

数实技术融合、企业竞争力与绿色转型

张新月 刘智云 师 博

摘 要 数字经济与实体经济深度融合是企业竞争力提高的源泉，也为绿色转型带来了新的转机。本文基于资源基础观与动态能力理论，并借鉴波特竞争力模型构建一个包含供应链竞争、产品竞争和经营竞争的多维企业竞争力分析框架，借助专利 IPC 分类号识别 2010—2021 年中国上市企业数实技术融合行为，对数实技术融合推动企业绿色转型的竞争力增强机制进行理论分析和实证检验。研究发现，数实技术融合对企业绿色转型具有积极作用，通过提高企业话语权、促进产品优化和增强持续经营能力提升企业综合竞争力，打破绿色转型困境。对通过境内交易或自主改造进行技术迭代、利益相关者具有绿色发展诉求、市场竞争压力高的企业而言，数实技术融合对绿色转型的推动作用更为明显。本文补充了发挥数字技术绿色效应的机制研究，对加快经济社会发展全面绿色转型具有一定的现实意义。

关键词 数实技术融合 数字经济 企业绿色转型 企业竞争力 技术迭代

【中图分类号】F205；F272.3 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X（2025）02-0058-16

一、引言

推进生态文明建设，协调经济发展和生态保护两者间关系是进一步全面深化改革最为重要的任务之一，也是实现人口、资源、环境与经济系统动态协调平衡的重要路径选择（唐萍萍、任保平，2023）。中共中央、国务院于 2024 年印发《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》，首次在中央层面系统部署加快经济社会发展全面绿色转型工作，要求在科技创新的支撑下加快完成向绿色生活、绿色产品和绿色方式的转型。企业作为市场上的主要产品供给者和经济活动参与者，应承担相应社会责任，协同完成绿色转型工作（任保平、王子月，2023）。然而，企业的减排降碳行为天然地具有“正外部性”（江鑫等，2024），出于存续经营和利润最大化的考虑，企业资源往往优先投入主业发展。由于企业难以从外部投资者处获得资源支持以对冲绿色转型内含的转型风险（Zhao et al.，2021），企业也倾向减少绿色投资。

人工智能、互联网、大数据等数字技术的持续创新与深入应用为企业发展转型创造了新的机会。数字经济与实体经济深度融合逐渐成为企业业务升级与动能转换的重要动力，为企业绿色转型带来了新的转机（戴翔、杨双至，2022；宋德勇等，2022；李金昌等，2023）。以往文献表明，企

【基金项目】教育部人文社科重点研究基地重大项目“数字经济赋能西部城市经济高质量发展的机制与政策研究”（批准号：22JJD790065）；国家社会科学基金后期资助项目“中国经济高质量发展的机理与路径研究”（批准号：20FJLB026）。

【作者简介】张新月，西北大学中国西部经济发展研究院、经济管理学院，邮政编码：710127；刘智云，西北大学中国西部经济发展研究院、经济管理学院，本文通讯作者，邮政编码：710127；师博，南京大学数字经济与管理学院，邮政编码：215163。

业能够借助自身竞争优势降低转型的不确定性风险、增加转型的市场收益（江鑫等，2024）。通常，竞争力水平高的企业具有更强的议价能力、更广的交互网络 and 更严格的社会约束，能够帮助企业缓解绿色转型的融资约束（冯晨等，2023）、降低绿色转型的技术成本（屠西伟、张平淡，2024；Acemoglu et al.，2016）、激励企业采取实质性的环境友好策略（王茂斌等，2024）。高竞争力企业能从绿色转型中获得更多收益，更有动机加强自身绿色投入以获得市场认可（斯丽娟、曹昊煜，2022）。现有文献肯定了数字技术应用和企业竞争力对绿色转型的积极作用，但尚未有研究将数实技术融合的绿色效应与企业竞争力联系起来。此外，以往文献通过企业的市场地位和供应链话语权等视角讨论企业竞争力对企业可持续发展的影响（李颖等，2023；肖土盛等，2023），忽视了市场经济环境下竞争力的综合性与系统性本质。

针对现有研究不足，在理论部分，本文借鉴波特模型构建包含生产者、消费者、产品和经营的企业竞争力分析框架（Porter，1979），并基于资源基础观与动态能力理论，提出数实技术融合推动企业绿色转型的内外交互的供应链竞争力机制、作为独特性资源的产品竞争力机制和效率提升的持续经营竞争力机制，将企业视为“资源—能力—环境”协同演化的有机体。在实证部分，本文借助2010—2021年中国企业专利数据和沪深A股上市公司数据，通过专利IPC分类号识别并构建企业数实技术融合指标，对本文假设进行验证。

本文可能存在的贡献有：第一，本文基于资源基础观与动态能力理论、借鉴波特模型的研究内容，提出并检验了数实技术融合推动企业绿色转型的内外交互的供应链竞争力机制、作为独特性资源的产品竞争力机制和效率提升的持续经营竞争力机制，拓展了数实技术融合推动企业绿色转型的机制研究和实证检验。第二，围绕本文研究的三个关键点，探讨并检验了企业技术迭代方式、绿色转型动力和竞争环境特征在发挥数实技术融合绿色效应方面的影响，突出了数实技术融合的技术属性、绿色转型的“内外协同”需求和竞争力的“市场增效”特征，也为发挥数字技术的竞争力增强机制、绿色效应的制度建设和环境优化提供了数据支撑。第三，在数据使用上，本文通过专利IPC分类号的产业类型识别了企业数实技术融合行为，计算了“主实副数”“主数副实”“有数有实”三种数实技术融合形式下的增量与存量。该细分方法不仅反映出数字技术作为技术组合的特征，还有助于厘清技术融合的主导方向，为政策制定、产业规划和学术研究提供分析思路。

二、文献综述与理论假设

（一）数实技术融合与企业绿色转型

作为企业经营模式与方向的转变，绿色转型首先对资源支持提出了更高的要求。外部融资约束的存在以及资源配置的失衡，限制了企业的节能减排并加剧了环境污染（崔惠玉等，2023）。而根据外部性理论，私人最佳污染排放水平和社会最佳污染排放水平间的非一致将导致资源配置偏离帕累托最优状态，企业缺乏绿色转型的内部激励（Xu and Kim，2022）。此外，企业绿色转型过程中高度的不确定性也加剧了企业的经营风险，同时可能会对企业生产率产生负面影响（郭俊杰等，2024）。随着人工智能、区块链、大数据等数字技术的广泛应用，数字经济与实体经济两者之间的深度融合将帮助企业有效应对绿色转型过程中的难题。数实技术融合本质上是实体经济通过不断与数字经济要素结合、获取数字属性，从而推动实体经济内涵与边界不断拓展的过程（黄先海、高亚兴，2023）。据此，本文将数实技术融理解分为属于数字产业与实体产业（非数字产业）范畴内的技术之间相互使用和吸收的行为，既体现了数实融合在技术层面的微观活动，又体现了数字产业与实体产业相互融合的过程。

