

人工智能试验区建设 如何影响企业绿色治理绩效?

任宪静 王 凤

内容提要:在高质量发展背景下,人工智能的创新发展能否有效提升企业绿色治理绩效,对探索智能时代的绿色治理新路径及助推发展方式的绿色转型具有重要意义。本文基于2015—2023年中国A股上市公司数据,以国家新一代人工智能创新发展试验区(简称人工智能试验区)政策作为准自然实验,采用多期双重差分法,探讨人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响及其作用机制。研究结果表明,人工智能试验区建设促进了企业绿色治理绩效的提升,经过一系列稳健性检验后该结果仍然成立。机制分析结果表明,人工智能试验区建设主要通过促进企业创新投入和创新产出,并有效降低企业营业成本和管理费用,进而提升企业绿色治理绩效。异质性分析结果表明,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的提升作用,在行业竞争程度较高的企业、小规模企业、高融资约束企业及高科技企业中更为明显。此外,企业数字化转型能够与人工智能试验区政策发挥协同效应来提升企业绿色治理绩效,为中国企业实现数字化、智能化和绿色化协同转型提供路径选择。本文拓展了人工智能试验区政策的微观经济后果研究,为企业把握科技变革的机遇、优化企业绿色治理及推动经济高质量发展提供了理论依据与经验参考。

关键词:人工智能试验区 企业绿色治理绩效 企业创新 营业成本 管理费用

中图分类号:F492.3;F273

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2025)06-0103-23

一、问题提出

党的二十届三中全会强调,在推动经济高质量发展过程中,必须“健全因地制宜发展新质生产力体制机制”。在当前生态环境保护日益重要的背景下,加快发展方式的绿色转型已被视为新质生产力的核心要求之一,这同时也明确了为筑牢经济高质量发展的生态底色所必需的绿色治理要求^[1]。企业作为经济社会的重要组成部分及资源消耗与污染排放的主体,其绿色治理正是践行发展方式绿色转型在微观层面的具体体现。企业绿色治理致力于通过创新技术、方法和管理模式,实现绿色价值的创造。它强调企业在整个生产与发展过程中实现全链条“绿化”,确保在生态环境的可承载范围内追求经济效益,有效降低对环境的影响^[2],从而促进经济可持续发展。然而,绿色治理活动的推进存在时间长、风险大、不确定性强等特征,对多

收稿日期:2024-11-07;修回日期:2025-05-07

基金项目:国家社会科学基金重大项目“协同推进绿色低碳消费的体制机制和政策创新研究”(23&ZD096)

作者简介:任宪静 西北大学经济管理学院博士研究生,西安,710127;

王 凤 西北大学经济管理学院教授、博士生导师,通信作者。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

数企业而言仍是一项艰巨的任务。因此,探索推进企业绿色治理的有效路径,提升绿色治理绩效,不仅关系到企业自身的可持续发展能力,更是推动经济社会全面绿色转型的关键所在。企业履行环境社会责任,深化绿色治理实践,能够从供给端为新质生产力发展注入绿色动能,对实现人与自然和谐共生的现代化具有重要现实意义。

人工智能的创新发展促使经济结构逐渐向知识密集与技术驱动转型,从而引领企业生产管理模式向更加环保的方向转变。面对新一轮科技革命和产业变革机遇,推动以人工智能等新兴技术与绿色低碳产业深度融合,已成为社会经济发展的重要任务之一^[3]。2015年,《中国制造2025》明确提出,“把智能制造作为两化深度融合的主攻方向,着力发展智能装备和智能产品,推进生产过程智能化,培育新型生产方式”。随后,国家发展改革委等四部门共同推出配套政策,加快人工智能产业发展。2017年,国务院发布《新一代人工智能发展规划》,进一步将人工智能上升为国家战略,并制定“三步走”发展目标,标志着中国人工智能发展进入体系化推进阶段。2019年,科技部发布《国家新一代人工智能创新发展试验区建设工作指引》,北京作为首个获批建设的国家新一代人工智能创新发展试验区(简称人工智能试验区),率先开展政策试点。截至2021年底,全国已有18个城市获批开展人工智能试验区建设^①,形成了覆盖东中西部及东北地区、兼顾不同产业基础的区域布局(详细政策梳理见表1)。人工智能试验区作为探索和应用人工智能等技术的重要载体,通过政府引导与企业参与的协同机制,搭建创新及共性技术研发平台、设立专项资金、推动产学研合作,为企业智能化生产和管理提供技术创新、资金支持及人才保障等关键要素的系统性支持。这种制度安排有效激发了企业创新活力,推动了生产流程的智能化转型和资源利用效率的显著提升,强化了企业绿色治理。在“双碳”目标引领的发展方式转型背景下,人工智能试验区建设能否成为企业绿色治理的重要引擎值得关注。基于此,本文聚焦人工智能试验区建设政策,深入探讨其对企业绿色治理绩效的影响及作用机制。

表1 2015—2021年中国人工智能政策发展演进

时间	政策名称	发布部门	核心内容	政策作用
2015—2016年	《中国制造2025》 《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》 《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》	国务院、国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、中央网信办	引导、扶持和规范人工智能产业,明确技术路线与标准体系建设	战略引导:确立人工智能产业的地位,规范行业生态
2017年	《新一代人工智能发展规划》	国务院	明确人工智能发展阶段性目标,定位为国家战略	顶层设计:统筹资源布局,强化国家战略优先级
2019年	《国家新一代人工智能创新发展试验区建设工作指引》	科技部	明确人工智能试验区的建设目标、重点任务与保障措施等,并鼓励支持有条件的城市开展试点建设	资源整合:推动区域协同发展,优化资源配置
2019—2021年	18个试点城市行动方案与配套政策	18个试点城市政府	设立专项资金并提供金融支持;推进技术平台建设与应用场景示范;实施人才引进与培养策略等	多维赋能:降低企业研发成本,加速技术应用与扩散,推进企业生产管理智能化升级,强化人才支撑

① 国家新一代人工智能创新发展试验区建设获批城市和具体时间:2019年2月,北京市;2019年5月,上海市;2019年10月,深圳市、杭州市、天津市和合肥市;2019年11月,德清县(湖州市);2020年1月,成都市、重庆市、济南市和西安市;2020年9月,武汉市和广州市;2021年3月,苏州市和长沙市;2021年11月,沈阳市、哈尔滨市和郑州市。

与本文研究相关的现有文献主要有两类。一是人工智能与企业环境绩效研究。已有研究表明,人工智能的发展显著减少了企业的污染排放^[4-5],促进了绿色创新,并使企业的碳绩效呈现先下降后上升的U型曲线^[6]。还有学者发现人工智能的发展对企业环境责任表现产生了显著的积极影响^[7]。二是企业绿色治理绩效的影响因素分析。在内部因素方面,有学者指出,企业内部的绿色生产和绿色监管机制是构建高效绿色治理结构的关键,能够促使企业积极参与环境信息披露和绿色治理活动^[8]。同时,管理层的决策和环保意识也被视为影响企业绿色治理的重要因素^[9]。此外,学者们还深入探讨了企业内部治理主体的绿色治理效应^[10]。在外部因素方面,有学者发现环境税和排污收费是倒逼企业参与环境绿色治理的有效手段^[11-12]。外部推动因素如政府绿色采购、公众期望和媒体报道,也能显著提高企业绿色治理水平^[1, 13]。同时,投资因素如国有股权参股和机构投资者沟通能够进一步改善企业绿色治理表现^[14-15]。此外,政策实施如绿色信贷和“环保费改税”,也对企业绿色治理产生了积极影响^[16-17]。综上,现有文献关于人工智能对企业环境绩效的影响以及企业绿色治理的影响因素进行了多维度的探讨。然而,关于人工智能相关政策实施与企业绿色治理绩效之间的关系及影响机制的研究仍然缺乏。理论上,人工智能试验区政策的出台,旨在提升企业人工智能应用水平,推动智能化管理平台建设,进而优化生产和管理流程。如果企业能够有效发挥智能治理在减少能耗和污染排放方面的优势^[4],那么该政策有望成为推动企业绿色治理的新引擎。基于此,本文将深入探讨人工智能试验区政策对企业绿色治理绩效的作用效果及影响机制。这一研究对于理解和优化人工智能试验区政策实施、助力发展方式绿色转型,具有重要的政策价值和实践意义。

基于以上分析,本文将国家新一代人工智能创新发展试验区政策作为一项准自然实验,使用2015—2023年中国A股上市公司数据,实证考察人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响。本文可能的边际贡献体现在三个方面。第一,研究视角方面。本文以人工智能试验区政策为新的切入点,考察了其对企业绿色治理绩效的影响。这不仅丰富了人工智能试验区政策所带来的经济后果,也拓展了企业绿色治理绩效驱动因素的研究成果,为深入探索智能时代企业绿色治理绩效提升提供了新的思路。第二,理论机制方面。本文进一步探索发现人工智能试验区建设通过激发技术创新潜能和降低营业成本、管理费用,进而为企业绿色治理绩效的提升注入动力。这有助于拓展人工智能试验区政策对企业绿色治理绩效影响的研究框架,深化对企业在绿色生产与绿色治理中所面临的挑战与机遇的理解。第三,研究拓展方面。本文进一步结合市场环境和企业自身条件讨论了人工智能试验区政策的实施优势。另外,本文基于数字化角度考察了企业数字化转型和人工智能试验区政策的协同作用,揭示了企业数字化转型是人工智能试验区政策发挥作用的重要基础,为构建系统化的绿色治理体系提供了有力的经验证据。

