

制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响研究

崔瑜 黄莎莎 周莉

摘要:随着中国经济进入新发展阶段,实现制造业企业绿色高质量发展成为亟待解决的重要问题。本文基于2012—2024年沪深A股制造业上市公司面板数据,以制造业和互联网融合发展试点项目作为准自然实验,采用多时点双重差分方法探究制造业企业互联网融合对绿色全要素生产率的影响及作用机制。研究发现,制造业企业互联网融合能够促进企业绿色全要素生产率的提升。机制分析表明,制造业企业互联网融合通过提高企业技术创新能力和资源利用能力两条路径提升企业绿色全要素生产率。异质性分析发现,制造业企业互联网融合对非国有企业、非重污染行业企业和东、西部地区企业的绿色全要素生产率的促进效果更为明显。本文的研究结论为制造业企业绿色高质量发展提供了有益启示。

关键词:制造业企业 互联网融合 企业绿色全要素生产率 技术创新 资源利用

中图分类号:F425

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2026)08-0022-14

一、问题提出

制造业在现代经济体系中发挥着不可替代的支撑作用。制造业企业在推动经济增长的同时,也由于粗放式发展模式造成自然资源过度消耗、污染物排放过量以及生态失衡等环境危机^[1]。因此,如何实现制造业企业绿色高质量发展成为亟待解决的重要问题。党的二十大报告明确提出“加快建设制造强国”“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。绿色全要素生产率是衡量制造业企业绿色高质量发展的重要指标,该指标是在全要素生产率基础上,将投入端的能源消耗和产出端的污染排放一起纳入核算体系的新型生产率,它不仅强调生产效率,而且考虑企业资源利用和环境保护^[2],统筹经济发展和生态效益,可以有效反映制造业企业的绿色高质量发展。

制造业企业互联网融合可以有效提升企业绿色全要素生产率。为加快推动制造业提质增效,制造业与互联网融合相关政策及措施不断发布并实施(具体相关政策梳理见表1)。2015年国务院发布《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》(国发〔2015〕40号),提出“推动互联网与制造业融合,提升制造业数字化、网络化、智能化水平,加强产业链协作,发展基于互联网的协同制造新模式。”随后中国制造业企业互联网融合发展进程加快,在模式创新和供给侧结构性改革方面初显成效,但仍然面临平台支撑不足、核心技

收稿日期:2026-02-14;修回日期:2026-07-09

作者简介:崔瑜 中央民族大学管理学院教授、博士生导师,北京,100081;

黄莎莎 中央民族大学管理学院博士研究生,通信作者;

周莉 中央民族大学管理学院硕士研究生。

作者感谢审稿快线专家的评审意见。

术薄弱、应用水平不高等难题。为此,2016 年国务院发布《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》(国发〔2016〕28 号),提出“积极搭建支撑制造业转型升级的各类互联网平台”“带动技术产品、组织管理、经营机制、销售理念和模式等创新,提高供给质量和效率”“到 2018 年底,制造业重点行业骨干企业互联网‘双创’平台普及率达到 80%,相比 2015 年底,工业云企业用户翻一番,新产品研发周期缩短 12%,库存周转率提高 25%,能源利用率提高 5%”。2017 年及之后,工业和信息化部组织开展相关试点示范申报工作。制造业企业互联网融合发展相关政策及措施的持续推进,为制造业企业绿色全要素生产率的提升提供了极大动力。

表 1 制造业与互联网融合发展政策实施过程

出台时间	政策文件	相关政策内容及入选项目
2015 年 7 月	《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》(国发〔2015〕40 号)	强调“推动互联网与制造业融合,提升制造业数字化、网络化、智能化水平”,提出“互联网+”智慧能源、“互联网+”高效物流和“互联网+”绿色生态等内容
2016 年 5 月	《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》(国发〔2016〕28 号)	明确制造业与互联网融合发展的主要目标和主要任务
2017 年 2 月	《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2017 年制造业与互联网融合发展试点示范工作的通知》(工信厅信软函〔2017〕92 号)	首次开展制造业与互联网融合发展试点示范工作,徐工工业云平台建设等 70 个项目入选
2017 年 11 月	《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》(国发〔2017〕50 号)	加快智能制造,更高效率地优化生产和服务资源配置,深化互联网与制造业融合发展
2018 年 6 月	《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2018 年制造业与互联网融合发展试点示范工作的通知》(工信厅信软函〔2018〕185 号)	125 个试点示范项目入选
2019 年 8 月	《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2019 年制造业与互联网融合发展试点示范工作的通知》(工信厅信软函〔2019〕169 号)	137 个试点示范项目入选
2020 年 10 月	《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2020 年制造业与互联网融合发展试点示范项目申报工作的通知》(工信厅信发函〔2020〕240 号)	135 个试点示范项目入选

注:资料来源于中国政府网、工业和信息化部网站。

2017—2020 年,第一、第二、第三、第四批制造业与互联网融合发展试点逐步形成,这些试点企业涵盖专用设备制造业、农副食品加工业、化学原料及化学制品制造业、医药制造业等 31 个制造业细分领域,分布在东、中、西部地区,具有一定的代表性。试点政策旨在通过深化制造业与互联网融合,降低企业物流成本,提高企业能源利用效率和绿色监管水平。在物流成本方面,数字技术在物流领域的广泛应用提高了物流仓储的自动化、智能化水平和运转效率,有效降低物流成本。在资源利用方面,互联网的创新成果与制造业领域深度融合,推动技术进步、效率提升和组织变革,促进能源系统扁平化,提高能源利用效率,实现节能减排。在绿色监管方面,互联网深度助力绿色环境发展,建设污染物监测及数据公开系统,构建资源环境承载能力动态监测网络,促进资源利用高效化和透明化,推动生产方式绿色化。制造业与互联网融合举措的落地实施,有利于提升制造业企业的绿色全要素生产率。

基于此,本文选取沪深 A 股制造业上市公司 2012—2024 年的面板数据,将制造业与互联网融合发展试点项目视为准自然实验,采用多时点双重差分方法,探讨制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响及作用机制。本文的边际贡献主要有三方面。首先,本文从企业层面的微观视角出发,丰富了数字

