

异质型碳规制对企业数字化转型的影响

张自然¹, 海梅红², 宋萍萍²

(1. 中国社会科学院 经济研究所, 北京 100836; 2. 中国社会科学院大学 经济学院, 北京 102488)

[摘要] 推动数字化绿色化协同发展, 以绿色化带动数字化是实现经济高质量发展的重要推力。基于此, 利用 2006—2023 年 A 股上市公司数据, 将“低碳城市”和“碳排放权交易”试点政策分别作为命令控制型碳规制政策和市场激励型碳规制政策的外生冲击, 采用 DID 模型探讨异质型碳规制政策对企业数字化转型的影响。研究发现: 两类碳规制政策均能促进企业数字化转型, 且命令控制型碳规制的促进作用小于市场激励型碳规制政策。探究其机制发现: 命令控制型碳规制政策主要通过环境行政处罚, 而市场激励型碳规制政策主要通过缓解融资约束来促进企业数字化转型; 绿色技术创新和人力资本在两类碳规制政策促进数字化转型中均起到中介作用; 董监高的金融背景、海外背景和绿色背景具有正向调节作用。此外, 异质型碳规制政策对企业数字化转型的影响会因企业地理位置、行业类型的不同而表现出异质性特征。相关研究为加速企业数字化转型与绿色协同发展提供理论支撑与政策启示。

[关键词] 命令控制型碳规制; 市场激励型碳规制; 数字化转型; 绿色技术创新; 行政处罚; 融资约束

[中图分类号] F270 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2096-3114(2026)01-0069-11

一、引言

在全球气候变化日益严峻、环境问题日益突出的背景下, 企业绿色转型已经成为各国经济发展和政策制定的重要方向。碳规制政策作为推动企业绿色转型的重要工具, 得到了广泛关注和实施。不同国家和地区根据自身的经济发展水平、资源禀赋、技术能力以及社会需求, 制定各具特色的碳规制政策, 市场激励型政策、命令控制型政策、混合型政策等多种形式相继出现, 促进了企业的绿色转型进程。同时, 伴随着全球范围内的技术进步, 企业面临着日益增长的竞争压力和技术创新需求, 企业的数字化转型迫在眉睫。数字化技术能够降低企业绿色转型的边际成本, 因此推动数字化与绿色化协同发展是实现企业可持续发展的必然要求。在这样的现实背景下, 根据不同的国情和地区特点, 对企业绿色转型和数字化转型的协同推进路径进行全面系统的解构, 是学术界和各国政府亟须研究的重要议题。

与本文相关的文献主要包括以下三个方面: 一是, 碳规制政策相关文献。在经济效应层面, 波特假说认为适当的碳规制政策激励企业进行技术创新, 从而提升企业的生产率和竞争力^[1], 但也有学者认为碳规制政策会导致企业产生额外的合规成本, 从而影响企业自身的发展^[2]。在社会效应层面, 碳规制政策为社会创造更多就业机会^[3]的同时改善了长期劳动力需求^[4]。但也有研究发现, 严格的碳规制政策会导致一定的社会不稳定和就业问题^[5]。在生态效应层面, 碳规制政策能够通过减少污染物的排放来改善生态环境质量, 尤其是在控制大气污染方面有显著效果^[6]。二是, 企业数字化转型相关文献。企业数字化转型受到内部和外部的多重因素驱动。内部驱动因素主要包括管理者特质、技术创新能力等^[7], 外部驱动因素主

[收稿日期] 2025-06-22

[基金项目] 国家社会科学基金重点项目(24AZD074)

[作者简介] 张自然(1972—), 男, 湖北麻城人, 中国社会科学院经济研究所研究员, 博士生导师, 主要研究方向为城市化、技术进步与经济增长; 海梅红(1997—), 女, 内蒙古通辽人, 中国社会科学院大学经济学院博士生, 主要研究方向为技术进步与经济增长, 通信作者, 邮箱: 15771384417@163.com; 宋萍萍(1994—), 女, 山东烟台人, 中国社会科学院大学经济学院博士生, 主要研究方向为技术进步与经济增长。

要包括技术环境变化、政策法规支持等^[8]。三是,碳规制与企业数字化转型相关文献。已有文献对碳规制与企业数字化转型之间的探讨,多集中于研究数字化转型对碳减排的影响。研究发现,数字化转型主要通过降低环境治理成本、提升行业竞争度、促进技术创新等路径降低企业碳排放水平^[9]。

综上所述,已有研究大多从单一方向展开,缺乏对绿色转型赋能数字化转型的研究,尤其是绿色转型过程中的碳规制政策对企业数字化转型的影响研究,以及缺乏对异质型碳规制政策影响效应的对比研究。随着各类碳规制政策的逐步实施,企业是否会借助数字化技术满足环保要求,从而加速企业的数字化转型?还是为满足绿色合规要求挤占企业数字化转型的资源,从而不利于企业的数字化转型?不同类型的碳规制政策对企业数字化转型的影响是否存在差异?已有文献并没有对这些问题进行深入研究。基于此,本文基于2006—2023年A股上市公司数据,实证考察了命令控制型碳规制政策和市场激励型碳规制政策对企业数字化转型的影响效果及其作用机制。本文可能的贡献有以下几点:在理论层面,丰富了波特假说、科斯定理等相关碳规制理论的实证基础,深化了碳规制政策与企业数字化转型关系的认知。本研究超越了政策“是否有效”的层面,通过对比证实了市场激励型碳规制政策的总体优势,并揭示了命令型碳规制政策在特定情境下的不可替代性,为理解两类碳规制政策的差异化作用提供了更精细的理论框架。在实践层面,揭示了差异化的内在影响机制,明确了政策发挥作用的具体路径与政策效力的边界条件与权变因素,这深化了对政策工具如何通过不同微观渠道影响企业决策的理解,显著增强了对政策适用情境与生效条件的解释力。

