

碳交易市场对企业全要素生产率的影响

——绿色双元创新的中介效应

龚军姣¹, 邱旋¹, 徐扬²

(1. 温州大学商学院, 浙江温州 325035; 2. 中国石化集团南京化学工业有限公司, 江苏南京 210048)

摘要:双碳目标下推动企业实现创新驱动式的高质量发展是重要议题。基于2010—2021年沪深A股上市公司的数据,构建多期双重差分模型实证检验碳交易市场对企业全要素生产率的影响效应及绿色双元创新的中介作用。研究发现,碳交易市场显著提升企业的全要素生产率。机制分析表明,碳交易市场通过推动企业进行绿色双元创新进而提升全要素生产率,且突破式绿色创新的中介作用要强于渐进式绿色创新。调节效应表明,市场竞争和法制保障正向调节绿色双元创新的中介作用。进一步分析中,企业的全要素生产率与碳市场的价格及规模存在正向关系,且价格上升更能刺激企业突破式创新行为,规模扩大则驱动企业进行渐进式创新。研究结论丰富了碳交易市场的微观影响研究,为释放市场活力和实现高质量发展提供了科学指引。

关键词:碳交易市场;全要素生产率;绿色双元创新;多期双重差分

中图分类号:F205;F273 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)05-0078-11

DOI:10.20211/j.cnki.jnufe.2024.05.008

一、引言

美国国家海洋和大气管理局(NOAA)在2023年发布的气候报告中指出,2022年全球温室气体浓度创历史新高。作为第一排放大国,中国过去依靠传统要素的扩张实现了经济的高速增长,在资源趋紧和环境恶化的情形下,亟须推动经济增长模式由粗放式发展转为高质量发展。企业作为经济发展的微观主体,其全要素生产率的提升是加快高质量发展进程的关键。因此,中国采取一系列的环境治理措施推动企业转型升级,例如排污权交易、环境保护税、低碳城市试点等^[1-2]。在积累了一定的治理经验后,中国于2011年宣布将在五省二市开展碳排放权交易的试点工作,各试点碳交易市场于2013年陆续启动。碳交易市场旨在通过内化企业排放的外部性成本并借助市场力量倒逼企业减少碳排放,已有学者证实了碳交易市场的减排效应及空间溢出效应^[3-4]。那么,碳交易市场能否以及如何推动企业全要素生产率的提高?这一问题的回答对加快高质量发展的实现进程有重要的现实意义。

已有研究中,国外学者侧重企业行为的演进过程,认为碳交易市场推动企业在生产计划、投资策略、就业结构等方面进行调整^[5-6];国内研究集中考察碳交易市场对企业财务绩效、创新绩效等方面的影响及波特假说的验证^[7-8]。波特假说从动态视角看待环境规制的影响,认为适当的环境规制促使企业开展创新活动,创新补偿效应下企业竞争力得到提升,弱波特假说则指环境规制能刺激企业进行技

收稿日期:2023-10-24;修回日期:2024-03-23

基金项目:浙江省哲学社会科学基金一般项目“碳交易制度对高耗能企业绿色转型的影响机制和应对策略研究”(23NDJC279YB)

作者简介:龚军姣(1977—),女,湖北仙桃人,通讯作者,管理学博士,温州大学商学院教授,研究方向为政府治理、企业行为;邱旋(1998—),女,江苏盐城人,温州大学商学院硕士研究生,研究方向为政府治理、企业行为;徐扬(1975—),女,湖北仙桃人,中国石化集团南京化学工业有限公司注册安全工程师,研究方向为公共治理。

术创新^[9]。在碳交易市场与企业全要素生产率的关系研究中存在着不同见解。胡玉凤和丁友强^[10]认为企业减排成本的增加负向作用于全要素生产率,随着市场化水平的提高企业才能依托市场机制实现全要素生产率的提升;也有学者认为碳交易市场仅实现弱波特效应,且对一般创新的刺激作用强于绿色创新^[11];胡珺等^[12]提出碳交易市场通过降低资源错配和提高创新产出进而提升全要素生产率,产生波特效应。此外,绿色创新比一般创新更能体现企业在环境保护方面的创新行为,且兼具渐进和突破的双元性^[13]。具体来说,渐进式创新是整合现有资源和要素来维持企业正常发展的连续行为,突破式创新是创造、探索新技术和知识来形成新竞争优势的间断行为。李瑞雪等^[14]认为渐进式创新和突破式创新分别促进企业短期财务绩效和长期竞争优势的提升,齐秀辉等^[15]则指出资源的有限性决定企业成长的核心动力仅来自探索式创新,发现企业的创新行为直接关系全要素生产率的水平。Hu *et al.*^[16]基于数量和质量的维度识别了碳交易市场对企业二元创新的效果,Qin and Xie^[17]验证了碳交易对高碳排放行业企业突破式绿色创新的推动作用,但却少有研究考察绿色二元创新在碳交易市场与企业全要素生产率之间的中介作用。基于上述分析,本文采用多期双重差分法从二元视角构建“碳交易市场→绿色创新→全要素生产率”的理论框架进行实证检验,并引入市场竞争和法制保障的制度情境变量以期打开碳交易市场的作用黑箱,推动企业实现创新驱动式的高质量发展。