技术应用影响制造业企业绿色全要素生产率的研究成果。现有研究多聚焦数字技术的工具属性,围绕数字技术降低信息成本或提高单一生产环节效率的优势,探讨数字技术对不同层面的绿色全要素生产率的影响,尚未关注制造业企业互联网融合所引发的组织结构、管理模式和商业范式等深层次变革对企业经济和环境综合效益的影响。本文重点探讨制造业企业与互联网的全面融合如何影响制造业企业绿色全要素生产率。其次,本文基于技术和资源两个维度,揭示了制造业企业互联网融合通过提高企业技术创新和资源利用两条路径促进企业绿色全要素生产率的提升。最后,本文进一步从企业性质、行业污染程度以及地区经济带三个维度展开异质性分析,为不同类型、行业和地区的制造业企业绿色高质量发展提供差异化策略。本文的研究结论不仅为政府优化制造业与互联网融合发展政策、提高企业技术创新和资源利用能力提供依据,还为制造业企业依托互联网加快绿色转型升级提供实践指引。

二、文献综述

与本文研究相关的文献主要涉及两个方面:一是企业绿色全要素生产率的影响因素;二是制造业企业互联网融合的内涵特征和实施效果。

学者们从宏观和微观两个层面对企业绿色全要素生产率的影响因素进行探讨,在宏观政策和经济层面,学者们探讨了政府数字治理^[3]、低碳城市试点政策^[4]以及数字经济^[5]等因素对企业绿色全要素生产率的影响;在微观企业层面,学者们认为数字技术创新^[6]、智能制造^[7]、企业数字化转型^[8]以及绿色金融^[9]等有利于企业绿色全要素生产率的提高。从上述研究可知,学者们主要围绕数字技术应用对绿色全要素生产率的影响展开了广泛且丰富的讨论。

既有文献对制造业企业互联网融合的概念内涵、基本特征和实施效果展开了初步探讨。在概念界定方面,已有研究对制造业企业互联网融合这一概念的阐述各有侧重,但是普遍认为,制造业企业互联网融合是指制造业企业与互联网在生产方式、组织结构、管理模式以及商业模式等方面全面融合,促使组织边界趋于模糊,组织间出现互补竞合的协同关系,从而形成更大复合经济效应的过程^[10],具有全面互联、跨界融合以及协同共享等特征^[11]。在基本特征方面,第一,制造业企业互联网融合促使企业生产环节更加网络化、智能化和自动化,它不仅将互联网技术嵌入生产过程,而且实现以数据驱动为核心的自动化生产模式,通过精准分析和动态调整生产数据,帮助企业智能优化各个生产环节,降低企业资源冗余和生产成本,实现生产要素的高效配置^[12]。第二,制造业企业互联网融合有助于实现协同创新。企业借助互联网平台,聚焦跨主体资源整合,通过组织架构优化与流程并联打破信息孤岛,强调系统协同,从而提升产业链整体响应能力^[13]。第三,制造业企业互联网融合促进更广泛的价值创造。互联网将制造业企业、客户、供应商等利益相关者置于协同制造的价值网络中,企业不再是绿色产品或服务的单向输出者,而是与其他利益主体共同生产和改进绿色产品和服务,此时社会公众的环保需求和环境偏好更可能激励企业加大绿色研发力度,创造新的绿色价值空间^[14]。

在制造业企业互联网融合的实施效果方面,学者们既关注制造业企业互联网融合对全要素生产率^[15]、创新绩效^[16]以及降低企业成本^[17]等经济方面的影响,也探讨制造业企业互联网融合对绿色发展的作用,如促进企业节能减排^[18],提高企业管理效率,赋能企业绿色创新等^[17]。此外,学者们还关注制造业企业与互联网融合对企业技术创新和资源利用能力的影响。一方面,制造业与互联网融合有助于实现多主体业务协作,提高信息传递效率,加快企业绿色知识更新和资源重组,从而提高企业绿色技术创新水平^[9];另一方面,制造业企业借助互联网平台互联互通优势,能够弹性配置冗余资源,动态共享资源,形成价值共创的生产模式,这有助于降低企业生产运营成本,提高企业资源利用效率^[15]。

综上所述,现有研究主要聚焦于数字技术的工具属性,讨论了数字技术降低信息成本和提高生产效率的优势,以及数字技术应用对绿色全要素生产率的作用,也初步讨论了制造业企业互联网融合给企业带来

的经济绩效,或者对企业绿色发展某一方面产生的作用。然而,随着以互联网为核心的新一轮信息技术应用的深入,制造业与互联网的融合不仅限于技术底座的互融,还涉及组织结构和商业模式等更深层次的互动,这一变革更可能优化企业组织流程和资源配置,促进更广泛的协同创新和价值共创。因而制造业企业与互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响及其内在机制值得进一步深入探讨。为此,本文在梳理制造业企业互联网融合发展政策的基础上,进一步深入探讨制造业企业互联网融合如何通过资源利用和技术创新等关键路径,促进制造业企业绿色全要素生产率的提高。

三、理论分析与研究假设

(一) 制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响

制造业企业互联网融合能够优化资源配置,推动多主体协同创新和价值共创,有助于提升企业绿色全要素生产率。首先,信息不对称导致土地、劳动力、资本等生产要素存在结构性错配,制约着企业生产效率的提升,互联网能够促进人、机器和事物等生产要素的全面互联,加快企业资源要素的流动和重组^[19],帮助企业优化生产流程,减少结构性冗余,提高企业资源配置效率。如海尔的工业互联网平台通过互联工厂之间的设备、软件和组件的共享协作,降低了投入成本,提高了生产效率^[20]。其次,互联网打破了不同主体间信息交流的空间限制,促进企业协同合作和信息共享,加快企业绿色创新知识更新和资源重组,推动企业绿色产品和服务升级,进而提高企业经济和环境效益^[17]。同时制造业企业能够通过环境信息网络平台对污染排放情况实施全过程监测,驱动企业自身完成绿色转型升级^[21]。最后,制造业企业互联网融合能够精准匹配和连接生产端和消费端,形成价值共创的商业模式创新,提高企业产品附加值和市场竞争力,进而有助于企业将产品竞争优势带来的利润转化为绿色创新投入,推动企业向着绿色、高效的方向发展。

基于上述分析,本文提出假设 1:制造业企业互联网融合能够促进企业绿色全要素生产率的提升。

(二) 制造业企业互联网融合影响企业绿色全要素生产率的作用机制

1. 提高企业技术创新能力

制造业与互联网融合扩大了企业创新活动的边界,帮助企业吸收更多外部知识,让企业技术创新成为可能。首先,制造业企业依托互联网平台能够建立跨时空的开放互动机制,实现企业间全方位的业务协同,增加企业之间的研发合作,强化企业之间的知识共享^[22],促使企业获得更多互补性知识和异质性创新资源,进而增强企业技术创新能力。其次,制造业企业与第三方环境监测平台实现数据互通,能够实时监测区域空气质量、水资源污染等宏观环境指标,精准把握绿色技术研发方向,快速识别潜在的技术创新机会,进而提高企业绿色技术创新水平^[17]。

