

从“叠加”到“融合”： 企业数绿协同与全要素生产率*

向海凌 任晓怡 吴 非

摘要:企业数字化、绿色化是当前经济前沿发展的两大重要方向,二者的协同转型是新阶段培育新质生产力的最新要求。本文基于2007—2023年中国沪深A股上市企业数据,构建企业数字化绿色化协同转型指数,检验其对企业全要素生产率的影响、机制和基础作用条件。研究发现,企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率有显著的增益效果,该结论在一系列稳健性与内生性检验后依旧成立。异质性分析表明,协同转型的生产率增益在面临较高创新风险或政策不确定性感知、ESG表现更优以及管理层具备长远视野的企业中更为明显。机制检验揭示,协同转型对全要素生产率的促进路径在于改善企业内外部预期和提高资本配置效率。进一步研究发现,同行业的同群效应能够放大协同转型的生产率效果,而未发现跨行业同群水平具有显著调节作用。本文的结论有助于理解企业数字化绿色化协同转型的作用机制与边界条件,并为企业制定转型战略、推动高质量发展提供参考。

关键词:数字化绿色化协同转型;全要素生产率;同群效应

一、引言

在新一轮科技革命和产业变革中,数字化和绿色化构成了现阶段经济高质量发展的两大关键议题(任保平,2024)。实体经济在实践中沿着“数字化”“绿色化”主线开展了大量转型活动:一方面,数字技术是实现绿色目标的催化剂和倍增器(李金昌等,2023;曹裕等,2023;周红根等,2025);另一方面,低碳绿色发展逐渐成为数字化可持续发展的基本准则

*向海凌,广东金融学院金融与投资学院,邮政编码:510521,电子邮箱:47-325@gduf.edu.cn;任晓怡(通讯作者),广东金融学院数字经济与金融强国建设研究院,邮政编码:510521,电子邮箱:renxiaoyi@gduf.edu.cn;吴非,广东金融学院数字金融与高质量发展研究基地,邮政编码:510521,电子邮箱:wufei@m.scnu.edu.cn。

本文系国家社科基金青年项目“数字化绿色化政策协同对未来产业发展的影响评估、机制分析与优化路径研究”(25CJY001)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的修改建议。文责自负。

(许晖等, 2024; She&Zhang, 2024; Ai et al., 2025)。尽管“以数赋绿”和“以绿强数”成为诸多企业的共性选择,但需要注意的是,企业这两类转型活动在目标导向和技术路径上并非天然一致。在当前经济政策不确定性加剧、尖端前沿技术迭代提速和经济转型需求深刻转变的历史交汇点上,这两种“单点式”的转型活动对于企业发展提质增效所具有的潜在促进作用可能会面临衰减(高升、郑琦, 2025)。特别地,在政策供给和制度改革进入攻坚阶段的背景下,缺乏协同的“异质性”企业转型活动可能难以胜任新阶段下培育新质生产力的时代诉求。

为了积极应对上述挑战,需要增强“数字化—绿色化”转型活动的取向一致性,以“数绿融合”促进实体经济发展,这已成为近年来国家政策顶层设计的重要关切。具体来看,2021年,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》,将“数字化”和“绿色化”分别置于两个独立的篇章中进行阐述,从而确立了“数字化”“绿色化”在经济社会发展中的地位。进一步地,在《“十四五”国家信息化规划》中,提出“推动数字化绿色化协同发展”的要求。2022年,习近平总书记明确阐述了“我们要加强经济技术合作,加速数字化绿色化协同发展,推进能源资源、产业结构、消费结构转型升级,推动经济社会绿色发展”,进一步明确了数字化绿色化协同发展的政策导向。随后,有关部门先后印发《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》《促进数字化绿色化协同转型发展实施方案(2026—2030年)》的政策文件,为健全数字化绿色化协同转型的工作机制提供了具体的行动纲领。这一系列政策部署表明,引导企业迈向数字化绿色化协同转型,已成为新阶段经济发展的明确政策导向,这与“十五五规划”提出的“坚持智能化、绿色化、融合化方向”的要求一致。基于此,本文考察数字化绿色化协同转型对企业全要素生产率的影响、作用机制及边界条件。

从已有的学术研究积累进行审视,当前的研究模式与实践中的演进方向还存在一定的错位。具体来看,大量文献的研究视角都是“单点式”的,即关注单一数字化转型(吴非等, 2021; 陶锋等, 2023),抑或是绿色转型(徐枫等, 2022; 林平等, 2024; 谭建华等, 2025)的经济效应,这种割裂式的研究与企业转型的复合性特征并不匹配,单一维度的研究难以完整刻画企业转型活动。尽管当前的研究开始关注转型过程中的协同问题,开始有文献从理论层面分析协同转型的机制与路径(金珺等, 2025; 栗伊萱、翟云, 2025),就数字化绿色化协同进行了测度尝试(李慧云等, 2025),并从就业效应(张燕, 2025)、ESG提升效应(李杨、姚晓燕, 2025)的维度探讨了企业数字化绿色化协同转型的作用效果。即便如此,现有关企业数字化绿色化协同转型的研究,尚未系统考察协同转型对企业全要素生产率的影响,现有研究尚不足以判断协同转型能否提高实体企业的生产率。基于此,本文考察企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率的影响、作用机制及边界条件,以期为企业通过数字化绿色化协同转型促进高质量发展提

