

实数融合对企业绿色竞争力的影响研究

林 涵, 彭若弘

北京邮电大学经济管理学院, 北京

收稿日期: 2026年7月5日; 录用日期: 2026年7月16日; 发布日期: 2026年8月10日

摘 要

实体经济与数字经济的深度融合是新时代经济高质量发展的核心驱动力, 也是企业破解绿色发展困境、重塑绿色竞争优势的重要路径。本文以2015~2024年中国A股上市公司为研究样本, 研究发现, 实数融合能够显著提升企业绿色竞争力水平; 资源利用水平和绿色创新效率在实数融合赋能企业绿色竞争力中发挥了正向中介作用; 异质性分析发现, 实数融合对绿色竞争力的提升效应在国有企业和重污染行业中更为明显, 为企业制定数字化与绿色化协同发展战略、为政府完善实数融合与数绿融合政策体系提供了理论支撑与决策参考。

关键词

实数融合, 企业绿色竞争力, 资源利用水平, 绿色创新效率

A Study on the Impact of Real-Digital Integration on Corporate Green Competitiveness

Han Lin, Ruohong Peng

School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing

Received: July 5, 2026; accepted: July 16, 2026; published: August 10, 2026

Abstract

The deep integration of the real economy and the digital economy serves as a core driving force for high-quality economic development in the new era, and represents a critical pathway for enterprises to overcome green development dilemmas and reshape their green competitive advantages. Utilizing a sample of Chinese A-share listed companies from 2015 to 2024, this study empirically examines the impact of real-digital integration on corporate green competitiveness. The findings reveal that real-digital integration significantly enhances corporate green competitiveness. Furthermore, resource

utilization efficiency and green innovation efficiency act as positive mediating channels through which real-digital integration empowers corporate green competitiveness. Heterogeneity analysis indicates that the promotional effect of real-digital integration on green competitiveness is more pronounced in state-owned enterprises and heavily polluting industries. This study provides theoretical support and practical guidance for enterprises in formulating synergistic strategies for digitalization and green transformation, and for governments in refining policy frameworks that facilitate both real-digital integration and green-digital synergy.

Keywords

Real-Digital Integration, Corporate Green Competitiveness, Resource Utilization Efficiency, Green Innovation Efficiency

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

实体经济是国民经济发展的基石,而数字经济正成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构的关键力量[1]。在此背景下,实体经济与数字经济的深度融合(以下简称“实数融合”)已成为推动经济高质量发展的核心引擎。在战略层面,数字化转型将与企业的总体战略、主营业务增长深度绑定;在运营层面,数字技术将全方位入侵从研发、生产、营销到服务的价值链活动[2]。在产品与商业模式层面,实现产品即服务,制造业企业服务化水平不断提高,企业积累的行业数据会带来新的资产和产品以及全新的利润增长点;在竞争力层面,实数融合能帮助企业实现提质、降本、增效,并赋予企业能快速响应市场需求和能在冲击下快速调整和恢复的企业韧性[3]。实数融合正从根本上重塑着企业的价值创造模式与核心竞争力内核[4]。

作为实体经济根基的制造业及其他传统产业,在实数融合这一转型进程中,实现提质、增效与韧性的同时,也在不断践行绿色发展理念,提升绿色竞争力。企业绿色竞争力是环境、资源、企业竞争力的三位一体。在原有企业竞争力的基础上,加入了“绿色”这一概念,强调以环境保护为基底,进而实现污染减少、资源节约和效能提升[5]。实数融合为企业破解绿色发展难题提供了全新的解决路径与方案。数字技术的深度应用有望打破企业长期以来在绿色转型中面临的信息不对称、资源错配及创新效率低下的困境[6]。基于此,本文以2015~2024年中国A股上市公司为样本,深入探究实数融合对企业绿色竞争力的影响效应及其作用机制,以期在理论上丰富实数融合与绿色发展的交叉研究,在实践上为企业制定数智化与绿色化协同战略提供决策参考。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 实数融合与企业绿色竞争力