二、理论分析与研究假设

(一) 人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的直接影响

人工智能创新发展试验区建设可直接影响企业绿色治理绩效,主要体现在两个方面。一方面,人工智能试验区建设促进高新技术产业集聚与科技人才汇聚,具有知识溢出效应。具体而言,地理邻近性降低了绿色技术要素的流动成本并加速了隐性知识传播^[18],而人才集聚形成的创新网络有效促进了绿色环保理念和治理经验的扩散^[19-20]。这种由正式技术合作与非正式知识交流共同构成的溢出效应,通过提升企业环保技术应用水平和增强企业绿色转型的动力,最终推动绿色治理绩效的提升。另一方面,人工智能试验区建设推动企业实现从生产前端到末端的全流程智能化转型,提高了企业清洁、高效及绿色生产的能力。在生

产前端,企业依托大数据技术高效采集与整合生产数据,实现能源投入的精准管控。这有助于促进企业应用清洁型技术和优先采用环保型原材料,进而减少污染物的产生,降低环境污染。在生产过程中,企业利用机器学习和人工智能技术调整生产参数^[21],准确识别并加大对高效能部门的投入,同时优化或逐步淘汰低效部门。这种智能化的调整方式,促使企业遵循低污染和高资源利用率的原则,改进生产工艺流程和管理模式,减少能耗以实现绿色治理。此外,人工智能技术能够帮助企业精确掌握资源消耗和污染排放情况^[22],及时发现污染问题并预警环境风险。为维持自身的合法性和应对环保治理压力,企业会选择在污染端加强污染处理设备使用,有效治理生产末端污染物排放规模。企业从生产前端、生产过程到生产末端的智能化改进,共同促进了企业绿色治理绩效的提升。基于以上分析,本文提出假设1。

假设1:人工智能试验区建设能够提升企业绿色治理绩效。

(二) 人工智能试验区建设影响企业绿色治理绩效的创新驱动机制

人工智能试验区建设能够有效激发企业创新活力,推动其环境治理从被动合规转向主动优化,从而提升企业绿色治理绩效。首先,人工智能试验区所在城市政府通过鼓励企业加大研发投入,推动资源共享与平台开放,为企业创新活动提供全方位支持。企业创新活动作为构建和维持可持续竞争优势的核心战略,通过知识创造与技术迭代推动企业绿色转型^[23]。这一过程促使企业摒弃粗放式发展模式,逐步建立绿色生产体系^[24],进而提升企业绿色治理绩效。其次,人工智能试验区建设搭建的开放创新平台和共性技术研发平台,降低了企业创新过程中要素寻找成本、交易成本及创新风险^[25],从而有效提升企业创新能力。创新能力的提升会激发企业保持竞争力的意识^[26-27]。基于信号传递理论和利益相关者理论,为了维护品牌形象和市场声誉,这类企业往往倾向于采取绿色生产实践,如清洁技术应用和环境管理体系认证等,进而实现绿色治理绩效的系统性提升。最后,人工智能试验区建设提升了城市信息化水平,构建了智能、动态且精准的城市管理平台。这种信息互联互通增强了政府环境监管力度和公众环境监督参与度^[28],从而对当地企业形成有效的环境治理压力。在此背景下,为降低长期污染治理成本并增强可持续发展能力,企业会主动加大技术创新投入。这种创新驱动的治理模式实现了更有效的污染控制,能够改善企业绿色治理绩效。基于以上分析,本文提出假设2。

假设2:人工智能试验区建设能够通过促进企业创新,进而提升企业绿色治理绩效。

(三) 人工智能试验区建设影响企业绿色治理绩效的成本降低机制

人工智能试验区建设能够优化企业生产流程和管理决策机制,通过降低营业成本和管理费用,为企业进行环保投入和环境管理体系升级提供支持,助力企业绿色治理绩效提升。由于绿色治理活动具有显著的正外部性效应^[29],企业自身收益与成本风险结构往往呈现非对称性,因而充足的资金支持是开展企业绿色治理的关键保障。人工智能试验区建设不仅通过政府专项资金缓解了企业外部融资约束,更通过智能化改造释放的现金流增强了企业绿色治理的内生动力。一方面,通过应用物联网设备和大数据平台,企业实现了生产流程的智能化精准控制,提高了资源利用效率,降低了生产中的材料损耗、人工成本及制造费用,从而有效降低营业成本。另一方面,企业基于大数据技术构建需求预测系统,能够精准把握市场动态变化。通过实时数据共享,企业与供应商、客户等合作伙伴形成协同网络,实现生产计划的动态优化和资源的弹性配置^[30],进而降低营业成本。此外,数智技术的应用推动企业组织结构向扁平化转型,提升了信息获取效率与分析精度,从而改善了内部信息透明度^[31]。信息透明度的提升使企业更有效地控制管理成本和沟通成本,从而降低了管理费用。同时,企业通过应用数智技术加强信息监督机制,减少了机会主义行为^[32],进而

能够降低与监督相关的管理费用。企业营业成本和管理费用的优化增强了财务稳健性,为绿色治理活动提供了坚实的资金保障,使企业能够将更多资源投向环保技术研发,通过技术驱动开发高效环保产品,从而有效降低污染排放、规避环境合规风险并塑造绿色品牌形象,最终推动企业绿色治理绩效提升。基于以上分析,本文提出假设 3。

假设 3:人工智能试验区建设能够通过降低企业营业成本和管理费用,进而提升企业绿色治理绩效。
本文中的人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响机制如图 1 所示。

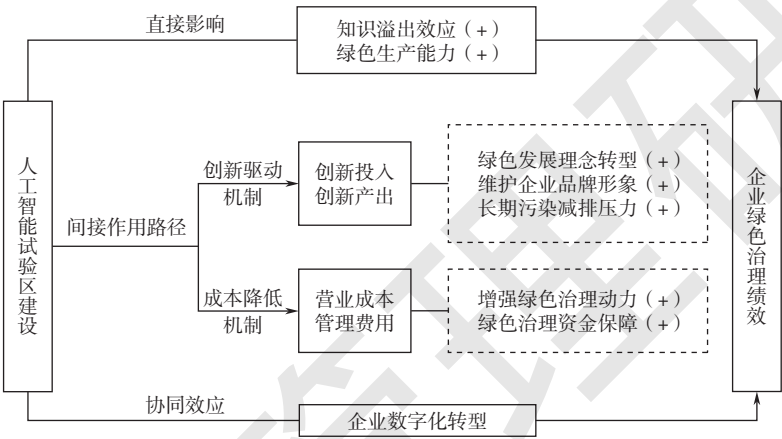


图 1 人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响机制模型

三、研究设计

(一) 样本选择和数据来源

人工智能试验区政策试点于 2019—2021 年正式实施。这不仅是落实新一代人工智能发展规划的战略行动,也是驱动经济整体向数字化、智能化转型和实现高质量发展的重点举措。为了考察人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响,本文选取国家新一代人工智能创新发展试验区政策作为准自然实验进行实证研究。为了保证数据的质量和完整性,本文选取 2015—2023 年中国 A 股上市公司作为研究样本,并对收集到的原始数据采取如下处理:(1)剔除存在经营风险的 ST 类公司样本;(2)考虑金融行业特殊的财务结构,对金融行业样本进行剔除;(3)去除关键变量数据缺失的样本。经上述数据筛选后,共整理出 28 004 个样本观测值。公司相关财务数据和绿色治理数据来源于深圳希施玛数据科技有限公司 CSMAR 中国经济金融研究数据库,其他数据来源于上海经禾信息技术有限公司中国研究数据服务平台(CNRDS)、北京福卡斯特信息技术有限公司 EPS 数据平台、地区国民经济和社会发展统计公报等。为保证结果不受异常值影响,本文在上下 1%水平上对所用连续变量做缩尾处理。

(二) 变量说明

1. 被解释变量

就现有研究来看,学者们倾向于使用更为客观的报告信息作为指标衡量的依据,这不仅确保了评价指标的公正性和可信度,同时也引发了对企业绿色治理效果的关注,即企业绿色治理绩效^[33]。鉴于此,本文将企业绿色治理绩效(GGP)界定为企业在生产经营活动过程中体现出的绿色治理水平,参考姜广省等(2021)^[34]、车德

欣等(2023)^[35]的研究,采用媒体报道综合倾向(Janis-Fadner 系数)来衡量企业的绿色治理绩效。计算公式如下:

$$GGP = \begin{cases} (p^2 - p \times |q|)/r^2, p > |q| \\ 0, p = |q| \\ (p \times |q| - q^2)/r^2, p < |q| \end{cases} \quad (1)$$

其中, p 表示正面得分,涵盖企业是否通过 ISO14000 系列标准认证(是赋值 1;否赋值 0),是否获得绿色奖励(是赋值 1;否赋值 0),是否严格执行环保部门“三同时”制度(是赋值 1;否赋值 0),是否建立了重大环境事件应急机制(是赋值 1;否赋值 0),是否参与环保专项行动(是赋值 1;否赋值 0),是否具有环保理念(是赋值 1;否赋值 0); q 表示负面得分,涵盖企业是否存在环境行政处罚等事件(是赋值-1;否赋值 0),是否存在突发环境事故(是赋值-1;否赋值 0),是否存在环境信访事件(是赋值-1;否赋值 0),是否污染物排放达标(是赋值 0;否赋值-1),是否为重点污染监控单位(是赋值-1;否赋值 0); $r=p+|q|$ 。 GGP 的数值范围设定在-1 至 1 之间,其中数值越趋近于上限 1,则表明该企业的绿色治理绩效越高。具体指标和赋分如表 2 所示。