供经验参考。

本文的边际贡献主要体现在以下三个方面:一是将企业“数字化—绿色化”转型从两个独立的议题整合成协同推进的分析框架,同时针对二者共同作用的生产率净效应展开了严谨的因果关系识别工作。目前已有的相关文献通常将数字化转型与绿色转型作为两条平行线索进行分别考察,本文则把这二者间的协同关系定义为一种可产生复合效应的企业内部战略抉择。在上述基础上,本文构建出可衡量企业“数绿协同”水平的综合指标体系,识别该体系对企业全要素生产率形成的净效应。二是深化对协同转型所产生经济后果的认知,清晰地把握其价值创造过程中的内在逻辑以及外部边界。本文进一步考察协同转型影响生产率的作用机制,从信号传递与资源配置两个核心维度展开分析,从内外部预期与资本配置效率两个维度检验潜在机制。特别地,本文清晰界定了协同转型生产率效应的边界条件,为企业制定转型战略时提供契合实际情境的决策参考。三是构建并检验“内部能力—外部网络”的分析框架,厘清了转型溢出效应所涉及的行业边界。本文突破传统视企业为孤立决策主体的研究框架,证实企业协同转型效用受到知识溢出效应与学习网络结构的双重调节作用。这种以“内部能力—外部网络”为核心搭建的分析框架,将转型效果的评估从原本聚焦“是否有效”的平均效应维度,延伸至融合多层次特性与系统性特征的条件机制维度,从而为深入探究微观主体的战略互动在转型进程中的具体影响补充了企业协同转型外部条件的相关研究。

二、理论分析与研究假说

(一)整体影响分析

企业数字化绿色化协同转型(后文统称“协同转型”)对全要素生产率产生的影响,可能体现为数字技术与绿色技术互补形成的协同效应。第一,从协同转型的内在逻辑看,协同转型的核心所在是促进数字技术与绿色技术的功能互补,并将二者嵌入同一生产过程,形成数字技术为绿色生产提供感知、核算与优化工具,绿色目标为数字化应用提供低碳和高效导向的互动关系(高智林、谭文浩,2024)。第二,协同转型主要通过技术互补与流程重塑影响生产率。在技术互补层面,数字化感知与智能分析有助于识别绿色技术的节能减排潜力,绿色管理要求推动数字系统纳入能源流和价值流信息;这种技术融合让企业能对能源消耗和排放数据开展实时的闭环管理,让绿色合规成本转化成效率提升的推进力,在既定投入下提高产出效率(Horbach&Rammer,2019)。在流程重塑的层面而言,协同转型促使企业降低部门间协同障碍,搭建基于数据共享的研发、制造、物流一体化绿色流程,减少非增值环节和内部协调成本;数据驱动的跨部门合作还减少了因信息不对称造成的产能闲置以及库存积压问题,提高人力、物料等要素的动态匹配精度,从而拓展要素配置效率的提升空间(陈剑等,2020)。第

三,从协同增益性质的情况来看,数字化与绿色化的融合并非使两种转型活动平行推进,而是利用技术互补和流程再造打造一种新的生产组织模式,产生超越两类单一转型简单相加的生产率协同效应,更重要的是,这种增益有着自我强化的特点:技术互补造成的效率增进越可观,企业越有意愿把更多数字资源投入绿色化这一环节,形成数字化与绿色化相互促进的正向反馈,持续推动生产函数前沿上移。基于上述分析,本文提出待检验的假说:

假说1:企业数字化绿色化协同转型能够提高企业全要素生产率水平。

(二)作用机制分析

1.内外部预期改善机制

协同转型将两类战略活动融合为可观测、可验证的行为序列,系统地减少了信息不对称。具体来看,数字技术针对碳排放、能源消耗等绿色指标开展实时的记录和存证,使原本以企业自我声明为依据的环境绩效转化为可追溯、可验证的量化信息(Saed, 2020;姜中裕、吴福象, 2024),外部利益相关方可据此更准确地评估企业绿色承诺的真实性与执行强度,从而压缩了象征性环保行为获取声誉收益的空间(Zhu&Li, 2025)。在此基础上,协同转型向资本市场、供应链伙伴以及内部员工等主体传递差异化的增量信息,对资本市场而言,企业协同转型体现出的跨领域整合能力,释放出管理层对未来规制与技术方向的判断信号,外部投资者据此认为企业已提前配置相关技术和资源,由此确立对企业长期价值的正向评估(刘柏、郭书妍, 2023);就供应链维度来看,可验证的绿色绩效使得上下游企业间信息搜寻成本下降,稳定了合作关系的发展预期;对企业内部员工而言,协同转型所依托的数字化绿色化融合平台,使战略目标和执行路径透明度提升,员工可更确切地知悉组织发展方向,从而降低因战略不清晰造成的内部摩擦。上述信号的交融,令企业内、外部信息环境有系统性的改善,外部利益相关者对企业履约能力以及发展前景的考量更趋稳健,内部成员对组织承诺与职业前景的预期趋于稳定,二者共同让内外部预期得到改善。

内外部预期改善可通过延长投资决策期限和提高组织资源配置效率,促进全要素生产率提升。其一,内外部预期改善直接对企业的投资决策函数加以改变,当资本市场对企业未来盈利的预期往积极转变,企业市场价值对资本重置成本的比率有所上升,投资的预期边际回报随之上升,企业由此更加倾向于加大资本投入(Purnamawati et al., 2022)。这种由预期引发的投资扩张不仅体现为资本投入规模扩大,而是更多地朝着技术含量更高、回报周期更长的研发项目与智能设备集中,可能推动企业生产技术前沿外移。其二,预期改善提升组织内部资源配置效率,当管理层对市场前景以及政策环境有稳定预期,决策视野逐渐摆脱短期波动的局限,更有动力持续优化组织流程、积累技术能力,并减少为应对短期不确定性而频繁调整经营策略,这种决策着眼于长期的方式,使人力、物力和技术资源在更稳定的组织框架当中达成优化配置,技术创新与流程改进活动能持续地开展,生产率的提升由此获得了制度化的组

织保障,本文提出:

研究假说2a:企业数绿协同能改善企业内外部预期,进而促进企业全要素生产率提升。

2.资本配置优化机制

协同转型优化资本配置的机制在于,通过数字能力与绿色能力的互补,降低资本配置过程中信息摩擦和协调成本。具体来看,企业能力的价值不仅取决于单项资源,还取决于资源之间的互补程度。协同转型所形成的互补关系主要表现在数字技术为绿色投资决策提供事前模拟和事中监测的精确工具(吴玉宇、吴鑫,2024),将原来难以量化的环境效益变成可纳入财务评估的经济参数(Becchetti et al.,2022)。该转换使企业可以更加精确地找到兼具环境效益与经济收益的项目,并在投资中将资本配置至边际产出高的绿色资产上(舒欢、黄婷婷,2024)。数字化平台可以对生产设备进行实时监测和预测性维护,从而提高存量资本的使用效率(耿端阳等,2024),释放出被低效占用或者闲置的资本,这部分资本又可以再投入到研发活动等高回报领域(贾晓霖等,2025)。上述机制的核心,就是协同转型提供更充分的信息和更有效的协调机制,降低了资本在企业内部各部门、各项目之间的流动摩擦,促使资本依据不同项目的边际回报率重新配置,持续改善配置结构。

资本配置效率的改善对于全要素生产率而言具有重要作用(Du et al.,2022)。协同转型形成的资本配置优化可以分为两个方面。第一,资本结构升级与技术进步。资本更倾向于投向技术含量较高的智能低碳设备;先进资本品所包含的技术知识可在资本更新过程中促进生产技术升级,资本更新所体现的技术进步可能推动生产技术前沿外移(苑泽明等,2024)。第二,内部资源的重新分配。资本从低边际产出部门转移到高边际产出部门,在给定要素投入总量不变的情况下,配置效率提升带来了产出的净增长(苑泽明等,2024)。因此,本文提出了如下有待检验的假说:

研究假说2b:企业数绿协同能优化企业资本配置质效,进而促进企业全要素生产率提升。

(三)基于同群效应视角下的理论分析

在现实中,企业战略行为嵌入于由同业竞争者与异业参与者共同构成的社会网络之中,这种网络嵌入性意味着协同转型的生产率效应并非仅由企业自身投入规模决定,还取决于其与所处网络中其他企业转型进程的相对位置。从同行业同群效应维度来分析,一方面,同行业同群效应为标的企业提供了更多可借鉴经验,降低了自身转型的试错成本,有助于企业更精准地进行技术路线选择与资源配置。另一方面,面对行业内加剧的竞争态势,企业协同转型成为维持或提升市场地位的必要回应,其改善生产率的边际效用也因此变得更高。企业在同群转型氛围中,能够更有效地将自身转型投入转化为生产率增益;与此同时,行业竞争基准随之提高,其生产率改善的幅度会因此扩大。进一步地,从不同行业的同群效应来分析,第一,不同行业间的技术、市场与规制环境的异质性,限制了经验的可移植性,其他行业的转型

实践难以对标的企业自身的转型效率产生直接影响。第二,跨行业企业之间通常缺乏直接的产品市场竞争,标的企业缺乏为应对外部行为而调整自身转型策略的即期动机,同群的竞争机制在此处的适用性明显降低。第三,知识与技术的跨行业溢出往往存在更长的时间滞后期与更复杂的传导链条,其效果在本文的考察期内可能尚未显现,需要更长的时间序列数据加以验证。由此,本文提出有待检验的假说:

研究假说3:在同行业企业数绿协同强度增加的条件下,标的企业数绿协同对全要素生产率的促进作用得以增强;相比之下,不同行业的企业数绿协同水平的积极调节作用并不明显。

三、研究设计

(一)数据来源

本文以2007—2023年沪深A股上市公司作为研究对象,企业微观财务数据源自Wind和CSMAR数据库,宏观经济数据则源于国家统计局。在进行回归分析前,本文对原始数据进行了如下样本筛选与数据处理:①剔除金融业和房地产业样本,以避免这些行业独特的财务结构与监管政策对模型估计结果可能造成的系统性偏离;②将样本观测期内被特别处理(ST、*ST、PT)的公司予以剔除,以降低异常财务状况对估计结果的影响;③考虑到首次公开募股(IPO)事件会对公司财务指标产生非惯常扰动,本文从样本中移除了公司上市当年的观测值;④为减轻离群极端值对参数估计的干扰,本文对所有微观层面连续型变量在1%和99%分位进行缩尾处理。

(二)变量设定

1.被解释变量

企业全要素生产率(TFP)。本文参照Levinsohn和Petrin(2003)的半参数估计方法测算企业全要素生产率,以有效克服传统估计中要素投入与生产率冲击同期相关所引致的联立偏误问题。在指标选取上,产出变量(Y)采用企业年度营业收入衡量;劳动投入(L)采用企业员工总人数衡量;资本投入(K)采用企业固定资产净值衡量;作为代理变量的中间品投入(M)则采用企业购买商品、接受劳务实际支付的现金衡量。为消除价格因素的干扰,上述涉及价值的变量均利用相应的价格指数平减为以2007年为基期的不变价数据。在此基础上,通过对数化柯布一道格拉斯生产函数的回归估计,据此估计企业层面的生产率项。

2.核心解释变量

企业数字化绿色化协同转型(DGF)。为量化企业层面“数字化”与“绿色化”转型两者间的协同发展水平,已有文献多采用耦合协调度模型测度数字化绿色化协同转型(李慧云等,2025;王智新、张永琪,2026)。具体处理上,本文首先借鉴已有研究,分别测算出企业的数字

化转型指数(D)(吴非等, 2021)与绿色化转型指数(G)(徐斯旻等, 2024)。考虑到这两个核心指标的测算方法与数值量纲存在差异, 为消除量纲影响并保证后续计算的合理性, 本文对 D 与 G 两个指标均进行了归一化处理, 将它们的取值统一至 $[0, 1]$ 的闭区间内。在此基础上, 本文构建了耦合度指数 C , 用以衡量数字化与绿色化发展水平的相对匹配程度。 C 值越高, 表明二者的相对差距越小。其计算公式如下:

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{D \times G}{(D + G)^2}} \quad (1)$$

在其中, C 的取值在 $[0, 1]$ 区间。当 C 值趋近于1时, 意味着企业数字化与绿色化转型之间存在高度的耦合关联; 反之, 若 C 值趋近于0, 则表明数字化与绿色化发展水平高度失衡, 或其中一项接近零。