本文的边际贡献如下:一是科学评价碳交易市场的有效性。根据碳交易市场分批试点的特征和差异化纳入标准构建多期双重差分模型实证检验,验证了碳交易市场的波特效应;二是考察绿色创新的双元性。探讨了渐进式和突破式的绿色创新在碳交易市场与企业全要素生产率之间的作用,丰富了行为视角下碳交易市场的作用逻辑研究。三是为释放市场活力提供经验依据。系统分析碳交易市场的动态效应,并结合制度情境和动态能力的异质性分析为提升企业转型积极性提供靶向对策。

二、理论分析与假说提出

(一) 碳交易市场与企业全要素生产率

碳交易市场是基于科斯理论解决污染负外部性问题的具体实践,通过总量控制和市场交易的运行逻辑对企业形成减排约束和激励进而实现减排目标^[18]。其中,企业作为碳交易市场的直接规制主体,其全要素生产率会受到影响。

一方面,政府在确定排放总量目标的基础上通过分发相应排放配额约束企业的排放行为,并依托市场机制内化企业的排放成本^[19]。新古典学派从静态视角出发,认为额外成本的增加负向影响企业的生产效率和竞争力。然而,企业会动态适应环境变化,在考虑购买配额、减少产量的短期行为对企业利润的损害后^[12],逐利企业将采取一系列调整措施来降低生产成本和避免排放超限,如优化资源配置、提高管理效能、优化流程工艺等,进而提高企业全要素生产率。另一方面,碳交易市场借助市场力量引导企业出售配额来获得额外收益,对企业形成减排激励。环境规制作为外部规制力量,缓解了减排外部性对企业减排意愿的抑制作用^[20]。碳配额作为碳交易市场的交易标的物,提高了企业减排的预期收益。此外,出于维持市场竞争优势的动机,进一步激励企业为获取多余碳配额而对现有的生产工艺与模式优化升级^[21],进而提高企业全要素生产率。基于以上分析,本文提出假说1。

假说1:碳交易市场推动企业全要素生产率的提升。

(二) 绿色二元创新的中介作用

二元组织理论提出组织的双元性使其在发展过程中会开展利用性和探索性的活动来维持竞争优势。Benner and Tushman^[22]在此基础上提出二元创新的概念,认为企业的创新行为可分为利用式和探索式创新。其中,利用式创新又称渐进式创新,是指在现有知识、技术基础上的增量创新,包括技术工艺、生产流程等方面的调整和改进,帮助企业快速适应外部环境、维持正常经营和利润水平;探索式创新又称突破式创新,是更具颠覆性的创新形式,具体表现为新技术、新产品和新模式,兼具高风险和高回报的特点,推动企业形成核心竞争力。一方面,渐进式创新对现有技术的变革帮助企业在短期形成竞争优势、实现价值创造,缓解突破式创新的财务风险^[23];另一方面,突破式创新对新技术、新产品的贡献推动企业实现长期收益、占据市场份额,进一步为渐进式创新提供新的思路和方向^[24]。因此,渐

进式创新和突破式创新不是对立的,两者的辩证协同对企业实现可持续发展具有重要意义^[25]。

相较于一般创新,绿色创新高风险、高投入、长周期的特点更加显著,其极强的正外部性导致企业的内在激励不足^[20]。碳交易市场所施加的约束激励效应能推动企业开展绿色二元创新活动,进而影响全要素生产率。一方面,排放约束下企业会继续改良已有的生产工艺和环保设备,推动企业运营管理的绿色化来减少冗余开支和能源消耗,这种渐进的创新行为能提高企业的生产效率^[26],缓解减排成本的负面影响;另一方面,可供出售的碳配额为企业提供减排激励,促使企业在能源利用方式、低碳减排技术等方面开展颠覆式的创新活动,进而提升企业的全要素生产率^[27]。其中,突破式绿色创新是实现减排技术突破的关键,并且相较于渐进式绿色创新更能帮助企业塑造市场竞争优势^[28]。基于以上分析,本文提出假说2。

假说2:绿色二元创新在碳交易市场与企业全要素生产率中发挥中介作用,且突破式绿色创新的中介作用要强于渐进式绿色创新。

(三) 制度情境的调节作用

制度逻辑理论认为特定组织场域中的多元制度逻辑会导致异质性的组织行为,即企业的创新行为在不同制度情境下存在差异^[29]。因此,本文分别从市场竞争和法制保障的角度分析制度情境对企业绿色二元创新这一作用机制的调节作用。

1. 市场竞争的调节作用

竞争战略理论提出企业在激烈的市场竞争下会进行创新活动以形成差异化竞争优势,即市场竞争关系到企业的创新行为^[30]。激烈的市场竞争会增加企业对外部环境的敏感度和感知能力,消费者、投资者等利益相关者日益上升的环境偏好以及同行企业间绿色创新的同群效应会提升企业的绿色创新意愿^[31],进而推动企业生产方式转型升级。其中,垄断现象(例如行政垄断、行业垄断等)所引发的腐败、寻租创租、地方保护主义等行为导致市场环境的恶化,生产资金的挤占进一步抑制了企业的创新积极性,从而削弱碳交易市场的有效性。随着市场竞争强度的提升,竞争意识的增强和创新要素的流通推动企业打破现有的技术范式,进而提升全要素生产率。基于以上分析,本文提出假说3。

