

绿色金融、碳交易与产业绩效： 影响机理及中国 7 个试点的力证

刘平阔, 慕雨坪

(上海电力大学经济与管理学院, 上海 201306)

摘要: 目前, 各界对绿色金融和碳交易影响产业绩效的认知和预期仍相对模糊或片面。基于实际发展进程与客观诉求, 对 C-D 生产函数进行重构与改进, 通过实证分析验证绿色金融和碳交易影响产业绩效的动态机制。结果表明: 直接影响, 绿色金融和碳交易的导入会短暂阻碍产业绩效的提升, 但跨越“拐点”后可显著促进产业发展; 间接影响, 绿色金融和碳交易的推进均存在一个最佳时间段, 不仅可通过生产要素影响产业绩效, 而且可促进“劳动密集型”向“资本密集型+能源密集型”的结构升级; 现阶段绿色金融和碳交易的相互影响不具有对称性。只有对“试点建设”成功经验和作用规律进行科学总结才可为“全国推广”奠定坚实基础。

关键词: 改进生产函数; 非线性关系; 直接影响与间接影响; 中介效应; 调节效应

中图分类号: F832.5; F426; X24

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)04-0025-12

Green finance, carbon trading and industrial performance: Influencing mechanism and evidence from the 7 pilot projects of China

LIU Pingkuo, MU Yuping

(College of Economics and Management, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 201306, China)

Abstract: Nowadays the cognition and expectation of the impact of green finance & carbon trading on industry performance is still vague or insufficient. Based on the actual development process and objective demands, the improved C-D production function is reconstructed and an empirical research using panel data is conducted to explain dynamic mechanisms of green finance and carbon trading affecting industry performance. Research has shown that: (1) In terms of direct impact, the introduction of green finance and carbon trading will temporarily hinder the improvement of industrial performance, but after crossing the “turning point”, they can significantly promote the high-quality industrial development. (2) In terms of indirect impact, there is an optimal time period for promoting either green finance or carbon trading, during which they can use the production factors as a medium for influencing the industrial performance not only, but also promote the steady transition of industrial structure from “labor intensive” to “capital intensive plus energy intensive”. (3) At present, the mutual influence between green finance and carbon trading is not symmetrical. Of note, a scientific summary on the successful experience of the “Pilot Construction” can lay a solid foundation for the “Nationwide Promotion”.

Key words: improved production function; nonlinear relationships; direct and indirect impacts; mediating effect; moderating effect

收稿日期: 2023-12-08 修回日期: 2024-03-06

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目“绿色低碳发展中能源转型的路径匹配选择机制: 产业激励的视角”(72103128)。

作者简介: 刘平阔(1989—), 男, 内蒙古赤峰人, 上海电力大学经济与管理学院副教授、研究生导师, 博士, 研究方向为碳中和能源转型与能源安全。

国际能源署 (IEA) 数据显示:2022 年中国工业领域能源消耗和 CO₂ 排放分别占全国的 70% 和 65%。在经济绿色高质量增长进程中,中国产业部门仍面临环境污染、结构失衡等问题,绿色低碳转型面临重重压力。为实现经济高质量发展,中国政府采取一系列措施,如绿色金融手段和碳交易政策。一方面,支持以绿色发展为导向的金融创新,鼓励资金流向环保企业等;另一方面,在兼顾碳排放“双控”与社会总减排成本的基础上,运用市场机制推动节能减排。

2013 年,中国在京、津、沪等 7 地开展碳交易试点;覆盖范围包括多个行业。针对碳配额,各试点初始总量核算主要采用标杆法、总量法或强度法;前期采用“免费分配”,后期有试点尝试“免费分配+有偿分配”。针对交易标的,各试点均以碳配额现货为主,沪、鄂等地探索了碳金融衍生品的创新。近 10 年来,试点交易累计成交额近 153 亿元,成效突出。试点早期建设为全国推广提供了经验,如各试点绿色金融与碳交易发展水平会影响城市整体发展进程。但是,由于经济水平、能源消费结构等差异,试点地区的绿色金融与碳交易整体活跃度也明显不同。

诚然,绿色金融和碳交易成效必将反映于产业绩效;但影响方向、程度、路径及动态性等方面的效果急需验证并进行规律归纳。据此总结本文的边际贡献:①在理论层面,探索绿色金融、碳交易和产业绩效之间关系,丰富产业组织驱动理论;②在技术层面,根据中国“新时代”产业发展实际诉求,改进 C-D 生产函数并构建绿色金融和碳交易影响产业绩效的动态机制模型;③在实践层面,针对 7 个试点实际情况,分析“试点建设”一般规律,为绿色金融和碳交易“全国推广”总结经验,并为相关决策提供政策参考。

一、文献综述

(一) 绿色金融与产业绩效

“绿色金融”早期定义兼顾环保与金融,旨在促进可持续发展。此后,概念逐渐演化,从最早的“环境金融”^[1]到如今的“绿色金融”^[2]。随着概

念内涵逐渐清晰,学者开始关注绿色金融的效应评估。起初多数研究聚焦某一特定产品产生的外部性^[3],随着绿色金融范围扩大,其经济和环境影响成为热点,但至今未达成共识。有研究认为,绿色金融能加快绿色资源配置^[4],但对于“两高”企业,短期具有激励作用,长期却是“惩罚效应”^[5]。另有研究发现,绿色金融减排作用随着政府干预程度^[6]、资源利用效率^[7]等因素变化呈现不同效果。为更深入探讨绿色金融影响效果,有学者开始关注其传导机制,有研究发现技术创新^[8]、能源结构改善^[9]等是重要渠道。

(二) 碳交易与产业绩效

碳交易研究主要围绕制度设计和效应评估。碳交易准备前期,多数研究围绕其设计^[10]、配额^[11]等问题。随着碳交易逐渐发展,学者们聚焦于其实施的环境与经济影响。在现有成果中,普遍认为碳交易能减少碳排放^[12],但对经济的影响仍有很大分歧。有部分研究认为碳交易可提高企业绿色全要素生产率^[13],还有研究认为对经济增长是负向或无作用的,其理论支撑主要是遵循成本假说^[14]。此外,还有学者关注了产业结构^[15]、能源消费^[16]等影响路径。

(三) 产业绩效内涵

产业绩效是经济活动产生的结果,但目前其内涵尚未统一。主要存在 3 种观点:一是等同于产业效率,即投入所带来的产出与理想值之比,衡量指标有全要素生产率;二是等同于某种回报率,可为经济活动获得的利润与投入的比值,衡量指标有净资产利润率;三是可用直接经济结果衡量,有总产出、产业增加值等^[17]指标。随着环境问题引起重视,学者们开始将环境指标纳入研究,如构建一个包含环境影响在内的综合指标来衡量产业绩效^[18]。