进一步地, 为从整体上评判两个转型方向的协同发展水平, 本文构建了协调指数 T , 该指数反映的是两者数字化与绿色化发展水平的加权综合值。计算方式设定如下:

$$T = \alpha \times D + \beta \times G \quad (2)$$

T 值大小表征企业在数字化与绿色化两个维度上发展的优劣程度。式中 α 与 β 分别为两个子系统的权重。考虑到当前政策背景下, 数字化与绿色化转型具有同等的重要性, 本文设定 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

最后, 在耦合度 C 与协调指数 T 的基础上, 本文通过几何平均法构建了最终的衡量指标——企业数字化绿色化协同转型指数(DGF)。该指标能够同时捕捉两个子系统间的交互强度(由 C 度量)以及整体协同发展的绩效水平(由 T 度量)。其表达式为:

$$DGF = \sqrt{C \times T} \quad (3)$$

由此, DGF 作为衡量企业数字化绿色化转型水平的综合指数, 其取值同样介于 $[0, 1]$ 区间。该数值越大, 则表明企业在推进数字化与绿色化进程中的协同发展水平越高, 二者的发展也更为均衡与融合。

3. 控制变量

本文在已有文献的基础上(吴非等, 2021; 徐斯旻等, 2024), 纳入了“微观—宏观”控制变量集。在微观层面, 引入反映企业基本特征的变量: 以总资产自然对数计量的企业规模($Asset$); 用总负债除以总资产定义的企业杠杆率(Lev); 以及企业成立年数的自然对数所表征的企业年龄(Age)。其次, 为反映企业的市场表现与成长能力, 本文控制了股票流动性($Liqui$), 该指标使用Amihud非流动性指标衡量, 并加入了营业收入增长率(RGR)。再者, 针对公司治理与股权结构, 模型还包含了管理层持股比例(MSO); 衡量内部制衡的董事长与总经理两职合一虚拟变量($Dual$; 是则取值为1, 否则为0); 反映会计信息质量的审计意见类型($Audit$; 标准无保留意见取值为1, 否则为0); 以及企业国有产权归属($SOEs$; 是则

取值为1,否则为0)。在宏观层面,为吸收地方经济环境差异的影响,本文还控制了城市层面的经济要素:用以代表地区经济发展程度的城市人均地区生产总值的自然对数($PGDP$),和用以代表地区产业结构的第三产业增加值占GDP的比重($TGDP$)。变量的描述性统计见表1。

表 1		描述性统计			
变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
TFP	28487	8.328	1.038	5.999	11.116
DGF	28892	0.510	0.141	0.000	0.965
$Asset$	28892	22.285	1.294	19.742	26.269
Lev	28892	0.420	0.199	0.059	0.895
Age	28892	2.933	0.327	1.792	3.526
$Liqui$	28886	0.045	0.050	0.002	0.438
MSO	28892	0.141	0.193	0.000	0.669
RGR	28871	0.338	0.869	-0.675	6.459
$Dual$	28892	0.296	0.453	0.000	1.000
$Audit$	28892	0.975	0.155	0.000	1.000
$SOEs$	28231	0.335	0.472	0.000	1.000
$PGDP$	28892	11.539	0.520	8.773	13.056
$TGDP$	28892	56.233	13.028	10.150	85.105

(三)模型设定

本文设定了如下模型检验企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率的影响:

$$TFP_{it} = \alpha + \beta DGF_{it} + \sum CVs_{it} + \sum Year_t + \sum Firm_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, TFP 表示企业 i 在第 t 年的全要素生产率水平, DGF 表示企业数字化绿色化协同转型指数, CVs 为控制变量集。为控制企业不随时间变化的异质性和共同年份冲击,本文纳入企业固定效应($Firm$)与年份固定效应($Year$); ε 为模型的随机扰动项。

四、实证结果与经济解释

(一)基准关系检验

表2报告了企业数字化绿色化协同转型(DGF)对全要素生产率(TFP)影响的基准回归结果。本文采用递进式的回归策略:模型(1)仅控制企业固定效应与年份固定效应;模型(2)在此基础上纳入公司层面的控制变量;模型(3)则继续加入地区层面的宏观变量。综合上述实证结果, DGF 的回归系数均为正值且高度显著,意味着企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率具有显著促进作用,为本文的核心假说1提供了经验证据的支持。

表 2 基准回归

变量	(1)	(2)	(3)
	TFP	TFP	TFP
<i>DGF</i>	0.443*** (12.943)	0.064** (2.421)	0.070*** (2.616)
<i>Asset</i>		0.571*** (65.143)	0.573*** (64.974)
<i>Lev</i>		0.177*** (4.653)	0.191*** (5.133)
<i>Age</i>		0.308*** (7.044)	0.308*** (7.055)
<i>Liqui</i>		-0.638*** (-8.270)	-0.621*** (-8.091)
<i>MSO</i>		0.058* (1.741)	0.056* (1.683)
<i>RGR</i>		0.005 (1.005)	0.005 (1.060)
<i>Dual</i>		-0.015** (-2.116)	-0.012* (-1.688)
<i>Audit</i>		0.116*** (5.930)	0.114*** (5.893)
<i>SOEs</i>		-0.044** (-2.536)	-0.046*** (-2.637)
<i>PGDP</i>			-0.017 (-1.082)
<i>TGDP</i>			-0.003*** (-3.651)
常数项	7.732*** (208.737)	-5.261*** (-25.699)	-4.951*** (-18.014)
企业/年份固定效应	YES	YES	YES
样本量	28487	27807	27481
Adj_R ²	0.2696	0.5271	0.5283

注：(1)***、**、*代表在1%、5%、10%的显著性水平；(2)括号中的数值为聚类稳健标准误调整后的t统计量。下表同。

(二)稳健性检验与内生性处理

1.稳健性检验:变量口径和模型设定调整

本文调整了对核心解释变量的测度方式以及回归技术。具体而言,本文采用了单一数字化转型(*DT*)和绿色转型(*GT*)两类变量进行交互检验,识别这两类转型活动的叠加协同对企业全要素生产率的影响效果。具体来看,表3模型(1)–(2)中,首先考虑单一的数字化转型