实数融合作为实体经济在数字技术赋能下的系统性变革,在重塑企业价值创造模式的同时,也通过多种路径为其绿色竞争力的培育与提升提供了全新动能。

首先,从企业资源与能力视角来看,资源基础理论为理解企业如何构建绿色竞争力提供了重要的分析工具[7]。实数融合重构了企业的资源禀赋与能力体系,为绿色竞争力奠定了新的基础。受限于高成本、高技术门槛和模糊的环境效益核算,传统企业的绿色转型进程中存在种种阻碍,而实数融合这一行为可

以打破上述瓶颈, 为绿色竞争力奠定了全新基础。在资源方面, 通过将数据这一新型生产要素系统性嵌入企业运营全流程; 在能力方面, 数据要素的注入催生数据的实时流动与汇聚, 使得企业能够对所处环境和业务活动进行全新认知和把握[8]。

其次, 从企业价值链与运营流程来看, 价值链理论深刻体现在实数融合的过程中[9], 实数融合在价值链的每一个环节带来绿色化与数字化协同, 从而实现企业绿色竞争力的跃升。在基本活动中, 内部物流与采购环节, 智能仓储系统可进行实时数据调度降低资源浪费。生产作业环节构建起贯穿产品全生命周期的绿色运行框架, 从根源上降低碳排放[10]。外部物流与交付环节可优化运输路线, 减少无用功。市场与销售环节则可以将绿色信息传递给消费者, 从而将绿色溢价转化为实际的购买行为。服务环节可将绿色配套服务传递至完整的产品生命周期[11]。支持性活动中也不乏绿色赋能技术研发、人力素质培养提升、企业基础设施更新等, 不断推动企业绿色竞争力从单点突破走向体系化构建, 重塑企业在绿色发展时代下的可持续优势。

再者, 从企业创新驱动的内在逻辑来看, 实数融合更是企业绿色创新体系重构的关键驱动力, 实数融合推动企业的绿色增长模式从传统的资源替代和成本控制, 转向以价值共创和生态赋能为核心的新范式。在新范式下, “大智移云物区”等新技术捕捉到更多与绿色价值相关的数据, 通过采集与处理、整合与重构将其转化为可视、可信、可交易的“绿色数字资产”[12]。在此基础上, 实数融合将进一步催生新的绿色商业模式与数据价值网络。企业能够利用上述“绿色数字资产”, 进行新产品和新服务的设计与迭代, 并将客户纳入价值创造闭环, 共同分享绿色收益[13]。

综合以上分析, 本文提出:

假设 H1: 实数融合显著提高企业绿色竞争力的水平。

2.2. 实数融合、资源利用水平与企业绿色竞争力

实数融合通过数据要素的深度嵌入与数字技术的广泛应用, 显著提升了企业对各类资源的识别、配置与利用效率, 从而为企业绿色竞争力的构建提供了关键支撑。

物联网、大数据等技术的应用, 使企业能够对能源、原材料、排放物等关键资源实现实时监测与精准计量, 从而为企业实施精细化的资源管理奠定了数据基础[14]; 依托于数据驱动的智能决策系统, 企业能够在生产运营过程中动态调整资源投入与使用路径[15]; 此外, 实数融合还促进了企业内外部资源循环体系的构建, 可追踪副产物或废弃物的流向, 识别其再利用潜力, 并将其重新纳入生产闭环, 增强资源闭环管理能力[16]。

综上, 实数融合通过提升资源识别精度、优化配置过程、强化循环利用等路径, 系统性提高了企业的资源利用水平。而资源利用水平的提升, 直接对应着企业运营过程中能耗与排放的降低、环境成本的节约, 进而增强其在绿色绩效方面的表现。因此, 资源利用水平在实数融合影响企业绿色竞争力的过程中, 扮演了重要的中介传导角色。根据上述理论, 本文提出:

假设 H2: 实数融合通过提高资源利用水平来提高企业绿色竞争力水平。

2.3. 实数融合、绿色创新效率与企业绿色竞争力

基于创新驱动视角, 实数融合通过重构企业绿色创新的流程与模式, 显著提升了绿色创新效率[17], 进而对企业绿色竞争力的形成与强化产生关键作用。

实数融合优化了绿色创新的资源配置与决策过程。首先, 在实数融合环境下, 企业可依托大数据分析 with 人工智能技术, 实时捕捉市场绿色需求动态、政策导向及技术演进趋势, 降低了研发活动的不确定性[18], 也使得有限的创新资源能够更聚焦于具有高环境效益与市场潜力的领域, 从而提升了创新投入的边际产出。其次, 实数融合促进了绿色知识在组织内外的流动与整合。借助云计算、协同设计平台等数