(四) 文献述评

早期研究为本文提供了扎实的基础,但仍存在一些缺憾:第一,目前关于绿色金融和碳交易的经济—环境效应仍存在争议,尚未完全解开绿色金融和碳交易助力经济—环境效应的“黑箱之

谜”;第二,现有研究多关注绿色金融或碳交易的线性影响,忽略了挖掘绿色金融和碳交易协同驱动系统发展的潜在非线性规律;第三,大多文献通过产业结构、技术创新等媒介探究绿色金融或碳交易产生的影响,鲜有文献从中观层面将两者与生产函数联系;第四,CO₂排放主要源头为工业部门,但已有文献中绿色金融和碳交易影响工业部门的研究成果相对有限。因此,本文研究不仅可补充绿色金融和碳交易影响产业绩效的文献,而且为绿色金融、碳交易与产业绩效相关政策提供参考。

二、理论分析与研究假设

(一)绿色金融对产业绩效的影响

①金融产品开发。通过设计提供绿色基金等产品,被管制企业融资门槛被提高,而且第三方会对受监管企业评估,引导投资者通过金融产品投资绿色项目,倒逼高污染企业绿色转型。

②资源要素配置。一方面,将绿色技术等作为资源要素,改善环境外部性问题;另一方面在市场化机制下,企业进行技术升级,引导人力、资本等资源流入,使资源得到优化配置。

③动态效益激励。根据波特假说,短期内绿色金融的惩罚性措施会增加高污染企业生产成本;但长期看,绿色金融的资金约束倒逼其加快技术创新,推动绿色发展。

④信号传导机制。政策出台后,绿色金融市场相应传递惩罚或激励信号,同类企业进行自组织与自适应,形成信号传递的正反馈循环。

据此提出假设 H1:绿色金融对产业绩效的影响呈非线性关系。

根据生产函数的经典设定,在已有生产要素(资本与劳动力)的基础上,考虑能源在工业部门中实际作用,探索性设定第三种生产要素。据此,绿色金融对产业绩效间接影响路径预计有 3 条。一是作用于资本。就资本形成而言,绿色金融利用特定融资渠道,助力企业获得成本低且有针对性的资金,促进企业投资与创新,改善产业绩效。就资金导向而言,金融机构会对受管制企业的信

贷活动严格审查,并向投资者公布评估结果,引导投资者形成绿色资本。二是作用于劳动力。绿色金融投融资使更多企业转向绿色生产,创造更多就业机会;但在一些高碳行业,由于绿色金融产品政策的限制,将裁减部分劳动力或帮助其转型就业。三是作用于能源。在“双碳”背景下,工业能源消费逐步转向清洁高效方向。绿色金融可整合社会资本,增加对绿色环保项目的投资,支持绿色技术创新,促使企业降低高污染能源消费,扩大清洁能源生产规模。

据此提出假设 H1a、假设 H1b 及假设 H1c:资本、劳动力、能源在绿色金融影响产业绩效的过程中可发挥中介作用。影响路径如图 1 所示。

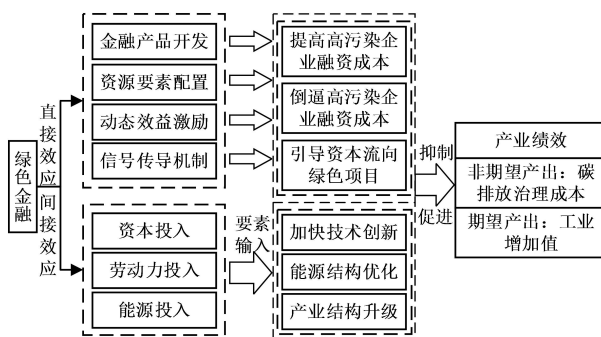


图1 绿色金融对产业绩效影响路径

(二)碳交易对产业绩效的影响

①配额机制。为实现碳排放总量控制,政府给予减排企业免费配额。当 CO₂排放量超标时,企业可购买其他企业的多余配额,从而避免高额罚金;相反,当 CO₂排放量小于配额标准时,企业可出售多余配额,获得收益。

②国家核证自愿减排量(Chinese certified emission reduction, CCER)抵消机制。碳排放强度高的控排行业可购买 CCER 抵消部分碳排放,碳排放强度低的也可购买 CCER 后再次卖给碳排放强度较高的控排行业。一方面,CCER 项目为开发者提供经济收益激励,促进绿色项目发展;另一方面,部分高耗能行业会因此承担环境治理成本,倒逼其低碳转型。

③碳价调控机制。目前,中国碳交易试点地区碳价普遍较低。但当碳价发挥信号功能时,一

方面,碳价上涨可吸引更多资源流入环保产业,鼓励企业开展技术创新;另一方面,碳价上涨会改变传统竞争环境,需额外考虑环境治理成本,由此对绩效产生负外部性。

据此提出假设 H2:碳交易对产业绩效的影响呈非线性关系。

同理,预判碳交易对产业绩效间接影响的 3 条路径:①作用于资本。一方面,碳排放权本身具有市场价值,可交易或抵押;从银行获得绿色信贷资金后,企业可进行技术改造或扩大规模。另一方面,当碳配额盈余收益大于低碳技术研发成本时,企业选择技术创新,资本将流向技术先进的产业。②作用于劳动力。为减少碳排放成本,企业或将采取更环保的生产工艺,从而影响到劳动力的需求与配置,且工业部门逐渐向“低碳”甚至“零碳”的生产方式转型,劳动力会在传统产业与新型环保产业之间进行结构性调整。③作用于能源。一方面,地方政府通过碳交易对企业进行约束,以提高能源投入的边际成本、激励能源利用效率的提升;另一方面,虽然技术进步能使能源效率提升并产生节约能源的效果,但也会引起“能源回弹”。

据此提出假设 H2a、假设 H2b 及假设 H2c:资本、劳动力、能源在碳交易影响产业绩效过程中可发挥中介作用。影响路径如图 2 所示。

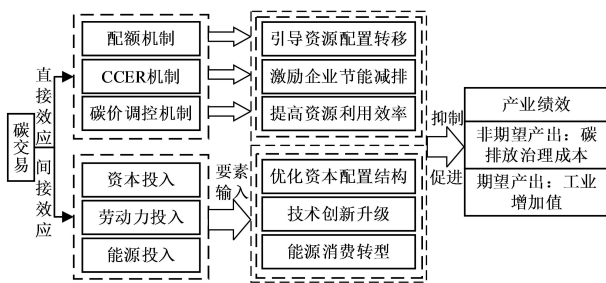


图2 碳交易对产业绩效的影响路径

(三)绿色金融与碳交易的相互调节

绿色金融发展初期配套监管及制度建设尚未健全,绿色产业资源配置效率较低,加之项目资金投入大、回收期长,技术创新存在不确定性,短期效益较少甚至亏损,由此产生“挤出效应”,影响绩效提升。随着绿色金融逐渐发展并趋于稳定,一