技术创新是企业识别生产过程资源消耗,降低企业成本的关键因素^[23],有助于提升企业绿色全要素生产率。从投入视角来看,企业技术创新通过引入先进的节能减排技术,可以优化组织生产流程,减少过量投入和重复劳动,降低资金占用和物料浪费,从而提升资源要素利用率,在相同要素投入下实现更多期望产出^[6]。从产出视角来看,企业开展绿色技术创新可以改进绿色产品和服务,扩大市场占有率,获得绿色竞争优势。为保持这一优势,企业需要加强绿色产品研发,不断提升绿色产品和服务质量,进而实现企业经济和环境效益的持续增加。因此,制造业企业互联网融合可以通过强化企业技术创新,提升企业绿色全要素生产率。

基于上述分析,本文提出假设 2:制造业企业互联网融合通过提高企业技术创新能力,促进企业绿色全要素生产率提升。

2. 提高企业资源利用能力

制造业与互联网融合可以有效提升企业资源利用能力。首先,制造业企业互联网融合实现数据互联互通,推动企业向数据要素驱动的生产模式转型,这有助于企业实时采集信息数据,精准识别生产过程所需的

资源,并且对资源进行高效配置和有机重组,提高对冗余资源的弹性配置^[12]。其次,互联网还能够将相关利益主体纳入制造生态系统,强化其他利益主体对企业的社会监管,促使制造业企业更加关注节能环保问题,提升清洁能源利用效率^[24]。

资源冗余制约着企业绿色全要素生产率的提高,而高水平的资源利用能力意味着企业能够有效识别、整合和利用过剩、暂时闲置的冗余资源,促进企业绿色全要素生产率的提升。首先,资源利用能力较强的企业能够引导人力、财务和技术等核心资源从低效率的部门向高效率的部门动态流动,推动企业生产流程高效化、集约化。随着冗余资源被利用或者重新配置,企业全要素生产率得到提升^[25]。其次,具备较强的资源利用能力的企业还能够撬动自身未吸收的冗余资源,并将其投入产品研发中,提升企业绿色产品和服务质量,从而促进企业经济和环境效益的双提升^[26]。总体而言,制造业与互联网融合通过促进资源重组和提升社会监管,提高企业资源利用能力,而企业资源有效利用有助于优化生产效率和推动产品升级,从而提升企业绿色全要素生产率。

基于上述分析,本文提出假设3:制造业企业互联网融合通过提高企业资源利用能力,促进企业绿色全要素生产率提升。

四、实证设计

(一) 样本选取与数据来源

本文选取2012—2024年沪深A股制造业上市公司作为研究对象。为提升实证结果可靠性,本文剔除当年交易状态为ST、*ST、PT的公司、已退市公司和当年上市公司,剔除参与回归的核心变量存在缺失值的样本,对所有连续变量进行1%分位缩尾处理。本文中的制造业与互联网融合发展试点名单来源于工业和信息化部网站,上市公司财务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,企业污染排放数据来源于上市公司的年报、社会责任报告和公告等。

(二) 模型设定

为了评估制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响,本文设定以下多时点双重差分模型:

$$gtfp_{it} = \alpha + \rho DID_{it} + X'_{it}\beta + \lambda_j + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标*i*代表企业,下标*j*代表行业,下标*t*代表年份,*gtfp_{it}*表示企业的绿色全要素生产率水平,*DID_{it}*表示制造业企业互联网融合政策虚拟变量,*X'_{it}*表示控制变量向量,*λ_j*和*δ_t*分别为行业固定效应和年份固定效应,*ε_{it}*为随机扰动项。本文的研究模型在企业层面控制了一系列随时间变化的控制变量。考虑到行业层面因素的影响以及避免因过度控制企业间异质性而导致的估计偏误,本文在基准模型中主要控制行业固定效应和年份固定效应。

(三) 变量说明

1. 被解释变量

企业绿色全要素生产率(*gtfp*)。参考李源等^[27]的做法,本文使用序列曼奎斯特-卢恩伯格(sequential Malmquist-Luenberger)指数测算企业绿色全要素生产率。在投入和产出方面,本文使用固定资产总值作为企业的资本投入变量,使用企业员工人数作为企业的劳动投入变量,使用营业收入作为企业的期望产出变量,根据《中华人民共和国环境保护税法》确定二氧化硫、氮氧化物、化学需氧量和氨氮、工业烟粉尘排放量等的污染当量值,将企业各种污染物排放量折算成统一的污染当量数,并以此作为企业的非期望产出变量。为排除通货膨胀的影响,本文对涉及物价因素的变量进行平减,由于自2020年起国家统计局暂停发布固定资产投资价格指数,2020—2024年的固定资产投资价格指数参考白重恩等^[28]的计算方法,固定资产投资价格指数=1/2 建筑安装工程投资价格指数+1/2 机器设备购置投资价格指数=1/2 建筑业增加值的价格指数+

1/2 机械制造业的出厂价格指数。

2. 解释变量

制造业企业互联网融合政策虚拟变量(*DID*)。本文以制造业与互联网融合发展试点项目作为制造业企业互联网融合的政策代理变量,整理入选该项目的试点企业名单,将其作为处理组样本,赋值为 1,将未入选该项目的企业作为对照组样本,赋值为 0。将入选试点企业当年及以后年份的政策时点虚拟变量赋值为 1,入选年份之前年份的该变量赋值为 0。政策代理变量和政策时点虚拟变量的交互项即为本文的核心解释变量。入选制造业与互联网融合发展试点项目的实验组样本为 549 个。

3. 控制变量

根据已有研究^[6,29],企业基本特征、治理特征以及经营情况可能会影响企业绿色全要素生产率,因此本文选取以下控制变量:(1)企业年龄(*lnage*),用企业当年年份减去成立年份加 1 后的自然对数值表示;(2)企业盈利水平(*roa*),用净利润与总资产余额的比值表示;(3)企业成长性(*growth*),用企业当年营业收入增长额与上一年营业总收入的比值表示;(4)资本密集度(*lncap*),用企业固定资产净值与员工人数之比的自然对数值表示;(5)股权集中度(*top1*),用企业第一大股东持股比例衡量;(6)两职合一(*dual*),用董事长与总经理是否为同一人表示;(7)企业业绩(*roe*),用净利润与股东权益余额的比值表示;(8)研发人员投入(*rdpr*),用研发人员数量占员工总人数的比例表示。