和绿色转型对企业全要素生产率的影响,这两个变量的回归系数为正值且均通过了1%的统计显著性检验,即便在将这两类转型活动放置在同一框架中[模型(3)]也是如此。这说明,企业数字化转型和绿色转型能够对企业生产质效提升起到积极作用。客观来看,上述发现同已有研究的核心结论基本保持一致。最后,在模型(4)中,本文采用交互项的方式进行检验,实证结果发现,企业数字化转型和绿色转型的交互项($DT \times GT$)系数为正值且通过了1%的统计显著性检验,这也从侧面为本文的核心结论提供了经验证据支持。

表3 稳健性检验:变量口径与模型设定调整

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>
<i>DT</i>	0.131*** (3.449)		0.128*** (3.372)	0.032 (0.485)
$DT \times GT$				0.291*** (2.621)
<i>GT</i>		0.088*** (4.447)	0.086*** (4.312)	0.042 (1.046)
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	27481	27481	27481	27481
Adj_R ²	0.5285	0.5284	0.5288	0.5179

进一步地,从核心解释变量维度,企业数字化绿色化协同转型的指标测度中,默认了二者的重要性一致,即按照 $\alpha=\beta=0.5$ 的权重进行平均分配。这种技术处理做法可能也会存在一定的主观性,因此,在本部分研究中,重新调整了其中的权重布局结构。具体来看,本文区分了四种方案:①数字化转型权重为0.7,绿色转型权重为0.3;②数字化转型权重为0.6,绿色转型权重为0.4;③数字化转型权重为0.4,绿色转型权重为0.6;④数字化转型权重为0.3,绿色转型权重为0.7。在上述权重结构下,本文分别对应形成了*DGF_7_3*、*DGF_6_4*、*DGF_4_6*、*DGF_3_7*四个指标,并重新进行检验。从被解释变量维度,本文全要素生产率的计算方法,采用的是LP法进行计算,为检验核心结论的稳健性,本文就全要素生产率的计算增补了OP、OLS、FE、GMM和ACF等5种替代估计方法,分别得到*TFP_OP*、*TFP_OLS*、*TFP_FE*、*TFP_GMM*、*TFP_ACF*指标,并重新进行检验。实证结果发现(表4),无论是对核心解释变量抑或是被解释变量的计算方法有如何调整,企业数字化绿色化协同转型促进全要素生产率提升的核心结论没有发生任何改变。

表 4 稳健性检验:权重调整与计算方法变换

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	TFP	TFP	TFP	TFP	TFP_OP	TFP_OLS	TFP_FE	TFP_GMM	TFP_ACF
	协同双要素的权重调整				全要素生产率的计算方法变换				
DGF_7_3	0.150*** (4.292)								
DGF_6_4		0.151*** (4.334)							
DGF_4_6			0.149*** (4.356)						
DGF_3_7				0.146*** (4.339)					
DGF					0.040* (1.913)	0.078*** (3.382)	0.082*** (3.574)	0.237*** (7.864)	0.615*** (10.231)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
样本量	27481	27481	27481	27481	27481	27481	27481	27481	27869
Adj_R ²	0.5286	0.5286	0.5286	0.5286	0.4575	0.6842	0.7068	0.2478	0.2832

2.稳健性检验:固定效应调整

基准回归模型所采用的企业个体与年份双向固定效应,能够有效控制不随时间变化的企业异质性以及影响全体样本的宏观年度冲击。然而,现实中可能存在某些随时间动态变化的且仅作用于特定行业(或地区)的非共同性冲击。倘若这类未被观测的动态局部性因素与企业转型决策及生产效率相关联,那么基准模型的估计便可能因遗漏变量问题而产生偏误。为应对这一潜在的识别挑战,本文通过引入多个层面高维交互固定效应来吸收在特定年份作用于特定行业或地区的不可观测冲击。表5报告了调整固定效应模式后的估计结果。本文分别尝试在模型(1)至(3)中进一步纳入行业、城市与省份层面与年份的交互固定效应。结果显示,在吸收了这些更高维度的固定效应后,核心解释变量DGF的系数始终为正,且至少在10%的水平上通过了检验。模型(4)采用了最为严格的设定,将上述所有交互固定效应同时放入模型,DGF对企业全要素生产率的正向影响依旧成立。一系列的检验结果表明,本文的核心发现并不因对特定行业或地区层面时变因素的控制而发生改变,前文结论具备较好的稳健性。

表 5 稳健性检验：固定效应调整				
变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>
<i>DGF</i>	0.069** (2.493)	0.052* (1.854)	0.061** (2.153)	0.047* (1.706)
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
行业×年份	YES	NO	NO	YES
城市×年份	NO	YES	NO	YES
省份×年份	NO	NO	YES	YES
样本量	27295	26376	27309	26360
Adj_R ²	0.9198	0.9172	0.9148	0.9225

3.稳健性检验：剔除部分特殊样本

考虑到一些特殊的宏观事件、区域异质性以及微观企业特征可能会影响核心结论的稳健性,本文通过剔除部分特殊样本的方式来检验结果的稳健性。具体而言,从时间维度来看,某些重大的外部冲击事件(如新冠肺炎全球大流行)可能引致经济生产活动的异常(乃至极端)偏离(本文受影响的年限为2020—2023年);从地区维度来看,直辖市因其独特的政策资源禀赋可能使其辖区内企业的行为模式产生系统性改变;从企业维度来看,本文核心解释变量是通过文本大数据方法识别而来,该指标测度的有效性往往与企业信息披露质量(陈国进等,2019)密切相关,低质量信息披露的企业在该指标上的刻度可能存在一定偏差,将这些样本予以排除可能是有必要的。基于上述讨论,本文开展了表6的实证检验,结果发现,无论是从“时间—地区—企业”的单一维度抑或是全口径的剔除,核心解释变量 *DGF* 的回归系数均为正值且高度显著,这为本文的核心结论提供了新的证据支持。