方面绿色金融可鼓励资金投向低碳产业,使绿色环保企业壮大,碳排放量得到下降;另一方面绿色信贷通过对低碳发展项目实行低息及宽松政策,对高碳排放项目实行高息及紧缩政策,加快企业绿色升级。据此提出假设 H3a:绿色金融可加强碳交易对产业绩效的非线性影响。

在碳交易发展初期,各碳减排主体面对“高压”政策,产生绿色低碳转型诉求,尤其是高排放企业,因生产经营活动对环境产生外部不经济而使环境成本内化为企业运营成本,使成本增加。随着碳市场发展逐渐成熟并稳定,碳交易规范企业碳排放量,不仅可推动企业投资清洁能源等绿色技术,而且碳交易市场通常需要企业报告其碳排放数据等信息,金融机构可利用此类数据指导投资决策。据此提出假设 H3b:碳交易可加强绿色金融对产业绩效的非线性影响。

三、研究设计

(一)模型设定

1. 基准回归模型

为探究绿色金融和碳交易对产业绩效的直接影响,设定模型形式:

$$NY_{it} = a_0 + a_1 GF_{it} + a_2 GF_{it}^2 + \sum_{j=3}^m a_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$NY_{it} = b_0 + b_1 CT_{it} + b_2 CT_{it}^2 + \sum_{j=3}^m b_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中, i 为地区, t 为时间; NY_{it} 为产业绩效; GF_{it} 和 CT_{it} 分别为绿色金融和碳交易; m 为控制变量数量; $province_i$ 和 $year_t$ 分别为地区和时间固定效应; ε_{it} 为随机扰动项; X_{it} 为控制变量。 a 、 b 均为待估参数,重点关注 a_2 和 b_2 的系数及显著性。

2. 中介效应模型

为检验资本、劳动力和能源等生产要素在绿色金融和碳交易影响产业绩效过程中的效应,借鉴 U 型检验法^[19],设定模型形式为:

$$ME_{it} = c_0 + c_1 Core_{it} + c_2 Core_{it}^2 + \sum_{j=3}^m c_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$NY_{it} = d_0 + d_1 Core_{it} + d_2 Core_{it}^2 + d_3 ME_{it} + \sum_{j=4}^m d_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, ME_{it} 代表中介变量, 包括资本 K_{it} 、劳动力 L_{it} 和能源 E_{it} ; $Core_{it}$ 代表核心解释变量, 包括绿色金融 GF_{it} 和碳交易 CT_{it} ; c 、 d 均为待估参数。

3. 生产函数模型

若 Y 为生产值或工业增加值, K 为资本、 L 为劳动力, α 和 β 分别为对应要素产出弹性, A 为外生的技术水平参数, 则 C-D 生产函数一般形式为 $Y = AK^\alpha L^\beta$ 。据此, 考虑基准回归与中介效应关系的设定, 对生产函数重构与改进: ①等号右边, 区别于二元生产要素的强制约束, 拟引入“能源”生产要素, 体现能源对工业部门的动力功能; ②等号左边, 区别于早期研究中模型仅识别利好价值的局限, 拟界定“期望产出”(工业增加值)和“非期望产出”(碳排放), 体现“碳中和”过程中产业部门客观综合绩效。改进的生产函数可表示为:

$$NY_{it} = A_{it} K_{it}^\alpha L_{it}^\beta E_{it}^\gamma \quad (5)$$

$$Y_{it} - cost_{it} = NY_{it} \quad (6)$$

式(5)、式(6)中, $cost_{it}$ 为区域 i 在时间 t 内的碳排放治理成本, 以量化区域 i 在时间 t 内的产业“非期望产出”。为测算各生产要素的产出弹性, 对式(5)进行对数处理, 得到:

$$\ln NY_{it} = \ln A_{it} + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \gamma \ln E_{it} \quad (7)$$

4. 调节效应模型

在基准回归的基础上分别添加碳交易和绿色金融以及两者交乘项, 以检验绿色金融和碳交易的相互影响。模型扩展如下:

$$NY_{it} = e_0 + e_1 GF_{it} + e_2 GF_{it}^2 + e_3 CT_{it} + e_4 (GF_{it} \times CT_{it}) + e_5 (GF_{it}^2 \times CT_{it}) + \sum_{j=6}^m e_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$NY_{it} = f_0 + f_1 CT_{it} + f_2 CT_{it}^2 + f_3 GF_{it} + f_4 (GF_{it} \times CT_{it}) + f_5 (GF_{it}^2 \times CT_{it}) + \sum_{j=6}^m f_j X_{it} + province_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

根据对调节效应的解释^[20], 若 e_2 和 e_5 符号相同, 则调节变量发挥增强效应; 若符号不同, 则发挥削弱效应。 f_2 和 f_5 符号判断同理。

(二) 变量选取及说明

7 个碳交易试点中除深圳外, 其他试点均为省份或直辖市。为更好地识别地区政策效应, 将深圳试点数据纳入广东省数据之中, 选取 6 个省级单位 2013—2022 年的数据为样本。

1. 被解释变量。产业绩效, 用“期望产出”(区域工业增加值)与“非期望产出”(区域碳排放治理成本)的差值衡量。

2. 核心解释变量。

①绿色金融。有学者从证券、投资、保险以及信贷 4 个维度进行测量^[21], 但实际目前绿色保险发展力度较小, 因此拟剔除绿色保险指标, 并基于绿色低碳发展理念, 拟增加碳金融的衡量维度, 更全面反映地区绿色转型成效; 其指标体系如表 1 所示。

②碳交易。有学者用碳交易总量衡量碳交易^[22], 但碳交易是一个复杂的系统过程, 单一指标难以全面反映其运行情况。据此, 拟从碳交易市场规模、活跃度以及运行效率等 3 个维度来衡量, 其指标体系如表 2 所示。鉴于此, 采用熵值法进行客观赋权, 测算两者综合指数。

表 1 绿色金融指数的测算指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	含义	方向
绿色金融	绿色证券	六大高耗能行业 ^① 市值占比	六大高耗能行业总市值/A 股企业总市值	负向
	绿色信贷	六大高耗能企业利息支出占比	六大高耗能产业利息支出/工业产业利息支出	负向
	绿色投资	治理环境投资占比	环境污染投资额/GDP	正向
	碳金融	碳排放贷款强度	本外币贷款余额/碳排放量	正向

表 2 碳交易指数的测算指标体系

一级指标	二级指标	含义	方向
碳交易	市场规模	碳交易年交易额	正向
	市场活跃度	碳市场年交易量	
	市场运行效率	有效交易日比例	

① 主要包括电力热力的生产和供应业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业、石油加工炼焦及核燃料加工业和有色金属冶炼及压延加工业。