(四) 变量描述性统计

描述性统计结果如表 2 所示,企业绿色全要素生产率均值和标准差分别为 1.267 2 和 2.189 6,说明不同企业的绿色全要素生产率水平存在一定差距;制造业企业互联网融合政策虚拟变量(*DID*)的均值为 0.023 3。控制变量的描述性统计结果与预期基本一致,表明本文的样本选择具有良好的代表性。

表 2 变量描述性统计结果

变量类型	变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>gtfp</i>	23 527	1.267 2	2.189 6	0.000 0	16.502 1
解释变量	<i>DID</i>	23 527	0.023 3	0.151 0	0	1
控制变量	<i>age</i>	23 527	19.753 7	6.169 9	3	68
	<i>roa</i>	23 527	0.037 1	0.064 5	-0.276 3	0.208 2
	<i>growth</i>	23 527	0.139 6	0.350 6	-0.606 8	2.379 5
	<i>cap</i>	23 527	5.02×10 ⁵	5.67×10 ⁵	125.827 1	1.22×10 ⁷
	<i>top1</i>	23 527	32.511 7	13.851 7	8.510 0	70.330 0
	<i>dual</i>	23 527	0.326 3	0.468 9	0	1
	<i>roe</i>	23 527	0.049 5	0.144 6	-0.871 6	0.336 8
	<i>rdpr</i>	23 527	15.828 3	10.024 2	0.756 4	56.985 0

五、实证结果与分析

(一) 基准回归

制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的回归结果如表 3 所示。列(1)是模型中只包括解释变量和控制变量的回归结果,列(2)是进一步控制行业固定效应和年份固定效应的回归结果,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数均显著为正,这表明制造业企业互联网融合能够促进企业绿色全要素生产率的提升。列(2)的回归结果显示,在其他条件不变的情况下,相较于未入选制造业与互联网融合发展试点示范项目的企业,入选制造业与互联网融合发展试点示范项目的企业的绿色全要素生产率提高了

118.34%,假设1得到验证。

(二) 平行趋势假设评估

在制造业与互联网融合发展政策实施之前,实验组和对照组因企业的经济实力、技术研发和数字化水平等因素影响,可能在绿色全要素生产率水平上存在差异,因此需要进行平行趋势假设评估。由于政策实施前或后的两端观测值较少,为了避免有偏估计,本文将政策实施前第7年和第8年合并为政策实施前第7期,将政策实施后第6年和第7年合并为政策实施后第6期,选定试点政策前的年份分别设为对应的事前年份,比如事前7年即为-7,改革当年为0,试点后的各年份则依次标记为事后1到6年。本文以政策实施前一年作为基准期。图1显示:在试点项目实施当年之前,制造业与互联网融合发展试点企业与非试点企业在绿色全要素生产率水平上没有系统性与趋势性的差异;试点企业在制造业与互联网融合发展项目实施后,政策效应开始显现,并且之后整体趋势向上,这说明制造业与互联网融合发展政策效应有随着时间增强的趋势。

表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>DID</i>	1.138 3*** (12.364 8)	1.183 4*** (3.417 9)
<i>lnage</i>	0.908 8*** (20.959 8)	1.089 0*** (9.825 8)
<i>roa</i>	-4.310 5*** (-9.124 0)	-3.822 8*** (-4.414 2)
<i>growth</i>	0.686 6*** (16.679 8)	0.669 7*** (9.433 9)
<i>lncap</i>	0.212 6*** (12.717 9)	0.208 0*** (4.004 3)
<i>top1</i>	0.000 2 (0.176 3)	0.000 4 (0.129 3)
<i>dual</i>	-0.353 6*** (-11.883 0)	-0.315 5*** (-4.932 3)
<i>roe</i>	2.243 1*** (10.690 5)	2.090 1*** (6.213 8)
<i>rdpr</i>	-0.004 2*** (-2.932 3)	-0.004 4 (-0.873 8)
常数项	-4.005 0*** (-16.065 2)	-4.498 3*** (-5.568 3)
年份固定效应	未控制	控制
行业固定效应	未控制	控制
样本量	23 527	23 527
<i>R</i> ²	0.061 6	0.087 6

注:***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。括号内为*t*值。后表同。

(三) 稳健性检验

1. 安慰剂检验

为了排除其他不可观测因素的影响,本文使用安慰剂检验方法对估计结果进行验证,通过计算机随机抽取生成与实际情况不符的伪政策变量,并将其代替真实政策变量,若制造业与互联网融合发展政策的有效性显著且无偏,则伪政策虚拟变量应不显著。通过重复实验,绘制估计系数和显著性的核密度分布图,结果如图2所示,大部分伪政策虚拟变量估计系数基本分布在0值附近,并且大部分*P*值在临界值0.1以上,同时实际估计系数1.183 4也独立于模拟估计系数分布之外,表明制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的政策效应并不存在严重的遗漏变量,核心结论仍然稳健。

2. 倾向得分匹配(PSM)检验

考虑到制造业与互联网融合发展试点企业的选择并非完全随机,可能存在自选择偏差,本文采用倾向得分匹配法对样本进行偏误纠正。具体地,本文以控制变量作为匹配变量,控制行业固定效应和年份固定效应,运用评定(Logit)模型进行最近邻匹配(1:2)和核匹配。根据表4回归结果可知,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数显著性未发生改变,本文基准结论稳健。