表 2 企业绿色治理绩效

企业绿色治理绩效(GGP)	评分标准
正面得分(p)	是否通过 ISO14000 系列标准认证 是否获得绿色奖励 是否严格执行环保部门“三同时”制度 是否建立了重大环境事件应急机制 是否参与环保专项行动 是否具有环保理念
负面得分(q)	是否存在环境行政处罚等事件 是否存在突发环境事故 是否存在环境信访事件 是否污染物排放达标 是否为重点污染监控单位

当前时间点 t 大于等于该时点, $Policy_t$ 取值为 1,反之则为 0。

3. 控制变量

参考张云等(2024)^[15]、李维安等(2024)^[36]的研究,本文所选取的企业层面控制变量主要包括企业规模($Size$)、企业年龄(Age)、产权比率($Equityratio$)、财务杠杆(Lev)、股权集中度($Share$)、董事会规模($Board$)、固定资产比率($Fixasset$)、成长性($Growth$)、独立董事占比($Inde$)、行业集中度(HHI);城市层面控制变量为地区人均 GDP($Pgdp$)。

(三) 模型设定

为保证实证结果的有效性,本文构建了 2015—2023 年的年度面板数据。在 2019—2021 年,共计 18 个城市被批准建设人工智能试验区。因此,本文将总部设在这些批准建设城市内的 A 股上市公司归类为处理组,而将总部位于其他城市的 A 股上市公司作为对照组。

2. 核心解释变量

本文的核心解释变量为人工智能试验区建设($Treat \times Policy$)。 $Treat \times Policy$ 作为政策变量,其构建基于两个维度:一是处理组虚拟变量($Treat_t$),用以标识上市公司总部所在城市是否被纳入人工智能试验区的建设范畴,若纳入则赋值为 1,否则为 0;二是处理效应时期虚拟变量($Policy_t$),依据城市被批准建设人工智能试验区的时点,若

借鉴高国珍和胡金森(2023)^[37]、刘华珂等(2024)^[38]的研究,本文通过建立多期双重差分模型,估计人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响,具体模型如下:

$$GGP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i \times Policy_t + X'_{it} \gamma + \alpha_i + \sigma_t + \varepsilon_{it}$$

(2)

其中, i 表示企业, t 表示时间, GGP_{it} 为被解释变量,即企业绿色治理绩效; $Treat_i \times Policy_t$ 为核心解释变量,其取值为1时,则代表该企业所在城市于第 t 年已被纳入人工智能试验区的建设范围,其系数 β_1 衡量了人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响。 X'_{it} 为控制变量向量; α_i 表示企业固定效应,用于控制企业层面不随时间发生变化的特征; σ_t 为年份固定效应; ε_{it} 为随机扰动项。

(四) 变量描述性统计

本文主要变量的描述性统计结果见表3。其中,企业绿色治理绩效(GGP)的均值为0.4412、中位数为0.3750、标准差为0.5094,最大值为1,最小值为-1,说明现阶段上市企业之间的绿色治理绩效存在差异,其中一些企业已在绿色治理方面取得了显著成效,但多数企业仍需进一步提升其绿色治理绩效。同时, $Treat \times Policy$ 的均值为0.2715,表明人工智能试验区政策实施后,样本中处在获批建设试验区城市的上市企业占27.15%。关于其他控制变量,其描述性统计特征和现有文献基本保持一致。

表3 主要变量的描述性统计结果

变量	观测值	均值	最小值	中位数	最大值	标准差
GGP	28 004	0.441 2	-1	0.375 0	1	0.509 4
$Treat \times Policy$	28 004	0.271 5	0	0	1	0.444 7
$Size$	28 004	22.280 7	19.953 9	22.085 4	26.376 0	1.309 5
Lev	28 004	0.408 0	0.056 9	0.398 7	0.891 6	0.200 6
$Fixasset$	28 004	0.195 0	0.001 8	0.161 9	0.666 9	0.151 2
$Equityratio$	28 004	1.006 9	0.056 3	0.659 8	7.335 9	1.145 9
$Share$	28 004	33.399 5	8.482 4	31.072 8	73.656 5	14.600 6
$Growth$	28 004	0.339 3	-0.719 0	0.128 8	5.753 9	0.849 2
$Board$	28 004	2.221 4	1.791 8	2.302 6	2.708 1	0.173 2
$Inde$	28 004	37.815 5	33.330 0	36.360 0	57.140 0	5.347 8
HHI	28 004	0.174 2	0.039 1	0.129 5	0.839 4	0.144 0
Age	28 004	2.985 2	2.197 2	2.995 7	3.555 3	0.296 8
$Pgdp$	28 004	11.579 8	10.282 3	11.680 1	12.264 1	0.449 5

四、实证分析

(一) 基准回归

表4展示了人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效影响的基准回归结果。其中,列(1)加入了企业层面与城市层面控制变量,未对固定效应进行控制,结果显示人工智能试验区建设($Treat \times Policy$)的回归系数在1%水平下显著为正;列(2)在列(1)的基础上增加了企业固定效应和年份固定效应, $Treat \times Policy$ 的回归系数为0.0314并在5%水平下显著为正。以上结果表明,人工智能试验区建设能够提升企业绿色治理绩

效。具体而言,人工智能试验区建设每增加1个标准差,企业绿色治理绩效将会提升2.741%。由此,本文假设1得到验证。

表 4 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>Treat×Policy</i>	0.064 6*** (0.010 8)	0.031 4** (0.012 7)
<i>size</i>	0.044 6*** (0.004 6)	0.022 1* (0.011 7)
<i>lev</i>	0.041 5 (0.045 6)	0.077 7 (0.052 9)
<i>age</i>	-0.033 3* (0.018 3)	0.311 9*** (0.111 0)
<i>Fixasset</i>	-0.087 2** (0.036 9)	-0.055 9 (0.060 4)
<i>Equityratio</i>	-0.021 2*** (0.007 2)	-0.007 5 (0.007 2)
<i>Share</i>	0.001 8*** (0.000 4)	0.000 7 (0.000 8)
<i>Growth</i>	-0.008 2* (0.004 9)	-0.004 8 (0.003 9)
<i>Board</i>	0.043 5 (0.037 7)	-0.002 8 (0.042 9)
<i>Inde</i>	0.000 3 (0.001 1)	-0.000 1 (0.001 1)
<i>HHI</i>	-0.013 8 (0.035 5)	0.038 6 (0.057 3)
<i>Pgdp</i>	0.024 5* (0.013 2)	0.008 4 (0.036 3)
常数项	-0.894 2*** (0.198 4)	-1.118 4* (0.592 3)
企业固定效应	未控制	控制

表4(续)

变量	(1)	(2)
年份固定效应	未控制	控制
观测值	28 004	28 004
$\overline{R^2}$	0.022 6	0.410 9

注:列(1)为包含所有控制变量但未控制固定效应的混合 OLS 估计结果,列(2)为进一步考虑了企业和年份的双向固定效应估计结果。括号内为聚类到企业层面的稳健标准误。***、**、* 分别表示在 1%、5%和 10%的水平下显著,后表同。

(二) 平行趋势检验

若想使用多期双重差分法得到政策效应的有效评估,应该保证两组样本在人工智能试验区建设之前时间变化趋势相似。因此,本文借鉴白俊红等(2022)^[39]的研究,采用事件研究法思路来检验平行趋势假定,主要考察人工智能试验区政策对企业绿色治理绩效的动态效应。

$$GGP = \beta_0 + \sum_{s=1}^3 \beta_{pre-s} T_{pre-s} + \beta_{current} T_{current} + \sum_{s=1}^4 \beta_{post-s} T_{post-s} + X'_{it} \beta + \alpha_i + \sigma_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

其中, T_{pre-s} 为试验区建设前的政策虚拟变量, $T_{current}$ 为试验区建设时的政策虚拟变量, T_{post-s} 为试验区建设后的政策虚拟变量,分别对应政策虚拟变量的估计系数为 β_{pre-s} 、 $\beta_{current}$ 和 β_{post-s} 。图 2 的结果显示,人工智能试验区建设前 3 期的估计系数均不显著,表明在人工智能试验区建设冲击前,处理组与对照组之间的变化趋势不存在明显差异,平行趋势检验假定成立。在人工智能试验区建设后的下一年及以后年份,估计系数均显著为正,这表明人工智能试验区建设政策确实能够提升企业绿色治理绩效,不过该政策产生效果存在一定的时滞性。