3. 控制变量。①环境规制强度,观察不同试点差异化环境政策效应;②对外开放水平,观察不同试点经济—社会—技术系统的竞争力、活跃性与外源动力;③城镇化率,观察不同试点工业化进程中的社会表现;④体制锁定,观察不同试点国企、央企的稳定功能;⑤产业结构,观察不同试点产业结构升级潜力;⑥交通基础设施水平,观察不同试点生产要素流动性及区域发展潜力;⑦研发强度,观察不同试点绿色低碳转型创新能力与技术扩散基础。

表 3 为模型的变量构成、含义及属性。数据来源包括《中国统计年鉴(2010—2022)》《中国工业统计年鉴(2010—2022)》以及 WIND 数据库、中国碳核算数据库和中国碳排放交易网,原始数据统计情况如表 4 所示。

表 3 变量选取及指标含义

变量类型	符号	名称	含义	类型
被解释变量	NY	产业绩效	区域工业增加值减去工业碳排放治理成本	产出
中介变量	K	区域工业资本存量	区域规模以上工业企业固定资产净值年平均余额	生产要素
	L	区域工业劳动力	区域规模以上工业企业平均用工人数	
	E	区域工业能源消费	区域工业企业终端能源消耗量	
解释变量	GF	绿色金融	区域绿色金融各项指标综合指数	影响因素
	CT	碳交易	区域碳交易各项指标综合指数	
控制变量	ER	环境规制强度	区域工业污染治理完成投资占工业增加值比重	政策性因素
	FDI	对外开放水平	区域外商直接投资额	经济性因素
	UR	城镇化率	区域城镇人口占总人口比重	社会性因素
	TZ	体制锁定	区域国有工业企业占规模以上工业企业的比重	制度性因素
	IS	产业结构	区域第二产业增加值占区域 GDP 的比重	结构性因素
	TIL	交通基础设施水平	区域公路总路程数	区位性因素
	RD	研发强度	区域 R&D 经费内部支出占区域 GDP 的比重	行为性因素

表 4 变量描述性统计

变量	原始统计	单位	均值	中位数	最大值	最小值	标准差
NY	工业增加值	亿元	12 347.57	7 914.55	47 723.00	3 336.60	11 743.30
	工业碳排放治理成本	万元	96 822.23	74 251.50	331 860.00	1 832.00	79 206.29
K	工业固定资产年平均余额	亿元	114 483.65	8 398.56	34 694.45	4 120.14	7 468.61
L	工业劳动力人口	万人	381.86	183.50	1 455.81	81.00	455.58
E	工业能源消费量	万吨标准煤	7 594.32	5 487.68	20 304.99	1 578.30	5 532.10
GF	六大高耗能企业利息支出	亿元	134.09	97.40	311.22	39.72	87.83
	工业产业利息支出	亿元	346.85	234.34	976.70	85.24	248.61
	六大高耗能行业总市值	亿元	3.36	2.62	12.90	0.05	3.24
	A 股总市值	亿元	61 186.20	23 843.35	237 628.00	2 819.76	66 931.07
	环境污染投资额	亿元	256.03	214.97	806.84	21.38	191.10
	区域 GDP	亿元	39 319.18	29 885.01	129 118.60	13 027.60	28 529.20
	本外币贷款余额	亿元	8 215.81	6 436.58	19 479.22	1 754.12	4 909.65
CT	区域碳排放量	万吨	66 470.84	52 814.80	251 052.70	18 005.70	48 124.62
	碳交易年成交额	元	97 234.98	58 981.55	459 570.70	0	117 269.80
	碳交易年成交量	吨	6 430 778.00	2 437 942.00	5.39e+07	0	1.00e+07
ER	碳交易年有效交易日	天	127.77	133.00	365.00	0	82.61
	工业污染治理投资	亿元	15.78	11.84	52.57	5.44	13.86
FDI	外商直接投资额	亿元	701.82	541.64	1 670.00	143.58	491.79
UR	区域城镇人口总数	万人	3 247.50	2 176.00	9 466.00	1 160.00	2 553.99
	区域常住总人口数	万人	4 528.80	2 750.22	12 684.00	1 363.00	3 710.08
TZ	国有企业工业总数	个	734.60	676.50	1 605.00	459.00	241.18
	规模以上工业企业总数	个	12 767.20	5 910.00	74 131.00	716.00	18 280.18
IS	第二产业增加值	亿元	14 159.32	9 117.10	52 843.50	4 168.30	12 750.18
TIL	公路总里程数	万公里	11.60	7.26	30.42	1.26	10.60
RD	R&D 经费内部支出	亿元	1 270.00	981.58	4 520.00	176.49	973.76

四、实证分析

(一) 直接影响分析

表 5 第(2)列和第(4)列中,绿色金融二次项系数和碳交易二次项系数显著为正,说明在既定条件下,绿色金融和碳交易与产业绩效存在可被

证实的 U 型关系。由此说明:在绿色金融和碳交易发展水平分别达到某一阈值(拐点)前,二者将表现为产业绩效的“挑战”;当超过各自阈值(拐点)后,则为“机遇”;假设 H1 与假设 H2 得到初步验证。仅根据二次项系数显著得出 U 型关系的结

论并不严谨,因此拟采用 Utest 检验命令验证。其中,绿色金融与产业绩效的 U 型曲线 Utest 检验 P 值为 0.007 且曲线斜率为先负 ($-95\ 812, p < 0.01$) 后正 ($49\ 879, p < 0.01$); 极值点为 0.57, 位于绿色金融取值范围(最小值 0.34, 最大值 0.69) 内。同理,碳交易与产业绩效的曲线 Utest 检验 P 值为 0.056, 且曲线斜率为先负 ($-20\ 070, p < 0.10$) 后正 ($49\ 879, p < 0.01$); 极值点为 0.21, 位于碳交易取值范围(最小值 0.04, 最大值 0.63) 内,说明绿色金融和碳交易与产业绩效之间存在 U 型关系。此时,可进一步断定假设 H1 与假设 H2 成立。结合来看,湖北省已跨过绿色金融发展水平的拐点,广东省已跨过碳交易发展水平的拐点,而其余省市仍处于拐点左侧。因此,整体上提高试点地区绿色金融与碳交易发展水平能提升各区域产业绩效。

表 5 绿色金融和碳交易对产业绩效的直接影响

变量	(1) NY	(2) NY	(3) NY	(4) NY
GF	-3 219.047 (-0.22)	-243 737.000*** (-3.70)	-	-
GF ²	-	213 933.900*** (3.72)	-	-
CT	-	-	8 578.744 (1.32)	-20 481.510 (-1.55)
CT ²	-	-	-	48 568.670** (2.48)
TZ	455.382 (0.53)	-5.658 (-0.01)	749.316 (0.95)	619.411 (0.83)
IS	-208.808 (-0.89)	-397.850* (-1.90)	-258.229 (-1.11)	-269.065 (-1.24)
ER	7.070 (0.14)	-17.711 (-0.39)	-7.010 (-0.14)	-27.391 (-0.57)
UR	1 022.503* (1.86)	487.502 (0.99)	875.486 (1.61)	841.495 (1.65)
FDI	2.189 (1.06)	2.050 (1.16)	2.547 (1.26)	2.421 (1.28)
TIL	-0.146 (-1.59)	-0.086 (-1.06)	-0.136 (-1.57)	-0.113 (-1.38)
RD	2 549.223 (1.00)	2 012.508 (0.91)	2 496.550 (1.00)	3 393.588 (1.44)
_cons	-54 082.510 (-1.45)	58 383.350 (1.32)	-48 016.360 (-1.41)	-46 604.410 (-1.46)
地区固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
N	60	60	60	60
R ²	0.554	0.678	0.573	0.636
adj-R ²	0.289	0.472	0.320	0.403