二、理论分析与研究假设

环境规制政策与碳规制政策虽然都旨在减少环境污染和碳排放,但在目标、手段、范围和灵活性等方面存在明显区别。环境规制政策是一个更广义的概念,涵盖多种污染物治理手段;而碳规制政策则是环境规制中的“专项政策”,聚焦于碳排放控制,更多依赖市场机制,且在技术创新激励和成本控制方面更具优势。按照政府规制程度的强弱可以将碳规制政策分为命令控制型、市场激励型和自愿型政策。

(一) 异质型碳规制政策对企业数字化转型的相同机制

1. 绿色技术创新效应。基于波特假说,命令控制型碳规制政策为试点地区提供有利的创新环境和政策支持,吸引更多的投资者参与绿色技术创新,鼓励企业和研究机构在绿色技术领域进行创新^[11]。企业数字化发展的核心要素之一是充足的研发投入^[10]。由于数字化转型是一个长期、渐进的过程,企业在研发方面的资金投入是企业数字化转型过程中的有效保证。命令控制型碳规制政策的实施显著提升了地方政府对环境保护的优先级,大部分试点城市明确了通过绿色技术创新来推动城市低碳发展的目标^[12]。在市场激励型碳规制政策的作用下,进行可持续探索实践的企业更容易享受到创新补偿的激励作用,通过绿色补贴直接减少企业绿色创新成本,加大对绿色产品研发的投入,提高其绿色创新水平。在推动数字化与绿色技术融合的过程中,企业的技术研发投入和技术创新能力不断提高,为企业数字化转型提供了坚实的技术支撑。

2. 人力资本效应。碳规制政策通过施加环境合规压力促使企业重新配置资源以寻求绿色可持续发展路径,这一过程内在驱动了人力资本的提升。一方面,异质型碳规制政策试点通常伴随着大量相关项目的刚性需求,这些项目需要依托高质量人力资本来完成,进一步促进了高学历高技能人才向试点城市的汇聚。另一方面,异质型碳规制政策迫使企业进行绿色技术创新,加大了对研发人员的需求,从而提升人力资本发展水平。企业数字化不仅需要资金投入,更需要配套的人力资本支持。这种专业化人力资本的提升,不仅增强了企业解读环境信息、研发数字解决方案的能力,更通过提高组织学习效率与创新适应性,降低了数字化转型过程中的试错成本。环境质量的改善能够提高企业对高素质人才的吸引力,而高素质人才的涌入为企业数字化转型注入了优质的人力资本^[13]。基于以上分析,本文提出研究假设1。

H1:异质型碳规制政策均通过绿色技术创新和人力资本来加速企业数字化转型。

(二) 异质型碳规制政策对企业数字化转型的不同机制

1. 行政处罚效应。命令型碳规制政策作为最早实施且应用最为成熟的环境治理手段,既具有信号效应,又具备强制性约束力^[14]。命令型碳规制政策通过环境行政处罚施加明确的合规成本与风险压力,促使企业为规避罚金、停产整改等惩戒性后果而主动寻求系统性变革,这种处罚机制不仅直接增加高排放运营模式的财务风险,更通过警示效应推动企业将外部规制内化为转型动力。当受到环境行政处罚后,企业认识到环境违法成本,会在未来的经营决策中采取更为清洁的工艺和技术,为了满足合规性要求,采取淘汰落后产能、采用环保材料、停止高污染生产、合法排放、增加环保投入等措施^[15],企业可能更倾向于进行被动式的数字化转型。一方面,企业会优先采用数字化监测系统实时追踪碳排放数据,以精准合规避免处罚,从而倒逼基础数字化能力建设;另一方面,为从根本上降低违规风险,企业会进一步将数字技术渗透至深层环节,实现从被动合规到主动预防的战略转变,最终促进数字化转型。

2. 融资约束效应。市场激励型碳规制政策运用排污费、环保税和补贴等经济手段,内化污染企业的外部成本,引导其减少排放^[16],从而有利于企业进行更广泛和深入的数字化转型。市场激励型碳规制政策可以为企业提供低成本的融资渠道,使企业有更多资金进行数字化技术投资。碳排放交易、绿色认证等政策可以提升市场对于环保产品和绿色技术的需求,提高绿色转型企业的市场竞争力和长期投资回报率,吸引更多社会资本对绿色转型企业进行投资,这进一步拓宽企业的融资渠道,为企业数字化转型提供了资金保障。同时,在社会舆论的监督压力下,企业会尽量规避短视行为并通过绿色生产传递企业积极承担社会责任、高质量发展的正向信号,提高企业的融资吸引力^[17],进一步缓解融资约束,为企业数字化转型提供了资金支持和政策保障。基于以上分析,本文提出研究假设2。