假说3:市场竞争强度正向调节绿色二元创新的中介作用。

2. 法制保障的调节作用

交易成本理论提出,行为主体的有限理性和投机主义会导致额外的交易成本,完善的法律制度则是推动企业理性决策的重要约束条件^[32]。一方面,绿色创新具有极强的正外部性,企业无法独享全部收益的同时还存在着他人“搭便车”的可能性;另一方面,相较于一般的技术创新,绿色创新面临更高的研发风险和回报不确定性。因此,当企业所处的法律环境无法保障企业的创新收益时,企业的创新积极性会大打折扣,进而弱化碳交易市场的正向影响。随着法制保障水平的提升,企业的知识产权得到保护且能及时约束其他市场主体的模仿复制行为^[33],从而提高企业的创新积极性。此外,法律环境更好的地区能为碳交易市场的监管核查机制提供法律支持,保障市场运行效率的同时为企业的绿色创新注入信心,进而提升全要素生产率。基于以上分析,本文提出假说4。

假说4:法制保障水平正向调节绿色二元创新的中介作用。

根据以上分析,本文的研究模型如图1所示。

三、研究设计

(一) 模型设定

本文根据碳交易市场分批试点的实践模式构建如下多期双重差分模型:

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i \times Post_t + \lambda X_{it} + Province_i + Year_t + Industry_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,被解释变量 TFP_{it} 衡量企业 i 在 t 年的全要素生产率;解释变量 $Treat_i \times Post_t$ 衡量企业 i 在 t

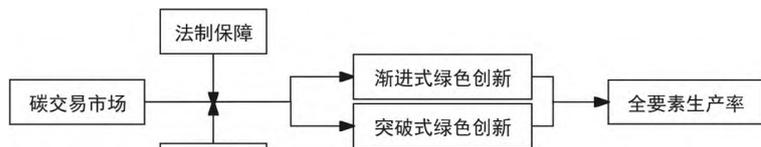


图1 研究模型

年是否参与碳交易市场。 X_{it} 为控制变量, $Province$ 、 $Year$ 、 $Industry$ 为地区、年份及行业固定效应, ε_{it} 为随机误差项。

(二) 变量定义

1. 被解释变量

全要素生产率(TFP)使用LP法进行测算,有效解决了数据的缺失和截断问题。其中,产出指标使用主营业务收入衡量,投入指标则分别选取企业员工人数、固定资产投资净额、购买商品及接受劳务支付的现金代表企业的劳动力、资本和中间品投入。

2. 解释变量

$Treat$ 为政策虚拟变量,当企业为试点碳市场控排对象时取1,否则取0; $Post$ 为时间虚拟变量,当时间处于试点碳市场运行之后取1,否则取0,两者的乘积即为碳交易市场($Treat \times Post$)的代理变量。其中,本文以手工收集、匹配的控排企业信息作为 $Treat$ 的赋值依据,并以各试点碳市场的运行年份为 $Post$ 的赋值依据(2013年:深圳、上海、北京、广东、天津;2014年:湖北、重庆;2016年:福建)。

3. 中介变量

借鉴张泽南等^[34]的研究,采用绿色实用新型专利申请数和绿色发明专利申请数分别衡量企业的渐进式绿色创新和突破式绿色创新。

4. 调节变量

市场竞争强度(CI)使用赫芬达尔指数衡量,法制保障水平(LAW)使用《中国分省份市场化指数报告》法律制度环境的得分衡量。

5. 控制变量

借鉴刘建江等^[35]的研究加入一系列指标作为控制变量,具体的变量定义及描述性统计如表1所示。

(三) 数据来源

本文的控排企业信息来源于各试点地区的发展和改革委员会网站和国泰安数据库,交易信息来源于碳排放权交易所官网,企业数据来源于企业年报和国泰安数据库。此外,在剔除财务异常、缺失的样本的基础上进行上下1%的缩尾处理。

表1 变量定义及描述性统计

变量名称及符号	变量定义	均值	标准差
全要素生产率(TFP)	如上所述	9.473 1	1.134 1
碳交易市场($Treat \times Post$)	如上所述	0.286 0	0.451 9
渐进式绿色创新(PGI)	企业绿色实用新型专利申请数	1.935 9	14.433 0
突破式绿色创新(EGI)	企业绿色发明专利申请数	1.137 2	8.017 8
竞争强度(CI)	赫芬达尔指数	0.199 7	0.176 5
法制水平(LAW)	市场化指数中法律制度环境得分	9.640 3	3.465 4
偿债能力(lev)	资产负债率	0.480 1	0.196 8
企业规模($size$)	企业总资产的对数	22.679 2	1.386 1
盈利能力(roa)	总资产收益率	0.038 3	0.061 0
股权集中度(cr)	前十大股东持股比例之和	0.162 7	0.119 8
资产流动性($cash$)	企业现金比率	0.151 7	0.113 6
企业年龄(age)	企业成立年份的对数	2.565 7	0.555 4

四、实证结果

(一) 基准回归

表2是碳交易市场对企业全要素生产率的基准回归结果。无论是否加入控制变量, $Treat \times Post$ 的系数均在1%的水平下为正,验证了假说1中碳交易市场对企业全要素生产率的提升作用。

