0.146)	0.413*** (0.113)
GDP	0.037*** (0.011)	0.038*** (0.011)	0.023 (0.034)	0.022 (0.038)	0.036*** (0.013)
	0.723*** (0.149)	0.243*** (0.016)	0.495*** (0.093)	0.502*** (0.122)	0.489*** (0.101)
CY	0.252*** (0.061)	0.287*** (0.039)	-0.149*** (0.042)	-0.206** (0.014)	0.251** (0.047)
	0.034* (0.018)	0.032* (0.016)	0.036 (0.029)	0.034* (0.017)	0.043* (0.020)
EN	-0.078*** (0.002)	-0.078*** (0.004)	-0.075*** (0.003)	-0.072*** (0.004)	-0.076*** (0.003)
	0.178*** (0.012)	0.178*** (0.024)	0.175*** (0.023)	0.172*** (0.024)	0.176*** (0.033)
EEA	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制
地区变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-4.798*** (0.423)	3.034*** (0.533)	0.874*** (0.016)	-0.521*** (0.041)	-1.873*** (0.435)
	6823	8985	8790	8794	7776
观察值	6823	8985	8790	8794	7776
R ²	0.057	0.121	0.055	0.865	0.254

2.共同趋势和动态效应检验

使用双重差分的一个尤为重要的假设条件是满足共同趋势，即两组样本在受到冲击或在政策发生前必须具有可比性，假定控制组的表现作为实验组的反事实^[8]。否则双重差分结果就无任何应用价值。

共同趋势检验有多种方法，目前使用较多的方法是事件研究法即 ESA 方法，将其应用在双重差分法中，在检验是否满足共同趋势的同时，还能够检验政策在时间上的动态变化趋势，将二者结合的方法称为政策的动态效应。于是我们通过借用这个方法分析碳交易政策实行前各省区的企业转型指标（企业绿色专利占比）是否具有共同趋势，同时分析碳交易政策实行前后的动态效应。

共同趋势检验

从图 3 可以看出，在 2016 年以前（虚线左侧）处理组和控制组的企业转型指标（企业绿色专利占比）都呈上升趋势，且上升的趋势基本一致，这表明满足共同趋势假设；而在 2016 年以后（虚线右侧），即《“十三五”控制温室气体排放工作方案》实施以后，处理组和控制组企业绿色转型指标开始呈现差异，政策实施后的处理组企业转型指标相比于控制组增长的趋势更大，由此表明，碳排放交易政策的实施能够在一定程度上促进企业的转型和发展。

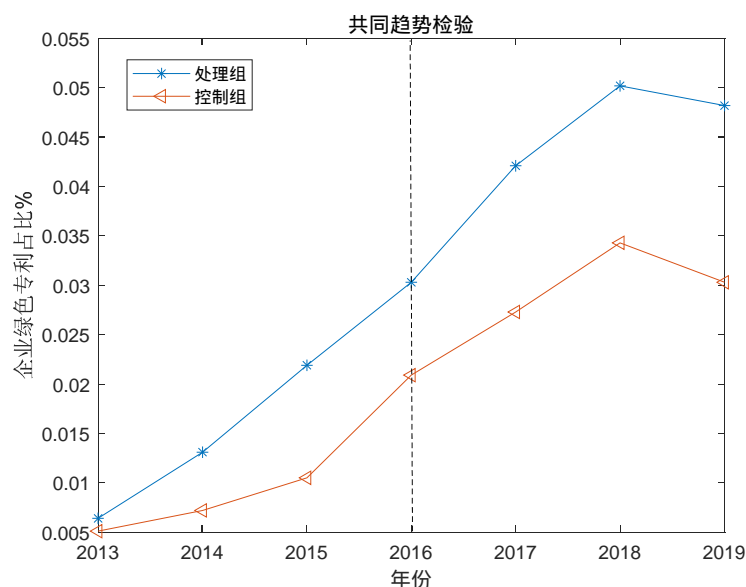


图 3 平行趋势检验

动态效应检验

由于碳交易政策实施带来的影响会随时间变化，故对碳交易政策实施前后的动态效应进行检验，判断碳交易政策下创新要素对企业绿色转型的影响是否会随着时间变化，同时也是从侧面再一次证明企业转型发展指标的共同趋势。