字工具, 企业能够打破部门壁垒, 实现研发、生产、营销等多环节的实时数据共享与协同作业, 加速绿色技术从概念生成到产品落地的转化进程。这种内外部知识的深度融合, 不仅缩短了创新周期, 也增强了企业应对复杂绿色技术挑战的系统性能力[19]。最后, 实数融合催生了绿色创新成果的快速迭代与商业化应用, 基于用户使用数据的反馈闭环, 使企业能够及时调整绿色产品设计和模式, 实现创新成果的敏捷迭代与市场精准对接, 从而更快地将绿色技术优势转化为可持续的市场竞争优势。根据上述理论, 本文提出:

假设 H3: 实数融合通过提高绿色创新效率来提高企业绿色竞争力水平。

3. 研究设计

3.1. 样本选取与数据来源

本文将选取 2015~2024 年 A 股上市公司 10 年间的公开财报数据作为初始研究样本, 并对该数据进行了异常剔除和缩尾处理。原始数据均来自国泰安数据库(CSMAR)、中国研究数据服务平台(CNRDS)、专利数据库等公开数据平台。最终共获取有效样本数据 19,637 条。

3.2. 变量定义

3.2.1. 被解释变量

Table 1. Fundamental variables for Green_Comp metrics of enterprises

表 1. 企业绿色竞争力综合指标基础变量

维度	指标	子指标	指标说明
绿色创新	创新投入	研发投入	研发投入/营业收入
		研发人员数量占比	研发人员/总员工数
	创新产出	绿色专利申请	绿色专利申请数量
		绿色专利申请占比	企业绿色专利申请/总专利申请数
		绿色专利授权占比	企业绿色专利授权/总专利授权数
环境保护	绿色管理	环境绩效	CSMAR 的 ENV 数据库及综合评分[23]
		环保投资	环保投资金额/营业收入
	污染排放	二氧化硫排放	二氧化硫/营业收入
		氮氧化物排放	氮氧化物排放量/营业收入
		氨氮化合物排放	氨氮排放量/营业收入
经济发展	发展规模	营业收入	企业本年营业收入
		托宾 Q 值	(股票市值+债务市值)/资产重置成本
		市场占有率	本年营业收入/企业所在行业当年营业收入之和
	发展质量	销售增长率	(本年营业收入 - 上年营业收入)/上年营业收入
		销售变动率	五年销售收入标准差
社会责任	公众	ESG 信息披露质量	华证 ESG 评分
	政府	环保补助	环保补助金额/营业收入
		环境处罚	环境处罚金额/营业收入
	员工	劳动收入份额	当期职工支付的现金/营业总收入

本文的被解释变量企业绿色竞争力(Green_Comp), 已有研究中, 学者们普遍在产业竞争力评价框架中进一步纳入绿色发展相关指标, 将绿色创新、环境影响、生态效益等可持续性维度纳入考量, 实现了经济、社会与环境三大支柱内容的整合。本文在企业竞争力测评指标的基础上[20], 从绿色创新、环境保护、经济发展与社会责任四个方面选取指标[21][22], 构建企业绿色竞争力综合测量体系。具体指标及衡量方式如表 1 所示。

在测度方法上, 先将负向指标正向化, 再将各个子指标进行零均值标准化处理, 接着采用主成分分析法获取权重系数, 对特征值进行加权计算获得综合得分。KMO 和巴特利特检验结果显示, KMO 值为 0.8352, 巴特利特球形度检验的 Sig. = 0.000, 小于显著性水平值 0.01, 即上述变量间存在较高相关性, 可以进行因子分析。本文以方差累计贡献率大于 80%的指标作为选取的核心主成分。