(二) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

采用双重差分法的基本前提是处理组与对照组在事件冲击前有相同的变化趋势以排除未观测因素的事前干扰,检验结果如图2所示。我国的8个试点碳市场主要集中在2013和2014年正式运行,而2014年之前的置信区间均包括0,则表明两组企业

表2 基准回归结果

变量	TFP (1)	TFP (2)
$Treat \times Post$	0.073 4*** (0.015 3)	0.092 4*** (0.015 4)
控制变量	No	Yes
固定效应	Yes	Yes
adj-R ²	0.898 0	0.900 0

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误。

的全要素生产率不存在显著差异。此外,政策效应的置信区间于 2015 年开始不包括 0,说明碳交易市场对企业全要素生产率的提升效应具有滞后性,而 2021 年有所回落的原因可能与当年 9 月投入运行的全国碳市场(电力行业)有关。

2. 安慰剂检验

本文通过随机生成处理组和对照组的反事实分析来剔除其他随机因素对企业全要素生产率的影响,重复 500 次上述过程后的结果如图 3 所示。估计系数的值集中在 0 值附近并且明显偏离基准回归的系数值 0.0924,证实了碳交易市场对企业全要素生产率的提升效应并非偶然因素所导致的。

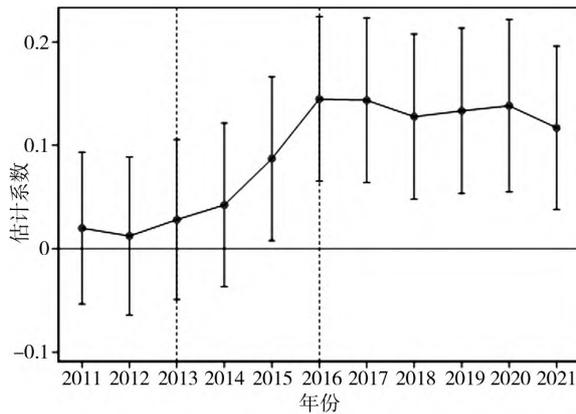


图 2 平行趋势检验

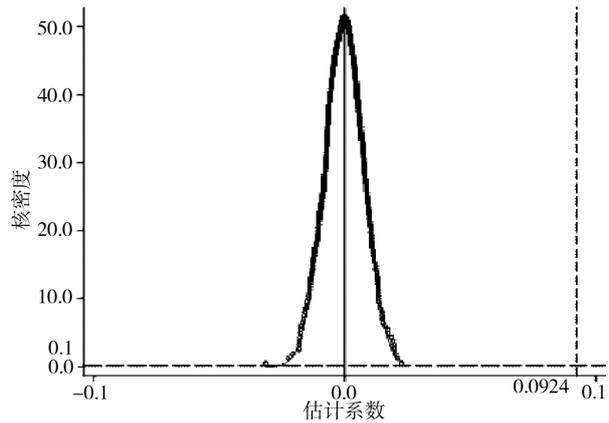


图 3 安慰剂检验

3. PSM-DID 检验

本文使用倾向得分匹配(PSM)生成得分值更为接近的对照组和处理组来排除组间差异的内生性影响,表 3 中列(1)的结果说明碳交易市场显著提升企业的全要素生产率。

4. 替换被解释变量

本文使用 GMM 法测算的企业全要素生产率来控制测算过程中的序列相关和异方差的干扰,表 3 中列(2)的结果表明企业的全要素生产率受到碳交易市场的正向作用。

5. 剔除福建地区样本

福建碳市场于 2016 年正式运行,较其他试点碳市场的运行时间要短,本文剔除了福建碳市场的样本企业进行回归分析,表 3 中列(3)的结果支持了上述结论即碳交易市场正向促进企业全要素生产率的提升。

6. 排除政策干扰

本文剔除了首批低碳城市试点中所在城市的样本企业(包括广东、湖北、辽宁、陕西、云南、天津、重庆、深圳、杭州、厦门、南昌、贵阳、保定)以减少其他政策对回归结果的影响,表 3 中列(4)的结果说明碳交易市场对企业全要素生产率的正向影响仍然显著存在。

五、影响机制分析

(一) 中介作用分析

1. 模型设定

本文在式(1)的基础上构建如下模型检验绿色双元创新的中介作用:

$$MED_{it} = \beta_0 + \beta_2 Treat_{it} \times Post_{it} + \lambda X_{it} + Province_{it} + Year_{it} + Industry_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

表 3 稳健性检验

变量	PSM-DID <i>TFP</i> (1)	替换被解释变量 <i>TFP-GMM</i> (2)	剔除福建地区样本 <i>TFP</i> (3)	排除政策干扰 <i>TFP</i> (4)
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.0913*** (0.0154)	0.0387** (0.0156)	0.1020*** (0.0165)	0.0539*** (0.0203)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
adj-R ²	0.9060	0.8450	0.8970	0.9060

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_3 Treat_{it} \times Post_t + \beta_4 MED_{it} + \lambda X_{it} + Province_i + Year_t + Industry_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, MED_{it} 为企业 i 在 t 年的绿色二元创新, 包括渐进式绿色创新 (PGI) 和突破式绿色创新 (EGI), 其余各项解释同式(1)。若 β_2 和 β_4 的系数同时显著或经 Bootstrap 法检验的系数乘积显著则进一步检验 β_3 的系数, β_4 显著则说明存在中介作用。同时, 使用 Sobel 法来提升机制检验的稳健性, Z 值大于 1.65 则说明中介作用显著。