结果表明政策实施以前年份结果不显著，而在 2016 政策实施以后的年份交互项系数均显著大于 0，说明检验具有较强的稳健性，同时也与上文的回归结果一致，从侧面验证了共同趋势检验结果的正确性。还从表 8 的结果可以发现，通过政策实施后的交互项的系数可以看出，交互项系数随时间逐渐减小，说明碳交易政策下创新要素对企业转型和发展的影响随着时间逐渐减弱。

表 8 双重差分法下交互项系数

年份	2014	2015	2016	2017	2018
交互项系数	-0.002 (0.018)	0.023 (0.017)	0.034** (0.016)	0.029** (0.014)	0.025* (0.013)

七、结论和建议

本文基于现有学者研究成果，建立了创新要素推动企业绿色转型的指标体系，通过熵权-模糊综合评价方法，计算出指标对应的综合权重。再以 2016 年国务院颁布的《“十三五”控制温室气体排放工作方案》为中心政策作为准自然实验，基于中国 2013~2019 年上市公司面板数据，运用双重差分法，实证分析宏观碳交易政策下创新要素对于微观层面的企业绿色转型的影响。基准模型结果表明：碳交易政策对企业绿色专利占比、财务资产状况以及经营管理均有正向、显著影响，即在碳交易传导机制中对企业的转型和升级具有促进作用；稳健性检验结果表明：双重差分模型在碳交易政策的微观影响分析过程中具有较强的鲁棒性，且碳交易政策对企业转型发展的作用效果在作用时间点之后，随时间推移逐渐减弱。

基于以上实证分析结论，本文从政府、行业和企业角度提出建议如下：

（一）政府层面

完善绿色发展体制机制，早日实现碳达峰和碳中和目标。加快完善碳交易政策下利于绿色低碳发展的价格、财税等经济政策，丰富试点地区效果评估手段方法，加快建设全国碳交易市场及其数据交流平台，加强风险管控同时适度放宽市场规制，发挥市场在资源配置中的主导地位，同时发挥全市场交易等结构化定向化大数据在企业绿色转型升级中的驱动作用，为潜力型工业企业绿色转型提供更大发展空间。

（二）行业层面

先行响应国家碳交易政策与相关绿色经济制度，坚持绿色发展理念，遵循碳交易相关管理办法和规定。同时建立健全生态环保与科技创新合作机制，打造碳交易相关行业内部绿色技术高地，形成绿色发展创新龙头示范企业。同时加强对相关高排工业企业减排管制力度，结合能源发展战略，淘汰无法适应碳交易新形势的过剩和落后产能企业。

（三）企业层面

企业在碳交易宏观政策之下，自身需制定并遵循相应的碳排放交易制度，在企业发展进程中，利用好数据要素等高质量发展要素，找到成本、服务、质量和碳排放结果之间的最佳平衡点，实现企业生产方式转型升级，谋求绿色创新发展，应对未来全国碳排放交易市场开放之下的机遇和挑战。基于碳交易政策下的企业的生产收入特征和本文所预期的碳交易政策影响企业转型发展的 4 种途径以及实证结论，提出企业层面的发展建议如下。

1.在数据新动能方面：以数字化助力推进碳交易市场建设。加强减排防控管理平台等大数据平台，应用环境 AI 算法、云模型等计算机技术，对大数据进行深度挖掘和分析，排放溯源以及预测预报预警机制，提供智能监督、分析与执法等多元化数据服务。例如碳监测系统“一站式”过程形成统一的碳排放数据信息，实现信息要素的结构化整合，从而为碳市场建设提供内生动力。

2.在绿色技术创新方面：加强绿色专利发明研发与购进，改革生产方式，谋求转型升级。碳交易政策对企业绿色专利发明的正向影响促进企业绿色生产，在追求绿色专利发明数量的同时提质增效。结合能源结构调整，大力发展新能源技术创新，提高能源使用效率，从而实现生产方式转型和创新发展的。

3.在企业环境交易和投入方面：建立绿色创新投入体系，实现资本深化。根据市场风险和动向，灵活调整企业投资结构，加强绿色创新投资，对症下药完善创新要素驱动的绿色投资体系。加强风险管制，努力实现稳健的碳金融交易。同时需要构建稳定的绿色创新资金来源渠道，保证企业的绿色创新活动开展。