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 统计量。

(二) 稳健性检验

①替换被解释变量。为表现投入产出关系并体现工业经济运行效率,将产业绩效更换为工业增加值 Y 。

②缩尾处理。为避免主要变量极端值对回归

结果产生较大影响,将各变量进行 1% 缩尾处理。

③核心解释变量滞后一期。考虑影响效果可能具有时滞性,将绿色金融滞后一期和碳交易滞后一期替换核心解释变量。结果如表 6 所示,基准回归结果仍成立。

(三) 改进模型的回归验证

为验证各生产要素对产业绩效的影响,将对数处理后的改进生产函数回归,结果如表 7 所示。

由表 7 可知,现阶段,增加资本和能源投入可提高产业绩效水平,但增加劳动力投入将不利于产业绩效提升。由此印证了一个事实:中国产业正由“劳动密集型”向“资本密集型+能源密集型”过渡。具体表现为:在其他要素既定情况下,资本、劳动力和能源每增加 1%,产业绩效将分别增加 0.478%、-0.675% 和 0.492%。此外,资本、劳动力和能源的生产弹性之和小于 1,工业生产表现出规模报酬递减特征,说明 7 个试点产业绩效的提高比例小于生产要素的增加比例,生产要素投入未能充分转化为产出,存在资源冗余现象,整体资源配置效率较低。

(四) 间接影响分析

1. 绿色金融的间接影响

以“资本”为中介变量,表 8 第(1)列中绿色金融及其二次项影响效果均显著,可证明绿色金融与资本之间存在非线性关系,且 Utest 检验 P 值为 0.049,极值点为 0.59。分析表明:伴随绿色金融发展,其对资本的影响会率先发挥削弱功能、后逐渐转变为增强效应。分析其原因:当绿色金融发展未达到临界点时,绿色金融使产业部门面临较强融资约束,资本投资处于渗透阶段;越过临界点后,产业部门通过技术创新等渠道逐步转型,逐渐体现对社会资本的吸引力。表 8 第(2)列中将资本加入主模型后,绿色金融二次项和资本对产业绩效影响效果均显著为正,体现资本促进效果。由此证实:对于绿色金融的间接影响效果,资本具有要素中介作用,假设 H1a 成立。

以“劳动力”为中介变量,表 8 第(3)列中绿色金融及其二次项的影响效果均显著,可初步证明绿色金融与劳动力之间呈倒 U 型关系,Utest 检验

P 值为 0.001, 极值点为 0.56, 即随着绿色金融发展, 劳动力数量先增加后逐渐降低。分析其原因: 当绿色金融发展未达到临界点(0.56)时, 其促进更多企业将转向绿色生产, 可创造更多就业机会; 当越过这个临界点后, 更多社会资本投入企业, 导致其他生产要素与劳动力之间的丰裕度发生变化, 企业更倾向于用其他生产要素替代劳动力。表 8 第(4)列中将劳动力引入主模型后, 劳动力对产业绩效的影响效果为负且显著, 体现劳动力抑制效果。由此证实: 对于绿色金融的间接影响效果, 劳动力具有要素中介作用, 假设 H1b 成立。

以“能源”为中介变量, 表 8 第(5)列中绿色金

融及其二次项影响效果均显著, 初步证明绿色金融与能源之间呈 U 型关系, 且 U_{test} 检验 P 值为 0.000, 极值点为 0.56。由此证明: 能源投入将随着绿色金融发展水平的提高先降低、后增加。分析其原因: 在临界点(0.56)之前, 绿色金融支持绿色项目使企业减少高碳能源消费; 跨过临界点后, 产业部门能源结构逐步得到优化, 清洁能源消费规模将逐渐扩大。表 8 第(6)列中将能源引入主模型后, 绿色金融二次项和能源对产业绩效影响效果均显著为正, 体现能源促进效果。由此证实: 对于绿色金融的间接影响效果, 能源具有要素中介作用, 假设 H1c 成立。

表 6 稳健性检验结果

变量	替换被解释变量		缩尾处理		核心解释变量滞后一期	
	Y	Y	W. NY	W. NY	NY	NY
GF	-243 633.500*** (-3.70)	-	-	-	-	-
GF ²	213 869.100*** (3.72)	-	-	-	-	-
CT	-	-20 443.490 (-1.55)	-	-	-	-
CT ²	-	48 530.410** (2.48)	-	-	-	-
W. GF	-	-	-243 737.000*** (-3.70)	-	-	-
(W. GF) ²	-	-	213 933.900*** (3.72)	-	-	-
W. CT	-	-	-	-20 481.510 (-1.55)	-	-
(W. CT) ²	-	-	-	48 568.670** (2.48)	-	-
L. GF	-	-	-	-	-250 206.400*** (-3.85)	-
(L. GF) ²	-	-	-	-	210 213.000*** (3.66)	-
L. CT	-	-	-	-	-	-30 957.830*** (-2.75)
(L. CT) ²	-	-	-	-	-	63 127.930*** (3.80)
TZ	-4.585 (-0.01)	620.136 (0.84)	-5.658 (-0.01)	619.411 (0.83)	-269.813 (-0.39)	375.524 (0.61)
IS	-398.051* (-1.91)	-269.478 (-1.24)	-397.850* (-1.90)	-269.065 (-1.24)	-410.156** (-2.06)	-203.386 (-1.12)
ER	-17.206 (-0.38)	-26.879 (-0.56)	-17.711 (-0.39)	-27.391 (-0.57)	28.109 (0.63)	-6.074 (-0.15)
FDI	2.051 (1.16)	2.423 (1.28)	2.050 (1.16)	2.421 (1.28)	0.939 (0.51)	2.159 (1.31)
UR	488.112 (0.99)	841.519 (1.65)	487.502 (0.99)	841.496 (1.65)	268.461 (0.49)	1 833.084*** (3.72)
THL	-0.086 (-1.07)	-0.113 (-1.38)	-0.086 (-1.06)	-0.113 (-1.38)	-0.051 (-0.60)	-0.250*** (-3.35)
RD	2 010.335 (0.91)	3 390.762 (1.44)	2 012.508 (0.91)	3 393.588 (1.44)	2 052.812 (0.99)	638.254 (0.32)
_cons	58 325.900 (1.32)	-46 581.620 (-1.46)	58 383.350 (1.32)	-46 604.410 (-1.46)	78 630.510 (1.66)	-96 038.940*** (-3.15)
地区固定效应	是	是	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是	是	是
N	60	60	60	60	54	54
R ²	0.678	0.636	0.678	0.636	0.716	0.728
adj-R ²	0.471	0.403	0.472	0.403	0.515	0.535