2. 回归结果

如表 4 中列(2)和列(4)所示, $Treat \times Post$ 的系数为正, 表明碳交易市场能促进企业的绿色创新。一方面, 企业仅靠淘汰落后产能、改进生产设备等手段难以达成减排目标, 从而倒逼企业进行技术升级; 另一方面, 同行企业间的技术突破迫使企业加大创新投资来提升核心竞争力。列(3)和列(5)报告了绿色创新的中介效应检验结果, 碳交易市场通过促进企业渐进式和突破式绿色创新进而提升全要素生产率, 且突破式绿色创新的中介作用要强于渐进式绿色创新, 支持了假说 2。创新能力是企业全要素生产率的关键驱动力, 面对配额约束的收紧和配额交易的竞争, 企业有意识进行颠覆式创新来抢占竞争优势, 进而提升全要素生产率。

表 4 中介效应检验结果

变量	总效应	渐进式绿色创新		突破式绿色创新	
	TFP (1)	PGI (2)	TFP (3)	EGI (4)	TFP (5)
$Treat \times Post$	0.092 4*** (0.015 4)	0.459 0** (0.217 0)	0.091 6*** (0.015 4)	0.995 0** (0.405 0)	0.088 3*** (0.015 3)
PGI			0.001 6** (0.000 7)		
EGI					0.000 5 (0.000 4)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Bootstrap 检验		(0.005 8	0.018 6)	(0.016 5	0.029 2)
Sobel 检验		0.020 8*** (5.387)		1.908 8*** (6.488 0)	
adj-R ²	0.900 0	0.573 0	0.900 0	0.563 0	0.900 0

注: ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著, 括号内为稳健标准误。Bootstrap 检验重复1000次, 括号中报告了95%的置信区间。Sobel 检验括号中报告了Z值。

(二) 调节作用分析

1. 模型设定

本文参考 Edwards and Lambert^[36]的做法, 通过重复抽取5000次调节变量平均值上下一个标准差的值进行回归分析来识别被调节的中介效应:

$$MED_{it} = \beta_0 + \beta_5 Treat_{it} \times Post_t + \beta_6 MOD_{it} + \beta_7 Treat_{it} \times Post_t \times MOD_{it} + \lambda X_{it} + Province_i + Year_t + Industry_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_8 Treat_{it} \times Post_t + \beta_9 MOD_{it} + \beta_{10} MED_{it} + \beta_{11} MED_{it} \times MOD_{it} + \lambda X_{it} + Province_i + Year_t + Industry_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, MOD_{it} 为制度情境变量, 包括市场竞争强度 (CI) 和法制保障水平 (LAW), 其余各项解释同式(1)。若绿色二元创新的中介效应在不同取值的调节变量下有显著变化, 则说明该中介作用受到制度情境因素的调节。

2. 回归分析

如表 5 所示, 随着竞争强度的提升, 渐进式和突破式绿色创新的中介效应均随之增强, 支持了假说 3。良好的市场环境为企业的创新活动提供肥沃土壤, 信息、技术、人才等关键要素的流通为企业创新提供便利资源, 激烈的市场竞争也会提高企业的机会识别能力并激发企业持续性的创新活力。此外, 颠覆式绿色创新的风险和回报不确定性要高于连续性创新活动, 公平竞争的市场环境有助于企业创新意愿的提升, 进而促进全要素生产率的提升。

表 5 调节效应检验结果: 市场竞争强度

调节变量	碳交易市场 →渐进式绿色创新→全要素生产率				碳交易市场 →突破式绿色创新→全要素生产率			
	效应系数	标准误	95% 置信区间		效应系数	标准误	95% 置信区间	
			下限	上限			下限	上限
低竞争强度	0.011 1	0.006 0	-0.005 4	0.020 4	0.014 5	0.007 2	0.001 1	0.028 4
中竞争强度	0.020 1	0.003 3	0.013 7	0.026 3	0.031 0	0.004 2	0.022 7	0.039 7
高竞争强度	0.029 0	0.006 8	0.016 7	0.043 5	0.047 5	0.010 9	0.028 3	0.069 7

注: 低、中、高竞争强度分别用 $\overline{CI} - sd$ 、 \overline{CI} 和 $\overline{CI} + sd$ 衡量。

如表 6 所示, 随着法制保障的完善, 渐进式和突破式绿色创新的中介效应均随之增强, 支持了假说 4。绿色创新的正向外外部性会导致“搭便车”现象的发生, 由于企业无法独享技术利益从而大大降低了创新意愿, 完备和法律法规不仅能在知识产权、数据安全等方面为企业创新提供信心支撑, 而且能为碳市场的交易行为与信息监管提供法律支持。同时, 政策法规的走向也会增强企业的变革动力, 促使企业进行绿色创新从而提升全要素生产率。

表 6 调节效应检验结果: 法制保障水平

调节变量	碳交易市场 →渐进式绿色创新→全要素生产率				碳交易市场 →突破式绿色创新→全要素生产率			
	效应系数	标准误	95% 置信区间		效应系数	标准误	95% 置信区间	
			下限	上限			下限	上限
低法制水平	0.006 0	0.009 3	-0.012 3	0.023 8	0.013 5	0.010 0	-0.003 8	0.034 6
中法制水平	0.012 4	0.005 0	0.002 8	0.021 7	0.020 2	0.005 4	0.010 8	0.031 8
高法制水平	0.018 8	0.003 7	0.010 6	0.025 5	0.026 8	0.004 3	0.018 5	0.034 9