4.在增加交易现金流和提高资产收益率方面：发挥员工数量优势，提升内部人员综合素质，优化企业人员年龄结构，促进组织与管理模式转型优化。建立企业组织管理和日常经营绿色创新能力评价体系，提高物流、信息流和资金流在企业内部的转化效率，释放企业绿色发展活力，促使企业以全新管理模式高效发展，促活企业绿色发展新动能。

参考文献

引文文献

- [1] 陈劲,李佳雪.数字科技下的创新范式[J].信息与管理研究,2020,5(Z1):1-9.
- [2] 王一鸣.百年大变局、高质量发展与构建新发展格局[J].管理世界,2020,36(12):1-13.
- [3] 孟爱玲. 基于碳排放交易机制的供应链企业合作减排策略研究[D].重庆交通大学,2015.
- [4] 熊彼特. 经济发展理论[M]. 中国社会科学出版社, 2009.
- [5] 张海军,段茂盛.碳排放权交易体系政策效果的评估方法[J].中国人口·资源与环境,2020,30(05):17-25.
- [6] 卫梦星. “反事实”思想在宏观政策效应评估中的应用[D].中国社会科学院研究生院,2013.
- [7] 张建清,龚恩泽,孙元元.长江经济带环境规制与制造业全要素生产率[J].科学学研究,2019,37(09):1558-1569.
- [8] 于泽,徐沛东.资本深化与我国产业结构转型——基于中国 1987—2009 年 29 省数据的研究[J].经济学家,2014(03):37-45.

阅读型文献

- [9] 唐未兵,傅元海,王展祥.技术创新、技术引进与经济增长方式转变[J].经济研究,2014,49(07):31-43.
- [10] Lee R , Lee J H , Garrett T C . Synergy effects of innovation on firm performance[J]. Journal of Business Research, 2019, 99(JUN.):507-515.
- [11] Choi K , Narasimhan R , Kim S W . Opening the technological innovation black box: The case of the electronics industry in Korea[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 250.

- [12] 师博,姚峰,李辉.创新投入、市场竞争与制造业绿色全要素生产率[J].人文杂志,2018(01):26-36.
- [13] 谭秀杰,刘宇,王毅.湖北碳交易试点的经济环境影响研究——基于中国多区域一般均衡模型 TermCo2[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2016,69(02):64-72.
- [14] Christoph Böhringer,Heinz Welsch. Contraction and Convergence of carbon emissions: an intertemporal multi-region CGE analysis[J]. Journal of Policy Modeling,2003,26(1).
- [15] 杨秀汪,李江龙,郭小叶.中国碳交易试点政策的碳减排效应如何?——基于合成控制法的实证研究[J/OL].西安交通大学学报(社会科学版):1-18[2021-05-27].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1329.C.20210407.0858.002.html>.
- [16] 任晓松,马茜,刘宇佳,赵国浩.碳交易政策对高污染工业企业经济绩效的影响——基于多重中介效应模型的实证分析[J].资源科学,2020,42(09):1750-1763.
- [17] 周朝波,覃云.碳排放交易试点政策促进了中国低碳经济转型吗?——基于双重差分模型的实证研究[J].软科学,2020,34(10):36-42+55.
- [18] 宋德勇,夏天翔.中国碳交易试点政策绩效评估[J].统计与决策,2019,35(11):157-160.
- [19] 路正南,罗雨森.中国碳交易政策的减排有效性分析——双重差分法的应用与检验[J].干旱区资源与环境,2020,34(04):1-7.
- [20] 李艳芹,李宗尧,张骞.碳交易政策与碳排放——多时点双重差分模型的实证检验[J].科学与管理,2020,40(06):67-74.
- [21] Michael E Porter,Claas van der Linde. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship[J]. Journal of Economic

Perspectives,1995,9(4).