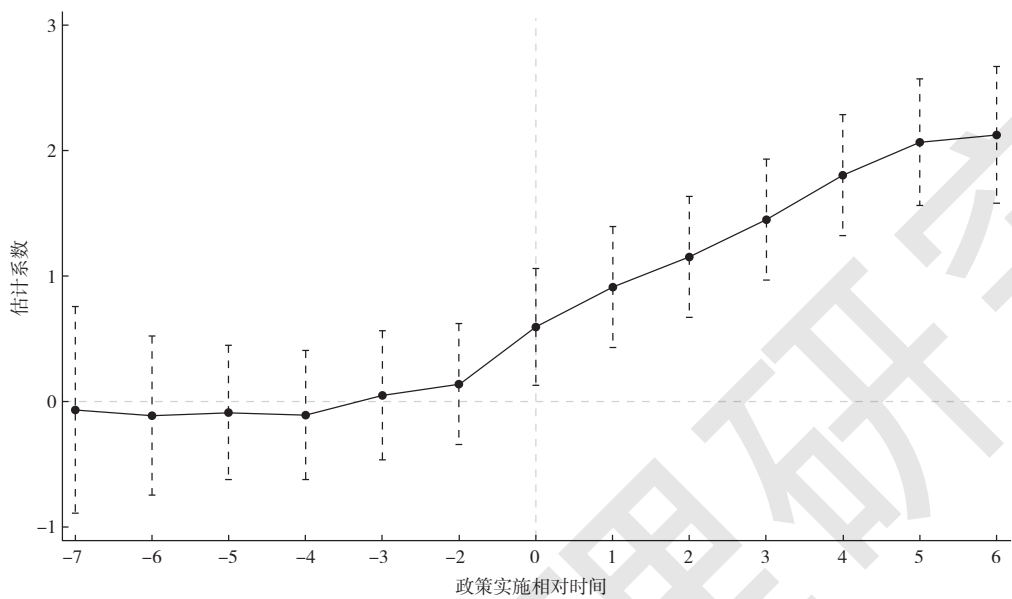


图 1 平行趋势假设评估结果

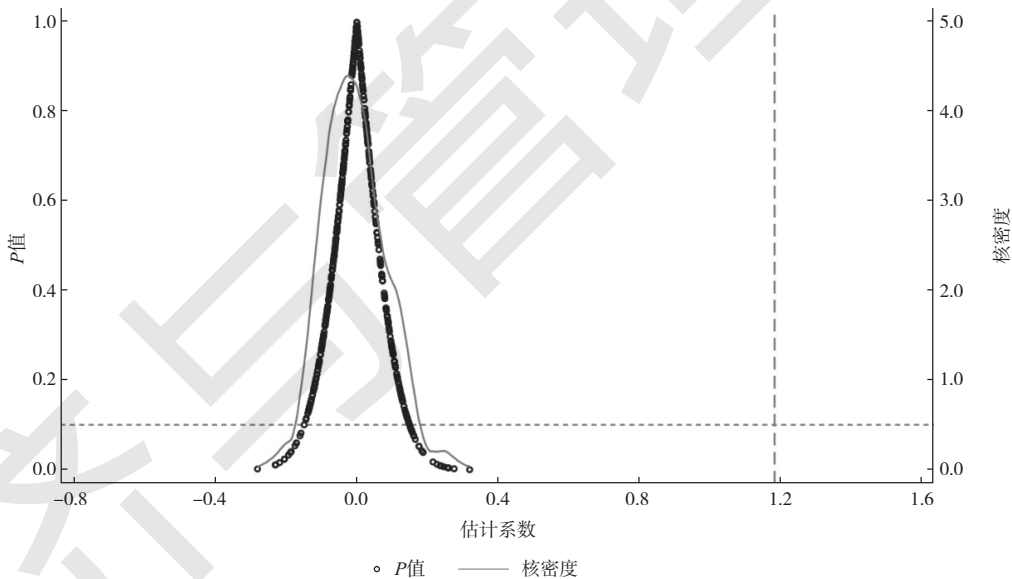


图 2 安慰剂检验结果

表 4 倾向得分匹配检验回归结果

变量	最近邻匹配法	核匹配法
<i>DID</i>	0.941 4*** (7.343 5)	1.176 0*** (12.813 9)
常数项	-6.998 5*** (-6.618 1)	-3.988 6*** (-13.162 1)
控制变量	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
行业固定效应	控制	控制
样本量	2 767	23 419
<i>R</i> ²	0.166 1	0.089 1

3. 异质性处理效应检验

多时点双重差分模型可能存在异质性处理效应,产生“坏处理组”或负权重等偏差。为缓解这一问题,首先,本文进行负权重检验,结果发现,在 549 个权重因子中,正权重 521 个,负权重 28 个,说明双向固定效应(TWFE)模型估计不存在较大偏误;其次,参考已有研究^[30],进行两阶段双

重差分法检验,其原理是使用未处理样本,识别行业固定效应、年份固定效应和控制变量的影响,并在第二阶段予以剔除后,对处理变量进行回归,以避免处理效应污染固定效应估计。回归结果(限于篇幅,具体结果略)显示,估计系数为 1.196 5,在 1%水平下显著。图 3 显示,政策实施前处理效应不显著,政策实施后平均处理效应系数逐渐增加,并且在政策实施当年处理效应开始显著,随后显著性水平逐渐增强,说明研究结论依然稳健。

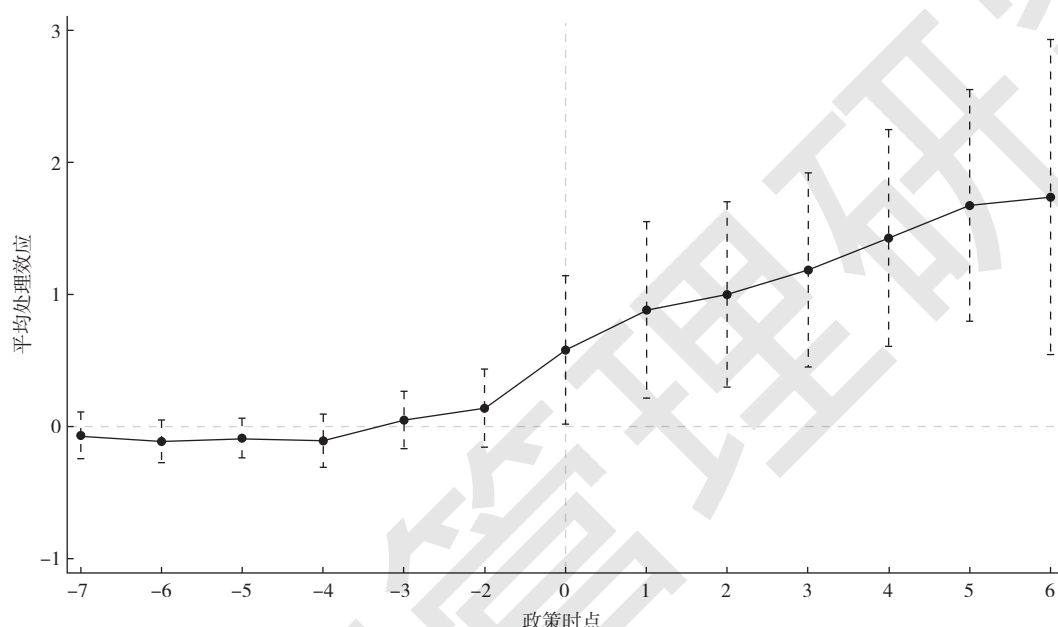


图 3 异质性处理效应结果

4. 控制前定变量的影响

鉴于制造业与互联网融合试点选取可能并非随机,本文通过控制前定变量与时间趋势的交互项,缓解试点企业选择内生性带来的估计偏误。考虑到政策试点企业选拔标准可能与企业经济实力、研发水平以及数字化程度有关,本文选取企业盈利水平、研发人员数量占比以及数字化应用评分作为前定变量,分别与线性时间趋势交互纳入回归模型。回归结果(限于篇幅,具体结果略)显示,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数为 0.609 4,在 5%水平下显著,在考虑上述因素后,制造业企业互联网融合仍然促进企业绿色全要素生产率的提升。