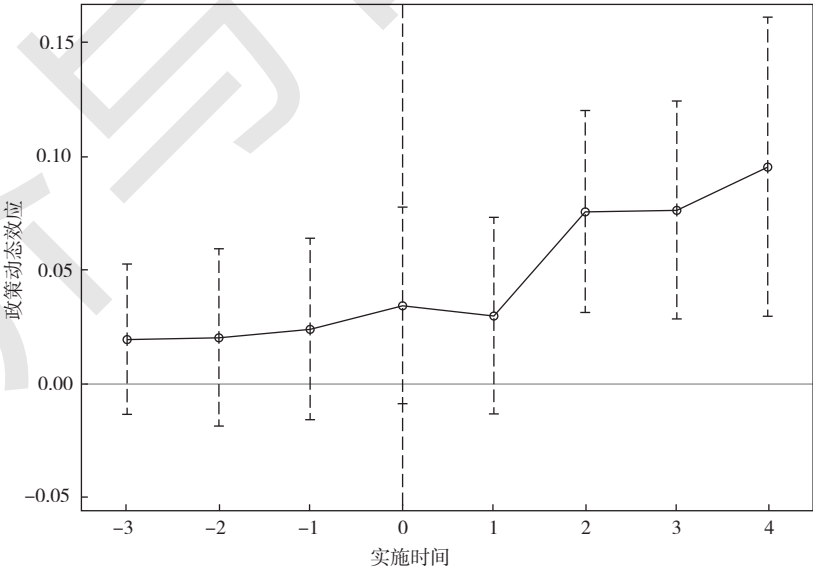


图 2 平行趋势检验结果

(三) 内生性分析

1. 加入基准变量来缓解选择偏差

在评估人工智能试验区政策效果时,如果人工智能试验区建设城市的选定受经济发展、地理位置和信息化

水平等因素的影响,那么随时间的变化这些因素可能会对企业的绿色治理表现产生不同的效应,进而导致评估结果的偏差。为了减轻这种非随机选择对政策评估的影响,本文借鉴宋弘等(2019)^[40]的做法,在式(2)中加入城市基准因素与时间线性趋势的交互项,具体模型如下:

$$GGP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_i \times Policy_t + X'_{it} \gamma + \lambda Z_c \times Trend_t + \alpha_i + \sigma_t + \varepsilon_{it}$$

(4)

其中, Z 表示一系列城市基准因素的虚拟变量,具体为城市是否为省会、是否被划分为经济特区、是否位于胡焕庸线东侧, $Trend$ 表示时间趋势项。表5列(1)—列(4)的结果显示,无论单独引入还是同时引入城市基准因素与时间趋势的交互项,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效影响的回归系数均在5%水平下显著。这表明,在控制了城市原有差异可能导致的估计偏差后,本文的研究结论依然稳健。

2. 工具变量法

本文以人工智能试验区政策作为一项准自然实验,虽然政策试点已相对外生,但试点城市的获批与否与当地人工智能发展水平相关,还可能受到潜在遗漏变量的影响,从而导致试点城市的选择存在非随机性问题。因此,本文借鉴黄群慧等(2019)^[41]的做法,选取1984年地级市层面每百人固定电话数与时间虚拟变量的交互项作为人工智能试验区建设的工具变量,进一步缓解内生性问题。一方面,历史固定电话的分布反映了城市早期信息基础设施的发展水平,固定电话数量较多的城市可能在数字技术和信息化进程中占据先发优势,为后续人工智能的发展奠定了基础。因此,这些城市更有可能被选为人工智能试验区政策的试点城市,即满足工具变量的相关性假设。另一方面,固定电话已被新型数字通信技术所取代,历史固定电话数量无法直接对企业绿色治理产生影响,这满足了工具变量的外生性假设。

本文运用两阶段最小二乘(2SLS)法进行检验,表5列(5)、列(6)展示了工具变量的估计结果。首先,Kleibergen-Paap rk LM统计量的 P 值(0.000)结果表明排除了工具变量识别不足的假设;Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量的值(6 873.008)高于10%水平临界值,说明不存在弱工具变量问题。其次,第一阶段中,工具变量的系数值显著为正,表明满足相关性要求;第二阶段,解释变量 $Treat \times Policy$ 的回归系数为正,且在1%的水平下显著。这表明在缓解内生性问题后,本文的基准结论仍然成立。

表5 内生性分析回归结果

变量	加入基准变量				工具变量法	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Treat \times Policy$	0.031 6** (0.012 7)	0.031 4** (0.012 7)	0.031 4** (0.012 7)	0.031 6** (0.012 7)		0.052 1*** (0.019 0)
IV					0.310 2*** (0.003 7)	
省会城市×时间趋势	控制	未控制	未控制	控制		
经济特区×时间趋势	未控制	控制	未控制	控制		
胡焕庸线东侧×时间趋势	未控制	未控制	控制	控制		
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制

表5(续)

变量	加入基准变量				工具变量法	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Kleibergen-Paap rk LM					1 537.303 0	
Kleibergen-Paap rk Wald F					6 873.008 0	
观测值	28 004	28 004	28 004	28 004	27 370	27 370

(四) 稳健性检验

1. 安慰剂检验

本文使用多期双重差分模型来检验人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响,但一些非观测到的因素可能造成人工智能试验区建设前后存在差别,进而对主要结论造成干扰。因此,本文参考许文立和孙磊(2023)^[42]的做法,采用安慰剂检验对人工智能试验区建设影响企业绿色治理绩效的偶然效果进行识别。具体地,随机抽取企业构建伪处理组,并重复进行1 000次随机抽样获取估计结果,其 P 值分布及核密度结果如图3所示。可以看出,随机生成的虚假估计系数主要集中在0附近,且大部分 P 值超过了0.1,这与基准回归得到的实际估计系数0.031 4存在明显差异。这一结果表明,基准回归结果是稳健的,通过了安慰剂检验。

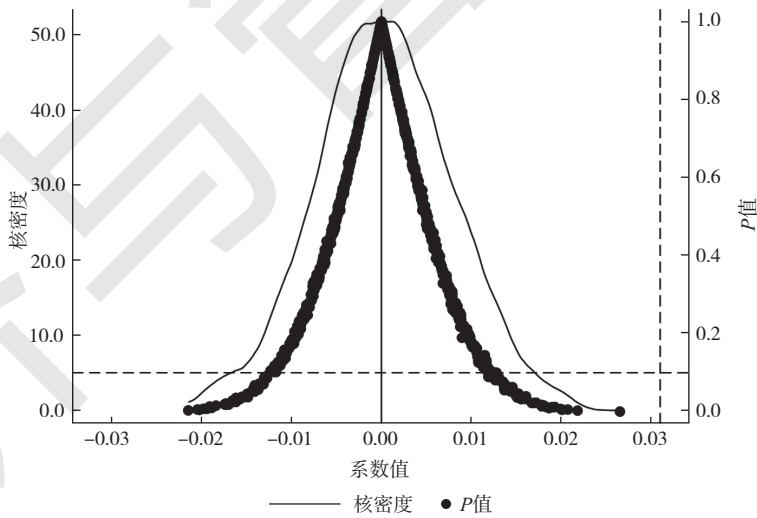


图3 安慰剂检验

2. 排除其他政策因素的影响

在2017年,为推动绿色金融改革创新,国务院特别指定浙江、广东、江西、贵州及新疆的特定区域作为首批试验区。其核心目的在于通过金融工具的创新,助力减少企业污染排放,推动企业向绿色低碳方向转型。此次绿色金融改革可能影响企业的绿色治理活动,因此,为了排除绿色金融改革对实证研究的干扰,本文剔除了浙江、广东、江西、贵州和新疆5个省份的数据,再次进行回归。根据表6列(1)的结果显示,在排除绿色金融改革的影响后, $Treat \times Policy$ 的回归系数仍显著为正,表明绿色金融改革政策未对本文实证研究结论

产生明显影响。另外,从2018年1月1日开始,《中华人民共和国环境保护税法》正式实施,此次从排污费到环保税的转型可能对企业的绿色治理策略产生影响,进而对本文的基准回归结果构成潜在干扰。在这一转型过程中,河北等12个省份提升了税额标准,其他省份则沿用原有的排污费标准作为环保税基准^①。为了排除这一政策变动对本文实证结果的潜在影响,本文剔除了河北等12个提升税额标准的省份数据,并重新进行了回归。表6列(2)结果表明,即便在排除环保“费改税”的潜在影响后, $Treat \times Policy$ 的回归系数仍显著为正,这一结果进一步验证了本文核心结论的稳健性。

3. 倾向得分匹配-双重差分法

区域间企业发展水平的异质性可能会引发它们对试验区建设的不同反应,进而导致本文基准回归结果存在样本选择偏差问题。因此,本部分将使用倾向得分匹配-双重差分(PSM-DID)法增强试验区建设地区企业与非试验区建设地区企业的可比性,以便更好地选择对照组企业。具体来讲,本文首先使用倾向匹配得分(PSM)法,根据协变量倾向得分筛选出与处理组企业特征匹配的新对照组企业,在样本匹配阶段,同时采用了最近邻匹配和半径匹配两种策略,其中,所选协变量与本文基准回归分析中的控制变量相一致。然后,基于匹配后新生成的对照组与处理组样本,再进行双重差分估计。表6列(3)、列(4)分别为最近邻1:3逐期匹配、半径匹配的DID回归结果。可以看到, $Treat \times Policy$ 的回归系数始终显著为正。这表明,即便在考虑样本自选择问题后,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的提升作用依然明显,这又验证了本文主要结论的稳健性。

表6 稳健性检验回归结果:排除其他政策干扰和PSM-DID

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
$Treat \times Policy$	0.027 6 *	0.030 7 *	0.027 6 *	0.029 5 **
	(0.015 7)	(0.016 1)	(0.016 7)	(0.012 9)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	18 898	16 572	18 618	27 431
$\overline{R^2}$	0.398 0	0.422 8	0.412 8	0.413 9