注: ***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义; 括号内为 t 统计量。

表7 对数处理的改进生产函数回归结果

产业绩效	生产要素	回归系数	P 值	R ²	adj - R ²
lnNY	lnK	0.478	0.000	0.715	0.670
	lnL	-0.675	0.000		
	lnE	0.492	0.000		
	_cons	4.360	0.003		

据此可知:第一,当中国产业部门选择绿色金融时,资本和能源正逐步发挥优势,而单纯增加劳动力投入并不符合当前产业利益。第二,绿色金

融对资本、劳动力、能源和产业绩效影响曲线的极值点分别为0.59、0.56、0.56和0.57,四者极值点极为相近,可推理得中国绿色金融的推进存在一个最佳时间点。该点之前绿色金融处于导入渗透期,资本和能源趋势呈减速下降、劳动力呈减速上升,最终抑制产业绩效;跨越该点后,绿色金融发展将处于稳定成长期,资本和能源呈上升趋势、劳动力呈下降趋势,最终促进产业绩效。

表8 “绿色金融→资本/劳动力/能源→产业绩效”的中介效应分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	K	NY	L	NY	E	NY
K	-	2.111 ** (2.46)	-	-	-	-
L	-	-	-	-39.512 ** (-2.16)	-	-
E	-	-	-	-	-	2.003 *** (10.67)
GF	-35 939.310 *** (-3.00)	-167 851.800 ** (-2.43)	2 157.739 *** (3.77)	-158 479.800 ** (-2.14)	-61 980.100 *** (-4.83)	-158 689.800 *** (-4.22)
GF ²	30 461.370 *** (2.91)	149 615.200 ** (2.50)	-1 945.826 *** (-3.90)	137 049.900 ** (2.10)	55 074.490 *** (4.91)	131 261.500 *** (3.47)
TZ	124.492 (0.91)	-268.520 (-0.38)	-7.050 (-1.08)	-284.234 (-0.39)	-0.724 (-0.00)	-219.084 (-1.04)
IS	24.115 (0.63)	-448.769 ** (-2.28)	5.078 *** (2.80)	-197.204 (-0.90)	13.370 (0.33)	-400.929 *** (-2.95)
ER	-13.018 (-1.59)	9.776 (0.22)	0.119 (0.31)	-13.017 (-0.30)	10.351 (1.18)	-40.138 (-1.15)
FDI	0.832 ** (2.58)	0.293 (0.16)	-0.004 (-0.24)	1.906 (1.13)	-0.061 (-0.18)	2.564 ** (2.18)
UR	180.087 * (2.00)	107.252 (0.22)	-7.601 * (-1.77)	187.179 (0.38)	394.286 *** (4.09)	-3.267 (-0.03)
TIL	-0.023 (-1.59)	-0.037 (-0.47)	0.002 ** (2.33)	-0.021 (-0.26)	-0.066 *** (-4.20)	0.002 (0.21)
RD	1 385.284 *** (3.45)	-912.496 (-0.38)	11.048 (0.58)	2 449.042 (1.16)	341.063 (0.79)	-35.359 (-0.04)
_cons	-413.150 (-0.05)	59 255.710 (1.44)	61.784 (0.16)	60 824.560 (1.45)	964.459 (0.11)	56 635.46 *** (3.20)
地区固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	60	60	60	60	60	60
R ²	0.761	0.725	0.840	0.716	0.731	0.773
adj - R ²	0.608	0.537	0.738	0.521	0.558	0.618

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 统计量。

2. 碳交易的间接影响

以“资本”为中介变量,表9第(1)列中碳交易及其二次项影响效果均显著,可判断碳交易与资本之间呈U型关系,且Utest检验P值为0.020,极值点为0.19。分析其原因:碳交易实施使环境成本内生化的,产业部门需承担额外的治理成本^[23];越过临界值,产业部门将逐步完成绿色低碳转型,此时碳交易将带来额外收益。表9第(2)列中将资本加入主模型后,碳交易二次项和资本对产业绩效影响均显著为正。由此证实:资本可作为碳交易的要素媒介,且体现为对产业绩效的间接促进作用,假设H2a成立。

以“劳动力”为中介变量,表9第(3)列中碳交易及其二次项影响效果均显著,可初步判断碳交易与劳动力之间呈U型关系,且Utest检验P值为0.006,极值点为0.20。分析其原因:碳交易的约束使产业部门运营成本增加,因此较为敏感的劳动力要素将在该阶段有所削减;随着碳交易稳定发展,产业部门在完成转型的前提下将吸纳一定的劳动存量^[24]。表9第(4)列中,将劳动力加入主模型后,碳交易二次项和劳动力对产业绩效的影响均显著为正。由此证实:劳动力可作为碳交易的要素媒介,且体现为对产业绩效的间接促进作用,假设H2b成立。

以“能源”为中介变量,表 9 第(5)列中碳交易二次项的影响效果为正,可判断碳交易与能源之间存在 U 型关系,且 U_{test} 检验 P 值为 0.081,极值点为 0.26。分析其原因:实施碳交易使化石能源成本上升,短期内降低了产业部门使用化石能源的积极性;随着新型清洁能源成本的理性回归及

技术成熟,在绝对量和相对量方面,清洁能源或将逐步替代化石燃料^[25]。表 9 第(6)列中将能源加入主模型后,碳交易二次项和能源对产业绩效的影响显著为正,由此证实:能源可作为碳交易的要素媒介,且体现为对产业绩效的间接促进作用,假设 H2c 成立。