H2:命令控制型碳规制政策通过行政处罚手段促进企业数字化转型,而市场激励型碳规制政策通过缓解融资约束来加速企业数字化转型。

(三) 董监高金融、海外、绿色背景的调节效应

根据高层梯队理论,企业的经营方针和战略决策会受到高级管理者的特质和职业经历的影响。一是,具有金融背景的董监高具备更强的资金管理能力和风险管理意识^[18-19],在碳规制政策加速企业数字化转型的过程中能够最大限度地对资源进行优化配置,及时调整技术研发和创新策略,促进数字化转型的顺利进行。二是,具有海外背景的董监高拥有开阔的国际视野,对于国际碳规制政策、全球市场需求和先进技术发展方向都有深入了解^[20],能够及时适应碳规制政策,通过引入国际先进水平的绿色技术和数字化技术,积极推动企业数字化转型。三是,具有绿色背景的董监高凭借其在环保、可持续发展等领域积累的专业知识和经验,对碳排放的潜在风险有着更为敏锐的感知^[21]。绿色认知水平越高,高管越倾向于采取前瞻性绿色管理战略,激发企业的绿色创新能力^[22],更能将绿色环保因素纳入企业的战略规划和日常运营考量中,更能应对企业绿色转型和数字化转型过程中面临的困境。基于以上分析,本文提出研究假设3。

H3:异质型碳规制政策加速企业数字化转型过程中,董监高的金融背景、海外背景和绿色背景具有正向调节作用。

三、研究设计

(一) 数据来源与处理

基于研究内容和数据的可得性,本文选取了2006—2023年沪深A股上市企业的相关数据,并作如下处理:一是剔除经营不善的ST和*ST上市企业样本;二是剔除金融行业的样本;三是剔除样本区间内退市企业和样本量少于5年的企业;四是为减少异常值影响,对所有连续变量进行1%和99%的缩尾处理;五是剔除同时实行两项碳规制政策的样本。本研究所使用的数据来自CSMAR和CNRDS数据库,

相关企业年报数据则来自沪深交易所官方网站。

(二) 变量说明

1. 被解释变量。参考吴非等的研究^[23],本文采用企业数字化转型(DG)作为被解释变量。基于Python爬虫文本识别功能,以沪深两市上市企业年报为基础,采用人工智能技术、大数据技术、云计算技术以及区块链技术等关键词“搜索—配对—加总”的方法来测度上市企业公布的年度报告中的相应关键词词频,作为企业数字化转型的代理指标。年报中的词汇用法能够折射出企业的战略特征和未来展望,在很大程度上体现企业所推崇的经营理念及在这种理念指引下的发展路径。因此,从上市企业年报中涉及“企业数字化转型”的词频统计角度来刻画其转型程度,具有可行性和科学性。

2. 解释变量。低碳城市试点政策是“自下而上”的命令式碳规制政策,各试点城市公布的执行方案中,大部分城市均出台了淘汰落后产能、提高新建项目准入标准和执行高耗能产品的能耗限额标准的一系列强制性政策^[12],故采用“低碳城市”试点政策来表征命令控制型碳规制政策($CCCR$)。《京都议定书》将碳排放权交易作为控制二氧化碳排放的新路径,正式将市场激励机制引入全球碳排放治理中^[24],故利用“碳排放权交易”试点政策来表征市场激励型碳规制政策($MICR$)。

3. 控制变量。参考已有研究^[25-26],本文选取公司资产负债率(LEV)、净资产收益率(ROE)、现金流($CASH$)、营业收入增长率(GRW)、两职合一(DL)、托宾Q值(TBQ)、前五大股东持股比例($TOP5$)等作为企业层面的控制变量;选取金融发展水平(FIN)、对外开放水平($OPEN$)、城镇化率(URB)、财政投资力度(INV)等作为城市层面的控制变量,以最大限度处理遗漏变量问题^①。

(三) 模型设定

借鉴已有研究^[27],以“低碳城市”和“碳排放权交易”试点政策分别作为命令控制型碳规制政策($CCCR$)和市场激励型碳规制政策($MICR$)的外生冲击,基于多时点双重差分模型检验不同碳规制政策对企业数字化转型的效果,并设定如下基准模型。

$$DG_{it} = \alpha + \beta_1 CCCR_{it} + \sum \theta X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \tau_n + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$DG_{it} = \alpha + \beta_2 MICR_{it} + \sum \theta X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \tau_n + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,下标 n 表示企业所在省份, i 表示企业, t 表示年份, α 为常数项,被解释变量 DG 是企业数字化转型, X_{it} 为一系列控制变量, μ_i 表示企业层面的固定效应, γ_t 表示时间固定效应, τ_n 表示地区层面固定效应, ε_{it} 表示随机误差项。式(1)中,核心解释变量 $CCCR$ 表示命令型碳规制政策,即低碳试点城市,如果企业 i 所在的城市在第 t 年及以后实行了“低碳城市”试点政策,则取值为1,否则为0。 β_1 用来衡量命令型碳规制政策对企业数字化转型的效应。式(2)中,核心解释变量 $MICR$ 表示碳排放权交易政策,同样,如果企业 i 在第 t 年及以后交易过碳排放权,那么取值为1,否则为0。 β_2 用来衡量市场型碳规制政策对企业数字化转型的效应。本文主要关注 β_1 和 β_2 的大小及方向。

四、实证结果与分析

(一) 基准回归

多时点双重差分回归结果见表1。表1前两列汇报了不加任何控制变量下的估计结果,列(3)和列(4)汇报了只加企业层面的控制变量下的估计结果,列(5)和列(6)汇报了同时加入企业层面的控制变量和城市层面的控制变量下的异质型碳规制政策对企业数字化转型的影响。结果显示,命令控制型碳规制政策($CCCR$)和市场激励型碳规制政策($MICR$)的估计系数分别为0.114和0.414,且在1%的水平上显著,说明碳规制政策可以加速企业数字化转型。值得注意的是, $CCCR$ 对企业数字化转型的促进作