数实技术融合的技术属性使其具有高效率、低能耗的特点，与企业绿色发展的内涵相一致。一方面，依托于数字技术搭建的内部污染监测平台，能帮助企业追踪并控制生产运营过程中的污染排

放,同时各类智能化设备应用也提高了企业能源使用效率,有效实现企业经济绩效和环境绩效关系的协调(戴翔、杨双至,2022;李金昌等,2023)。另一方面,数字技术不仅能够帮助企业扭转对现有技术的路径依赖,还能通过营造良好创新生态有效化解绿色技术研发的不确定风险,实现企业绿色创新“量质双重提高”(宋德勇等,2022;李金昌等,2023)。

数实技术的融合属性体现为数字技术与实体经济之间的良性互动。一方面,数字技术的广泛应用能有效实现资源的合理配置(崔琳昊、冯烽,2024),为企业绿色转型创造良好的资源基础。另一方面,借助各类智能化、数字化手段,数实技术融合能有效规制实体产业生产过程中的资源过度消耗与污染排放,直接推动企业的绿色转型。数字化生产管理系统和业务平台的搭建,能更加有效地串联起供应链上的各个环节,为不同主体之间的合作转型提供了便利(曹增栋等,2025)。而通过对数据这一全新生产要素的利用,数实技术融合能够重塑企业生产力和生产要素配置结构,提升内外部资源利用效率,进而推动企业绿色化转型进程(张自然、海梅红,2025)。由此,提出如下假设。

H1: 数实技术融合有助于推动企业绿色转型。

(二) 数实技术融合、企业竞争力与绿色转型

数实技术融合通过对实体企业业务提供多维度的技术支撑,形成对企业战略决策、组织架构、生产流程等方面的系统影响,进而推动企业绿色转型。通过数智化改造,数实技术融合能为企业竞争力赋予新动能(洪银兴、任保平,2023)。其中,获取、整合以及应用数据的数字化能力是整合重构企业内部流程,增强企业核心竞争力的重要源泉(陈雨露,2023)。

企业竞争力是企业综合运用内外部资源实现自身价值最大化的能力,与其长期可持续发展具有密切关系(林汉川、管鸿禧,2005)。竞争力的强化能够帮助企业有效平衡持续增长、盈利最大化和社会责任的多重动机,并从转型成本和预期收益两方面提升企业绿色转型的积极性。从绿色转型成本角度来看,首先,较高的企业竞争力与市场地位将提高企业和其他经济主体的议价能力和激励,有效降低企业获取资源的成本,进而缓解企业绿色转型的融资约束(冯晨等,2023)。其次,绿色技术的发展高度依赖于非绿色技术领域的进步,需要以不同领域的共同知识为技术基础(Acemoglu et al., 2016)。高竞争力企业往往通过跨界投资和市场扩张提高自身与外界交互,促进企业在转型过程中实现多个领域间的链接、渗透与重构,有效降低企业绿色转型的技术迁移成本。最后,与竞争力较低的企业相比,利益相关者往往会将高竞争力企业作为重点关注对象,也对其绿色转型水平提出了更高要求。为降低因污染导致的社会舆论和惩罚成本,高竞争力企业具有更强的激励减少环境相关的危害行为(王茂斌等,2024)。从绿色转型收益角度来看,经营管理水平与绩效好的高竞争力企业能从绿色转型中获得更多收益,也更有动机加强自身绿色投入,以获得市场认可(斯丽娟、曹昊煜,2022)。由此,提出如下假设。

H2: 数实技术融合能够通过增强企业竞争力推动企业绿色转型。

(三) 数实技术融合推动企业绿色转型的理论机制

资源基础观和企业动态能力理论指出,企业通过内外部渠道所获得的独特而有价值的资源,以及对各种资源的整合、构建和重构能够帮助企业获取竞争优势。借助数字技术获取并配置独特性资源、提升流程效率并强化和其他利益主体的互动协调关系是企业竞争力提高的重要渠道(Ma et al., 2024)。此外,波特通过分析企业所处行业基本竞争态势以及内外部经济环境,提出包含供应商的议价能力、客户的议价能力、替代品的替代能力、潜在竞争者的进入威胁以及企业在行业内地位的五力模型(Porter, 1979),形成了关于企业竞争力研究的评估框架。本文基于资源基础观与动态能力理论、结合波特模型的研究内容,提出数实技术融合促进企业绿色转型的内外交互的供应链竞争力、作为独特性资源的产品竞争力机制和效率提升的持续经营竞争力机制。

1. 内外交互的供应链竞争力机制

对供应商和客户的过度依赖可能强化供应商和客户对目标企业的风险转嫁,削弱企业对生产运

营环节的掌控力 (Zhang et al., 2020)。数实技术融合通过对实体产业生产经营策略的优化调整,能有效扭转供应链配置集中化企业所承受的挤压关系,在促进供应链配置多元化和增强业务掌控力方面具有积极作用 (巫强、姚雨秀, 2023; 刘柏、鞠瑶蕾, 2024), 增强了企业内外交互的供应链竞争力。根据资源基础观与动态能力理论, 对于独特而稀缺的资源的获取与整合重构是企业竞争优势的重要来源。企业的供应链地位与资源获取的数量与质量具有密切关系, 处于优越位置的企业能够有效拓展自身资源、要素、技术等获取范围, 并在资源整合利用以及精准控制污染排放方面具有更强优势 (韩峰等, 2024)。波特竞争优势理论提出, 差异化策略是企业获取市场优势、提高自身市场竞争力的重要途径。数字技术所带来的信息传递效应, 有效实现了从供应商到客户的信息全链条贯通, 目标企业能够及时获取消费者日益增长的绿色环保偏好, 并凭借自身的供应链竞争力调动相关供应商与客户提供符合市场需求的差异化产品和服务, 实现企业绿色转型和价值创造的协同共赢。由此, 提出如下假设。

H3: 数实技术融合能够通过增强企业供应链竞争力推动企业绿色转型。

2. 作为独特性资源的产品竞争力机制

产品的价值实现是企业能否长期存续的决定因素, 外部市场中替代品的存在将对目标企业的竞争地位和利润产生负面影响。数实技术融合的技术属性能够通过丰富产品种类、提高产品质量以及提高供求匹配帮助企业实现产品优化, 增强产品竞争力。资源基础观将产品视为一种特殊的企业资源, 差异化产品的价值性与稀缺性成为企业产品竞争力的具体表现。在产品种类方面, 数实技术融合的生产制造优化效应能够帮助企业将环保、绿色转型等理念纳入产品生命周期全过程, 形成绿色循环的生产模式, 进而将绿色产品纳入生产范围并进行产品的绿色化重构 (王博、康琦, 2023)。动态能力理论则强调企业通过对资源的重构实现对产品的升级改造。数字技术所带来的技术范式重塑有助于企业实现对产品生产的各个环节实时监测, 并构建包括各产品质量在内的企业内部信息集, 有效拓展了企业产品质量的优化空间 (Wen et al., 2022)。波特竞争优势理论则进一步阐释了绿色产品的价值实现逻辑以及基于市场认可所形成的企业竞争优势。在数字经济和可持续发展的背景下, 数实技术融合能有效帮助企业洞悉消费者绿色化需求, 并在此基础上调整自身产品研发策略与方向, 进而提高产品竞争力并促进产品价值实现 (黄先海等, 2023; 李万利等, 2023; 王博、康琦, 2023)。数实技术融合在产品数量、质量以及市场供求匹配方面的优化增加了企业在绿色转型领域的竞争优势, 规避现有产品的同质化竞争并应对可能存在的替代品威胁。由此, 提出如下假设。