注:列(1)—列(4)依次为排除绿色金融改革的影响、排除环保“费改税”的影响、最近邻1:3逐期匹配、半径匹配的回归结果。

4. 调整研究样本

重污染企业是中国污染排放的主要源头,企业本身可能面临更严格的监管压力,因此,相对于其他行业,企业更容易进行绿色治理活动,进而提升绿色治理绩效。依据2008年原环境保护部发布的《上市公司环保核查行业分类管理名录》,参考潘爱玲等(2019)^[43]的做法,本文界定了15个重污染行业,涵盖水泥、钢铁、火电等领域^②。为了更好识别人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响,本文剔除行业分类为水

① 环保“费改税”过程中提高税额标准的12个省份分别是河北、河南、江苏、山东、湖南、四川、重庆、贵州、海南、广西、山西、北京。

② 重污染行业包括:煤炭开采和洗选业,石油和天然气开采业,黑色金属矿采选业,有色金属矿采选业,纺织业,皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业,造纸和纸制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业,化学原料和化学制品制造业,化学纤维制造业,橡胶和塑料制品业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼和压延加工业,有色金属冶炼和压延加工业,电力、热力生产和供应业。根据中国证券监督管理委员会2012年修订的《上市公司行业分类指引》,重污染行业的代码分别是B06、B07、B08、B09、C17、C19、C22、C25、C26、C28、C29、C30、C31、C32、D44。

泥、钢铁、火电等 15 类行业的企业样本后重新回归。表 7 列(1)结果显示,解释变量的回归系数仍显著为正,进一步验证了本文研究结果的稳健性。

在推进国家新一代人工智能创新发展试验区建设的过程中,地理位置及城市特性被视为重要因素。因此,直辖市和特大城市凭借其独特的区位优势,更容易成为政策先行先试区。为了排除经济发展等内生因素对城市间的影响,更进一步明确人工智能试验区建设对一定规模城市企业绿色治理活动的影响,本文进行了分样本的稳健性检验。具体来看,表 7 列(2)为剔除北京、天津、上海、重庆 4 个直辖市后的回归结果,列(3)为剔除北京、上海、广州、深圳 4 个特大城市后的回归结果。由表 7 列(2)、列(3)结果可知,排除城市特征影响后,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响系数依然显著为正,说明本文回归结果具有稳健性。

表 7 稳健性检验回归结果:调整研究样本

变量	(1)	(2)	(3)
<i>Treat×Policy</i>	0.029 7** (0.014 3)	0.039 3*** (0.015 2)	0.030 3* (0.018 1)
控制变量	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	22 132	22 205	19 916
$\overline{R^2}$	0.430 2	0.406 7	0.394 7

注:列(1)—列(3)依次为剔除重污染行业、剔除直辖市、剔除特大城市的稳健性检验结果。

5. 进一步控制固定效应和改变聚类层级

在探讨人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效影响时,考虑到企业绿色治理绩效可能受到地方经济发展规划、科技政策及企业所处行业的技术特征等潜在因素的影响。如果这些因素与企业绿色治理无直接关联,那么即使遗漏它们也不会影响本文主要结论的有效性。但是,假如这些因素同时作用于地区的人工智能试验区建设与企业绿色治理绩效,则可能引发遗漏变量偏误问题^[44]。因此,为了应对这一潜在问题,本文借鉴尹志锋等(2023)^[45]的研究,在式(2)的基础上进一步控制了行业固定效应、地区固定效应和行业-地区固定效应,回归结果如表 8 所示。可以看出,*Treat×Policy* 的回归系数显著为正,验证了本文结论的基本稳健性。

为了降低异方差及自相关问题对实证结果可能产生的偏差,本文在基准回归中采用了以企业层面为基准的标准误聚类方法。同一行业或同一地区内的企业可能在绿色治理行为上表现出一定的相似性,而不同行业或地区间则可能存在差异。因此,借鉴崔惠玉等(2023)^[46]的研究,本文进一步把标准误的聚类层级提升至行业层面、地区层面和行业-地区层面,并重新进行回归,回归结果如表 8 所示。可以看出,即便在聚类层级提升至行业、城市以及行业和城市层面后,解释变量 *Treat×Policy* 的回归系数仍显著为正,这再次验证了本文研究结论是稳健的。

表 8 稳健性检验回归结果:进一步控制固定效应和改变聚类层级

变量	进一步控制固定效应			改变聚类层级		
	行业	地区	行业-地区	行业	地区	行业-地区
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	0.030 9** (0.012 7)	0.033 2*** (0.012 9)	0.031 2** (0.013 4)	0.031 4* (0.017 6)	0.031 4*** (0.011 6)	0.031 4** (0.015 5)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	28 004	28 004	28 004	28 004	28 004	28 004
$\overline{R^2}$	0.413 6	0.406 3	0.374 1	0.410 9	0.410 9	0.410 9

五、进一步分析

(一) 机制分析

前文已经得到人工智能试验区建设能够提高企业绿色治理绩效的经验证据。本部分基于理论分析,进一步从企业创新、企业营业成本和管理费用角度探索人工智能试验区建设提升企业绿色治理绩效的作用机制。为此,本文参考江艇(2022)^[47]的研究,构建如下机制检验模型:

$$Med_{it} = \delta_0 + \delta_1 Treat_i \times Policy_t + X'_{it} \gamma + \alpha_i + \sigma_t + \varepsilon_{it}$$

(5)

其中, Med_{it} 为机制变量,其他变量定义同式(2)一致。

1. 创新驱动机制

人工智能试验区建设中的技术示范、共性技术平台搭建及创新生态培育等,能够降低企业研发成本和创新风险,进而驱动企业加大技术研发投入,系统推进长期污染减排和可持续发展转型,最终形成“创新驱动—治理提升”的良性循环,实现经济效益与环境绩效的双赢。为了检验企业创新这一机制,本文从创新投入和创新产出两个维度测度企业创新水平。在创新投入方面,本文借鉴已有研究^[48],采用研发费用占营业收入的比重作为衡量企业创新投入(Rd)的代理变量。在创新产出方面,现有研究通常使用专利申请数据来衡量企业创新产出^[49]。因此,借鉴黎文靖和郑曼妮(2016)^[50]的研究,本文使用企业专利申请总数加 1 后取对数来衡量企业整体创新水平($Patent$)。相较于实用新型和外观设计专利,发明专利在创造性方面要求更为严格,其蕴含的技术价值更加突出,并更能反映出创新的深度和广度^[51]。因此,本文根据专利申请类型将创新活动分为两类:一是实质性创新($Patent1$),具体以企业的发明专利申请数加 1 后取对数来衡量;二是策略性创新($Patent2$),具体以企业实用新型和外观设计专利申请的总数加 1 后取对数来衡量。具体估计结果如表 9 所示。

表 9 展示了人工智能试验区建设对企业创新影响的回归结果。列(1)结果显示,在控制其他影响因素后,解释变量 $Treat \times Policy$ 的回归系数在 10%水平下显著为正,表明人工智能试验区建设有效促进了企业的创新投入。列(2)和列(3)中 $Treat \times Policy$ 的回归系数均在 5%水平下显著为正,而列(4)中 $Treat \times Policy$ 的回归系数未通过显著性检验,说明人工智能试验区建设对企业整体创新产出的影响主要体现在促进企业的

实质性创新而非策略性创新。这可能是因为人工智能试验区政策通过研发费用加计扣除和智能设备投资抵免等政策工具,优先支持具有技术突破潜力的长期研发项目。例如,杭州人工智能试验区对企业新购研发设备按总价的 50%进行补贴,并推动人工智能(AI)开源平台的应用,这也直接促使企业更倾向于将资源投入核心技术创新而非短期专利布局。此外,人工智能试验区普遍采用“测试—验证—推广”技术闭环,通过开放场景和标准化流程筛选实质性创新成果。例如,深圳福田区通过“楼宇环境监测技术”开放测试场景,实现了环境监测的智能化、污染源的精确识别及治理效能的提升,从而为该区域的企业绿色治理提供了持续的技术支撑。以上分析结果验证了假设 2。

表 9 机制分析回归结果:企业创新

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Treat×Policy</i>	0.001 5 *	0.055 6 **	0.057 6 **	0.008 4
	(0.000 8)	(0.027 5)	(0.024 0)	(0.024 5)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	25 218	28 004	28 004	28 004
$\overline{R^2}$	0.854 5	0.787 6	0.764 8	0.767 8

注:列(1)—列(4)的被解释变量依次为创新投入(*Rd*)、企业整体创新(*Patent*)、实质性创新(*Patent 1*)、策略性创新(*Patent 2*)。