3.2.2. 解释变量

本文的核心解释变量为实数融合(RDI), 采用多维度技术关联分析进行量化[24]。首先识别企业各项专利是否属于数字产业领域的技术创新成果, 而后识别每项专利所引用的专利中是否存在被分类为数字产业技术的专利。若一项专利的 IPC 主分类属于非数字产业技术且其引用的专利中至少有一项被识别为数字产业技术, 则认定该专利体现了企业的一次实数融合行为。

3.2.3. 中介变量

本文的中介变量有两个: 一是资源利用水平, 采用普通最小二乘法进行测算的全要素生产率进行衡量(TFP) [25], 全要素生产率衡量的是企业在剔除资本和劳动等传统要素投入贡献之后, 由技术进步、组织优化、管理改善及资源配置效率提升所带来的剩余产出增长, 实数融合对资源利用水平的提升在本质上表现为给定投入要素组合下产出能力的提升, 即全要素生产率承载了资源利用水平变动的核心信息。二是绿色创新效率(Green_Innov), 使用绿色创新产出和创新投入的比值衡量绿色创新效率。通过将绿色发明专利授权和绿色实用新型授权相加作为实质性绿色创新产出[26], 研发投入作为创新投入, 分别加 1 后相除取对数, 得到代理变量。

3.2.4. 控制变量

为保证研究精度, 本文选择纳入以下控制变量: 公司规模(Size)、负债水平(Lev)、盈利能力(ROA)、现金流比率(Cashflow)、管理费用率(Mfee)、两职合一(Dual)、上市年限(ListAge)。年份(Year)、行业(Industry)作为一般性控制变量指标。主要变量的衡量方式如下表 2:

Table 2. Variable definitions
表 2. 变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量说明
解释变量	实数融合	RDI	专利分析法
被解释变量	企业绿色竞争力	Green_Comp	构建综合指标进行主成分分析
中介变量	资源利用水平	TFP	LP 法计算
	绿色创新效率	Green_Innov	$\ln(\text{绿色发明专利授权} + \text{绿色实用新型授权} + 1) / \ln(\text{研发投入} + 1)$
控制变量	公司规模	Size	企业年总资产的自然对数
	负债水平	Lev	年末总负债/年末总资产
	盈利能力	ROA	净利润/总资产平均余额
	现金流比率	Cashflow	经营活动现金流净额/总资产
	管理费用率	Mfee	管理费用/营业收入

续表

第一大股东持股比	Top1	第一大股东持股数/总股本
上市年限	ListAge	$\ln(\text{当年年份} - \text{上市年份} + 1)$
年份	Year	当年年份
行业	Industry	《上市公司行业分类指引》(2012 年修订) ¹

4. 实证分析

4.1. 描述性统计

表 3 汇报了描述性统计结果。其中被解释变量企业绿色竞争力的最大值为 1.672，最小值 0.369，表明企业绿色竞争力有一定程度的发展但水平不一；解释变量实数融合的最小值为 0，最大值 6.979，均值则为 0.444，表明各企业实数融合程度存在明显差异。

Table 3. Descriptive statistics
表 3. 描述性统计

Variable	N	Mean	SD	Min	Max
Green_Comp	19637	1.005	0.132	0.369	1.672
RDI	19637	0.444	0.825	0	6.979
Size	19637	22.59	1.289	19.75	26.45
Lev	19637	0.438	0.192	0.0490	0.935
ROA	19637	0.0310	0.0710	-0.375	0.255
Cashflow	19637	0.0510	0.0640	-0.172	0.266
Top1	19637	0.316	0.143	0.0740	0.748
Mfee	19637	0.453	2.610	0.00600	39.16
ListAge	19637	2.487	0.545	1.386	3.466

4.2. 基准回归

表 4 报告了基准回归结果，根据(1)(2)列可知，实数融合对企业绿色竞争力影响显著正相关，在加入控制变量后，实数融合系数有所下降，但仍然在 1%水平上显著。回归结果充分表明了实数融合程度越高，企业绿色竞争力水平越高。假设 H1 得到验证。

4.3. 稳健性及内生性检验

4.3.1. 替换被解释变量

(1) 鉴于主成分分析主要依赖于指标间的协方差结构，本文进一步变换绿色竞争力的测度范式以进行稳健性检验。具体而言，采用熵权法重新构建被解释变量进行稳健性检验，以此作为绿色竞争力的新代理变量(Green_Comp1)。表 5 第(1)列展示了替换被解释变量后的回归结果，核心解释变量实数融合的估计系数依然在 1%水平上显著为正，表明基准结果不受特定综合评价方法的干扰，前文结果具有稳健性。