①限于篇幅,控制变量具体衡量方式和各变量描述性统计未列示,留存备索。

用小于 $MICR(0.114 < 0.414)$, 且通过了组间系数差异检验, 说明相比于命令控制型碳规制政策, 市场激励型碳规制政策更能够充分调动企业的数字化转型。

表 1 异质型碳规制政策对企业数字化转型的影响

	(1) <i>DG</i>	(2) <i>DG</i>	(3) <i>DG</i>	(4) <i>DG</i>	(5) <i>DG</i>	(6) <i>DG</i>
<i>CCCR</i>	0.110 *** (0.020)		0.111 *** (0.020)		0.114 *** (0.020)	
<i>MICR</i>		0.471 *** (0.061)		0.450 *** (0.059)		0.414 *** (0.050)
常数项	0.600 *** (0.120)	2.056 *** (0.144)	0.667 *** (0.126)	2.860 *** (0.147)	0.643 *** (0.127)	0.711 *** (0.127)
企业层面控制变量	NO	NO	YES	YES	YES	YES
城市层面控制变量	NO	NO	NO	NO	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	28094	28094	28094	28094	28094	28094
R ²	0.356	0.007	0.359	0.063	0.359	0.360
组间系数检验	17.440 *** (0.000)		15.750 *** (0.000)		18.380 *** (0.000)	

注: 括号中数字为稳健标准误; ***、** 和 * 分别代表在 1%、5% 和 10% 水平上显著。下同。

(二) 稳健性检验

为了保证基准回归结果的稳健性, 本文采用了以下几种方法进行检验: (1) 平行趋势检验。本文采用事件研究法进行平行趋势检验, 其结果揭示了在政策实施之前, 异质型碳规制政策对企业数字化转型并没有显著的影响, 而在政策执行当年及其后三年, 两项碳规制政策均在 1% 的置信水平上持续通过显著性检验, 表明异质性碳规制政策对企业数字化转型产生了显著的影响效果。(2) 更换被解释变量。一是, 借鉴金星晔等的研究^[28], 若企业使用大数据技术、云计算技术、人工智能、物联网、移动互联和区块链技术等数字技术的任意一项, 则数字化转型 ($DG1$) 取值为 1, 否则为 0。二是, 参考赵宸宇等的研究^[29], 使用文本分析法和专家打分法构建企业数字化转型指数, 进而获得数字化转型 ($DG2$)。更换被解释变量后的实证结果仍表明, 碳规制政策能够促进企业数字化转型, 并且命令控制型碳规制政策对企业数字化转型的促进作用小于市场激励型碳规制政策, 这说明对企业数字化转型更换识别方法后, 本文的核心结论仍然稳健。(3) 倾向得分匹配 - 双重差分法。基于 1:1 匹配的 PSM-DID 估计结果表明, 碳规制政策的系数均显著为正, 且命令控制型碳规制政策的系数 (0.114) 要小于市场激励型碳规制政策的系数 (0.415), 与基准回归结果基本一致, 因此更换双重差分方法不改变本文的基本回归结果, 说明基准模型的结论具有一定的稳健性。(4) 加入基准变量缓解选择问题。低碳试点和碳排放权交易试点城市的选择并不是随机的, 试点地区与非试点地区本身就具有不同的特征。为了控制这些因素的影响, 在回归中加入这些基准因素与时间线性趋势的交叉项。基准变量包括是否为省会、是否为经济特区和是否位于胡焕庸线东侧等。在消除了由试点地区和非试点地区的初期差异带来的偏误之后, 本文的核心结论仍然具有稳健性^①。

(三) 内生性处理

借鉴刘佳等的研究^[30], 本文选取城市空气流通系数与时间趋势的交互项作为工具变量。在污染物排放总量恒定的条件下, 城市空气流通系数越小, 空气污染物的扩散程度越低, 城市监测到的空气污染物浓度越大, 政府越倾向于采取碳规制政策, 从而增大该城市入选低碳城市试点或碳排放权交易试点城市的概率, 满足工具变量的相关性假设。同时, 城市空气流通系数由风速和混合层高度等气象系统地

①限于篇幅, 稳健性检验结果未列示, 留存备案。

理条件决定,满足工具变量的外生性假设。表2列(1)至列(2)为2SLS的第一阶段,回归结果显示,工具变量回归系数在1%水平上显著为正,说明满足工具变量的相关性条件。列(3)至列(4)为2SLS的第二阶段,回归结果显示,*CCCR*和*MICR*的估计系数均在1%水平上显著为正,说明在控制潜在的内生性问题之后,本文的基准回归结论仍然成立。

(四) 机制检验
1. 异质型碳规制政策对企业数字化转型的相同机制检验

(1) 绿色技术创新检验
本文采用绿色专利申请量来衡量绿色技术创新(*GTI*),即企业年度专利申请数量加1之后取对数。对比表3列(1)和列(3),*CCCR*的估计系数为0.152,在5%的水平上显著为正,*MICR*的估计系数为0.461,在1%的水平上显著为正,说明市场激励型碳规制政策更能促进企业的绿色技术创新。从表3列(2)和列(4)可以看出,在模型中同时包含碳规制政策和中介变量时,异质型碳规制政策和绿色技术创新对企业数字化转型均有显著的正向影响,说明命令型碳规制政策和市场激励型碳规制政策通过促进绿色技术创新来助力企业数字化转型,但市场激励型碳规制政策通过促进绿色技术创新来助力企业数字化转型的力度更大。