H4: 数实技术融合能够通过增强企业产品竞争力推动企业绿色转型。

3. 效率提升的持续经营竞争力机制

持续竞争优势是帮助维护企业当前竞争地位以及应对潜在进入者威胁的重要因素, 来自企业所获取的内外部资源以及自身的动态能力, 与企业绩效、市场表现密切相关 (董保宝等, 2011)。数实技术融合能通过整合企业内部数据与信息 and 拓宽企业商业网络, 增强企业的外部资源获取能力 (李万利等, 2023)。数字技术的资源再配置与资源可扩展性提升能巩固企业的内部资源利用能力, 以应对行业新进入者带来的颠覆式创新威胁 (王节祥等, 2024)。数字化转型能通过功能嵌入、资源整合等方式实现产品与服务的迭代创新, 有效串联客户需求, 提高企业的灵活性、生长性以及融合性, 进而实现企业的动态能力构建 (郭金花、朱承亮, 2024)。强大的持续竞争优势能帮助企业灵活应对快速变化的市场环境, 通过高效率的生产经营模式支撑企业对绿色战略和发展目标的动态调整。高竞争力的企业往往在资源配置效率方面表现更加突出, 有助于降低能耗与污染排放 (韩峰等, 2024)。此外, 经营竞争力往往也和企业内部绿色治理能力密切相关, 基于数字化技术所建立起的绿色企业管理机制能够帮助企业建立高效率、可持续的生产经营模式, 推动企业绿色转型 (张自然、海梅红, 2025)。由此, 提出如下假设。

H5: 数实技术融合能够通过增强企业持续经营竞争力推动企业绿色转型。

三、研究设计

(一) 变量设定与数据处理

1. 解释变量：数实技术融合（TC）

本文通过专利 IPC 分类号的产业类型识别企业数实技术融合行为，这有助于更好地将数字技术与非数字技术进行剥离，反映出数字技术作为技术组合的特征（陶锋等，2023）。具体地，本文依据国家知识产权局发布的《数字经济核心产业分类与国际专利分类参照关系表（2023）》对专利是否属于数字经济领域进行识别。数实技术融合通常以数字技术融入实体产业技术为主要表现形式，即数字技术作为工具或赋能手段，嵌入传统实体产业，提升其效率或创新性。因此，当专利 IPC 主分类号被识别为非数字产业技术，且其他 IPC 分类号中至少有一项在任意层面被识别为数字产业技术，定义该专利为一项数实融合技术，计为企业进行了一次数实技术融合。将专利层面数据加总到企业一年份层面得到企业当年进行数实技术融合的频数，并对其加 1 取自然对数处理得到企业数实技术融合变量（TC），称为“主实副数”。与此相对应，本文在稳健性检验中也进一步考虑了实体产业技术融入数字技术的情况，即实体产业技术（如材料科学、机械工程）为数字技术的硬件或基础设施提供物理支撑。

2. 被解释变量：企业绿色转型（Green）

企业 ESG 表现展示了企业在履行环境责任、社会责任与公司治理责任和实现多元利益相关者价值共创方面的真实表现。本文采用年末华证 ESG 评分中 E（环境）得分作为本文的被解释变量。

3. 控制变量

本文选择以下变量作为企业层面控制变量。（1）企业年龄（Age），企业上市至今的年限；（2）企业规模（Size），公司的总资产取对数；（3）独立董事占比（Independent），独立董事人数占总董事人数的比值；（4）两职合一（Dual），公司的董事长和总经理是由同一人担任；（5）大股东资金占用比（Occupy），其他应收账款占总资产比重；（6）企业股权性质（SOE），企业是否属于国有企业；（7）流动比率（Current ratio），流动资产占流动负债比；（8）财务杠杆（Gearing），息税前利润占税前利润比。

4. 样本区间与数据来源

本文选择 2010—2021 年 A 股上市公司作为研究样本。数据来自 WIND 数据库、CNRDS 数据库、CSMAR 数据库以及手工收集整理，剔除了 ST、*ST、非正常上市状态、金融和房地产行业、数据缺失的企业样本，并进行 99% 缩尾处理，模型中主要变量的描述性统计详见表 1。

表 1 描述性统计

变量名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
Green	17690	61.5461	7.5638	45.4200	80.4900
TC	17690	0.5347	0.8725	0.0000	3.8067
Age	17690	7.7356	6.7816	0.0000	31.0000
Size	17690	22.1393	1.3162	19.5440	27.2980
Independent	17690	0.3749	0.0532	0.3333	0.5714
Dual	17690	0.3144	0.4643	0.0000	1.0000
Occupy	17690	0.0110	0.0161	0.0001	0.1737
SOE	17690	0.3036	0.4598	0.0000	1.0000
Current ratio	17690	2.8757	2.9535	0.2672	18.0079
Gearing	17690	1.3293	0.9686	0.4567	8.1680

资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

(二) 实证分析策略

为刻画数实技术融合对企业绿色转型的影响效果，本文构建实证模型，如式（1）所示：

$$Green_{i,t} = \alpha + \beta TC_{it} \times \gamma \sum control_{i,t} + \mu_j + \lambda_t + \delta_k + \varepsilon_{j,k,t} \tag{1}$$

其中， TC_{it} 表示第 t 年 i 企业数实技术融合程度， $Green_{i,t}$ 为第 t 年 i 企业绿色转型水平。 $control_{i,t}$ 为一系列与被解释变量密切相关的特征控制变量。 μ_j 代表城市固定效应， λ_t 代表时间固定效应， δ_k 为行业固定效应， $\varepsilon_{j,k,t}$ 为随机扰动项，模型聚类在企业层面。

四、实证结果与分析

(一) 基准回归

表 2 报告了数实技术融合对企业绿色转型的回归结果。总体而言，在逐步引入控制变量、固定效应和双向固定效应后，数实技术融合的回归系数逐渐增大，且始终显著为正。第（7）列为加入所有控制变量以及控制各类固定效应的回归结果，数实技术融合能够显著促进企业绿色转型，有利于企业可持续发展，假设 H1 得到验证。具体而言，企业每实现 1 次数实技术融合，就能提高 35.92% 的环境得分。