(2) 本文企业绿色竞争力综合指标体系涵盖的经济发展维度包含市场财务类指标。传统竞争力评价

¹<https://www.csrc.gov.cn/csrc/c101864/c1024632/content.shtml>

体系中市场财务类指标具有重要地位，考虑到其变动可能受到宏观经济周期、行业预期等非绿色因素的系统性干扰，从而在一定程度上模糊被解释变量内涵。故剔除经济发展维度的全部子指标，重新构建企业绿色竞争力的代理变量(Green_Comp2)。表 5 第(2)列报告了相应的回归结果。实数融合(RDI)的估计系数为 0.0126，仍在 1%水平上显著为正，证明了核心结论的稳定性。

Table 4. Benchmark regression results
表 4. 基准回归结果

	(1)	(2)
	Green_Comp	Green_Comp
RDI	0.0644*** (0.0012)	0.0116*** (0.0008)
Size		0.0803*** (0.0007)
Lev		0.0298*** (0.0044)
ROA		0.2105*** (0.0113)
Cashflow		0.0889*** (0.0100)
Top1		0.0082** (0.0039)
Mfee		-0.0016*** (0.0100)
ListAge		-0.0098*** (0.0011)
_cons	0.9763*** (0.0097)	-0.8149*** (0.0152)
Year	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes
N	19637	19637
R ²	0.209	0.689

注：括号内为标准误，* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ ，以下各表同。

4.3.2. 滞后一期解释变量

为缓解反向因果导致的内生性问题，本文将核心解释变量实数融合滞后一期进行稳健性检验。结果如表 5 第(3)列所示，滞后一期的实数融合系数为 0.0133，在 1%水平上显著为正，与基准回归结果方向一致，表明本文的核心结论具有较好的稳健性。

4.3.3. 工具变量法

为克服企业绿色竞争力在一定程度上可能反过来影响企业实数融合程度的内生性问题，本研究选取

地形起伏度与时间变量(年份)的交互项作为工具变量(IV)进行模型修正[27],通过两阶段最小二乘法(2SLS)检验内生性问题。地形起伏越大的地区,光纤铺设、基站建设及数据中心部署的边际成本越高,数字基础设施的普及程度相对较低,进而对企业实数融合的可行性和实操难度产生影响。作为一个纯粹的自然地理变量,地形对企业绿色竞争力的影响往往需要经由具体的经济活动渠道——如基础设施、产业布局、政策执行成本等进行传导。得益于高度发达的现代交通网络,地形对企业物流成本的制约大大削弱,地形起伏度对现代企业经济行为的直接影响高度依赖于信息与数字基础设施,即本文所关注的数字技术应用与实数融合行为发生的基底。同时,年份变量的引入进行了时间维度上的交互项构造,强化了该工具变量识别的实质是地形障碍如何随数字化进程的推进而动态演变,进而影响企业实数融合行为。而区域生态背景、长期产业分布特征等固有的、静态的影响则通过固定效应和聚类被吸收了。

表 5 第(4)列、第(5)列报告了工具变量法的回归结果:一阶段回归结果显示,工具变量的系数在 1%水平上显著为正,验证其相关性;二阶段回归结果表明实数融合对企业绿色竞争力的影响作用在 1%水平上显著。此外,第一阶段 F 统计量 = 497.77,通过了弱工具变量检验。上述结果说明,在控制内生性问题后,实数融合与企业绿色竞争力的影响关系依然成立。

Table 5. Results of robustness and endogeneity tests
表 5. 稳健性及内生性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换被解释变量		滞后一期解释变量	工具变量法	
	Green_Comp1	Green_Comp2	Green_Comp	RDI	Green_Comp
RDI	0.0114*** (0.0059)	0.0126*** (0.0007)			0.0619*** (0.0129)
L.RDI			0.0133*** (0.0009)		
IV				-0.0015*** (0.0002)	
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
_cons	-0.0699*** (0.0101)	0.9726*** (0.0166)	-0.7879*** (0.0168)	-5.7918*** (0.1606)	-0.5544*** (0.0615)
N	19637	19637	15681	17691	17691
R ²	0.169	0.443	0.696	0.303	0.593