(2) 人力资本检验
本文采用企业研发人员占比来衡量人力资本(*RDP*)指标。从表3列(5)和列(7)可以看出,*CCCR*的估计系数为0.312,*MICR*的估计系数为0.407,均在1%的水平上显著为正,说明命令型碳规制政策对人力资本水平具有正向作用,但市场激励型碳规制政策对人力资本的促进作用更大。从表3列(6)和列(8)可以看出,异质型碳规制政策和人力资本的估计系数在1%的水平上显著为正,相比于命令型碳规制政策,在实施市场激励型碳规制政策时人力资本促进企业数字化转型的力度更大。由此可见,异质型碳规制政策均通过促进绿色技术转型和人力资本来促进企业数字化转型,之所以市场激励型碳规制政策对数字化转型的促进作用大于命令型碳规制政策,是因为相比于命令型碳规制政策,市场激励型碳规制政策更能促进绿色技术创新和人力资本。研究假设1得以验证。

表2 内生性问题:工具变量回归

	(1) <i>CCCR</i>	(2) <i>MICR</i>	(3) <i>DG</i>	(4) <i>DG</i>
<i>CCCR</i>			0.323 *** (0.025)	
<i>MICR</i>				0.569 *** (0.008)
工具变量	0.136 *** (0.000)	0.007 *** (0.000)		
常数项	-0.021 *** (0.008)	0.039 *** (0.007)	1.057 *** (0.057)	0.363 ** (0.165)
控制变量	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES
N	28094	28094	28094	28094
R ²	0.843	0.080	0.268	0.024

注:控制变量包含企业层面和城市层面的控制变量,固定效应包含地区和时间的固定效应。下同。

表3 异质型碳规制政策对企业数字化转型的相同机制检验结果

	(1) <i>GTI</i>	(2) <i>DG</i>	(3) <i>GTI</i>	(4) <i>DG</i>	(5) <i>RDP</i>	(6) <i>DG</i>	(7) <i>RDP</i>	(8) <i>DG</i>
<i>CCCR</i>	0.152 ** (0.074)	0.244 ** (0.122)			0.312 *** (0.007)	0.553 *** (0.018)		
<i>MICR</i>			0.461 *** (0.045)	0.667 *** (0.041)			0.407 *** (0.023)	0.158 *** (0.054)
<i>GTI</i>		0.115 *** (0.012)		0.141 *** (0.012)				
<i>RDP</i>						0.482 *** (0.015)		0.598 *** (0.015)
常数项	1.047 *** (0.261)	0.109 (0.236)	1.198 *** (0.045)	0.406 * (0.241)	-4.837 *** (0.056)	3.471 *** (0.151)	-4.602 *** (0.057)	4.506 *** (0.150)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	28094	28094	28094	28094	28094	28094	28094	28094
R ²	0.069	0.285	0.010	0.253	0.560	0.259	0.536	0.233

2. 异质型碳规制政策对企业数字化转型的不同机制检验

(1) 行政处罚检验

根据生态环境部的公示和公众环境研究中心的数据,本文手动收集了上市公司受到环保处罚的信息,分别采用行政处罚次数(*NAP*)和行政处罚金额的对数(*APA*)来衡量行政处罚变量。从表4列(1)和列(3)可以看出,实施命令型碳规制政策将显著增加企业环境行政处罚次数和金额,从表4列(2)和列(4)可以看出,企业环境行政处罚次数和金额对企业数字化转型具有促进作用。说明命令型碳规制政策通过直接增加环境行政处罚的频次与金额,对企业形成一种强制性的合规压力与成本冲击,企业为规避处罚,会被动地将原本可能用于其他领域的资源重新配置到环境合规领域,从而促进数字化转型。

(2) 融资约束检验

本文以SA指数(SA值是负数,SA值越小,即绝对值越大,融资约束程度越严重,采用SA指数的绝对值来衡量融资约束程度)来度量企业的融资约束(*SA*)。利用中介效应模型,将融资约束指数作为被解释变量进行回归,估计结果如表4列(5)所示,*MICR*的估计系数显著为负,说明市场激励型碳规制政策可以缓解企业的融资约束。表4列(6)报告了中介效应模型的第三步,即被解释变量对解释变量和中介变量做回归。其结果显示,*MICR*对企业数字化转型仍有显著的促进作用,且融资约束越小企业数字化转型程度越高,即市场激励型碳规制政策通过缓解融资约束来促进企业数字化转型。

表4 异质型碳规制政策对企业数字化转型的不同机制检验结果

	(1) <i>NAP</i>	(2) <i>DG</i>	(3) <i>APA</i>	(4) <i>DG</i>	(5) <i>SA</i>	(6) <i>DG</i>
<i>CCCR</i>	0.386 *** (0.068)	0.391 *** (0.076)	0.880 *** (0.166)	0.398 *** (0.082)		
<i>NAP</i>		0.086 *** (0.020)				
<i>APA</i>				0.026 *** (0.010)		
<i>MICR</i>					-0.110 *** (0.008)	0.156 *** (0.055)
<i>SA</i>						-0.075 *** (0.012)
常数项	0.139 (0.281)	0.656 ** (0.316)	-0.579 (0.617)	0.637 ** (0.305)	-3.603 *** (0.008)	0.258 *** (0.056)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	28094	28094	28094	28094	28094	28094
R ²	0.036	0.127	0.081	0.132	0.539	0.193