注: 低、中、高法制水平分别用 $\overline{LAW} - sd$ 、 \overline{LAW} 和 $\overline{LAW} + sd$ 衡量。

六、进一步分析

(一) 市场动态效应

本文从碳交易价格和碳市场规模的维度量化碳交易市场对企业绿色二元创新及全要素生产率的动态影响, 具体做法是采用对数化处理后的加权交易价格和年交易量占地区二氧化碳排放量的比值替换原有的政策虚拟变量 $Treat$ 进行回归, 结果如表 7 所示。一方面, 无论是碳交易价格还是碳市场规模都和企业的全要素生产率存在正向因果关系; 另一方面, 碳价的上升会刺激企业进行突破式绿色创新, 而规模的扩大会推动企业开展渐进式绿色创新。可能的解释是, 碳价上升意味着企业出售配额可获得的经济收益随之增加, 利益驱动下企业更愿意加大颠覆性技术的投资, 而参与主体的增加为市场运行注入源源活力, 新企业往往会在原有技术的基础上进行改进来完成配额清缴工作。

表 7 碳交易市场的动态效应检验

变量	碳交易价格			碳交易规模		
	TFP (1)	PGI (2)	EGI (3)	TFP (4)	PGI (5)	EGI (6)
$Price \times Post$	0.022 1 [*] (0.012 8)	0.095 6 (0.218 0)	0.540 0 ^{***} (0.139 0)			
$Volume \times Post$				0.013 4 ^{***} (0.004 4)	0.309 0 ^{***} (0.075 0)	0.073 4 (0.048 1)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
adj-R ²	0.920 0	0.789 0	0.564 0	0.920 0	0.790 0	0.563 0

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平下显著, 括号内为稳健标准误。

(二) 企业动态能力异质性

1. 内部控制

本文以两权分离度的中位数将样本分为高内部控制企业和低内部控制企业进行回归,结果如表 8 所示。相较于低内部控制企业,碳交易市场对企业全要素生产率及绿色二元创新的提升作用在高内部控制企业中更为明显。原因在于,高效的内部控制不仅降低企业的委托代理成本,而且能抑制管理层的短视行为,从而推动企业针对碳交易市场做出及时的、有效的响应措施,显著提升企业的绿色创新能力和全要素生产率。

表 8 企业动态能力异质性:内部控制

变量	全要素生产率		渐进式绿色创新		突破式绿色创新	
	高内部控制 <i>TFP</i> (1)	低内部控制 <i>TFP</i> (2)	高内部控制 <i>PGI</i> (3)	低内部控制 <i>PGI</i> (4)	高内部控制 <i>EGI</i> (5)	低内部控制 <i>EGI</i> (6)
<i>Treat × Post</i>	0.072 2*** (0.019 0)	0.065 3*** (0.025 0)	0.363 0* (0.210 0)	0.409 0 (0.349 0)	1.304 0** (0.629 0)	-0.250 0 (0.366 0)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
adj-R ²	0.930 0	0.898 0	0.566 0	0.660 0	0.689 0	0.526 0

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

2. 融资能力

本文以融资约束程度的中位数将样本分为强融资能力企业和弱融资能力企业进行回归,结果如表 9 所示。相较于融资能力较弱的企业,碳交易市场更能显著提升强融资能力企业的全要素生产率,充足的现金流为企业的转型进程提供外部支持。进一步地,随着融资能力的提升,企业的绿色创新行为逐渐从渐进式绿色创新转向突破式绿色创新,绿色创新极强的外部性会增加企业面临的投资风险和回报不确定性,坚实的资金链为企业高额、长期的创新投入提供有力的资金保障。

表 9 企业动态能力异质性:融资能力

变量	全要素生产率		渐进式绿色创新		突破式绿色创新	
	强融资能力 <i>TFP</i> (1)	弱融资能力 <i>TFP</i> (2)	强融资能力 <i>PGI</i> (3)	弱融资能力 <i>PGI</i> (4)	强融资能力 <i>EGI</i> (5)	弱融资能力 <i>EGI</i> (6)
<i>Treat × Post</i>	0.072 0*** (0.018 0)	0.065 0** (0.027 1)	0.047 0*** (0.018 1)	0.086 6*** (0.027 6)	2.057 0*** (0.791 0)	-0.371 0 (0.347 0)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
adj-R ²	0.949 0	0.897 0	0.949 0	0.897 0	0.593 0	0.538 0

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

3. 政治联系

本文以企业高管(董事长或总经理)是否有政府部门的任职经历将样本企业分为强政治联系企业和弱政治联系企业,结果如表 10 所示。碳交易市场显著推动强政治联系企业渐进式和突破式的绿色创新行为,但全要素生产率的提升却明显弱于政治联系较弱的企业。可能的解释是,政治联系的存在为企业绿色创新提供资源庇护和政策倾斜,但构建政治联系所引发的寻租效应在挤占企业生产资金的同时降低了企业的管理效率,削弱了碳交易市场对企业全要素生产率的提升作用。