- [22]Nicola Commins,Seán Lyons,Marc Schiffbauer,Richard S.J. Tol. Climate Policy & Corporate Behavior[J]. The Energy Journal,2011,32(4).
- [23]Lschel A , Lutz B J , Managi S . The impacts of the EU ETS on efficiency: An empirical analyses for German manufacturing firms[J]. Resource & Energy Economics, 2018.
- [24]MARIT KLEMETSEN,KNUT EINAR ROSENDAHL,ANJA LUND JAKOBSEN. THE IMPACTS OF THE EU ETS ON NORWEGIAN PLANTS' ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERFORMANCE[J]. Climate Change Economics,2020,11(01).
- [25]胡晖,唐恩宁.环境权益交易对企业高质量生产的影响——基于碳排放权交易的经验证据[J].宏观质量研究,2020,8(05):42-57.
- [26]黄楠. 碳排放权交易、创新与企业绩效[D].暨南大学,2018.
- [27]刘晔,张训常.碳排放交易制度与企业研发创新——基于三重差分模型的实证研究[J].经济科学,2017(03):102-114.
- [28]彭业辉.碳排放权交易对企业研发投入的影响研究[J].时代金融,2020(11):58-59.
- [29]卢佳友,谢琦,周志方.碳交易市场建设对企业碳信息披露的影响[J].财会月刊,2021(10):69-76.
- [30]沈洪涛,黄楠,刘浪.碳排放权交易的微观效果及机制研究[J].厦门大学学报(哲学社会科学版),2017(01):13-22.

附录

附录一 利用 SPSS 得到 Pearson 相关性结果如下

附表 1 变量之间的 Person 相关矩阵

		GP	GIP	GUMP	GDP	CY	IIA
GP	皮尔逊相关性	1	.672	.873 [*]	.616	.696	-.907 ^{**}
	显著性（双尾）		.098	.010	.141	.082	.005
	个案数	7	7	7	7	7	7
GIP	皮尔逊相关性	.672	1	.906 ^{**}	.765 [*]	.933 ^{**}	-.837 [*]
	显著性（双尾）	.098		.005	.045	.002	.019
	个案数	7	7	7	7	7	7
GUMP	皮尔逊相关性	.873 [*]	.906 ^{**}	1	.856 [*]	.941 ^{**}	-.950 ^{**}
	显著性（双尾）	.010	.005		.014	.002	.001
	个案数	7	7	7	7	7	7
GDP	皮尔逊相关性	.616	.765 [*]	.856 [*]	1	.929 ^{**}	-.749
	显著性（双尾）	.141	.045	.014		.002	.053
	个案数	7	7	7	7	7	7
CY	皮尔逊相关性	.696	.933 ^{**}	.941 ^{**}	.929 ^{**}	1	-.867 [*]
	显著性（双尾）	.082	.002	.002	.002		.012
	个案数	7	7	7	7	7	7
IIA	皮尔逊相关性	-.907 ^{**}	-.837 [*]	-.950 ^{**}	-.749	-.867 [*]	1
	显著性（双尾）	.005	.019	.001	.053	.012	
	个案数	7	7	7	7	7	7
EN	皮尔逊相关性	-.891 ^{**}	-.505	-.657	-.429	-.479	.666
	显著性（双尾）	.007	.247	.109	.337	.277	.103
	个案数	7	7	7	7	7	7
EA	皮尔逊相关性	-.884 ^{**}	-.415	-.664	-.324	-.401	.654
	显著性（双尾）	.008	.354	.104	.478	.373	.111
	个案数	7	7	7	7	7	7
EEA	皮尔逊相关性	-.053	.590	.202	.081	.353	-.186
	显著性（双尾）	.910	.163	.664	.863	.438	.689
	个案数	7	7	7	7	7	7

附表 2 变量与指标之间的 Person 相关矩阵

		EN	EA	EEA
GP	皮尔逊相关性	-.891 ^{**}	-.884 ^{**}	-.053
	显著性（双尾）	.007	.008	.910
	个案数	7	7	7

GIP	皮尔逊相关性	-.505	-.415	.590
	显著性（双尾）	.247	.354	.163
	个案数	7	7	7
GUMP	皮尔逊相关性	-.657	-.664	.202
	显著性（双尾）	.109	.104	.664
	个案数	7	7	7
GDP	皮尔逊相关性	-.429	-.324	.081
	显著性（双尾）	.337	.478	.863
	个案数	7	7	7
CY	皮尔逊相关性	-.479	-.401	.353
	显著性（双尾）	.277	.373	.438
	个案数	7	7	7
IIA	皮尔逊相关性	.666	.654	-.186
	显著性（双尾）	.103	.111	.689
	个案数	7	7	7
EN	皮尔逊相关性	1	.836 [*]	.058
	显著性（双尾）		.019	.902
	个案数	7	7	7
EA	皮尔逊相关性	.836 [*]	1	.255
	显著性（双尾）	.019		.581
	个案数	7	7	7
EEA	皮尔逊相关性	.058	.255	1
	显著性（双尾）	.902	.581	
	个案数	7	7	7