3. 董监高背景调节效应检验

为了实证检验研究假设3,本文将两种碳规制政策分别与董监高的金融背景(*FINB*)、海外背景(*SEAB*)、绿色背景(*GRNB*)变量交互,进行调节效应模型估计,其结果如表5所示。列(1)至列(2)是董监高金融背景检验结果,列(3)至列(4)是董监高海外背景检验结果,列(5)至列(6)是董监高绿色背景检验结果。结果显示,董监高的背景在碳规制政策加速企业数字化转型过程中起到调节作用。相比于没有背景的董高监,碳规制政策更能促进具有金融、海外、绿色背景董监高的企业数字化转型。这说明董监高的背景会正向调节碳规制政策对企业数字化转型的促进作用,且对市场激励型碳规制政策的正向调节作用更大。

表 5 董监高背景调节效应检验

	(1) <i>DG</i>	(2) <i>DG</i>	(3) <i>DG</i>	(4) <i>DG</i>	(5) <i>DG</i>	(6) <i>DG</i>
<i>CCCR</i> × <i>FINB</i>	0.102 *** (0.012)					
<i>MICR</i> × <i>FINB</i>		0.132 *** (0.040)				
<i>CCCR</i> × <i>SEAB</i>			0.032 ** (0.013)			
<i>MICR</i> × <i>SEAB</i>				0.102 ** (0.044)		
<i>CCCR</i> × <i>GRNB</i>					0.008 *** (0.002)	
<i>MICR</i> × <i>GRNB</i>						0.038 *** (0.006)
常数项	2.904 *** (0.147)	1.463 *** (0.138)	0.962 *** (0.080)	1.472 *** (0.138)	0.707 *** (0.126)	2.889 *** (0.147)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	28094	28094	28094	28094	28094	28094
R ²	0.064	0.202	0.199	0.202	0.358	0.063

(五) 异质性分析

1. 地区异质性检验

本文将企业全样本划分为东部、中部、西部地区样本组之后进行分组回归,结果如表 6 所示。企业若属于东部或中部地区时,市场激励型碳规制政策对企业数字化转型的促进作用更大;企业位于西部地区时,命令型碳规制政策对企业数字化转型的促进作用更大^①。这是因为,东部或中部地区的市场机制更完善、融资渠道更畅通且技术吸收能力更强,因此市场激励型碳规制政策能更有效地发挥作用。相反,对于经济发展水平相对较低、市场化程度较弱的西部地区,企业往往对成本更为敏感且融资约束更强,命令型碳规制政策能更直接地为企业设定减排底线,从而更有效地启动其转型进程。

表 6 东中西部地区的异质性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	东部地区		中部地区		西部地区	
<i>CCCR</i>	0.136 *** (0.026)		0.306 *** (0.044)		0.543 *** (0.043)	
<i>MICR</i>		0.478 *** (0.069)		0.446 ** (0.179)		0.433 *** (0.150)
常数项	0.749 *** (0.172)	3.154 *** (0.199)	-0.547 *** (0.200)	1.855 *** (0.181)	-0.155 (0.185)	1.738 *** (0.197)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	20018	20018	3451	3451	4625	4625
R ²	0.366	0.074	0.252	0.043	0.263	0.036

2. 行业异质性检验

(1) 高科技行业检验

本文将企业全样本划分为高科技行业和非高科技行业企业之后进行分组分析,结果如表 7 列(1)至列(4)所示。通过比较发现,命令控制型碳规制政策的实施对非高科技行业企业数字化转型更有利,这是因为该行业通常缺乏自主进行复杂技术革新的资金与知识储备,其数字化转型往往需要外部强制力来触发。而市场激励型碳规制政策对高科技行业企业的数字化转型更有利,这是因为该行业本身就

①异质性分析部分的实证回归估计系数均通过了组间系数检验。

具备强大的研发能力、敏捷的创新文化和敏锐的市场洞察力。市场激励型碳规制可以激励高科技企业主动开展数字化转型。

(2) 碳敏感行业检验

本文依据企业碳排放强度区分样本是否属于碳敏感行业,将碳排放强度大于样本碳排放强度均值的企业划入碳敏感行业企业,反之划入非碳敏感行业进行分组回归,结果如表 7 列(5)至列(8)所示。可以看出,命令型碳规制政策对碳敏感行业的数字化转型更具影响力,而市场型碳规制政策对非碳敏感行业的数字化转型更具促进作用。这是因为碳敏感行业本身碳排放强度高,面临巨大的强制性减排压力,其生存与合规底线直接依赖于数字化手段;而非碳敏感行业企业的碳排放基数小,强制减排压力弱,碳市场为其创造了灵活的碳资产收益,更易激发其主动投资于数字化节能技术以获取市场红利的意愿。

表 7 高科技与重污染行业异质性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	高科技行业		非高科技行业		碳敏感行业		非碳敏感行业	
CCCR	0.185 *** (0.030)		0.509 *** (0.024)		0.615 *** (0.019)		0.146 * (0.079)	
MICR		0.498 *** (0.137)		0.438 *** (0.068)		0.425 *** (0.062)		0.572 *** (0.203)
常数项	0.679 *** (0.231)	3.867 *** (0.265)	0.769 *** (0.192)	2.028 *** (0.211)	0.907 *** (0.146)	2.798 *** (0.160)	0.277 (0.416)	2.904 *** (0.440)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	14696	14696	13398	13398	9364	9364	18730	18730
R ²	0.386	0.124	0.204	0.022	0.252	0.066	0.297	0.064