表 2 基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>
<i>TC</i>	0.9045 *** (0.0806)	0.2159 *** (0.0816)	0.4603 *** (0.1252)	0.3254 *** (0.1142)	0.3343 *** (0.1119)	0.3313 *** (0.1234)	0.3592 *** (0.1269)
<i>Age</i>	—	0.1720 *** (0.0185)	0.0386 (0.0239)	0.0159 (0.0216)	0.0340 (0.0219)	0.0360 (0.0235)	0.0322 (0.0241)
<i>Size</i>	—	1.5603 *** (0.1050)	1.3452 *** (0.1158)	1.7926 *** (0.1121)	1.7634 *** (0.1141)	1.7801 *** (0.1197)	1.7953 *** (0.1235)
<i>Independent</i>	—	-1.1629 (1.3947)	-3.2357 * (1.9524)	-3.0451 * (1.8023)	-3.0543 * (1.8003)	-3.7106 * (1.9675)	-3.3738 * (2.0107)
<i>Dual</i>	—	-0.0046 (0.1620)	-0.3966 * (0.2400)	-0.3335 (0.2150)	-0.3211 (0.2147)	-0.3683 (0.2349)	-0.3963 * (0.2407)
<i>Occupy</i>	—	-5.2979 (4.0341)	-2.4429 (6.7531)	-3.0942 (5.3625)	-3.5655 (4.9815)	-3.2106 (5.5834)	-3.9363 (5.9320)
<i>SOE</i>	—	-1.3851 *** (0.2697)	-1.0067 *** (0.3484)	-0.0978 (0.3243)	0.3972 (0.3428)	0.3949 (0.3663)	0.4778 (0.3751)
<i>Current ratio</i>	—	-0.0994 *** (0.0241)	-0.2328 *** (0.0336)	-0.1870 *** (0.0311)	-0.1678 *** (0.0300)	-0.1815 *** (0.0327)	-0.1861 *** (0.0338)
<i>Gearing</i>	—	-0.0932 (0.0638)	-0.1105 (0.0920)	-0.1952 ** (0.0846)	-0.1989 ** (0.0824)	-0.2833 *** (0.0993)	-0.2626 ** (0.1062)
<i>Constant</i>	60.8346 *** (0.1234)	27.2356 *** (2.3329)	33.7053 *** (2.5470)	23.6695 *** (2.4441)	23.9769 *** (2.4828)	24.0677 *** (2.6013)	23.6196 *** (2.6801)
城市固定	NO	NO	NO	NO	YES	YES	YES
行业固定	NO	NO	NO	YES	YES	YES	YES
时间固定	NO	NO	YES	YES	YES	YES	YES
城市#时间固定	NO	NO	NO	NO	NO	YES	YES
行业#时间固定	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES
N	19270	17690	17690	17690	17670	16342	16207
Adj. R ²	0.0197	0.0890	0.1117	0.2254	0.2915	0.3220	0.3722

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

(二) 内生性检验

1. 工具变量法

借鉴以往研究（黄先海、高亚兴，2023），本文采用同一年度、同一行业内其他企业的平均水平（*IV_1*）、滞后一期数实技术融合变量（*IV_2*）以及 *bartik* 法工具变量（*IV_3*）共同作为数实技术融合的工具变量，以缓解内生性问题带来的干扰。其中，*bartik* 法工具变量（*IV_3*）采用期初企业数实技术融合占比和历年数实技术融合总量的乘积。本文使用两阶段最小二乘法（*TSLS*）进行工具变量检验，第一阶段与第二阶段回归结果如表 3 列（1）和列（2）所示。第一阶段回归系数表明工具变量与内生解释变量显著相关，且 *KP-Wald F* 统计量大于 10% 水平临界值，表明不存在弱工具变量问题；*KP-IM* 统计量结果拒绝“工具变量识别不足”的原假设；*Hansen J* 统计量 *p* 值为 0.4101，表明所有的工具变量均为外生，不存在过度识别问题。

表 3 内生性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>TC</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>
<i>TC</i>	—	0.4021 ** (0.2007)	0.5415 ** (0.2368)	0.5381 ** (0.2392)	0.2476 * (0.1405)	0.3592 *** (0.1269)	0.3518 *** (0.1271)
<i>IV_1</i>	-0.8878 *** (0.1627)	—	—	—	—	—	—
<i>IV_2</i>	0.5351 *** (0.0345)	—	—	—	—	—	—
<i>IV_3</i>	0.0043 *** (0.0023)	—	—	—	—	—	—
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	11381	11381	16207	14535	7713	16207	16171
Adj. R ²	—	0.1422	0.3718	0.3714	0.4147	0.3722	0.3709
Kleibergen-Paap rk LM statistic	27.8700 *** [p = 0.0000]		—	—	—	—	—
Kleibergen-Paap Wald rk F statistic	423.1650		—	—	—	—	—
Hansen J statistic	1.7830 [p = 0.4101]		—	—	—	—	—
Endogeneity tests	0.4270 [p = 0.5133]		—	—	—	—	—

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。

资料来源：作者利用软件 *Stata16* 计算整理。

2. PSM-DID

由于企业创新行为具有连续性，可将不同企业在不同时点实施数实技术融合的创新决策视为一项准自然实验。本文根据企业在样本期内首次实施数实技术融合的时点将样本划分为处理组和对照组，以检验企业受到数实技术融合这一创新决策的影响效果。本文使用控制变量作为筛选变量进行 *PSM-DID* 检验，选择 1:4 近邻匹配后，样本组与控制组的所有协变量的标准化差异均小于 10%，回归结果如表 3 列（3）和列（4）所示。此外，使用 1:1 近邻匹配、半径匹配、核匹配方法来提高结果的稳健性，回归结果如表 3 列（5）—列（7）所示。在控制了内生性问题可能带来的干扰后，本文基准回归结果依然成立。

(三) 稳健性检验

1. 更换核心解释变量

与主回归中所计算的数实技术融合指标类似，依据专利 IPC 分类号识别专利所属领域，当专利 IPC 主分类号被识别为数字产业技术，且其他 IPC 分类号中至少有一项在任意层面被识别为实体产业技术，则定义该专利为一项数实融合技术，计为企业进行了一次数实技术融合，称为“主数副实”。最后，将两种情况加总并进行对数化处理，以涵盖所有横跨数字产业和实体产业的技术融合事件，称为“有数有实”，回归结果见表 4 列（1）和列（2）。

同时，考虑到数实技术融合作为未来企业发展的重要战略资源，应具有类似资本的存量特征，本文测算了 2000 年以来企业数实技术融合发生频数的存量，并对其进行加总和对数处理，列（3）、列（4）和列（5）分别给出了三种定义下数实技术融合存量的回归结果。此外，本文以当年企业是否发生数实技术融合事件为依据构造虚拟变量，结果见列（6）。最后，列（7）、列（8）和列（9）将核心解释变量进行滞后一期、两期和三期处理。以上检验结果均与基准回归结果相一致，影响效果至少在三期有效。