表 9 “碳交易→资本/劳动力/能源→产业绩效”的中介效应分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	K	NY	L	NY	E	NY
K	-	3.233 *** (4.36)	-	-	-	-
L	-	-	-	15.053 *** (5.94)	-	-
E	-	-	-	-	-	2.664 *** (5.41)
CT	-11 603.900 ** (-2.14)	-8 213.415 (-0.74)	-1 709.418 ** (-2.66)	-19 803.960 * (-1.76)	-3 421.160 (-1.43)	-8 075.942 (-1.00)
CT^2	30 978.450 *** (3.75)	36 866.470 ** (2.28)	4 306.729 *** (4.41)	51 261.340 ** (2.67)	6 485.354 * (1.74)	25 229.620 * (1.99)
TZ	-582.368 *** (-5.42)	46.630 (0.08)	-55.635 *** (-4.37)	-628.863 ** (-2.52)	104.829 (0.69)	99.975 (0.20)
IS	111.948 (1.17)	-477.496 ** (-2.60)	5.458 (0.48)	-110.440 (-0.60)	102.962 *** (3.32)	-512.310 *** (-4.53)
ER	-22.636 (-0.89)	4.256 (0.11)	-3.587 (-1.19)	9.980 (0.20)	18.499 ** (2.05)	-58.571 * (-1.88)
FDI	3.546 *** (4.80)	-0.148 (-0.09)	0.371 *** (4.24)	1.136 (0.67)	-0.251 (-0.68)	3.049 ** (2.49)
UR	63.368 (0.93)	-108.408 (-0.23)	4.387 (0.54)	77.674 (0.59)	462.301 *** (4.52)	-435.497 (-1.07)
TIL	0.018 ** (2.41)	0.005 (0.07)	0.001 (1.39)	0.028 * (1.90)	-0.070 *** (-4.23)	0.080 (1.25)
RD	2 461.038 *** (3.45)	-1 516.738 (-0.68)	166.083 * (1.97)	1 436.313 (1.00)	308.204 (0.87)	1 510.442 (1.29)
$_{-cons}$	-8 050.084 (-0.91)	17 380.630 (0.58)	-394.119 (-0.38)	10.080 (0.00)	-24 871.170 *** (-3.82)	26 743.030 (1.08)
地区固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
N	60	60	60	60	60	60
R^2	0.725	0.764	0.782	0.811	0.514	0.764
$adj-R^2$	0.550	0.602	0.643	0.682	0.363	0.684

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 统计量。

据此可知:第一,当中国产业部门选择碳交易时,现阶段资本、劳动力和能源投入均可提升产业绩效;值得注意的是,无论是对改进的生产函数回归、或是以绿色金融为解释变量进行拟合,劳动力投入均抑制产业绩效,但碳交易的存在却使劳动力促进产业绩效,这证实了以往学者的观点:碳交易在一定程度上有助于企业扩大生产规模,从而对劳动力需求产生促进效果^[26]。第二,碳交易对资本、劳动力、能源和产业绩效影响曲线的极值点分别为 0.19、0.20、0.26 和 0.21;虽然极值点不完全相同,但都较为接近(处于一个较为紧凑的区间),因此从整体上看,可认为碳交易的推进存在一个调整时间段;在该时间段之前,其对资本、劳动力、能源甚至产业绩效会存在短暂的抑制,经过调整后,将发挥促进作用。

3. 调节效应分析

表 10 第(2)列中绿色金融二次项系数显著为正,主效应仍显著;碳交易与绿色金融二次项的交互项的影响效果也显著为正,说明在条件既定情况下,碳交易可显著加强绿色金融与产业绩效的 U 型关系,假设 H3b 成立。

表 10 第(4)列中碳交易二次项的影响效果显著为正,绿色金融与碳交易二次项的交互项影响效果显著为负,表明现阶段绿色金融将弱化石碳交易与产业绩效之间的 U 型关系,H3a 被证伪。分析其原因:一方面,绿色金融可提供投融资推进技术创新,削弱了碳交易对产业绩效的负面作用;另一方面,产业部门可通过绿色债券等获得低成本资金,降低了对出售碳配额获取收益的依赖。

表 10 绿色金融与碳交易调节效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	NY	NY	NY	NY
GF	-246 227.300 *** (-3.72)	-29 026.240 *** (-4.27)	-	6 228.646 (0.45)
GF ²	215 334.600 *** (3.73)	176 689.400 *** (6.58)	-	-
CT	-	-6 799.288 (-1.68)	-21 838.680 (-1.65)	-29 824.170 (-0.48)
CT ²	-	-	49 239.710 ** (2.50)	269 290.600 ** (2.72)
GF × CT	-	-146 682.500 *** (-6.64)	-	118 998.900 (0.92)
GF ² × CT	-	1 545 183.300 *** (6.55)	-	-
GF × CT ²	-	-	-	-632 244.500 *** (-2.74)
TZ	-114.279 (-0.15)	-471.540 (-1.34)	494.154 (0.67)	486.023 (0.84)
IS	-290.792 (-1.55)	-86.809 (-0.97)	-134.282 (-0.70)	20.061 (0.14)
ER	-2.831 (-0.07)	-6.107 (-0.28)	-9.446 (-0.20)	-50.926 (-1.49)
UR	294.371 (0.63)	-1 075.781 *** (-4.38)	643.607 (1.31)	-265.759 (-0.69)
THL	-0.046 (-0.62)	0.200 *** (4.90)	-0.069 (-0.92)	0.039 (0.66)
RD	1 770.867 (0.80)	146.829 (0.14)	3 121.733 (1.32)	454.487 (0.25)
_cons	68 041.210 (1.57)	75 718.760 *** (4.72)	-38 283.570 (-1.21)	12 846.840 (0.50)
地区固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
N	60	60	60	60
R ²	0.666	0.936	0.619	0.821
adj-R ²	0.467	0.889	0.393	0.690

注：***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义；括号内为 t 统计量。

据此,以数据辅证上述结果,借鉴 Hanns^[27] 的验证方式:①式(8)中, $e_5 > 0$ 表明碳交易使绿色金融与产业绩效的 U 型曲线更陡峭,此时关系成长速率更快;公式(9)中, $f_5 < 0$ 表明绿色金融使碳交易与产业绩效的 U 型曲线更平缓,此时关系成长速率将变缓。②式(8)中, $(e_1e_5 - e_2e_4) > 0$, 表明碳交易使绿色金融与产业绩效的 U 型曲线拐点右移,此时抑制作用的进度被延长、促进作用的进度被延后;式(9)中, $(f_1f_5 - f_2f_4) < 0$, 表明绿色金融使碳交易与产业绩效的 U 型曲线拐点左移,此时抑制作用的进度被缩短、促进作用的进度被提前。

五、结论及政策含义

(一)主要结论

第一,就直接影响而言,绿色金融和碳交易的导入会短暂阻碍产业绩效提升,但随着持续渗透,二者终将跨越“拐点”并促进产业高质量发展。条件既定情况下,绿色金融和碳交易对产业绩效的直接影响呈现 U 型关系;在两者发展水平分别达到“拐点”前,二者表现为“挑战”;当跨越“拐点”后,则为“机遇”;目前中国 7 个试点绿色金融和碳交易的发展处于规模报酬递减阶段,大部分试点的“拐点”仍未到来。

第二,就间接影响而言,绿色金融和碳交易的推进均存在一个最佳时间段(点),不仅可将资本、劳动力与能源作为影响产业绩效的媒介,而且可促进产业结构由“劳动密集型”向“资本密集型 + 能源密集型”过渡。绿色金融对生产要素和产业绩效的影响在进程上具有协同性,即虽然作用时期一致、但作用方向有差异;碳交易的影响则具有同步性,即不仅存在于一个相对紧凑的进程区间、而且作用方向相同。