4.4. 机制检验

中介机制检验结果如表 6 所示。第(1)列呈现了模型的基准回归结果。第(2)、(3)列数据报告了以资源利用水平为中介变量的检验结果。实数融合对资源利用水平的回归系数显著为正,即资源利用水平随实数融合程度的提高而提高。第(3)列将实数融合与资源利用水平同时纳入回归模型,结果显示通过了 1%水平的显著性检验。这一结果验证了前文的理论预期:数字技术的深度应用增强了企业对生产运营过程中各类资源的监测、调度与优化能力,推动资源使用效率的提升,进而从源头上降低了能耗与排放,强化

了企业的绿色竞争优势。假设 H2 得以验证。

第(4)、(5)列是以绿色创新效率为中介变量的检验结果。结果显示，实数融合对绿色创新效率的回归系数为 0.0240 且显著为正，表明实数融合显著提升了企业的绿色创新效率。第(5)列显示中介变量绿色创新效率和实数融合的系数均在 1%水平上显著，表明绿色创新效率是实数融合赋能企业绿色竞争力的重要传导路径。其内在逻辑在于实数融合通过大数据分析 with 人工智能技术降低了绿色研发的不确定性，使企业能够精准识别具有高环境效益与市场潜力的创新方向；同时，云计算与协同设计平台打破了部门间的信息壁垒，加速了绿色知识的流动与整合，缩短了创新周期，从而以更高的效率产出绿色创新成果，最终转化为企业的绿色竞争优势。假设 H3 成立。

Table 6. Results of the mediation effect test
表 6. 中介效应检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	基准	资源利用水平		绿色创新效率	
	Green_Comp	TFP	Green_Comp	Green_Innov	Green_Comp
RDI	0.0116***	0.0218***	0.0103***	0.0240***	0.0044***
	(0.0008)	(0.0054)	(0.0008)	(0.0006)	(0.0008)
TFP			0.0622***		
			(0.0011)		
Green_Innov					0.3010***
					(0.0096)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
_cons	-0.8149***	-5.3809***	-0.4789***	-0.3763***	-0.7005***
	(0.0152)	(0.0848)	(0.0135)	(0.0082)	(0.0151)
N	19637	19423	19423	19623	19623
R ²	0.689	0.761	0.750	0.414	0.703

4.5. 异质性分析

4.5.1. 产权性质

不同产权性质的企业在资源获取、战略导向与治理机制等方面存在显著差异，这可能影响实数融合的赋能效果。因此本文将样本划分为国有企业和非国有企业两个子块，表 7 第(1)列与第(2)列的实证结果表明：实数融合对企业绿色竞争力的提升效应在国有企业中更为突出。导致这种差异的可能原因包括：首先，在资源获取方面，国有企业通常享有更充裕的政策性资源支持，为数字技术与绿色技术的协同部署提供稳定的资金保障；其次，在战略导向方面，国有企业承担着更多的国家战略任务与社会责任，其对国家绿色发展政策的响应更为积极，实数融合战略与绿色转型目标更容易形成战略合力。

4.5.2. 行业属性

将样本划分为重污染行业与非重污染行业两组分别进行回归检验的结果显示：实数融合对重污染、非重污染行业企业的影响系数均在 1%水平上显著。两组系数差异表明，实数融合对绿色竞争力的提升效

应在重污染行业中更为明显。导致这种行业差异的原因可能是相比于非重污染企业，重污染企业面临更为严格的环境规制压力与更高的环境合规成本，其通过实数融合实现节能减排与绿色转型的边际收益更高，因此具有更强的内生动力将数字技术嵌入绿色生产流程，从而释放出更大的绿色竞争力提升空间。

Table 7. Heterogeneity test results
表 7. 异质性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	国有	非国有	重污染	非重污染
RDI	0.0156*** (0.0013)	0.0080*** (0.0010)	0.0139*** (0.0022)	0.0105*** (0.0009)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes
_cons	-0.7541*** (0.0239)	-0.8481*** (0.0198)	-0.7052*** (0.0287)	-0.8623*** (0.0178)
N	7253	12383	4608	15026
R ²	0.695	0.660	0.688	0.692