(3) 要素密集型行业检验

本文将企业全样本划分为劳动密集型、资本密集型、技术密集型企业样本组之后进行分组分析,结果如表 8 所示。命令控制型碳规制政策对劳动密集型企业的数字化转型影响效应更大,而市场激励型碳规制政策对资本密集型和技术密集型企业的数字化转型影响效应更大。究其原因,劳动密集型企业主要依赖于大量人工劳动力进行生产,命令控制型碳规制政策的合规压力促进其改变传统生产方式,向数字化方向转型;而资本密集型和技术密集型企业主要依赖于大量资本投入和先进技术设备进行生产,市场激励型碳规制政策为其提供了资金支持,加速了资本密集型和技术密集型企业的数字化转型。

表 8 要素密集型行业异质性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	劳动密集型行业		资本密集型行业		技术密集型行业	
CCCR	0.501 *** (0.029)		0.291 *** (0.045)		0.367 (0.283)	
MICR		0.284 (0.287)		0.586 *** (0.060)		0.823 *** (0.029)
常数项	1.095 *** (0.233)	2.822 *** (0.253)	0.006 (0.148)	1.420 *** (0.140)	1.327 *** (0.281)	1.936 *** (0.290)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	9780	9780	5120	5120	12633	12633
R ²	0.204	0.028	0.156	0.042	0.278	0.229

五、结论性评述

本文利用 2006—2023 年 A 股上市公司数据,对比探讨了异质型碳规制政策对企业数字化转型的影响。实证结果表明:异质型碳规制政策均能够促进企业数字化转型,但市场激励型碳规制政策的促进作

用更大,这一结论在一系列稳健性检验之后仍然成立。机制分析表明:两种碳规制政策均通过绿色技术创新和人力资本来促进企业数字化转型;不同的是,命令控制型碳规制政策主要通过行政处罚,而市场激励型碳规制政策主要通过缓解企业融资约束来加速企业数字化转型;董监高的金融背景、海外背景和绿色背景起到正向调节作用。异质性分析表明:命令控制型碳规制政策对西部地区、非高科技行业、碳敏感行业、劳动密集型企业数字化转型更具影响力;而市场激励型碳规制政策对东部和中部地区、高科技行业、非碳敏感行业、资本和技术密集型企业数字化转型更具影响力。

上述发现为推动企业数字化转型提供了启示。第一,推行碳规制政策的差异化策略,政策制定应避免“一刀切”。对西部、非高科技、碳敏感及劳动密集型企业,可侧重强化命令控制型碳规制政策的执行与标准设定;对东中部、高科技、非碳敏感及资本与技术密集型企业,则应着力完善与扩大市场激励型碳规制政策的覆盖与金融支持,以最大化政策效能。第二,强化市场激励型碳规制政策的金融激励与能力建设。鉴于市场激励型碳规制政策通过缓解融资约束发挥更大作用,建议大力发展绿色金融体系,直接疏通企业的资金瓶颈,放大市场信号的引导作用。第三,引导企业优化治理结构并重视高管团队建设。政府可通过宣传引导和激励措施,鼓励企业聘用具有金融、海外或绿色背景的人才进入董监高团队,提升企业对碳规制政策的战略解读能力与资源整合能力,从而更有效地将政策压力转化为转型动力。

尽管本研究为理解异质型碳规制政策对企业数字化转型的差异化影响提供了有力的经验证据,但仍存在一些值得深入探索的方向,未来研究可从以下几个方面进行拓展:一是,深入探究政策交互与组合效应。未来研究可以探讨异质型碳规则政策是否存在协同促进、相互抵消甚至替代效应,从而为设计最优的政策组合提供更精细的理论依据。二是,拓展数字化转型的多元测度与维度分析。企业数字化转型是一个多维度的复杂过程,未来研究可尝试构建更全面的数字化评价体系。三是,考察动态长期效应与潜在负面影响。未来可利用更长时间跨度的数据,考察碳规制政策对企业数字化转型影响的动态演变规律。同时,也应关注政策可能带来的负面效应。

参考文献:

- [1] Porter M E, Linde C. Green and competitive: Ending the stalemate[J]. Harvard Business Review, 1999, 73: 120 - 134.
- [2] Gray W B, Shadbegian R J. Environmental regulation, investment timing, and technology choice[J]. Journal of Industrial Economics, 1998, 46: 235 - 256.
- [3] 周亚虹, 杨岚, 姜帅帅. 约束性碳减排与就业——基于企业和地区劳动力变化的考察[J]. 经济研究, 2023(7): 104 - 120.
- [4] 王群伟, 李振冉, 曹雅茹. 环境规制会改变劳动力需求结构吗? ——基于“大气十条”的理论分析与实证检验[J]. 数量经济技术经济研究, 2024(10): 191 - 212.
- [5] Gray W B, Shadbegian R J. When do firms shift production across states to avoid environmental regulation? [J]. Land Economics, 2024, 100: 443 - 457.
- [6] 吴芸, 赵新峰. 京津冀区域大气污染治理政策工具变迁研究——基于 2004—2017 年政策文本数据[J]. 中国行政管理, 2018(10): 78 - 85.
- [7] 李思飞, 李鑫, 王赛, 等. 家族企业代际传承与数字化转型: 激励还是抑制? [J]. 管理世界, 2023(6): 171 - 191.
- [8] 曾皓. 税收激励促进了企业数字化转型吗? ——基于前瞻性有效税率的经验证据[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022(10): 38 - 55.
- [9] 李治国, 孔维嘉, 李兆哲. 共同供应链网络下企业数字化转型的碳减排效应: 双向溢出与双重红利[J]. 经济学动态, 2024(12): 36 - 54.
- [10] Zhang W, Chu J, Zhang T, et al. Identifying the factors influencing enterprise digital transformation intention: An empirical study based on net effects and joint effects[J]. Business Process Management Journal, 2023, 29: 2107 - 2128.
- [11] 廖露露, 佟孟华, 李慧. 命令控制型环境规制与企业数字化转型——来自低碳城市试点政策的经验证据[J]. 技术经济, 2024(10): 53 - 68.
- [12] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 178 - 196.