表 6 稳健性检验：剔除部分特殊样本				
变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>
	时间维度	地区维度	企业维度	综合维度
	剔除新冠肺炎 全球大流行冲击	剔除 直辖市样本	剔除信息披露 较差样本(中位数)	全部剔除
<i>DGF</i>	0.094*** (3.146)	0.106*** (3.540)	0.156*** (4.149)	0.194*** (4.161)
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	16224	22268	14346	6578
Adj_R ²	0.5003	0.5427	0.4481	0.4470

4.控制同期相关政策的影响

企业数字化绿色化协同转型同时受到多项相关政策影响,这些政策可能造成混杂并影响

估计结果。若忽略这些并行政策的影响,则可能将其他政策的效应错误地归因于企业的数字化绿色化协同转型行为。为分离出 DGF 的净效应,本文在基准模型的基础上,进一步纳入了一系列相关的政策变量,进行竞争性检验。具体地,本文考察了如下类别的政策潜在影响。第一类是数字化类政策,本文选取了“智能制造政策”(IMP);第二类是绿色化类政策,包括“环境保护税”(EPTP)、“绿色信贷指引”(GCP)以及“环境信息披露政策”(EID);第三类是创新支持政策,纳入了研发加计扣除政策(RDTax)。表7的实证结果显示,无论在回归中纳入了何种政策,企业数字化绿色化协同转型变量的回归系数均为正值且具有统计学意义。这一系列结果表明,本文的核心发现在控制同期相关政策后仍保持稳健。

表 7 稳健性检验:排除其他政策的竞争效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	TFP 数字化政策	TFP 绿色化政策	TFP 创新支持政策	TFP 综合控制
DGF	0.062* (1.934)	0.073*** (2.723)	0.074*** (2.712)	0.063** (1.982)
IMP	0.068*** (4.103)			0.073*** (4.293)
EPTP		0.018 (1.027)		0.031 (1.633)
GCP		-0.003 (-0.108)		-0.029 (-0.903)
EID		-0.096*** (-3.082)		-0.036 (-0.854)
RDTax			-0.244*** (-8.350)	-0.294*** (-7.841)
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	18585	27481	25038	18585
Adj_R²	0.5764	0.5290	0.5495	0.5768

5.稳健性检验:机器学习 Lasso 回归

当控制变量集维度处于较高水平时,传统回归模型可能受到多重共线性和自由度损失等问题影响,从而降低估计稳定性。为妥善处理该状况,本文运用机器学习的 Lasso 回归方法实施验证工作。具体来看,第一种为部分化法(partialling-out),这种方法使用正交化思路,核心解释变量和高维控制变量分别使用同一组协变量集进行 Lasso 回归,再使用得到的残差进行最终估计,从而分离核心解释变量的净效应。第二种回归采用双重选择法(double selection),这一方式会先挑选与因变量存在关联的控制变量,再挑选与核心解释变量存在关联的控制变量,随后将这两部分变量的并集纳入最终的回归模型,能够更为稳健地避开遗漏变量导致的

偏误问题。第三种方法采用组内变换后的部分化法,能在完成对个体固定效应的有效控制时同步化解高维变量引发的各类问题。表8展示了三种机器学习方法的估计结果,采用任意一种机器学习方法展开调整后,协同转型的回归系数均呈现正值且具备高度显著性。这表明在纳入高维控制变量对应的潜在干扰因素并开展综合考量后,企业推进数字化绿色化协同转型工作对自身全要素生产率形成的驱动效用仍然可以得到有效验证。

表8 稳健性检验:机器学习 Lasso 回归

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>	<i>TFP</i>
<i>DGF</i>	0.071*** (2.76)	0.071*** (2.78)	0.072*** (2.79)
估计方法	Partialling-out	Double selection	Within-transformedpartialling-out
控制变量	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES
样本量	27481	27481	27481

6.稳健性检验:敏感性测试

本文采用敏感性分析来评估潜在遗漏变量对基准结论稳健性的影响。该方法的核心在于,计算遗漏变量需达到何种程度才能使基准结论发生逆转。具体地,本文将控制变量中的股票流动性比率(*Liqui*)作为潜在遗漏因素影响力的参照基准,进行敏感性测试(图1-图3)。