2. 成本降低机制

基于前文理论分析,人工智能试验区建设能够通过降低企业营业成本和管理费用,从而促进绿色治理绩效提升。因此,本文参考王百强等(2021)^[52]的研究,采用两种方式衡量营业成本,分别是营业成本取对数(*Cost*)、营业成本除以期末总成本并进行标准化处理(*Cost_asset*);同样,管理费用也采用管理费用取对数(*Management*)、管理费用除以期末总成本并进行标准化处理(*Management_asset*)两种衡量方式。表 10 为人工智能试验区建设对企业营业成本和管理费用影响的回归结果。其中,列(1)和列(2)的回归结果显示,*Treat×Policy* 的回归系数在 1%水平下显著为负,表明人工智能试验区建设能够降低企业的营业成本。进一步地,列(3)和列(4)的结果显示,*Treat×Policy* 的回归系数在 1%水平下显著为负,表明人工智能试验区建设同样能够降低企业的管理费用。企业营业成本和管理费用的降低,为企业绿色治理绩效的提升提供了必要的资金保障与资源支持。例如,在人工智能试验区建设过程中,苏州市重点推进“AI+环保”应用示范,依托新一代信息技术构建智能环境治理体系。SEW-电机公司通过引入创新的乳化液集中供液系统,使乳化液使用周期从 6 个月提升至 5 年,年均减少乳化液消耗约 700 吨,实现原材料成本节约 300 万元。同时,该公司实现了废纸板 100%循环利用,进一步降低原材料采购支出。基于这些成本节约和资源优化的优势,企业进一步投资于环保技术升级和环境管理体系优化,通过引进先进治污设施和智能化管理系统,有效降低环境风险并推动企业绿色治理绩效提升。这种良性发展模式不仅实现了经济效益的稳步增长,同时构建了具有可持续性的绿色发展路径。基于此,假设 3 得以验证。

表 10 机制分析回归结果:企业营业成本和管理费用

变量	营业成本		管理费用	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	-0.041 8*** (0.013 7)	-0.026 9*** (0.009 1)	-0.034 4*** (0.010 6)	-0.002 9*** (0.000 6)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	28 004	28 004	28 004	28 004
$\overline{R^2}$	0.957 6	0.790 9	0.948 1	0.704 1

注:列(1)—列(4)的被解释变量依次为 *Cost*、*Cost_asset*、*Management*、*Management_asset*。

(二) 异质性分析

1. 行业竞争程度

行业竞争程度反映了行业内各企业间竞争的激烈程度,揭示了企业所处的外部市场环境。根据权变理论,企业的活动会根据其外部环境的变化进行相应的调整^[53]。这意味着企业所处的行业竞争激烈水平不同时,人工智能试验区建设对绿色治理绩效的影响可能呈现差异化特征。现有研究普遍采用赫芬达尔指数(HHI)作为行业竞争程度的反向衡量指标,该指数值越小代表行业竞争越激烈。因此,本文参考杨柳勇等(2021)^[54]的研究思路,采用赫芬达尔指数来衡量行业竞争程度,按照指数的中位数将样本企业划分为行业竞争程度较高的企业和行业竞争程度较低的企业,然后进行分组回归,回归结果如表 11 所示。可以看出,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的提升作用在行业竞争程度较高的企业样本组中明显,而在行业竞争程度较低的企业样本组中不明显。这可能是因为,行业竞争程度较低的企业往往拥有较强的定价能力,即便面临环境处罚,仍能保持较高的利润水平,因此缺乏主动进行绿色治理的积极性。相比之下,处于较高行业竞争程度下的企业更具外部敏感性^[55]。激烈的行业竞争会加速企业退出市场,但同时也提升了企业在环境、社会责任和治理方面的能力。例如,在竞争激烈的市场环境中,为了树立良好的企业形象,企业会积极采取环保措施,降低碳排放和环境污染,同时也会提供环境友好的产品和服务来获取市场份额、提高竞争力等。这种由行业竞争驱动的企业治理活动改善,有助于企业提升绿色治理绩效。

2. 企业规模

企业规模作为市场竞争的内部因素,不仅影响其竞争地位和市场影响力,还导致不同规模的企业管理结构和运营体系存在差异,进而可能影响人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的作用效果。为了探究人工智能试验区建设对不同规模企业绿色治理绩效的异质性影响,本文采用总资产衡量企业规模,并使用中位数法将全样本划分为小规模企业和大规模企业两个样本组,然后进行分组回归,回归结果如表 11 所示。可以看出,人工智能试验区建设对小规模企业绿色治理绩效的推动作用更为明显。一方面,规模较小企业在绿色治理方面面临明显的资源约束,其研发投入强度和专业技术人才占比均明显低于规模较大企业,这种资源禀赋差异导致小企业往往需要借助外部支持以打破技术和资金壁垒来提升绿色治理水平。人工智能试验区建设通过数智技术和资金支持,能够有效助力小规模企业优化生产流程、提升管理效率,减少不必要的资源消耗和污染排放,从而提升绿色治理绩效。另一方面,规模较大企业凭借其

在研发投入、人才和技术储备方面的既有优势^[56],依托完善的创新基础设施和充裕的现金流,能够独立自主进行绿色治理活动,形成较强的内生绿色转型动力,因而对外部政策激励的敏感度相对较低。

表 11 异质性分析结果:行业竞争程度和企业规模

变量	行业竞争程度		企业规模	
	较低	较高	大规模	小规模
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	-0.001 4 (0.018 5)	0.054 2 *** (0.019 2)	0.006 6 (0.017 9)	0.052 1 *** (0.018 9)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	13 945	14 059	14 002	14 002
$\overline{R^2}$	0.423 7	0.430 5	0.398 9	0.458 6
组间系数差异检验	0.056 0 **		0.046 0 **	

3. 融资约束

融资约束本质反映了企业资源配置能力的差异,通过制约企业研发投入与人力资本结构优化影响其资源配置效率 and 创新能力,进而可能导致人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响效应呈现出异质性。为此,本文分别采用 WW 指数和 FC 指数来表示企业面临的融资约束水平,进而通过中位数法将整体样本细分为高融资约束企业与低融资约束企业两个样本组。回归结果如表 12 所示。结果显示,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的提升作用在高融资约束企业样本组中更为明显,这一发现与已有研究^[57]的结果相呼应。政府通过人工智能试验区政策对高融资约束企业赋能,既发挥了类似政府风险投资在识别并支持具有潜在成长性企业方面的独特能力,又突破了传统补贴政策的局限性,通过技术接口开放和人才池对接等创新生态嵌入方式,有效缓解了企业的资源约束问题。人工智能试验区建设所产生的政策背书效应与政府风投的信号功能具有内在一致性,可能进一步引导市场资本跟随投资,最终推动建立政策扶持引领企业能力提升、企业成长吸引市场资源集聚的良性发展循环。由于低融资约束企业已具备较完善的资源获取渠道,政策干预对其产生的边际收益相对有限,导致政策效果的异质性分布。这一发现既验证了政府针对市场缺位的补位机制,又揭示了中国式治理创新中政策信号对市场资源配置的引导作用。

表 12 异质性分析回归结果:融资约束

变量	WW 指数		FC 指数	
	高融资约束	低融资约束	高融资约束	低融资约束
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	0.046 3 *** (0.016 6)	0.008 1 (0.019 7)	0.058 1 *** (0.018 4)	0.004 7 (0.017 5)
控制变量	控制	控制	控制	控制

表12(续)

变量	WW 指数		FC 指数	
	高融资约束	低融资约束	高融资约束	低融资约束
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	16 637	11 367	14 721	13 283
$\overline{R^2}$	0.443 7	0.395 5	0.451 2	0.397 6
组间系数差异检验	-0.038 0 **		-0.053 0 ***	

4. 企业科技属性

企业的科技属性决定了其战略定位,导致不同科技属性的企业在技术基础和创新能力上存在明显差异。因此,人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的提升作用可能会因为企业的科技属性不同而存在异质性。本文借鉴吴非等(2021)^[58]的研究,将企业样本分为高科技企业样本和非高科技企业样本,具体做法如下:按照中国证券监督管理委员会发布的《上市公司行业分类指引》(2012年修订),将计算机、通信和其他电子设备制造业,化学纤维制造业,软件和信息技术服务业等12个高科技行业^①的企业作为高科技企业^[59]。回归结果如表13所示。可以看出,在高科技企业样本组中,人工智能试验区建设提升了企业绿色治理绩效,回归系数为0.048 8并在1%水平下显著。而在非高科技企业样本组中,*Treat*×*Policy*的回归系数没有通过统计显著性检验。这表明人工智能试验区建设对高科技企业绿色治理绩效的促进效果优于非高科技企业。原因在于,一方面,高科技企业凭借更高的研发投入强度、更密集的科技人才储备及更活跃的产学研合作网络,展现出更强的技术吸收转化能力,能够更充分地利用人工智能试验区提供的技术支持和创新资源,提升企业绿色治理绩效。另一方面,高科技企业认定标准中包含了严格的环境保护要求^[60],并且其发展导向也侧重于(绿色)技术创新。这种制度约束与创新导向的结合,使其具备更强的绿色治理绩效提升动力。

表 13 异质性分析回归结果:企业科技属性

变量	科技属性	
	高科技企业	非高科技企业
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	0.048 8 *** (0.017 8)	0.010 8 (0.018 2)
控制变量	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
观测值	15 210	12 794
$\overline{R^2}$	0.414 3	0.420 1
组间系数差异检验	-0.038 0 *	

① 12 个行业分别为化学原料和化学制品制造业,医药制造业,化学纤维制造业,橡胶和塑料制品业,通用设备制造业,专用设备制造业,铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业,电气机械和器材制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业,仪器仪表制造业,金属制品业,软件和信息技术服务业。

(三) 协同效应分析

在经济高质量发展的背景下,人工智能试验区政策实施还应关注如何最大化地释放人工智能技术应用的价值,以提升企业绿色治理绩效,助力发展方式绿色转型。企业的数字化转型体现了数字技术与生产过程的紧密结合,标志着企业从传统运营模式迈向数字化时代。目前数字化和智能化技术都是实现绿色化战略的重要工具,以“数字化+智能化”为核心的数智化转型已成为资源优化配置的有效手段,并成为推动经济实现绿色、低碳、高质量发展的关键动力。那么,人工智能试验区政策实施过程中是否会因企业数字化转型的助力,而对企业绿色治理绩效产生协同促进作用? 基于此,本文进一步聚焦于企业数字化转型,重点考察企业数字化转型与人工智能试验区政策之间的协同效应。