表 4 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TC	0.3551 ** (0.1389)	0.2758 ** (0.1199)	0.3449 *** (0.1036)	0.2719 ** (0.1126)	0.2382 ** (0.1053)	22.7597 *** (2.6338)	0.3226 *** (0.1121)	0.2943 ** (0.1200)	0.2432 * (0.1283)
Constant	24.9720 *** (2.8406)	24.4293 *** (3.0223)	24.1177 *** (2.6787)	24.9894 *** (2.8529)	24.1879 *** (3.0161)	22.7597 *** (2.6338)	22.6272 *** (2.8698)	21.6056 *** (3.0369)	20.0728 *** (3.2162)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市#时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业#时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	15001	13567	16207	15001	13567	16207	13535	11445	9666
Adj. R ²	0.3785	0.3803	0.3734	0.3788	0.3805	0.3721	0.3734	0.3763	0.3795

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

2. 更换被解释变量

以每单位碳排放所对应的营业收入取对数作为碳减排绩效来衡量企业绿色化水平（李婉红、李娜，2023），回归结果见表 5 列（1）。针对企业在水力、电力和综合能耗上的不同绩效表现，本文计算了企业用水量绩效、用电量绩效和用统一标准煤绩效来检测数实技术融合对企业能源消耗效率和能源价值的影响，回归结果见列（2）、列（3）和列（4）。此外，本文将企业 ESG 披露中的环境优势进行汇总，针对企业是否披露环境有益的产品、减少“三废”的措施、循环经济、节约能源、绿色办公、环境认证、环境表彰等行为进行统计，得到企业环境优势得分，结果见列（5）。本文所使用的第三方 ESG 评分虽具有较强的客观性，但企业 ESG 信息披露仍可能存在粉饰问题，从而降低实证检验的真实性。本文借助 CSMAR 数据库环境业绩与污染治理情况表，将企业对废气、废水、粉尘、烟尘治理、固废、声、光污染、辐射等污染物的治理披露文本按照表述方式划分为定量表述和定性表述，以检验数实技术融合对企业污染治理绩效的影响。列（6）和列（7）的结果显示，数实技术融合能够有效提高企业在污染治理披露上的定量描述，且不会加剧企业在定性描述上的粉饰行为。

表 5 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>
<i>TC</i>	0.1391 *** (0.0418)	0.0292 *** (0.0093)	0.0301 *** (0.0093)	0.0304 *** (0.0093)	0.0888 ** (0.0437)	0.0441 (0.0270)	0.0435 *** (0.0148)
<i>Constant</i>	5.2231 *** (1.1073)	-0.0358 (0.2392)	-2.3527 *** (0.2373)	-7.4165 *** (0.2377)	-6.1439 *** (1.0248)	-4.3792 *** (0.5285)	-3.7194 *** (0.3520)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市#时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业#时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	4555	14781	14781	14781	4038	16844	16844
Adj. R ²	0.4905	0.9298	0.9299	0.9302	0.4492	0.3293	0.3696

注：**、*** 分别表示显著性水平为 5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。

资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

3. 其他稳健性检验

考虑到企业发展的初始阶段可能会增加企业技术创新的风险，进而降低企业数实技术融合的可能性，表 6 列（1）剔除了上市不到 3 年的企业样本。列（2）剔除了 2019 年及以后的样本，以避免疫情冲击的影响。为了控制企业层面因素对回归结果的影响，本文在控制变量中加入了企业资产负债率、员工人均创利、研究生以上学历人员占比、生产人员占比、研发投入占营业收入比、上市公司透明度指数和被分析师关注度，并在此基础上进一步控制了时间和企业层面的固定效应，回归结果见表 6 列（3）和列（4）。以上结果均表明数实技术融合对企业绿色转型具有显著的推动作用。

表 6 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>	<i>Green</i>
<i>TC</i>	0.3678 ** (0.1559)	0.3424 * (0.1748)	0.5075 ** (0.2472)	0.2732 * (0.1534)
<i>Constant</i>	20.2585 *** (3.0961)	23.0184 *** (3.3092)	27.2745 *** (6.8350)	45.3969 *** (9.5016)
控制变量	YES	YES	YES	YES
城市固定	YES	YES	YES	NO
行业固定	YES	YES	YES	NO
时间固定	YES	YES	YES	NO
城市#时间固定	YES	YES	YES	NO
行业#时间固定	YES	YES	YES	NO
时间和企业固定效应	NO	NO	NO	YES
N	11226	10404	3089	3555
Adj. R ²	0.3886	0.3718	0.4623	0.8115

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。

资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

五、机制识别与异质性分析

（一）数实技术融合推动企业绿色转型的机制识别

1. 内外交互的供应链竞争机制

本文根据企业前五大客户销售额占年度总销售额比率、前五大供应商采购额占年度总采购额比率及其均值计算了企业的客户集中度、供应商集中度和供应链集中度，表征企业在面对客户和供应商时的议价能力，以衡量企业在供应链上的竞争力。通常，供应链集中度越高，表明企业对大客户和大供应商的依赖度更高，所展现的议价能力更弱。表 7 结果显示，数实技术融合程度能降低企业的客户、供应商以及供应链的集中度，在实现企业供应链配置的多元化倾向方面具有重要作用。数实技术融合有助于减少企业对大客户和大供应商的依赖程度，提升企业面对客户以及供应商的话语权，激发内外交互的供应链竞争机制。

表 7 内外交互的供应链竞争机制

变量	(1)	(2)	(3)
	客户集中度	供应商集中度	供应链集中度
<i>TC</i>	-0.8601 ** (0.4122)	-1.0033 *** (0.2837)	-0.8724 *** (0.2584)
<i>Constant</i>	92.9892 *** (9.8891)	96.6986 *** (7.4932)	91.7247 *** (6.4726)
控制变量	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES
<i>N</i>	15723	13805	15769
Adj. R ²	0.3683	0.3477	0.4098

注：**、*** 分别表示显著性水平为 5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。

资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

2. 作为独特性资源的产品竞争机制

考虑到企业创新和生产活动均具有一定的滞后性，本文选取了未来一期企业的产品种类增加量、绿色发明专利申请量、存货周转天数作为企业产品优化的特征变量，其中，企业产品种类表征了企业的产品多样性，绿色发明专利数量和企业绿色转型领域的产品质量密切相关，市场需求度的提高往往意味着产品更易出售、流通，存货周转天数更少。表 8 结果显示，数实技术融合能够显著增加企业产品种类、激励企业绿色创新并降低企业存货周转天数，表明数实技术融合能够增强企业的产品竞争力。数实技术融合通过打造具有多样性、创新性和符合市场需求的产品，激活作为独特性资源的产品竞争机制。