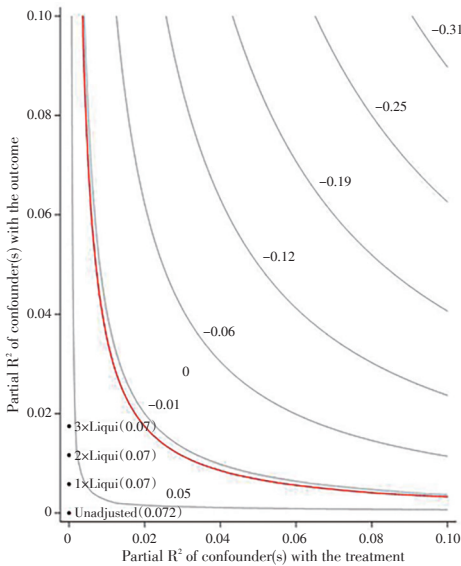


图1 敏感性测试:回归系数

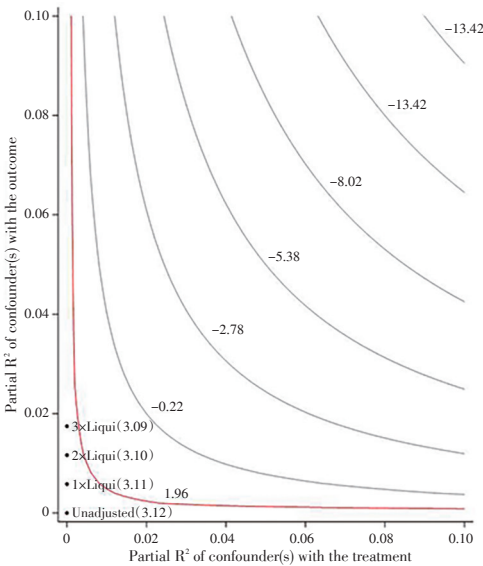


图2 敏感性测试:t统计量

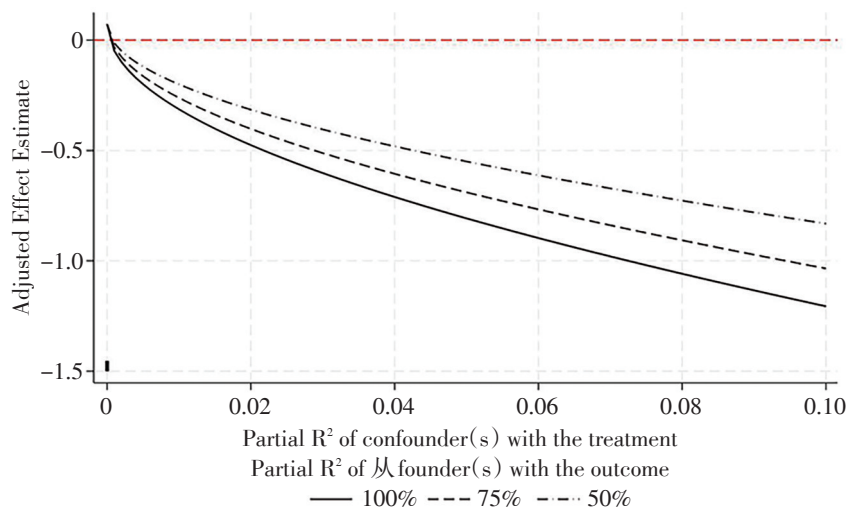


图3 极端情形下的压力测试

图1与图2分别绘制了回归系数和t统计量的等高线图。图中横轴表示未观测变量对企业协同转型的解释程度(偏 R^2),纵轴则表示其对全要素生产率的解释程度。结果显示,在回归系数方向上,即便潜在遗漏因素的影响强度达到参照基准(*Liqui*,下同)的3倍,*DGF*的估计系数依旧为正值(图1),结果表明,在设定的敏感性参数范围内,潜在遗漏因素不足以改变*DGF*估计系数的符号。在统计显著性方面,即便潜在遗漏因素的影响强度达到参照基准的3倍,*DGF*估计系数的t统计量仍旧远大于1.96(图2),这表明基准回归分析中受到遗漏因素冲击导致不显著的可能性较低。图3进一步展示了极端情形下的压力测试结果。该图描绘了在一种设定较为严苛的假设下,即模型中遗漏了一个能够解释全要素生产率全部剩余变异的变量时,*DGF*调整后估计系数的变化轨迹。即便是在此最差的情形中(图中实线),该遗漏因素都需要3倍以上于参照基准的强度才有可能对原有回归分析形成实质性干扰。综合上述分析,遗漏因素对回归有效性的干扰十分有限,这为本文核心假说的稳健性提供了证据支持。

7.内生性处理:工具变量法

为进一步缓解反向因果与遗漏变量可能引发的内生性偏误,本文采用工具变量法进行两阶段最小二乘(2SLS)估计。借鉴份额移动(*Shift-Share*)思路,构造了企业数字化绿色化协同转型的工具变量:基期(2011年)企业协同水平与行业层面宏观冲击的交互项。具体而言,基期份额(*share_dg*)反映了企业在样本初期由历史路径依赖、地理禀赋或初始技术条件所锁定的协同转型基础,该变量外生于样本期内的企业生产率冲击;行业宏观冲击(*shift_dg*)定义为同一年份、同一三位行业代码内,剔除本企业后其余企业协同水平的均值,用以捕捉由产业政策、技术外溢、供应链联动等外部因素驱动的行业整体协同趋势。将二者相乘得到工具变量 $iv_dg = share_dg \times shift_dg$ 。该工具变量的相关性在于:初始协同水平较高的企业,在面临行业

协同趋势上升时,更易于延续或强化自身的转型节奏;排他性在于:行业层面的平均协同冲击主要通过影响本企业的协同转型行为进而作用于全要素生产率,而难以通过其他潜在渠道(如直接的技术援助或补贴)直接影响企业生产率——尤其是已剔除了本企业自身贡献后,行业冲击对单个企业而言具有较强的外生性。

表9给出了基于这个工具变量的两阶段回归结果。在第一阶段回归中,工具变量IV所得到的系数为-0.385,在1%的显著程度上显著(t 值为-3.72),此系数为负的经济意义并非意味着基期份额和行业冲击的交互作用对协同转型起到抑制作用,而是反映出样本期内行业协同冲击与基期份额之间的相对变动关联:在对年份和企业固定效应进行控制之后,具有较低初始协同程度的企业对行业平均趋势响应弹性更大,也或是行业冲击自身在时间维度呈现先降后升的结构特性,造成交互项和内生变量DGF呈现负向偏相关情况。从统计识别角度来看,只要工具变量跟内生变量存在显著的相关,便符合相关性的条件,弱工具变量检验结果显示,Kleibergen – Paap rk Wald F的值是29.270,显著大于Stock–Yogo 检验10%临界值(16.38),排除工具变量的F检验其P值是0.002,意味着不存在弱工具变量相关问题。在第二阶段回归中,经工具变量校准后的DGF系数是2.650,在5%的显著水平上显著(t 值为2.434),这意味着,在用工具变量法控制内生性之后,核心结论仍然稳健:企业数字化绿色化协同转型有力增进了全要素生产率。

表9 内生性处理:工具变量法

变量	(1)	(2)
	DGF	TFP
IV	-0.385*** (-3.72)	
DGF		2.650** (2.434)
F test of excluded instruments (P-val)	0.002	
Kleibergen–Paap rk Wald F statistic	29.270	
回归阶段	第一阶段回归	第二阶段回归
控制变量	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES
样本量		15477
Adj_R ²		0.1942