表 10 企业动态能力异质性: 政治联系

变量	全要素生产率		渐进式绿色创新		突破式绿色创新	
	强政治联系 <i>TFP</i> (1)	弱政治联系 <i>TFP</i> (2)	强政治联系 <i>PGI</i> (3)	弱政治联系 <i>PGI</i> (4)	强政治联系 <i>EGI</i> (5)	弱政治联系 <i>EGI</i> (6)
<i>Treat</i> × <i>Post</i>	0.0513** (0.0250)	0.0725*** (0.0202)	1.4670** (0.5950)	-0.1770 (0.2020)	1.1480* (0.5970)	0.1080 (0.4660)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
adj-R ²	0.9280	0.9120	0.6360	0.3880	0.5760	0.6880

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平下显著, 括号内为稳健标准误。

七、研究结论与政策建议

为科学评价碳交易市场的有效性, 本文依据 2010—2021 年沪深 A 股上市公司的面板数据构建多期双重差分模型, 实证检验碳交易市场对企业全要素生产率的影响及机制。研究发现: (1) 碳交易市场显著提升企业的全要素生产率, 该结论通过了一系列的稳健性检验。(2) 机制检验表明, 渐进式和突破式绿色创新是碳交易市场提升企业全要素生产率的重要机制, 并且绿色二元创新的中介作用受到市场竞争和法制保障的正向调节。(3) 碳交易市场与企业绿色二元创新及全要素生产率的关系在不同市场和企业中存在差异。

本文据此提出如下政策建议: (1) 推动碳交易制度体系的构建和完善。政府要发挥宏观调控职能, 有序推进全国碳市场覆盖行业范围的扩大和准入门槛的放宽, 并引入灵活的配额调配机制和丰富的衍生交易产品强化碳价的信号作用, 引导企业向高质量发展转型。(2) 优化制度环境为企业提供创新土壤。创新是企业全要素生产率的关键驱动力, 政府应破除行政壁垒来推动要素资源的充分流动, 出台配套的法律法规为企业创新提供知识产权保护, 通过研发补贴、技术指导等惠企措施引导企业高质量的创新行为。(3) 针对企业特征实施差异化的考核标准。政府要持续完善监督检查机制, 通过奖惩并行的方式引导企业的转型升级, 避免其陷入路径依赖, 对低内部控制和强政治联系的企业适度降低配额数量倒逼其提高决策质量, 而对弱融资能力和弱政治联系企业的创新行为设置相关政策激励, 助推创新驱动式的高质量发展进程。

参考文献:

[1] 向清雨, 赵艾凤. 环境保护税能否倒逼产业升级? ——基于双重差分法的准自然实验[J]. 现代管理科学, 2023(4): 24-35.

[2] 宋清华, 吕泰亨. 低碳城市试点政策能提高重污染企业全要素生产率吗? [J]. 南京财经大学学报, 2023(4): 68-78.

[3] 张婕, 王凯琪, 张云. 碳排放权交易机制的减排效果——基于低碳技术创新的中介效应[J]. 软科学, 2022, 36(5): 102-108.

[4] 李治国, 王杰. 中国碳排放权交易的空间减排效应: 准自然实验与政策溢出[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(1): 26-36.

[5] CHEN Z F, ZHANG X, CHEN F L. Do carbon emission trading schemes stimulate green innovation in enterprises? Evidence from China[J]. Technological forecasting and social change, 2021, 168: 120744.

[6] Bu T, DU W H, TANG C X, et al. Market-oriented environmental regulations, employment adjustment and transfer path: quasi-experimental evidence from China's carbon emissions trading pilot [J]. Journal of cleaner production, 2022, 369: 133292.

[7] 林志宏, 赵思艺. 碳排放权交易政策对企业财务绩效的影响研究——基于多时点双重差分模型的检验[J]. 中国注册会计师, 2022(10): 62-69.