本文借鉴吴非等(2021)^[58]的研究思路,通过词频统计的方式对企业数字化转型程度进行测度。具体来讲,首先通过爬虫软件 Python 获得所有 A 股上市公司年度报告链接,进行目标企业匹配。然后,下载企业年报便携式文档格式(PDF)版本,并转换成纯文本版本。从包括人工智能技术和大数据技术在内的五个维度整理出共 76 个数字化相关特征词词频,并对特征词进行搜索、匹配及词频计数,把与关键技术方向相关的词汇频率进行分类汇总,进而生成总词频,最后通过取对数的方式构建企业数字化转型(*Indigit*)指标。为检验企业数字化转型与人工智能试验区建设对企业绿色治理的协同效应,本文引入企业数字化转型和人工智能试验区建设的交互项(*Indigit*×*Treat*×*Policy*),表 14 中列(1)—列(3)分别为不加入控制变量、加入企业层面控制变量及加入全部控制变量的回归结果。可以看出 *Indigit*×*Treat*×*Policy* 的回归系数始终显著为正,即企业数字化转型程度越高,人工智能试验区政策的绿色治理效应体现得越明显。政策的实施效果往往受到企业实际运营状况的影响,而数字化转型正是优化企业内部运营的关键,它促进了企业内部各个部门的紧密协作,进而增强了政策的绿色治理效应。同时,企业数字化转型和人工智能试验区政策的协同作用,进一步推动企业治理向更加绿色、高效、智能的方向发展。因此,应鼓励企业进一步提高自身数字化转型程度,注重系统性与协同性的结合,推动绿色治理的深入实践。

表 14 企业数字化转型的协同效应回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
<i>Indigit</i> × <i>Treat</i> × <i>Policy</i>	0.030 0*** (0.006 3)	0.029 1*** (0.006 3)	0.029 1*** (0.006 3)
<i>Treat</i> × <i>Policy</i>	0.020 2 (0.013 0)	0.019 1 (0.013 0)	0.019 0 (0.013 0)
<i>Indigit</i>	0.014 9*** (0.005 2)	0.012 8** (0.005 2)	0.012 8** (0.005 2)
企业层面控制变量	未控制	控制	控制
城市层面控制变量	未控制	未控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
观测值	28 004	28 004	28 004
$\overline{R^2}$	0.411 4	0.412 0	0.411 9

六、研究结论与政策启示

提升企业的绿色治理绩效,进而实现经济发展方式的绿色转型是高质量发展的重要抓手和必然选择。新一轮科技革命和产业变革正在带来前所未有的历史性机遇,人工智能的创新发展促使经济结构逐渐向知识密集与技术主导转型,从而引领企业生产模式向更加环保的方向转变,为企业进行绿色治理活动提供新的手段和途径。在此背景下,本文借助国家新一代人工智能创新发展试验区政策这一准自然实验,利用2015—2023年中国A股上市公司数据并构建了多期双重差分模型,实证分析了人工智能试验区建设对企业绿色治理绩效的影响及作用机制。研究结果显示,人工智能试验区建设能够提升企业绿色治理绩效。机制分析发现,人工智能试验区建设通过促进创新投入和创新产出、降低企业营业成本和管理费用两个途径,有效促进企业进行绿色治理活动,从而促使其绿色治理绩效得以提升。异质性分析结果显示,人工智能试验区建设有利于提升行业竞争程度较高企业、小规模企业、高融资约束企业及高科技企业的绿色治理绩效,对行业竞争程度较低企业、大规模企业、低融资约束企业及非高科技企业的绿色治理绩效的提升作用较小。此外,企业数字化转型可以与人工智能试验区政策发挥协同效应,共同作用于企业绿色治理绩效提升。

基于实证分析和研究结论,本文得出以下政策启示:

第一,抢抓人工智能发展机遇,推动其成为企业绿色治理绩效提升的重要途径。把握科技创新变化、寻求新质生产力突破口,这是抢抓新一轮科技革命和产业变革发展机遇的战略抉择。为实现这一目标,应稳步推进和扩大人工智能试验区建设试点范围,积极探索人工智能技术在企业绿色治理中的应用场景,推动人工智能与企业绿色治理的深度融合。一方面,人工智能试验区城市政府应进一步引导人工智能基础设施建设和加大人工智能技术研发投入,为人工智能技术研究和应用创造良好环境。同时,继续加强人才培养和引进,建立跨学科的人才队伍,切实为企业绿色治理活动提供坚实的人才支撑。另一方面,鼓励更多企业主动增加对人工智能技术的研发投入,积极应用人工智能技术优化绿色治理流程。同时,企业应积极与人工智能技术公司、高校、科研机构等开展合作,开发绿色治理创新方案。最终通过人工智能试验区政策鼓励、支持和引导,以点带面地促进企业绿色生产和地区经济高质量发展。

第二,强化企业创新主体地位,提升其智能化、绿色化、数字化协同发展水平。一方面,企业是科技创新的关键参与者和驱动者,需要充分发挥企业创新主体地位,应打造多元利益主体共同参与的高效协同创新体系,设立相应的监管机制保护市场的竞争性,以激励企业创新。同时,鼓励和支持高校及研究机构的科研成果向企业转化,高度重视企业在科技成果转化过程中的作用,以激发企业创新活力。另一方面,为了充分发挥人工智能试验区政策在降低企业营业成本及管理费用方面的优势,进一步推动企业绿色治理活动的开展,应完善与绿色治理活动相关的法律法规和标准体系,加强对绿色投资项目的风险管理评估,进而降低投资项目的风险。此外,注重企业数字化转型和人工智能试验区政策协同治理,为建设数字化、智能化及绿色化的现代化产业体系贡献力量。

第三,立足不同企业属性和行业发展特征,优化政策执行的灵活性和精准性。本文的异质性分析结果表明,在小规模企业和高融资约束企业中,人工智能试验区建设对于其绿色治理绩效的提升效应更明显。但这些企业在绿色治理过程中更易面临融资约束,亟需绿色金融的支持。因此,应鼓励试验区金融机构开发创新绿色金融产品,探索创新服务模式,尤其为中小企业和融资约束大的企业提供灵活的融资渠道。异质性分析结果还表明,人工智能试验区建设对高科技企业及行业竞争程度较高企业的绿色治理绩效的提升效应更明显。因此,一方面,应进一步鼓励与支持高科技企业应用人工智能技术创新,突破绿色治理领域关

键技术研发,并引导非高科技企业提升人工智能技术应用水平。另一方面,构建开放透明的市场准入制度,鼓励更多企业参与竞争,营造公平竞争环境,对企业的能耗排放和绿色治理水平等进行客观评估并公开结果,引导企业良性竞争。同时,进一步鼓励企业在竞争中加强合作,形成产业链上下游紧密协作,共同提升绿色治理水平,推动发展方式绿色转型。

参考文献:

- [1]宋丽颖,张仁杰,祝贵仪. 逐绿前行:政府绿色采购增进企业绿色治理研究[J]. 经济与管理研究,2024,45(7):121-144.
- [2]张尧,郭晓旭. 绿色信贷政策对企业绿色治理绩效的影响研究——基于政策传导视角[J]. 管理学报,2023,36(5):76-95.
- [3]林涛. 加快国家新一代人工智能创新发展试验区建设的思考[J]. 江西理工大学学报,2023,44(2):122-128.
- [4]金祥义,张文菲. 人工智能与企业污染减排:智能治理的环境效应[J]. 中国人口·资源与环境,2023,33(8):138-145.
- [5]吕越,马明会,陈泳昌,等. 人工智能赋能绿色发展[J]. 中国人口·资源与环境,2023,33(10):100-111.
- [6]刘婷婷,周兵,梁博. 人工智能、绿色创新与企业碳绩效[J]. 经济体制改革,2024(4):193-200.
- [7]许家云,沈含雨,周新博. 人工智能发展与企业 ESG 表现[J]. 世界经济研究,2024(9):120-134.
- [8]陶克涛,郭欣宇,孙娜. 绿色治理视域下的企业环境信息披露与企业绩效关系研究——基于中国 67 家重污染上市公司的证据[J]. 中国软科学,2020(2):108-119.
- [9]HOU N, ZHU Q Y, ZHAO W Z, et al. Study on the impact of green management of paper enterprises on carbon performance in the background of carbon peaking and carbon neutrality[J]. Energy Reports, 2022, 8: 10991-11002.
- [10]王峰正,陈方圆. 董事会治理、环境规制与绿色技术创新——基于我国重污染行业上市公司的实证检验[J]. 科学学研究,2018,36(2):361-369.
- [11]于连超,张卫国,毕茜. 环境税对企业绿色转型的倒逼效应研究[J]. 中国人口·资源与环境,2019,29(7):112-120.
- [12]李青原,肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. 经济研究,2020,55(9):192-208.
- [13]黄莲琴,梁晨,何蔓莉. 公司绿色治理:公众与媒体的力量[J]. 会计研究,2022(8):90-105.
- [14]王爱国,刘洋,刘玉玉. 国有股权参股与民营重污染企业绿色治理[J]. 财务研究,2022(1):49-63.
- [15]张云,吕纤,韩云. 机构投资者驱动企业绿色治理:监督效应与内在机理[J]. 管理世界,2024,40(4):197-221.
- [16]ZHANG X, WANG P M, XU Q X. Corporate environmental governance under the coordination of fiscal and financial policies: the case of green credit subsidy policy[J]. Finance Research Letters, 2024, 64: 105409.
- [17]郭晓旭,张尧. “环保费改税”政策发挥了信号传递效应吗? ——来自企业绿色治理的证据[J]. 现代财经(天津财经大学学报),2024,44(5):79-94.
- [18]TANG C, XU Y Y, HAO Y, et al. What is the role of telecommunications infrastructure construction in green technology innovation? A firm-level analysis for China[J]. Energy Economics, 2021, 103: 105576.
- [19]占华,后梦婷,檀菲菲. 智能化发展对中国企业绿色创新的影响——基于新能源产业上市公司的证据[J]. 资源科学,2022,44(5):984-993.
- [20]高峰,吕雁琴,陈静,等. “智慧城市”试点的企业绿色技术创新效应研究[J]. 科研管理,2023,44(6):85-94.
- [21]薛飞,周民良,刘家旗. 数字基础设施降低碳排放的效应研究——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 南方经济,2022(10):19-36.
- [22]向仙虹,赵佳佳,邹志雁. 数字贸易与企业能源消耗——来自跨境电商综合试验区的证据[J]. 首都经济贸易大学学报,2025,27(1):36-52.
- [23]刘军,钱宇. 产业共生集聚对绿色技术创新的影响研究[J]. 科研管理,2024,45(8):51-61.
- [24]刘朝. 数智化技术助力制造业绿色发展[J]. 人民论坛,2023(11):80-83.
- [25]杨仁发,李胜胜. 创新试点政策能够引领企业创新吗? ——来自国家创新型试点城市的微观证据[J]. 统计研究,2020,37(12):32-45.
- [26]SVAHN F, MATHIASSEN L, LINDGREN R. Embracing digital innovation in incumbent firms: how Volvo cars managed competing concerns[J]. MIS Quarterly, 2017, 41(1): 239-253.
- [27]丁红乙,成琼文. 数字化创新、企业家精神与制造企业绿色发展[J]. 科研管理,2024,45(1):84-97.