5. 结论与建议

5.1. 研究结论及建议

本文以 2015~2024 年中国 A 股上市公司为研究样本，实证检验了实数融合对企业绿色竞争力的影响效应、作用机制及异质性特征。研究主要得出以下结论：第一，实数融合能够显著提升企业绿色竞争力水平，这一结论在经过稳健性检验和内生性处理后依然成立，表明实数融合已成为驱动企业绿色转型的重要力量。第二，机制检验表明，实数融合通过提升资源利用水平和绿色创新效率两条路径赋能企业绿色竞争力。第三，异质性分析发现，实数融合对绿色竞争力的提升效应在国有企业及重污染行业中更为明显。

基于上述研究发现，本文从企业实践与政策制定两个层面提出以下建议：

(1) 企业层面。企业应充分把握实数融合与绿色转型协同发展的战略机遇。具体而言，企业管理层应深刻认识到实数融合不仅是提升运营效率的技术手段，更是重构绿色竞争优势的战略支点。具体操作上，企业应着力推动数字技术在能源管理、排放监测、绿色研发等关键实体环节的深度应用，通过建立全流程数据采集与分析系统，实现资源投入与环境绩效的精准管控。同时，企业应结合自身行业特性与资源禀赋制定差异化的转型路径：重污染行业企业应优先将数字技术嵌入节能减排环节，以获取更大的环境合规收益。

(2) 政策层面。建议政府相关部门完善数绿融合发展的制度环境与政策支撑体系。一方面，应针对不同所有制类型和行业特征的企业制定精准化的扶持政策。对于非国有企业和传统制造业企业，可通过设立数绿融合专项基金、提供数字化转型补贴、搭建公共技术服务平台等方式，降低其转型门槛与成本。对于重污染行业，应强化环境规制与数字技术推广的政策联动，通过环保税收优惠、绿色信贷支持等市场化手段，激励企业以数字技术赋能绿色转型。另一方面，应加快构建数字化绿色化协同转型的基础设施与标准体系，并加快建立统一的碳排放监测标准、数据接口规范与绿色技术认证体系，打破企业间、

行业间的信息壁垒, 促进产业链上下游的协同降碳。

5.2. 不足与展望

尽管本文在研究设计、实证策略和机制识别等方面进行了较为系统的探索, 但仍存在若干局限性, 有待未来研究进一步拓展和完善。

(1) 样本代表性。本文的研究样本仅限于中国 A 股上市公司, 这类企业通常具有较为规范的治理结构、较充裕的资源禀赋和较强的信息披露能力, 其实数融合实践与绿色竞争力提升路径可能与非上市企业、中小型企业存在较大差异。上市公司在数字化转型中的先发优势和资源可得性, 使得本文的结论能否推广至更广泛的企业群体尚需审慎。进一步研究可尝试纳入新三板企业、规模以上工业企业乃至小微企业样本, 以检验研究结论的普遍性, 并探索差异化特征。

(2) 中国的政策情境。本文的研究背景植根于中国近年来着力推进实体经济与数字经济深度融合、同时加速践行“双碳”目标的独特政策环境。在这一强政策激励情境下, 研究结论可能在一定程度上受到中国制度环境的调制。在市场化程度较高或环境规制相对宽松的其他经济体, 实数融合对绿色竞争力的影响效应可能呈现不同形态。未来可尝试开展跨国比较分析, 或利用中国不同地区政策实施强度的差异进行准自然实验, 从外部环境角度进行进一步研究。

(3) 实数融合指标量化。本文借鉴专利引用法对实数融合(RDI)进行量化, 该方法能够较为精准地识别企业在技术层面的实数融合行为, 但非技术维度的融合活动仅依赖专利数据可能无法全面体现, 从而在一定程度上低估了融合行为的完整效应。未来可考虑综合运用年报文本分析、问卷调查或案例研究等方法, 对企业的实数融合程度进行更全面、更精细的刻画, 以弥补单一专利指标的信息损失。