- [8] 杨晶. 碳交易是否能促进企业绿色创新绩效提升? [J]. 管理现代化, 2023, 43(5): 128 - 136.
- [9] JAFFE A B, PALMER K. Environmental regulation and innovation: a panel data study[J]. The review of economics and statistics, 1997, 79(4): 610 - 619.
- [10] 胡玉凤, 丁友强. 碳排放权交易机制能否兼顾企业效益与绿色效率? [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(3): 56 - 64.
- [11] 范丹, 付嘉为, 王维国. 碳排放权交易如何影响企业全要素生产率? [J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(3): 591 - 603.
- [12] 胡珺, 黄楠, 沈洪涛. 市场激励型环境规制可以推动企业技术创新吗? ——基于中国碳排放权交易机制的自然实验[J]. 金融研究, 2020(1): 171 - 189.
- [13] PASCHE M, MAGNUSSON M. Continuous innovation and improvement of product platforms[J]. International journal of technology management, 2011, 56(2/3/4): 256 - 271.
- [14] 李瑞雪, 彭灿, 杨晓娜. 二元创新与企业可持续发展: 短期财务绩效与长期竞争优势的中介作用[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(17): 81 - 89.
- [15] 齐秀辉, 王毅丰, 孙政凌. 二元创新、企业家冒险倾向与企业绩效研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(16): 104 - 110.
- [16] HU J F, HUANG Q H, CHEN X D. Environmental regulation, innovation quality and firms' competitiveness — quasi-natural experiment based on China's carbon emissions trading pilot[J]. Economic research-ekonomiska istraživanja, 2020, 33(1): 3307 - 3333.
- [17] QIN W, XIE Y. The impact of China's emission trading scheme policy on enterprise green technological innovation quality: evidence from eight high-carbon emission industries[J]. Environmental science and pollution research, 2023, 30(47): 103877 - 103897.
- [18] 刘传明, 孙喆, 张瑾. 中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(11): 49 - 58.
- [19] WU S Q, QU Y, HUANG H G, et al. Carbon emission trading policy and corporate green innovation: internal incentives or external influences[J]. Environmental science and pollution research, 2023, 30(11): 31501 - 31523.
- [20] HALL B H, HELMERS C. Innovation and diffusion of clean/green technology: can patent commons help? [J]. Journal of environmental economics and management, 2013, 66(1): 33 - 51.
- [21] 陆春华, 李虹. 碳试点政策、绿色创新和企业生产效率[J]. 经济问题探索, 2023(4): 38 - 60.
- [22] BENNER M J, TUSHMAN M. Process management and technological innovation: a longitudinal study of the photography and paint industries[J]. Administrative science quarterly, 2002, 47(4): 676 - 707.
- [23] 刘凤朝, 张淑慧, 马荣康. 利用性创新对探索性创新的作用分析——技术景观复杂性的调节作用[J]. 管理评论, 2020, 32(9): 97 - 106 + 167.
- [24] 陶金元, 张玲娜. 自立自强逻辑下二元协同创新与引领共创机制研究[J]. 北京联合大学学报(人文社会科学版), 2024, 22(1): 97 - 108.
- [25] 杨慧军, 杨建君. 股权集中度、经理人激励与技术创新选择[J]. 科研管理, 2015, 36(4): 48 - 55.
- [26] 董保宝, 程松松, 张兰. 二元创新研究述评及开展中国情境化研究的建议[J]. 管理学报, 2022, 19(2): 308 - 316.
- [27] 李宏, 乔越. 企业嵌入全球价值链的创新路径选择: “渐进式”抑或“突破式”创新[J]. 国际经贸探索, 2022, 38(11): 66 - 81.
- [28] 王芳, 王宛秋, 高雅, 等. 高技术制造业企业通过技术并购实现突破式创新的路径研究——基于模糊集的定性比较分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2022, 43(9): 163 - 181.
- [29] 冯立杰, 闵清华, 王金凤, 等. 中国情境下企业创新绩效要素协同驱动路径研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(17): 93 - 102.
- [30] 王鹏飞, 刘海波, 陈鹏. 企业数字化、环境不确定性与全要素生产率[J]. 经济管理, 2023, 45(1): 43 - 66.
- [31] 郑志强, 马永健, 范爱军. 环境偏好、市场竞争与企业绿色创新[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2023(4): 125 - 136.

- [32] WILLIAMSON O E. Transaction-cost economics: the governance of contractual relations [J]. The Journal of law and economics, 1979, 22(2): 233 - 261.
- [33] HAO J, CHUN K K, YU C. Legal environment, government effectiveness and firms' innovation in China: examining the moderating influence of government ownership [J]. Technological forecasting and social change, 2015, 96: 15 - 24.
- [34] 张泽南, 钱欣钰, 曹新伟. 企业数字化转型的绿色创新效应研究: 实质性创新还是策略性创新? [J] 产业经济研究, 2023(1): 86 - 100.
- [35] 刘建江, 熊智桥, 罗双成. 知识产权保护是否提升了企业全要素生产率? ——基于知识产权示范城市建设的准自然实验 [J]. 南京财经大学学报, 2022(2): 1 - 11.
- [36] EDWARDS J R, LAMBERT L S. Methods for integrating moderation and mediation: a general analytical framework using moderated path analysis [J]. Psychological methods, 2007, 12(1): 1 - 22.

(责任编辑: 陈 春; 英文校对: 谈书墨)

The Influence of the Carbon Trading Market on Firms' Total Factor Productivity: The Mediating Role of Green Dual Innovation

GONG Junjiao¹, QIU Xuan¹, XU Yang²

(1. Business School, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China;

2. Sinopec Nanhua Company, Nanjing 210048, China)

Abstract: Promoting innovation-driven, high-quality development under the dual carbon goal is a crucial issue. This study draws on data for Shanghai and Shenzhen A-share listed companies between 2010 and 2021 and constructs a multi-period differential model to empirically examine the impact of the carbon trading market on the total factor productivity (TFP) of enterprises while considering the mediating role of green dual innovation. The findings reveal that the carbon trading market significantly enhances TFP. The mechanism analysis demonstrates that the carbon trading market stimulates green dual innovation, thereby improving TFP, with radical green innovation playing a stronger mediating role than progressive green innovation. Regulatory effects indicate that market competition and legal protection positively regulate the mediating role of green dual innovation. Further analysis reveals a positive relationship between the TFP of enterprises and carbon market prices and scale; rising prices stimulate radical innovation more effectively while expanding scale drives progressive innovation. This paper's findings contribute to research on the micro-level impacts of the carbon market and provide scientific guidance for unleashing market vitality and achieving high-quality development.

Key words: carbon market; total factor productivity; green dual innovation; multi-time difference in difference