*. 在 0.05 级别（双尾），相关性显著。

**. 在 0.01 级别（双尾），相关性显著。

附录二 部分变量数据展示

附表 3 部分变量数据

年份	GP	GIP	GUMP	GDP	NAE	CY	IIA	EN	EA	EEA
2013	973.878	11.030	9.983	8.020	3.2136	0.358	2027.96	16.100	21.880	20.480
2014	517.581	11.078	9.560	13.300	3.6484	0.460	2128.82	45.770	24.060	14.260
2015	398.770	13.259	8.549	7.368	5.2456	0.396	8397.28	48.040	27.560	16.390
2016	183.519	6.477	5.982	4.306	2.9337	0.177	2144.68	59.530	26.750	42.300
2017	280.190	5.849	6.034	3.644	4.9969	0.207	1844.00	60.160	24.050	34.460
2018	117.026	7.354	5.858	4.445	4.4311	0.211	3434.17	54.430	23.570	56.950
2019	90.825	4.014	3.858	2.765	1.8205	0.112	2391.16	48.820	32.070	59.000

附录三 代码部分

熵权法

```
clc,clear
load shehui.txt
x=shehui;
[n,m]=size(x); % n 个年份, m 个指标
ind=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1];%指标的正逆性
y=zeros(n,m);
xmin=min(x);
xmax=max(x);

for j=1:m
    for i=1:n
        if(ind(j)==1)%正指标
            x(i,j)=(x(i,j)-xmin(j))/(xmax(j)-xmin(j));
        else%负指标
            x(i,j)=(xmax(j)-x(i,j))/(xmax(j)-xmin(j));
        end
    end
end
x;
%%计算第 j 个指标下, 第 i 个样本占该指标的比重 p(i,j)
for i=1:n
    for j=1:m
        p(i,j)=x(i,j)/sum(x(:,j));%指标归一化
    end
end
p;

% 计算第 j 个指标的熵值 e(j)
k=1/log(n);

for j=1:m
    e(j)=-k*sum(p(:,j).*log(p(:,j)+0.0000001))
end
d=ones(1,m)-e; % 计算信息熵冗余度
w=d./sum(d) % 求权值 w
s=w*x'
```

模糊层次分析法

```
clc,clear
%load juzhen.txt
%A=input('A');
```

```

A=[ 1  3  7
1/3  1  5
1/7  1/5  1];
ERROR = 0;
[r,c]=size(A);
if r ~= c || r <= 1
    ERROR = 1;
end
if ERROR == 0
    [n,n] = size(A);
    if sum(sum(A <= 0)) > 0
        ERROR = 2;
    end
end
if ERROR == 0
    if n > 15
        ERROR = 3;
    end
end
if ERROR == 0
    if sum(sum(A' .* A ~= ones(n))) > 0
        ERROR = 4;
    end
end

if ERROR == 0
    % % % % % % % % % % % % % % 方法 1 : 算术平均法求权重
    Sum_A = sum(A);
    SUM_A = repmat(Sum_A,n,1);
    Stand_A = A ./ SUM_A;
    disp('算术平均法求权重的结果为 : ');
    disp(sum(Stand_A,2)./n)
    % % % % % % % % % % % % % % 方法 2 : 几何平均法求权重
    Prduct_A = prod(A,2);
    Prduct_n_A = Prduct_A .^ (1/n);
    disp('几何平均法求权重的结果为 : ');
    disp(Prduct_n_A ./ sum(Prduct_n_A))
    % % % % % % % % % % % % % % 方法 3 : 特征值法求权重
    [V,D] = eig(A);
    Max_eig = max(max(D));
    [r,c]=find(D == Max_eig , 1);