第三,现阶段绿色金融和碳交易的相互影响不具有对称性,且碳交易加强绿色金融—产业绩效关系的贡献体现为成长速率的动态提升、绿色金融加强碳交易—产业绩效关系的贡献体现为抑制作用的空间压缩。虽然碳交易使绿色金融与产业绩效的关系成长速率更快,但也使绿色金融对产业绩效促进作用的进度被延后,总调节效应为碳交易可向利好的方向调节绿色金融与产业绩效之间的关系。同时,虽然绿色金融使碳交易与产业绩效关系的成长速率变缓,但也使碳交易对产业绩效促进作用的进度被提前,总调节效应表现为绿色金融弱化了碳交易与产业绩效之间的关系。

(二)政策建议

首先,应综合评估各区域的资源禀赋与经济发展能力,有针对性地逐步优化绿色金融和碳交易的导入方案,并逐步完善两者与产业综合绩效良性互动的政策环境。其次,应进一步完善全国范围的绿色金融和碳交易市场,提供配套制度、健全法律体系;同时应适度加强市场监管、积极倡导绿色金融产品创新、有序推进全国范围碳市场的扩容,进一步提升市场活跃度。再次,应充分认识绿色金融和碳交易对产业结构可产生直接影响和间接影响的事实。对于无法按预期跨越“拐点”的地区,应通过“过程引导”不断优化产业结构,并避免政策执行过程中的“一刀切”。最后,应科学利用市场手段,发挥绿色金融和碳交易对生产要素的配置功能,提高配置效率、优化消费结构、协调流动渠道,妥善处理工业生产中各要素投入的相对变动,激励产业结构逐步实现合理化、高级化以及均衡性。

参考文献:

- [1] THOMPSON P. Bank lending and the environment: policies and opportunities [J]. *International journal of bank marketing*, 1998(6):243-252.
- [2] 何德旭, 程贵. 绿色金融 [J]. *经济研究*, 2022, 57(10):10-17.
- [3] LIU J Y, XIA Y, FAN Y, et al. Assessment of a green credit policy aimed at energy-intensive industries in China based on a financial CGE model [J]. *Journal of cleaner production*, 2017(163):293-302.
- [4] 许文立, 孙磊. 市场激励型环境规制与能源消费结构转型:来自中国碳排放权交易试点的经验证据 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40(7):133-155.
- [5] ZHANG T. Can green finance policies affect corporate financing? evidence from China's green finance innovation and reform pilot zones [J]. *Journal of cleaner production*, 2023:138289.
- [6] RAN C, ZHANG Y. The driving force of carbon emissions reduction in China: does green finance work [J]. *Journal of cleaner production*, 2023(421):138502.
- [7] XIANG Y, CHAO Y, ZHANG R F. How does green finance derive the resource efficiency and decarbonization of the economy? [J]. *Resources policy*, 2023(85):103934.
- [8] CHEN J K, ABBAS J, NAJAM H, et al. Green technological innovation, green finance, and financial development and their role in green total factor productivity: empirical insights from China [J]. *Journal of cleaner production*, 2023(382):135131.
- [9] WAN Y Y, SHENG N, WEI X Y, et al. Study on the spatial spillover effect and path mechanism of green finance development on China's energy structure transformation [J]. *Journal of cleaner production*, 2023(415):137820.
- [10] LIU X, AN H, WANG L, et al. An integrated approach to optimize moving average rules in the EUA futures market based on particle swarm optimization and genetic algorithms [J]. *Applied energy*, 2017(185):1778-1787.
- [11] JIN Y, LIU X, CHEN X, et al. Allowance allocation matters in China's carbon emissions trading system [J]. *Energy economics*, 2020(92):105012.
- [12] WU R X, TAN Z Z, LIN B Q. Does carbon emission trading scheme really improve the CO₂ emission efficiency? evidence from China's iron and steel industry [J]. *Energy*, 2023(277):127743.
- [13] PAN X F, PU C X, YUAN S, et al. Effect of Chinese pilots carbon emission trading scheme on enterprises' total factor productivity: the moderating role of government participation and carbon trading market efficiency [J]. *Journal of environmental management*, 2022(316):115228.
- [14] 贾智杰, 林伯强, 温师燕. 碳排放权交易试点与全要素生产率:兼论波特假说、技术溢出与污染天堂 [J]. *经济学动态*, 2023(3):66-86.
- [15] 韩金宝, 蔡雯霞, 诸葛瑞阳. 碳排放权交易政策对地区碳绩效的影响:基于链式中介效应的检验 [J]. *金融理论与实践*, 2023(7):60-70.
- [16] SONG M L, ZHENG H Y, SHEN Z Y. Whether the carbon emissions trading system improves energy efficiency-empirical testing based on China's provincial panel data [J]. *Energy*, 2023(275):127465.
- [17] 赵蓉, 冯凯丽, 袁世一, 等. 区域高技术产业创新环境组态研究:基于模糊集定性比较分析 (fsQCA) [J]. *科技管理研究*, 2022, 42(11):73-80.
- [18] CHIN F C C, YUAN Q Q, CHENG H, et al. Global Inclusive and Sustainable Competitive Industrial Performance (ISCIP): an efficiency based spatio-temporal analysis for 139 countries [J]. *Applied energy*, 2023(333):121603.
- [19] 董保宝. 风险需要平衡吗:新企业风险承担与绩效倒 U 型关系及创业能力的中介作用 [J]. *管理世界*, 2014(1):120-131.
- [20] 林伟鹏, 冯保艺. 管理学领域的曲线效应及统计检验方法 [J]. *南开管理评论*, 2022, 25(1):155-166.
- [21] 冯兰刚, 阳文丽, 赵庆, 等. 绿色金融对工业污染影响效应的统计检验 [J]. *统计与决策*, 2022, 38(6):144-149.
- [22] 辛红. 碳交易政策与绿色金融的耦合协调性研究 [J]. *当代经济研究*, 2023(9):120-128.
- [23] 刘平阔, 卢存禹. 中国能源转型路径选择的影响因素:理论检验与实证分析 [J]. *中国软科学*, 2022(6):51-61.
- [24] 李永武, 王宝玲, 王雅实, 等. 能源转型的宏观经济效应:基于 DSGE 和面板模型的双重检验 [J]. *系统工程理论与实践*, 2023, 43(11):3069-3093.
- [25] 刘平阔, 王志伟. 中国“能源转型”是否合理:能源替代-互补关系的实证研究 [J]. *中国软科学*, 2019(8):14-30.
- [26] 任胜钢, 李波. 排污权交易对企业劳动力需求的影响及路径研究:基于中国碳排放权交易试点的准自然实验检验 [J]. *西部论坛*, 2019, 29(5):101-113.
- [27] HAANS F J, PIETERS C, HE Z L. Thinking about U: theorizing and testing U-and inverted U-shaped relationships in strategy research [J]. *Strategic management journal*, 2016, 37(7):1177-1195.

(本文责编:润 泽)