5. 改变样本范围

与其他省份相比,直辖市可能拥有较好的资源禀赋和政策条件,它们的制造业企业互联网融合表现可能更为突出,这会影响研究结论的稳健性。为此,本文将北京、天津、上海和重庆四个直辖市样本予以剔除,重新估计制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响。表 5 第一列回归结果显示,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数为正,且通过了 1%水平的显著性检验,研究结论依然稳健。

6. 排除其他政策干扰

低碳城市试点政策^[31]和环境保护税^[32]会影响样本期间企业绿色全要素生产率水平。为排除这些政策对研究结论的影响,本文将低碳城市试点政策和环境保护税政策作为主要干扰政策变量,分别构建对应的虚拟变量,纳入基准回归模型。首先,低碳城市试点政策虚拟变量设定如下:若企业所在城市纳入该政策试点,当年及以后年份赋值为 1,否则为 0。其次,环境保护税的虚拟变量以 2018 年《中华人民共和国环境保护税法》实施后大气污染物征收标准是否较排污费制度时提高为依据,将样本划分为实验组和对照组^[32]。表 5 第二列回归结果显示,排除上述政策干扰之后,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数显著为

正,研究结论依然稳健。

表 5 剔除直辖市和排除其他政策干扰的稳健性检验

	剔除直辖市	排除其他政策干扰
<i>DID</i>	1. 157 9 *** (3. 133 0)	1. 131 1 *** (3. 284 8)
常数项	-4. 436 5 *** (-4. 891 4)	-4. 370 2 *** (-5. 383 9)
控制变量	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
行业固定效应	控制	控制
低碳城市试点政策		控制
环境保护税政策		控制
样本量	20 153	23 527
<i>R</i> ²	0. 085 0	0. 090 6

的回归系数为 0. 335 3,在 1%水平下显著,表明制造业企业互联网融合有助于实现数据互通和知识共享,让企业获得更多绿色创新资源,强化绿色技术创新^[34],降低企业生产成本和减少污染排放,从而促进企业绿色全要素生产率的提高,假设 2 得到验证。

2. 企业资源利用能力机制

本文参考已有研究^[29,35],采用资源冗余衡量企业资源利用情况,企业资源冗余数值越小,表明企业资源利用效率越高,企业资源冗余采用流动资产与流动负债的比值进行测量。表 6 第二列回归结果显示,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的回归系数在 1%水平下显著为负,表明制造业企业互联网融合实现企业资源高效配置和有机重组,优化企业资源冗余,提高企业资源利用能力,帮助企业实现集约化生产和精益管理,优化企业要素投入和加快企业绿色转型,推动企业经济和环境效益协同发展,从而提升企业绿色全要素生产率^[35]。

表 6 机制检验回归结果

变量	企业技术创新	企业资源冗余
<i>DID</i>	0. 335 3 *** (9. 816 6)	-0. 601 8 *** (-6. 690 8)
常数项	0. 058 4 (0. 538 3)	6. 275 5 *** (21. 978 1)
控制变量	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
行业固定效应	控制	控制
样本量	23 527	23 527
<i>R</i> ²	0. 114 8	0. 188 8

(五) 机制检验

为进一步探讨制造业企业互联网融合通过何种机制提高企业绿色全要素生产率,本文设定模型(2)进行机制检验。其中 M_{it} 表示机制变量,分别代表企业绿色技术创新和企业资源冗余,其他符号定义与模型(1)一致。

$$M_{it} = \alpha + \rho DID_{it} + X'_{it} \beta + \lambda_j + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

1. 企业技术创新能力机制

本文借鉴徐佳和崔静波^[33]的研究,采用绿色发明专利申请数与绿色实用新型专利申请数之和加 1 后取自然对数衡量企业技术创新水平。表 6 第一列回归结果显示,制造业企业互联网融合政策虚拟变量的

(六) 异质性分析

1. 企业性质

制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响可能因企业性质不同而产生差异,相比于国有企业,非国有企业利用数字技术实现绿色综合效益的动机更强^[36]。为此,本文引入企业性质虚拟变量,将实际控制人中有行政机构、事业单位、中央机构、地方机构以及国有企业的企业认定为国有企业,否则为非国有企业。表 7 前两列回归结果显示,制造业企业互联网融合仅对非国有企业绿色全要素生产率的提升具有明显的促进作用。

原因在于,国有企业承担更多的社会责任和政策任务,更注重多元化、长期性的绿色可持续发展路径;而非国有企业在面临激烈的市场竞争情况下,更依赖技术革新以提高企业生产效益,对制造业与互联网融合发展政策表现出更高的积极性。因此,相比于国有企业,非国有企业的制造业企业互联网融合对其绿色全要素生产率的促进作用更为明显。

2. 行业污染程度

为考察行业属性的异质性,本文根据生态环境部发布的《上市公司环保核查行业分类管理名录》和《上市公司环境信息披露指南》确定制造业中的重污染行业^[37],将属于重污染行业的企业划分为重污染企业,其余为非重污染企业。表7中间两列回归结果显示,制造业企业互联网融合仅对非重污染行业的企业绿色全要素生产率具有明显的促进作用。这是因为重污染行业的企业体量较大,生产流程更为精细复杂,而且机器设备专用性强,短时间内难以更新,采用绿色技术的成本较高^[38]。因此,重污染行业的企业绿色转型挑战更大,即使利用互联网技术促进了信息互联,在一定程度上实现了节能减排,但是对企业绿色全要素生产率的提高作用还相对有限。而对于非重污染行业企业而言,其绿色发展较易推进,绿色转型效率更高,因此制造业企业互联网融合对企业的绿色全要素生产率的促进作用在非重污染行业更为明显。

3. 地区经济带

制造业与互联网融合政策的实施受到地区发展程度的制约。本文根据国家统计局公布的经济地带划分标准(2000年),将样本分成东部、中部和西部三个组别进行分析。表7后三列回归结果显示,制造业企业互联网融合对绿色全要素生产率的提升作用在东部地区和西部地区均明显,而在中部地区不明显。可能的原因在于,东部地区制造业企业互联网融合程度较高,已经与人才、资本和数据等要素形成强协同互补效应,能够提升绿色全要素生产率;对于西部地区而言,制造业与互联网融合政策有助于缓解信息不通、管理粗放等根本痛点,是实现绿色高质量发展的重要机遇,因而能够提升企业绿色全要素生产率;而中部地区制造业与互联网融合发展政策虽也有实施,但是还未与其他生产要素形成有效的协同效应,中部地区主要凭借交通枢纽位置和产业承接优势,持续改善产业发展基础、提高区域创新能力和对外开放水平,进而促进绿色全要素生产率的提升^[39]。因此,相比东、西部地区,中部地区制造业企业互联网融合对绿色全要素生产率的促进效应不明显。