表 8 作为独特性资源的产品竞争机制

变量	(1)	(2)	(3)
	F. 产品种类增加量	F. 绿色发明专利申请量	F. 存货周转天数
<i>TC</i>	0.0259 * (0.0149)	2.5903 *** (0.3456)	-5.2442 ** (2.2211)
<i>Constant</i>	0.1332 (0.2360)	-102.9296 *** (8.2037)	72.4976 (76.3235)
控制变量	YES	YES	YES

续表

变量	(1)	(2)	(3)
	F. 产品种类增加量	F. 绿色发明专利申请量	F. 存货周转天数
固定效应	YES	YES	YES
N	14327	14373	14346
Adj. R ²	0. 1824	0. 4604	0. 3917

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

3. 效率提升的持续经营竞争力机制

持续竞争优势和企业绩效以及市场价值表现关系密切，优秀的绩效表现和企业价值往往意味着企业在获取内外部资源方面具有优势，同时也具有更加突出的动态能力和稳定性。本文使用 ROE、ROA 以及 Tobin Q 值度量企业的持续经营中的竞争优势。表 9 结果表明，数实技术融合显著提高企业绩效与市场表现，并通过打通效率提高的持续经营竞争力机制，帮助企业获得源源不断的资源支持，进而打破企业绿色转型的资源困境。以上检验使假设 H2—H5 得到检验。

表 9 效率提升的持续经营竞争力机制

变量	(1)	(2)	(3)
	ROA	ROE	Tobin Q
<i>TC</i>	0. 0026 *** (0. 0007)	0. 0038 *** (0. 0011)	0. 0723 *** (0. 0222)
<i>Constant</i>	-0. 0131 (0. 0161)	-0. 1503 *** (0. 0258)	8. 6423 *** (1. 4455)
控制变量	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES
N	16844	16844	16844
Adj. R ²	0. 3563	0. 3226	0. 2513

注：*** 表示显著性水平为 1%，括号内是聚类（企业）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

(二) 异质性分析

1. 企业技术迭代方式

数实技术融合是对数字产业技术和实体产业技术的交叉使用，新技术的获取方式与来源渠道决定了数实技术融合的内在特性，影响了数实技术融合对企业绿色转型的推动效果。新技术的来源可能导致其对环境的影响效应存在差异，尤其是国外新技术的引进和吸收往往暗含着“技术锁定”“水土不服”“受制于人”等风险，更加难以实现企业的绿色转型期望。相较于许多发达国家依赖市场自发调节的模式，中国通过顶层设计将环保目标深度融入技术发展战略，使得本土新技术在节能减排、循环利用和低碳化等方面更具竞争力。根据国家统计局的相关划分标准，本文采用 CSMAR 数据库中提供的企业所属省份中规模以上工业企业技术迭代经费支出的均值对样本进行划分，回归结果如表 10 所示。不论是采取境外引进，还是吸收措施，数实技术融合都难以对企业绿色转型起到显著推动作用，这可能源于企业引入的境外新技术具有成熟度高且专用性强特征，绿色属性短缺和高成本带来的挤出效应成为企业绿色转型的阻碍。此外，境内技术交易或技术改造更有助于数实技术融合对企业绿色转型的推动作用。这不仅体现了我国市场制度和宏观决策的科学性，还强调了坚持新技术应用与实践对企业绿色发展的重要作用。

表 10 异质性分析——技术迭代方式

变量	境外技术引进和吸收				境内技术购买		技术改造	
	引进高组	引进低组	吸收高组	吸收低组	高组	低组	高组	低组
TC	0. 2716 (0. 1694)	0. 5024 *** (0. 1923)	0. 3028 (0. 1910)	0. 4231 *** (0. 1470)	0. 4430 *** (0. 1558)	0. 2037 (0. 1991)	0. 3709 *** (0. 1426)	0. 4478 (0. 2831)
Constant	25. 0877 *** (3. 8049)	23. 2339 *** (4. 1154)	26. 2128 *** (3. 8500)	21. 7701 *** (3. 3726)	22. 8005 *** (3. 7032)	24. 2486 *** (3. 8756)	24. 1310 *** (3. 5665)	22. 7558 *** (4. 9817)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
邹检验 P 值	0. 0000		0. 0000		0. 0604		0. 0497	
N	6808	6248	4632	8395	7397	5639	9671	3380
Adj. R ²	0. 3545	0. 4221	0. 3641	0. 3845	0. 3510	0. 4088	0. 3480	0. 4455

注：*** 表示显著性水平为 1%，括号内是聚类（城市）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

2. 企业绿色转型动力

利益相关者理论表明，企业绿色发展决策以及价值目标选择与投资者、管理者、政府和社会公众的诉求息息相关，出于利益相关者关系维护的动机，企业更有意愿增强环保意识，进而加快自身绿色转型进程。本文以企业机构投资者持股比、管理者短视程度和政府与公众环保关注度等指标作为分组依据。政府与公众环保关注度采用政府和公众环保关注度用公众环境研究中心（IPE）和自然资源保护协会（NRDC）共同发布的污染源监管信息公开指数（PITI）表征；管理者短视指标来自 WinGo 财经文本数据平台中针对管理层讨论与分析章节的分词处理后的词频数据。表 11 结果表明，在机构投资者持股比例较低和管理者短视程度较低的企业中，数实技术融合能显著提升企业绿色转型水平。机构投资者持股比较高的企业往往面临较大的盈利压力，导致短期内企业难以进行绿色转型。管理者对企业长期可持续发展的关注进一步加速了数实技术融合推动企业竞争力提高和绿色转型的进程，有利于企业发展模式的转换。此外，相较于企业外部相关者，企业内部相关者的绿色偏好对企业绿色转型的影响效果更为直接。

表 11 异质性分析——企业绿色转型动力

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	机构投资者 持股比高	机构投资者 持股比低	PITI 得分高组	PITI 得分低组	管理者短视 高组	管理者短视 低组
TC	0. 1793 (0. 2976)	1. 0470 *** (0. 3596)	0. 3691 ** (0. 1471)	0. 1884 (0. 3322)	-1. 1210 * (0. 6237)	1. 4540 ** (0. 6534)
Constant	22. 5397 *** (5. 3503)	19. 8792 ** (9. 1951)	23. 8018 *** (3. 0299)	22. 8155 *** (6. 8732)	23. 2039 (13. 9892)	30. 5199 *** (11. 0452)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
邹检验 P 值	0. 0000		0. 6060		0. 0001	
N	4145	2727	10636	1919	977	1178
Adj. R ²	0. 4787	0. 5101	0. 3548	0. 5335	0. 6293	0. 5865

注：*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%，括号内是聚类（城市）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

3. 企业竞争环境

区域市场整合度和企业所有权性质决定了企业面临的市场竞争环境，是影响企业竞争力机制的关键。本文基于商品价格的相对价值计算了地区市场分割指数（桂琦寒等，2006），并对市场分割指数取倒数后进行对数化处理，得到企业所在地区的市场一体化水平。根据区域市场一体化程度和企业性质进行分组回归。表 12 结果表明，在市场一体化水平较高地区和非国有企业中，数实技术融合能显著提升企业绿色转型水平。更高的市场竞争水平能够有效激励企业依靠数字技术提升自身竞争力，进而获取更多市场需求与发展机会，为绿色转型提供资源和技术支持。数实技术融合的竞争力增强机制对国有企业绿色转型的促进效果不明显或许与要素的边际效用递减有关。