- [28]宋德勇,李超,李项佑. 新型基础设施建设是否促进了绿色技术创新的“量质齐升”——来自国家智慧城市试点的证据[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(11):155-164.
- [29]张云,杨振宇. 机构投资者绿色关注与企业“漂绿”行为:效应、诱因与治理[J]. 财经研究,2024,50(11):95-110.
- [30]张家才,武文博,余典范. 企业数字化与跨国投资模式选择[J]. 首都经济贸易大学学报,2024,26(2):33-47.
- [31]文婷. 数字创新如何赋能环保企业高质量发展[J]. 山西财经大学学报,2025,47(1):115-126.
- [32]石大千,李格,刘建江. 信息化冲击、交易成本与企业TFP——基于国家智慧城市建设的自然实验[J]. 财贸经济,2020,41(3):117-130.
- [33]LEWIS B W, WALLS J L, DOWELL G W S. Difference in degrees: CEO characteristics and firm environmental disclosure[J]. Strategic Management Journal, 2014, 35(5): 712-722.
- [34]姜广省,卢建词,李维安. 绿色投资者发挥作用吗?——来自企业参与绿色治理的经验研究[J]. 金融研究,2021(5):117-134.
- [35]车德欣,向海凌,吴非. 税收激励能否赋能企业绿色治理? [J]. 经济与管理研究,2023,44(9):3-21.
- [36]李维安,李鼎,周宁,等. 政府环保补助何以诱发企业绿色治理背离行为?——基于资源依赖理论视角[J]. 会计研究,2024(3):138-149.
- [37]刘华珂,李旭超,聂禾,等. AI时代:城市数智化转型与企业创新[J]. 中国软科学,2024(2):38-54.
- [38]高国珍,胡金森. 自由贸易试验区促进了制造业企业创新吗?——基于多期双重差分法的实证研究[J]. 软科学,2023,37(4):19-26.
- [39]白俊红,张艺璇,卞元超. 创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(6):61-78.
- [40]宋弘,孙雅洁,陈登科. 政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J]. 管理世界,2019,35(6):95-108.
- [41]黄群慧,余泳泽,张松林. 互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济,2019(8):5-23.
- [42]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.
- [43]潘爱玲,刘昕,邱金龙,等. 媒体压力下的绿色并购能否促使重污染企业实现实质性转型[J]. 中国工业经济,2019(2):174-192.
- [44]毛其淋,王凯璇. 互联网发展如何优化企业资源配置——基于企业库存调整的视角[J]. 中国工业经济,2023(8):137-154.
- [45]尹志锋,曹爱家,郭家宝,等. 基于专利数据的人工智能就业效应研究——来自中关村企业的微观证据[J]. 中国工业经济,2023(5):137-154.
- [46]崔惠玉,王宝珠,徐颖. 绿色金融创新、金融资源配置与企业污染减排[J]. 中国工业经济,2023(10):118-136.
- [47]江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济,2022(5):100-120.
- [48]郭玥. 政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J]. 中国工业经济,2018(9):98-116.
- [49]李春涛,闫续文,宋敏,等. 金融科技与企业创新——新三板上市公司的证据[J]. 中国工业经济,2020(1):81-98.
- [50]黎文靖,郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究,2016,51(4):60-73.
- [51]陈旭,纪展鹏,邢孝兵. 城市价值链功能分工与企业创新:来自企业专利的证据[J]. 世界经济,2024,47(3):94-123.
- [52]王百强,黄静,吕杰. 股权激励影响经营杠杆决策吗?——基于A股上市公司的经验证据[J]. 中央财经大学学报,2021(9):59-71.
- [53]李东升,周喆,刘丹. 重污染企业如何实现高水平环境响应? [J]. 经济与管理研究,2024,45(11):126-144.
- [54]杨柳勇,张泽野,郑建明. 中央环保督察能否促进企业环保投资?——基于中国上市公司的实证分析[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2021,51(3):95-116.
- [55]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.
- [56]孙伟增,毛宁,兰峰,等. 政策赋能、数字生态与企业数字化转型——基于国家大数据综合试验区的准自然实验[J]. 中国工业经济,2023(9):117-135.
- [57]BERAJA M, PENG W W, YANG D Y, et al. Government as venture capitalists in AI[Z]. NBER Working Paper No. 32701, 2024.
- [58]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,2021,37(7):130-144.
- [59]王旭,褚旭,王非. 绿色技术创新与企业融资契约最优动态配置——基于高科技制造业上市公司面板数据的实证研究[J]. 研究与发展管理,2018,30(6):12-22.
- [60]吕桁宇,马春爱,汤桐,等. 财税激励政策、绿色技术创新与工业企业碳强度[J]. 统计与信息论坛,2024,39(5):59-72.

How does the Construction of AI Pilot Zones Affect Corporate Green Governance Performance?

REN Xianjing, WANG Feng
(Northwest University, Xi'an 710127)

Abstract: Accelerating the transition toward green and low-carbon development is one of the core requirements of the new quality productive forces. The innovative development of artificial intelligence (AI) has gradually driven the economic structure toward knowledge-intensive and technology-driven paradigms, thus leading enterprises to shift their production management mode to a more environmentally friendly direction. Therefore, investigating whether the innovative development of AI can improve corporate green governance performance is of great significance for exploring a new path of green governance in the intelligent era and promoting the green transformation of development modes.

The policy of the National New-Generation Artificial Intelligence Innovative Development Pilot Zones (hereinafter referred to as the AI pilot zones) is expected to serve as a key deployment to promote the green transformation of development modes, providing a new engine for corporate green governance to achieve a win-win situation in both ecological and economic benefits. This paper selects data of A-share listed companies in China from 2015 to 2023, using the AI pilot zones policy as a quasi-natural experiment and adopting a multi-period difference-in-differences method to explore the impact of the construction of AI pilot zones on corporate green governance performance. The findings indicate that the construction of AI pilot zones can improve corporate green governance performance, and this result is still valid after the robustness tests. Mechanism analysis reveals that the construction of AI pilot zones promotes the innovation input and output of enterprises and effectively reduces their operating costs and management expenses, thus improving green governance performance. Heterogeneity analysis shows that this improvement effect is more evident in enterprises facing intense industry competition, small-scale enterprises, enterprises with high financing constraints, and high-tech enterprises. In addition, enterprise digital transformation can exert a synergistic effect with the AI pilot zones policy, further improving corporate green governance performance and providing a path choice for Chinese enterprises to achieve digital, intelligent, and green collaborative transformation.

The marginal contributions are as follows. First, this paper takes the AI pilot zones policy as a new entry point, which enriches the economic consequences brought by the policy, expands the research on the driving factors of corporate green governance performance, and provides new ideas for in-depth exploration of the improvement in corporate green governance performance in the intelligent era. Second, this paper helps to expand the research framework and deepen the understanding of challenges and opportunities faced by enterprises in green production and green governance. Third, this paper reveals that enterprise digital transformation serves as an important basis for the AI pilot zones policy to play a role, and provides strong empirical evidence for the construction of a systematic green governance system.

Keywords: AI pilot zones; corporate green governance performance; enterprise innovation; operating cost; management expense

责任编辑:李 叶