表7 异质性分析回归结果

变量	企业性质		行业污染程度		地区经济带		
	国有	非国有	重污染行业	非重污染行业	东部	中部	西部
<i>Did</i>	0.662 8 (1.280 4)	1.354 3*** (2.722 1)	1.564 9 (1.387 9)	1.126 9*** (3.162 8)	1.132 9*** (2.700 8)	0.292 3 (0.622 1)	2.623 1** (2.466 0)
常数项	-4.375 5** (-2.409 5)	-2.875 6*** (-3.403 9)	-7.714 0*** (-4.465 3)	-3.178 6*** (-3.624 4)	-3.776 2*** (-4.124 3)	-2.877 5 (-1.587 8)	-9.873 5*** (-3.375 7)
控制变量	控制	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	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	6 090	16 876	6 409	17 118	16 871	3 880	2 772
<i>R</i> ²	0.129 9	0.082 4	0.113 3	0.078 7	0.079 2	0.116 2	0.170 0

六、结论与建议

本文基于2012—2024年沪深A股制造业上市公司样本数据,以制造业和互联网融合发展试点项目作为准自然实验,探讨制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的影响及作用机制。研究结果显示,制造业企业互联网融合能够有效提升企业绿色全要素生产率,提高企业生产效率的同时减少对环境的污染,实现绿色发展。这一研究结论经过一系列稳健性检验后依然成立。机制分析表明,制造业企业互联网融合主要通过提高企业技术创新能力和企业资源利用能力两条途径,促进企业绿色全要素生产率的提升。一方面,制造业企业互联网融合通过提升企业技术创新能力,促进绿色全要素生产率的提高;另一方面,制造业企业互联网融合可以精准识别和整合资源,提高企业资源利用能力,从而促进企业绿色全要素生产率的提升。异质性分析表明,制造业企业互联网融合对企业绿色全要素生产率的促进作用在非国有企业、非重污染行业以及东、西部地区表现更为明显。

基于上述研究结论,本文提出以下政策建议:

首先,持续加强制造业与互联网深度融合发展。政府应该持续推动制造业与互联网深度融合,充分发挥互联网平台的开放式协同创新优势,让制造业企业和同行业公司、上下游合作伙伴能够搭建跨组织、跨行业的知识共享网络,实现不同组织之间研发数据和工艺经验的共享利用。同时鼓励制造业企业借助互联网技术,提高资源利用率,降低污染排放,以充分释放互联网技术在制造业领域提质增效和绿色环保的积极作用,助力制造业绿色高质量发展。

其次,注重制造业企业技术创新能力和企业资源利用能力的提升,为企业绿色全要素生产率的有效提升提供机制保障。一方面,政府应积极引导企业开展跨组织创新合作,为有意依托互联网平台和技术实现绿色转型升级的制造业企业提供更为灵活的研发经费支持,鼓励符合条件的制造业企业通过多元化渠道缓解资金压力,加快企业技术创新能力的提升;另一方面,企业可以借助互联网智能平台,提升生产流程的数字化监管水平,形成资源利用的自我优化机制。

最后,应该针对不同性质、类型及地区的企业,实施差异化和精准化的发展策略^[40]。制造业与互联网融合发展政策的落地措施可以向非国有企业、非重污染企业以及东、西部地区企业倾斜,该政策对于这些企业的绿色可持续发展具有显著的促进作用。此外,政府还应该鼓励不同企业根据自身资源条件,因地制宜地提升技术创新和能源利用效率,为企业绿色转型升级提供源源不断的动力。

参考文献:

- [1] Di K X, Xu R H, Liu Z K, et al. How do enterprises' green collaborative innovation network locations affect their green total factor productivity?: Empirical analysis based on social network analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2024, 438: 140766.
- [2] 张军涛,朱悦. 制造业转型升级差异化路径与绿色全要素生产率:基于调节效应和空间效应视角[J]. 商业研究, 2023(2): 9-18.
- [3] 操小娟,张诗嘉. 政府数字治理与绿色全要素生产率提升:来自“互联网+政务服务”试点政策的证据[J]. 上海经济研究, 2024(12): 42-56.
- [4] 余硕,王巧,张阿城. 技术创新、产业结构与城市绿色全要素生产率:基于国家低碳城市试点的影响渠道检验[J]. 经济与管理研究, 2020, 41(8): 44-61.
- [5] 邹静,王强,鄢慧丽,等. 数字经济如何影响绿色全要素生产率?:来自中国地级市的证据[J]. 软科学, 2024, 38(3): 44-52.
- [6] 吴婧乙,赵红卫. 数字技术创新对企业绿色全要素生产率的影响:来自企业数字专利的证据[J/OL]. 商业研究, 2026-03-13. <https://doi.org/10.13902/j.cnki.syyj.20260312.001>.