表 12 异质性分析——企业竞争环境

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	市场一体化高组	市场一体化低组	国有企业	非国有企业
<i>TC</i>	0.4483 *** (0.1521)	0.2286 (0.1691)	-0.2445 (0.3022)	0.5809 *** (0.1491)
<i>Constant</i>	22.4557 *** (3.3734)	25.9838 *** (3.3639)	19.3135 *** (6.3537)	28.8293 *** (4.0483)
控制变量	YES	YES	YES	YES
固定效应	YES	YES	YES	YES
邹检验 P 值	0.0164		0.0013	
N	9690	6326	4280	10800
Adj. R ²	0.3953	0.3840	0.4888	0.3824

注：*** 表示显著性水平为 1%，括号内是聚类（城市）稳健标准误。
资料来源：作者利用软件 Stata16 计算整理。

六、结论与政策建议

加快数字经济与实体经济深度融合，发挥数字技术的竞争力增强效应，进而促进企业发展转型，对于实现企业持续增长与环境保护意义重大。本文基于资源基础观与动态能力理论、借鉴波特模型的研究内容，将企业竞争力分解为内外交互的供应链竞争力、作为独特性资源的产品竞争力和效率提升的持续经营竞争力，对数实技术融合推动企业绿色转型进行理论分析和机制探讨。基于 2010—2021 年中国企业专利数据和沪深 A 股上市公司数据，通过专利 IPC 分类号识别并构建企业数实技术融合指标，检验数实技术融合对企业绿色转型的影响。结果表明，数实技术融合显著推动企业向绿色发展模式转换，该结论在经过一系列稳健性检验后仍然成立。机制分析表明，数实技术融合能够提高企业话语权、促进产品优化和增强持续经营能力，有利于实现企业竞争力的提升，激发企业绿色转型意愿。此外，数实技术融合对企业绿色转型的影响存在异质性，对通过境内交易或自主改造进行技术迭代、利益相关者具有较高绿色发展诉求、市场竞争水平高地区的企业而言，数字技术融合对绿色转型的推动作用更为明显。

基于研究结论，本文形成以下政策启示。

第一，为充分发挥产品竞争力在数实技术融合促进企业绿色转型中的关键作用，建立完善的数实融合绿色产品的认证与推广体系，制定包含数字技术应用深度、碳足迹追踪能力等核心指标的评价标准，对通过认证产品实施政府采购优先、电商平台流量扶持和出口通关便利等政策，并设立统一标识开展全国推广，或考虑将该类产品市场占有率纳入高新技术企业认定指标。此外，对践行数

实技术融合并实现产品竞争力提升的企业可以给予销售环节税收优惠，支持企业运用数字孪生技术优化产品设计，实现性能提升与材料节约的双赢。

第二，为充分发挥供应链竞争力在数实技术融合促进企业绿色转型中的关键作用，构建基于区块链技术的绿色供应链协同平台，支持龙头企业将物联网、大数据等数字技术深度嵌入供应链全流程管理，实现从原材料采购到产品销售的全链路数字化管控和碳排放实时监测。对建立此类智能化供应链管理系统的企业给予技改补贴，并优先纳入政府采购供应商名录。同时，鼓励核心企业牵头组建产业生态联盟，通过共享供应链数字平台带动上下游企业协同减排，对成功实现供应链整体碳减排的联盟给予税收减免激励。将数实融合技术与供应链管理深度结合，既提升了供应链的绿色化水平，又强化了企业的供应链掌控力。

第三，为充分发挥可持续经营竞争力在数实技术融合促进企业绿色转型中的关键作用，打造基于人工智能的智能财务管理系统，支持企业将大数据分析、机器学习等技术深度融入经营决策和资本运作，实现盈利能力与市场价值的双重提升。对建立智能财务预测系统的企业给予数字化改造补贴，并考虑将其优先纳入上市公司 ESG 评级优选名单。激励研发和推广企业价值评估模型和资本配置优化算法，帮助企业在绿色转型过程中实现资源最优配置。通过建立企业价值数字监测平台，将碳排放效率、绿色资产占比等环境指标与市盈率、市净率等估值指标深度关联，使绿色转型成效直接转化为市场估值提升，实现经济效益和环境发展的协同。

第四，在实现数实技术融合的过程中，企业应科学地选择技术迭代方式。短期内，可通过技术引进和购买填补技术空白或技术代差；中期，对引进技术消化吸收并实施改造；长期，则应转向自主研发，通过持续改进实现技术积累，更加适配中国本土需求，实现与环境友好、可持续发展相协调的绿色发展转型。政府补贴政策应当重点向技术改造项目倾斜，同时充分发挥环境友好型优惠政策的导向作用，以此培育新技术的初始绿色属性。技术改造作为技术升级的重要路径，能够有效避免企业陷入技术引进的依赖陷阱。通过建立完善的绿色技术改造标准体系和差异化的补贴政策，对达到特定环保标准的项目给予更高比例的补贴支持，并配套实施绿色信贷、税收优惠等激励措施，系统性地引导企业的技术成果向绿色低碳方向转型。

参考文献

曹增栋、岳中刚、夏文浩（2025）：《数实产业技术融合与制造业企业污染减排——基于上市企业专利引用信息的研究》，《经济经纬》第2期，第110—120页。

陈雨露（2023）：《数字经济与实体经济融合发展的理论探索》，《经济研究》第9期，第22—30页。

崔惠玉、王宝珠、徐颖（2023）：《绿色金融创新、金融资源配置与企业污染减排》，《中国工业经济》第10期，第118—136页。

崔琳昊、冯烽（2024）：《数实融合与城市绿色发展：影响与机制》，《上海财经大学学报》第4期，第49—63页。

戴翔、杨双至（2022）：《数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型》，《中国工业经济》第9期，第83—101页。

董保宝、葛宝山、王侃（2011）：《资源整合过程、动态能力与竞争优势：机理与路径》，《管理世界》第3期，第92—101页。

冯晨、朱星姝、吴丰华等（2023）：《工业用地出让价格对企业投资的影响：基于“以地引资”的视角》，《数量经济技术经济研究》第11期，第180—201页。

桂琦寒、陈敏、陆铭等（2006）：《中国国内商品市场趋于分割还是整合：基于相对价格法的分析》，《世界经济》第2期，第20—30期。

郭金花、朱承亮（2024）：《数字化转型、人力资本结构调整与制造业企业价值链升级》，《经济管理》第1期，第47—67页。

郭俊杰、方颖、郭晔 (2024):《环境规制、短期失败容忍与企业绿色创新——来自绿色信贷政策实践的证据》,《经济研究》第 3 期,第 112—129 页。

韩峰、黄敏、姜竹青 (2024):《企业数字化、网络地位与污染减排》,《世界经济》第 2 期,第 204—232 页。

洪银兴、任保平 (2023):《数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径》,《中国工业经济》第 2 期,第 5—16 页。