```

```

disp('特征值法求权重的结果为:');
disp( V(:,c) ./ sum(V(:,c)) )
% % % % % % % % % % % % % % 下面是计算一致性比例 CR 的环节
% % % % % % % % % % % % % %
CI = (Max_eig - n) / (n-1);
RI=[0 0.00001 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.46 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58
1.59]; %注意哦，这里的 RI 最多支持 n = 15
% 这里 n=2 时，一定是一致矩阵，所以 CI = 0，我们为了避免分母为 0，将
这里的第二个元素改为了很接近 0 的正数
CR=CI/RI(n);
disp('一致性指标 CI=');disp(CI);
disp('一致性比例 CR=');disp(CR);
if CR<0.10
    disp('因为 CR<0.10，所以该判断矩阵 A 的一致性可以接受!');
else
    disp('注意：CR >= 0.10，因此该判断矩阵 A 需要进行修改!');
end
elseif ERROR == 1
    disp('请检查矩阵 A 的维数是否不大于 1 或不是方阵')
elseif ERROR == 2
    disp('请检查矩阵 A 中有元素小于等于 0')
elseif ERROR == 3
    disp('A 的维数 n 超过了 15，请减少准则层的数量')
elseif ERROR == 4
    disp('请检查矩阵 A 中存在 i、j 不满足 A_ij * A_ji = 1')
end
end

```

平行趋势检验

```

ssc install coefplot, replace
*findit coefplot

```

```

clear all
set more off
eststo clear
capture version 14

```

```

shell curl -o outsourcingatwill_table7.zip
"http://economics.mit.edu/~dautor/outsourcingatwill_table7.zip"
unzipfile outsourcingatwill_table7.zip

```

```

use "table7/autor-jole-2003.dta", clear
gen lnemp = log(annemp)

```

```

gen nonemp = stateemp - svcemp
gen lnnon = log(nonemp)
gen svcfrac = svcemp / nonemp

gen bizemp = svcemp + peremp
gen lnbiz = log(bizemp)

gen t = year - 78
gen t2 = t^2

keep if inrange(year, 79, 95) & state != 98

gen clp = clg + gtc
gen a1624 = m1619 + m2024 + f1619 + f2024
gen a2554 = m2554 + f2554
gen a55up = m5564 + m65up + f5564 + f65up
gen fem = f1619 + f2024 + f2554 + f5564 + f65up
gen white = rs_wm + rs_wf
gen black = rs_bm + rs_bf
gen other = rs_om + rs_of
gen married = marfem + marmale

replace unmem = . if inlist(year, 79, 81)
replace unmem = unmem * 100

reg lnths lnemp admico_2 admico_1 admico0 admico1 admico2 admico3 mico4
admppa_2 admppa_1 ///
    admppa0 admppa1 admppa2 admppa3 mppa4 admgfa_2 admgfa_1 admgfa0
admgfa1 admgfa2 admgfa3 ///
    mgfa4 i.year i.state i.state#c.t, cluster(state)

coefplot, keep(admico_2 admico_1 admico0 admico1 admico2 admico3 mico4)
vertical addplot(line @b @at)

coefplot, ///
    keep(admico_2 admico_1 admico0 admico1 admico2 admico3 mico4) ///
    coeflabels(admico_2 = "2 yr prior" ///
    admico_1 = "1 yr prior" ///
    admico0 = "Yr of adopt" ///
    admico1 = "1 yr after" ///
    admico2 = "2 yr after" ///
    admico3 = "3 yr after" ///
    mico4 = "4+ yr after") ///
    vertical ///

```

```
ylines(0) //
ytile("Log points") //
xtile("Time passage relative to year of adoption of implied contract exception") //
addplot(line @b @at) //
ciopts(recast(rcap)) //
rescale(100) //
scheme(s1mono)

graph export "figurename.png", replace
```

致 谢

《碳交易政策下创新要素推动企业绿色转型的实证研究》论文即将完成。在此，谨向给我们提供帮助的各位老师和同学致以诚挚的谢意。

首先，感谢我们的指导老师景杰老师！景杰老师结合国家热点话题和自己擅长的方向，在论文选题上为我们提供了许多的帮助。与此同时，认真耐心地解答了我们许多问题，使得我们更好的理解选题，在专业能力和科研水平上都得到了很大的提高。

最后，还要感谢一起努力完成论文，一起努力钻研的成员，大家相互帮助，团结协作，共同克服了一个又一个困难。