参考文献

- [1] 任保平, 陈婧文. 实体经济与数字经济深度融合新范式[J]. 西安财经大学学报, 2026, 39(1): 1-11.
- [2] 史丹. 数字经济条件下产业发展趋势的演变[J]. 中国工业经济, 2022(11): 26-42.
- [3] Li, C., Yang, G., Cai, W. and Shi, H. (2025) Enterprise Digital Transformation and Green Competitiveness: Opportunity or Crisis? *Finance Research Letters*, 77, Article ID: 107051. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107051>
- [4] 张新月, 刘智云, 师博. 数实技术融合、企业竞争力与绿色转型[J]. 生态文明研究, 2025(2): 58-73.
- [5] 杜龙政, 赵云辉, 陶克涛, 等. 环境规制、治理转型对绿色竞争力提升的复合效应——基于中国工业的经验证据[J]. 经济研究, 2019, 54(10): 106-120.
- [6] 张自然, 梅海红. 数实融合促进绿色全要素生产率提升研究[J]. 经济纵横, 2025(3): 54-65.
- [7] Barney, J. (1991) Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- [8] 白福萍, 张娜. 数据要素对企业绿色创新的影响研究[J]. 科研管理, 2026, 47(1): 35-45.
- [9] Porter, M. (1985) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press.
- [10] 王文举, 陈祎璇. 数据要素对企业碳减排协同作用研究[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2025(6): 1-10.
- [11] 张曼莉, 赵宏霞. 价值链视角下工业互联网赋能企业绿色发展的机制研究[J]. 科技和产业, 2024, 24(6): 1-9.
- [12] Hong, Z., Wang, H. and Gong, Y. (2019) Green Product Design Considering Functional-Product Reference. *International Journal of Production Economics*, 210, 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.008>
- [13] 谢吉青, 周昱希, 谢家平. 市场导向下数字赋能绿色创新体系构建——多政策文本扎根与机器学习聚类研究[J]. 上海财经大学学报, 2025, 27(5): 108-122.
- [14] 任瑞, 李刚. “数”造新“绿”: 数实融合发展与制造业企业绿色创新水平提升[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2025, 46(10): 95-108.
- [15] 周鹏, 盛宇华. 数实融合与要素配置扭曲: 作用机理与经验证据[J]. 科技进步与对策, 2026, 43(10): 53-62.
- [16] Wei, J., Zhang, X. and Cheng, Y. (2025) Digital Supply Chain Transformation Improves Corporate Carbon Emission

Efficiency in Chinese Listed Companies. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 40775.

<https://doi.org/10.1038/s41598-025-24554-y>

- [17] 韦晨怡, 纪玉俊. 实数融合的空间力量: 制造业虚拟集聚、地理空间特征与城市绿色创新效率[J]. 财经科学, 2026(2): 50-65.
- [18] 王家庭, 盛楠. 数字化转型推动企业绿色创新——基于信息效应、资源效应与技术效应的分析[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2024, 24(5): 113-130.
- [19] 刘鑫, 周诗丰, 闫晨莹. 企业数实产业技术融合对新质生产力的影响机制研究[J]. 管理学报, 2025, 38(4): 1-15.
- [20] 张进财, 左小德. 企业竞争力评价指标体系的构建[J]. 管理世界, 2013(10): 172-173.
- [21] 李琳, 王足. 我国区域制造业绿色竞争力评价及动态比较[J]. 经济问题探索, 2017(1): 64-71, 81.
- [22] 孙英杰, 林春. 绿色金融如何赋能制造业绿色竞争力提升[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版), 2023, 40(3): 61-71.
- [23] 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.
- [24] 黄先海, 高亚兴. 数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究[J]. 中国工业经济, 2023(11): 118-136.
- [25] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999-2007 [J]. 经济学(季刊), 2012, 11(2): 541-558.
- [26] 刘畅, 潘慧峰, 李珮, 冯雅欣. 数字化转型对制造业企业绿色创新效率的影响和机制研究[J]. 中国软科学, 2023(4): 121-129.
- [27] 林伯强, 谭睿鹏. 中国经济集聚与绿色经济效率[J]. 经济研究, 2019, 54(2): 119-132.