黄先海、高亚兴 (2023):《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》,《中国工业经济》第 11 期,第 118—136 页。

黄先海、王瀚迪、孙涌铭等 (2023):《数字技术与企业出口质量升级——来自专利文本机器学习的证据》,《数量经济技术经济研究》第 12 期,第 69—89 页。

江鑫、胡文涛、许文立等 (2024):《政府绿色采购如何激发企业绿色创新活力》,《数量经济技术经济研究》第 11 期,第 200—220 页。

李金昌、连港慧、徐蔼婷 (2023):《“双碳”愿景下企业绿色转型的破局之道——数字化驱动绿色化的实证研究》,《数量经济技术经济研究》第 9 期,第 27—49 页。

李婉红、李娜 (2023):《绿色创新、数字化转型与高耗能企业碳减排绩效》,《管理工程学报》第 6 期,第 66—76 页。

李万利、刘虎春、龙志能等 (2023):《企业数字化转型与供应链地理分布》,《数量经济技术经济研究》第 8 期,第 90—110 页。

李颖、吴彦辰、田祥宇 (2023):《企业 ESG 表现与供应链话语权》,《财经研究》第 8 期,第 153—168 页。

林汉川、管鸿禧 (2005):《中国不同行业中小企业竞争力评价比较研究》,《中国社会科学》第 3 期,第 48—58 页。

刘柏、鞠瑶蕾 (2024):《“大水漫灌”到“精准滴灌”:企业流程数字化与商业信用结构调整》,《南开管理评论》,第 1—22 页。

任保平、王子月 (2023):《数字经济时代中国式企业现代化转型的要求与路径》,《西北工业大学学报 (社会科学版)》第 4 期,第 78—86 页。

斯丽娟、曹昊煜 (2022):《绿色信贷政策能够改善企业环境社会责任吗——基于外部约束和内部关注的视角》,《中国工业经济》第 4 期,第 137—155 页。

宋德勇、朱文博、丁海 (2022):《企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察》,《财经研究》第 4 期,第 34—48 页。

唐萍萍、任保平 (2023):《中国式生态现代化的理论逻辑、实践逻辑与政策逻辑》,《西北工业大学学报 (社会科学版)》第 4 期,第 18—26 页。

陶锋、王欣然、徐扬等 (2023):《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》,《中国工业经济》第 5 期,第 118—136 页。

屠西伟、张平淡 (2024):《企业数字化转型、碳排放与供应链溢出》,《中国工业经济》第 4 期,第 133—151 页。

王博、康琦 (2023):《数字化转型与企业可持续发展绩效》,《经济管理》第 6 期,第 161—176 页。

王节祥、龚奕潼、陈威如等 (2024):《在位企业如何利用数字技术应对颠覆式创新:资源可扩展性的视角》,《南开管理评论》第 9 期,第 1—19 页。

王茂斌、叶涛、孔东民 (2024):《绿色制造与企业环境信息披露——基于中国绿色工厂创建的政策实验》,《经济研究》第 2 期,第 116—134 页。

巫强、姚雨秀 (2023):《企业数字化转型与供应链配置:集中化还是多元化》,《中国工业经济》第 8 期,第 99—117 页。

肖土盛、董启琛、张明昂等 (2023):《竞争政策与企业劳动收入份额——基于反垄断法实施的准自然实验》,《中国工业经济》第 4 期,第 117—135 期。

张自然、海梅红 (2025):《数实融合促进绿色全要素生产率提升研究》,《经济纵横》第 3 期,第 54—65 页。

Acemoglu, D., U. Akcigit and D. Hanley, et al. (2016), “Transition to Clean Technology”, *Journal of Political Economy*, 124 (1), pp. 52 – 104.

- Ma, J. , Q. Liu and Q. Y. Zhao, et al. (2024), “From Bytes to Green: The Impact of Supply Chain Digitization on Corporate Green Innovation”, *Energy Economics*, 139, 107942.
- Porter, M. E. (1979), “How Competitive Forces Shape Strategy”, *Harvard Business Review*, 57 (2), pp. 78 – 93.
- Wen, H. , Q. Zhong and C. C. Lee (2022), “Digitalization, Competition Strategy and Corporate Innovation: Evidence from Chinese Manufacturing Listed Companies”, *International Review of Financial Analysis*, 82, 102166.
- Xu, Q. and T. Kim (2022), “Financial Constraints and Corporate Environmental Policies”, *Review of Financial Studies*, 35 (2), pp. 576 – 635.
- Zhang, X. , M. Zou and W. Liu, et al. (2020), “Does a Firm’s Supplier Concentration Affect Its Cash Holding”, *Economic Modelling*, 90, pp. 527 – 535.
- Zhao, Q. F. , Z. Li and Y. H. Yu (2021), “Does Top Management Quality Promote Innovation? Firm-Level Evidence from China”, *China Economic Review*, 65, 101562.

Digital-real Technological Integration, Corporate Competitiveness and Green Transformation

ZHANG Xinyue^{1,2}, LIU Zhiyun^{1,2}, SHI Bo³

(1. Research Institute on Economy and Development of Western China, Northwest University, Xi’an 710127, China;

2. School of Economics and Management, Northwest University, Xi’an 710127, China;

3. School of Digital Economics and Management, Nanjing University, Nanjing 215163, China)

Abstract: The deep convergence of digital economy and real economy is the source of enterprise competitiveness, and also brings new turnaround for green transformation. Based on resource-based view, dynamic capabilities theory and Porter’s competitiveness model, this paper constructs a multidimensional enterprise competitiveness analysis framework including supply chain competition, product competition and operation competition, and identifies the digital-real technological integration behaviors of Chinese listed enterprises from 2010 – 2021 with patent IPC classification numbers, and carries out theoretical analyses and empirical tests of competitiveness enhancement mechanisms of digital-real technological integration for enterprise green transformation. It is found that the digital-real technological integration has a positive effect on the green transformation of enterprises, which enhances the overall competitiveness of enterprises and cracks the dilemma of green transformation by improving the discourse power of enterprises, promoting product optimization, and enhancing the ability of sustained operation. The catalytic effect of digital-real technological integration on green transformation is more pronounced for enterprises that predominantly engage in domestic transactions or self-initiated transformation, possess stakeholders with strong environmental demands, and operate in highly competitive markets. This paper supplements the research on the mechanism of exerting the green effect of digital technology, which is of practical significance in accelerating comprehensive green transformation of economic and social development.

Key Words: digital-real technological integration; digital economy; green transformation of enterprise; enterprise competitiveness; technological iteration

责任编辑：周枕戈