- [7] 杨丹辉,张兴. 智能制造对企业绿色全要素生产率的影响:基于智能制造试点示范的准自然实验[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2025,25(6):73-89.
- [8] 黄晶,张乐,明洋. 企业数字化转型与绿色全要素生产率:技术创新的偏向性视角研究[J]. 南京财经大学学报,2025(4):89-99.
- [9] 张质彬,张涵,熊爱华. 绿色金融对企业全要素生产率的影响机制研究[J]. 科研管理,2025,46(8):135-144.
- [10] 潘毛毛,赵玉林. 互联网融合、人力资本结构与制造业全要素生产率[J]. 科学学研究,2020,38(12):2171-2182.
- [11] 任保平. 工业互联网发展的本质与态势分析[J]. 人民论坛,2021(18):88-91.
- [12] 熊礼慧,彭琪,方嘉奇,等. 工业互联网平台、数实融合与企业新质生产力[J]. 现代金融研究,2025,30(12):85-98.
- [13] 李芳,魏明振. 工业互联网平台赋能离散制造业数字化转型的机制研究:基于海尔 COSMOPlat 的案例研究[J]. 齐鲁学刊,2025(6):128-142.
- [14] 杨晓辉,游达明. 考虑消费者环保意识与政府补贴的企业绿色技术创新决策研究[J]. 中国管理科学,2022,30(9):263-274.
- [15] 钞小静,周文慧,刘亚颖. 工业互联网与制造业企业全要素生产率[J]. 经济管理,2024,46(7):5-19.
- [16] Lyu Y W, Xiao X, Zhang J N. Does the digital economy enhance green total factor productivity in China?: The evidence from a national big data comprehensive pilot zone[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2024,69:183-196.
- [17] 王竞达,曹畅,曹碧茹. 制造业企业工业互联网建设赋能绿色创新的效果与机制研究[J]. 商业经济与管理,2025(6):81-97.
- [18] Yu F F, Chen J Q. The impact of industrial Internet platform on green innovation: evidence from a quasi-natural experiment[J]. Journal of Cleaner Production, 2023,414:137645.
- [19] Hui L L, Xie H B, Chen X F. Digital technology, the industrial Internet, and cost stickiness[J]. China Journal of Accounting Research, 2024,17(1):100339.
- [20] 吕文晶,陈劲,刘进. 工业互联网的智能制造模式与企业平台建设:基于海尔集团的案例研究[J]. 中国软科学,2019(7):1-13.
- [21] Li M J, Du W J. Can Internet development improve the energy efficiency of firms: empirical evidence from China[J]. Energy, 2021,237:121590.
- [22] 戴魁早,杨开开,黄姿. 两业融合、技术溢出与企业创新绩效[J]. 当代经济科学,2023,45(3):29-43.
- [23] Barbieri N, Marzucchi A, Rizzo U. Green technologies, interdependencies, and policy[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2023,118:102791.
- [24] Zuo Y, Tao F, Nee A Y C. An Internet of things and cloud-based approach for energy consumption evaluation and analysis for a product[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2018,31(4/5):337-348.
- [25] 洪荭,陈晓芳,胡华夏,等. 产业政策与企业成本粘性:基于资源配置视角[J]. 会计研究,2021(1):112-131.
- [26] 丁秀好,武素明. 数字技术应用对企业绿色创新的影响机制研究:资源编排能力与组织警觉性的作用[J/OL]. 科技进步与对策,2026-05-29. <https://link.cnki.net/urlid/42.1224.G3.20260528.1634.002>.
- [27] 李源,赵阳,秦帅. 董事高管责任保险与绿色全要素生产率[J]. 当代财经,2023(6):145-156.
- [28] 白重恩,钱震杰,武康平. 中国工业部门要素分配份额决定因素研究[J]. 经济研究,2008(8):16-28.
- [29] 王雄元,吴诗雨,彭旋. 专利有效性竞争失败压力与企业技术方向调整策略[J]. 管理世界,2026,42(3):228-251.
- [30] Gardner J. Two-stage differences in differences[PP/OL]. arXiv(2022-07-13)[2026-03-24]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.05943>.
- [31] 陶惟,梅煜臻,张峻峰. 低碳城市试点政策提升了长江经济带城市绿色全要素生产率吗?[J]. 长江流域资源与环境,2025,34(12):2673-2685.
- [32] 吴静,仲深,周志承. 环境保护税和城市绿色全要素生产率关系的实证研究:来自中国 280 个城市的证据[J]. 税务研究,2025(12):81-88.
- [33] 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.
- [34] 付晨玉,杨艳琳. 数字赋能与制造业企业绿色转型:基于“宽带中国”示范城市政策的分析[J]. 经济与管理研究,2025,46(3):94-111.
- [35] 刘玉斌,王丹婵. 数字化对制造业企业绿色转型的影响机制研究[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版),2023,46(6):138-148.
- [36] 祁怀锦,曹修琴,刘艳霞. 数字经济对公司治理的影响:基于信息不对称和管理者非理性行为视角[J]. 改革,2020(4):50-64.
- [37] 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.
- [38] 张嘉实,史艳丽,袁礼. 国家信用管理体系建设能否驱动企业 ESG 绩效提升?:来自中国 A 股上市公司的证据[J]. 经济问题,2025(10):73-83.
- [39] 李小玉,李华旭. 新质生产力赋能中部地区在更高起点上崛起的机理与路径研究[J]. 企业经济,2025,44(4):108-118.
- [40] 田新豹,王欣然. 数字基础设施对要素市场配置的影响研究[J]. 首都经济贸易大学学报,2026,28(3):58-70.

Impact of the Integration of Manufacturing Firms and the Internet on Firms' Green Total Factor Productivity

CUI Yu, HUANG Shasha, ZHOU Li
(Minzu University of China, Beijing 100081)

Abstract: The manufacturing industry plays an irreplaceable supporting role in the modern economic system. While manufacturing firms drive economic growth, their extensive development model also leads to environmental crises. Therefore, how to achieve green and high-quality development of manufacturing firms has become a pressing issue that requires urgent attention. Green total factor productivity (GTFP) is a key indicator for measuring the green and high-quality development of manufacturing firms. It not only emphasizes production efficiency but also considers firms' resource utilization and environmental protection, thereby balancing economic development and ecological benefits.

To accelerate the improvement of quality and efficiency in the manufacturing industry, policies and measures related to the integration of manufacturing firms and the Internet have been continuously introduced and implemented. Existing studies have discussed the advantages of digital technology in reducing information costs or improving the efficiency of individual production links, and have preliminarily examined the economic performance of firms brought by the integration of manufacturing firms and the Internet, or the impact of such integration on a certain aspect of firms' green development. However, insufficient attention has been paid to the deep-seated changes in organizational structure, management mode, and business paradigm triggered by such integration, as well as the impact of these changes on the comprehensive economic and environmental benefits of firms. Therefore, whether and how the integration of manufacturing firms and the Internet can improve firms' GTFP is worth further discussion.

Based on the panel data from Chinese A-share listed manufacturing firms from 2012 to 2024, this paper takes the pilot projects of the integration of manufacturing firms and the Internet as a quasi-natural experiment to explore the direct impact and underlying mechanisms, employing the difference-in-differences (DID) method. The findings reveal that such integration can enhance firms' GTFP. Mechanism analysis indicates that the enhancing effect operates by improving firms' technological innovation and resource utilization capabilities. Heterogeneity analysis shows that this enhancement is more pronounced among non-state-owned enterprises, firms in non-heavily polluting industries, and those located in the eastern and western regions.

Based on the above research conclusions, this paper proposes the following policy recommendations: continuing to strengthen the deep integration of manufacturing and the Internet; focusing on enhancing manufacturing firms' technological innovation and resource utilization capabilities to provide institutional guarantees for the effective improvement of GTFP; and implementing tailored strategies for firms of varying ownership types, characteristics, and regional locations.

Keywords: manufacturing firm; Internet integration; firms' green total factor productivity; technological innovation; resource utilization

编校:周 斌