- [13] 葛力铭, 郑贺允, 孙鹏博, 等. 低碳赋能增效: 低碳城市试点政策对环境福利绩效的影响[J]. 统计研究, 2024(2): 100-113.
- [14] 范静波, 赵睿. 环境规制与重污染企业绿色创新效率——中国式“波特假说”的再检验[J]. 中国科技论坛, 2025(1): 88-98.
- [15] 岳贤平, 朱雯婷. 环境行政处罚对审计定价的影响研究——来自中国重污染行业的证据[J]. 会计与经济研究, 2024(4): 84-107.
- [16] Ren S G, Li X L, Yuan B L, et al. The effects of three types of environmental regulation on eco-efficiency: A cross-region analysis in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 173: 245-255.
- [17] Porter M E, Kramer M. How to fix capitalism and unleash a new wave of growth[M]. Cambridge: Harvard Business School, 2011.
- [18] 邓建平, 陈爱华. 高管金融背景与企业现金持有——基于产业政策视角的实证研究[J]. 经济与管理研究, 2017(3): 133-144.
- [19] 杜勇, 谢瑾, 陈建英. CEO 金融背景与实体企业金融化[J]. 中国工业经济, 2019(5): 136-154.
- [20] 王韧, 周宇婷, 陈嘉婧, 等. 高管团队海外经历背景与企业创新[J]. 管理评论, 2024(11): 98-109.
- [21] 孙志娟. 气候变化、人工智能与全要素生产率——基于 A 股涉粮企业的实证分析[J]. 经济问题, 2025(4): 120-129.
- [22] 席龙胜, 赵辉. 高管双元环保认知、绿色创新与企业可持续发展绩效[J]. 经济管理, 2022(3): 139-158.
- [23] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021(7): 130-144.
- [24] 胡浩然, 宋颜群. 市场激励型环境规制与企业风险承担——以碳排放权交易试点政策为例[J]. 当代经济科学, 2024(4): 73-87.
- [25] 李剑培, 胡哲力, 廖桂铭, 等. 数字基础设施政策如何牵引企业数字技术创新? [J]. 南京财经大学学报, 2024(5): 34-44.
- [26] 纪玉俊, 宋皓. 制造业集聚如何赋能企业绿色创新? [J]. 南京审计大学学报, 2025(5): 100-111.
- [27] 戴其文, 郝文杰, 承志彬, 等. 环境规制政策驱动实体经济“脱实向虚”了吗? ——基于中国碳排放权交易试点的准自然实验[J]. 自然资源学报, 2024(6): 1320-1340.
- [28] 金星晔, 左从江, 方明月, 等. 企业数字化转型的测度难题: 基于大语言模型的新方法与新发现[J]. 经济研究, 2024(3): 34-53.
- [29] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021(7): 114-129.
- [30] 刘佳, 李煜轩. 低碳城市建设与旅游业绿色全要素生产率: 基于 276 个地级以上城市的准自然实验[J]. 西南民族大学学报 (人文社会科学版), 2024(6): 38-55.

[责任编辑: 高 婷]

The Impact of Heterogeneous Carbon Regulations on the Digital Transformation of Enterprises

ZHANG Ziran¹, HAI Meihong², SONG Pingping²

(1. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China;

2. School of Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

Abstract: Promoting the coordinated development of digitalization and greenization, with greenization driving digitalization, serves as a crucial driver for achieving high-quality economic growth. This study utilizes data from A-share listed companies from 2006 to 2023, treating the “low-carbon city” and “carbon emission rights trading” pilot policies as exogenous shocks to command-control carbon regulation policies and market-incentive carbon regulation policies, respectively. Using a DID model, it examines the impact of heterogeneous carbon regulation policies on corporate digital transformation. Findings reveal that both types of carbon regulation policies can facilitate corporate digital transformation, with the promoting effect of command-control policies being weaker than that of market-incentive policies. Mechanism analysis indicates that command-control policies primarily drive digital transformation through environmental administrative penalties, while market-incentive policies achieve this by alleviating financing constraints. Green technology innovation and human capital both act as mediating factors in the promotion of digital transformation by both types of carbon regulation policies. Additionally, the financial background, overseas background, and green background of the board of directors, supervisors, and senior executives exert positive moderating effects. Moreover, the impact of heterogeneous carbon regulation policies on corporate digital transformation exhibits heterogeneity based on geographic location and industry type. This research provides theoretical support and policy insights for accelerating corporate digital transformation and green synergistic development.

Key Words: command-control carbon regulation; market-incentive carbon regulation; digital transformation; green technological innovation; administrative penalty; financing constraints