(三)异质性检验

1.风险维度异质性

前文报告的是企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率的平均效应,该结果可能掩盖不同风险情境下的结构性差异。风险环境可能改变协同转型的成本收益结构,进而影响其生

产率效应。基于上述考量,本文将创新风险(王玉泽等,2019)^①与不确定性感知(聂辉华等,2020)^②设定为研究的两个异质性分析视角,重点剖析企业在数字化与绿色化领域推进协同转型期间,这两类风险对全要素生产率产生作用时所展现的差异化特征。

表10的列(1)与列(2)展示了以企业是否面临创新风险为分组依据的回归结果。协同转型变量的系数在创新风险组别中为0.068且达到10%显著性门槛,在无创新风险组别中则未呈现统计效力。对此差异的一种理解路径是,创新风险较高的企业通常处于技术路线尚未收敛、前期研发投入难以即时变现的运营阶段,这类企业的边际产出对资源配置的精准度异常敏感。数字化工具压缩了研发立项与市场反馈之间的信息迟滞,绿色化框架则为企业筛选技术方案增设了环境约束维度的过滤层,二者叠加相当于在企业的试错进程中嵌入了一套实时纠偏机制,那些被数字系统证伪或绿色标准排除的低效探索得以提前终止,研发资源的无效耗散随之减少。而缺乏创新风险压力的企业大多在成熟工艺轨道上运行,其生产函数的参数变动范围狭窄,协同转型所引入的新参数调整更多体现为对既有体系的扰动而非增益,因此无法带来更多的边际增益。

列(3)与列(4)进一步替换了风险划分的标尺,改用企业对外部环境的不确定性感知程度作为分组变量。回归显示,高不确定性感知组的协同转型系数为0.101且通过1%显著性检验,低不确定性感知组的系数仅0.060且不显著。较高的不确定性感知可能增强企业对实时信息、合规管理和运营调整能力的需求,因此协同转型的生产率效应可能更强。

表 10 风险维度异质性检验:创新风险与气候风险

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	TFP	TFP	TFP	TFP
DGF	0.068* (1.921)	0.043 (0.800)	0.101*** (2.648)	0.060 (1.620)
分组依据	具有创新风险	不具有创新风险	不确定性感知较大	不确定性感知较小
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	12283	7251	13868	13613
Adj_R ²	0.5489	0.5796	0.4857	0.5562

2.经营理念维度异质性

企业进行数字化绿色化协同转型,不仅涉及技术与运营调整,也受到企业经营理念和管

①若企业研发支出增长率大于后一期净利润增长率,则认为存在一定的创新风险,取值为1;否则,认为不存在创新风险,取值0。

②企业不确定性感知指标基于年报MD&A文本构建。本文先以句号为分隔符拆分MD&A句子并分词,再搜索每个句子中是否同时出现政府、政策等词语与不确定、风险等词语,若同时出现则标记为经济政策不确定性句子,最后用这类句子中不确定性词语总数占MD&A总词数的比例作为衡量指标,比值越高表示企业感知到的政策不确定性越强。

理层决策视野的影响。具体来看,企业对环境、社会及治理(ESG)的重视程度,反映了其对可持续发展的认同程度;而管理层短视倾向,则可能使其偏好短期财务回报,忽略需要长期投入的转型战略,这类因素可能会影响企业数字化绿色化转型对全要素生产率的作用效果。有鉴于此,本文从ESG表现(汤旭东等,2024)^①与管理层短视(胡楠等,2021)^②两个维度出发,检验企业数字化绿色化协同转型对全要素生产率作用的异质性。

表11的列(1)与列(2)依据企业ESG得分高低将样本剖分为两组,回归结果表明协同转型的生产率效应在ESG表现较优的企业中更为突出。高ESG组别的协同转型系数达到0.151且在1%水平上显著,低ESG组别的系数仅0.016且未通过常规显著性检验。较好的ESG表现可能反映企业在可持续治理、跨部门协调和外部信息沟通方面具有更完善的基础,从而降低协同转型的组织协调成本。

列(3)与列(4)将划分标准转向管理层决策视域的长短,短视主义较强组别的协同转型系数为0.057且不显著,较弱组别的系数为0.101且通过1%显著性检验。协同转型通常需要持续投入,管理层短视可能导致投入不足或实施不完整,从而削弱其生产率效应。

表 11 理念维度异质性检验:ESG 与短视主义异质性				
变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	TFP	TFP	TFP	TFP
DGF	0.151*** (4.336)	0.016 (0.426)	0.057 (1.447)	0.101*** (2.991)
分组依据	ESG 得分较高	ESG 得分较低	管理层短视主义较强	管理层短视主义较弱
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	14849	12632	12867	14614
Adj_R ²	0.5262	0.5092	0.4763	0.5455

五、机制分析

(一)内外部预期改善机制

企业进行数字化绿色化协同转型,作为一项重要的战略决策,会向外部市场传递有关其未来发展和经营理念的信号。这种信号的传递效果,可能构成了协同转型影响全要素生产率的重要通路。有鉴于此,本文从信息传递与市场预期的角度,外部积极预期以企业正面网络

①本部分的ESG表现数据,源自CNRDS数据库提供的各上市公司各年度ESG评级数据。
②管理者短视指标基于年报MD&A文本构建。首先确定“短期视域”种子词集,包括“尽快”“年内”“压力”“考验”等,再通过Word2Vec机器学习在财经语料中扩充相似词,经专家核验形成43个词。随后采用词典法计算上述词汇总词频占MD&A总词频的比例,该比值越高表示管理者决策视域越短。

新闻占比 (*NWP*) 衡量 (姜富伟等, 2021)^①; 内部积极预期以企业年报净正面语调 (*MD&A*) 衡量 (刘洪愧, 2025)^②。在此基础上, 本文首先检验企业数字化绿色化协同转型对内外部预期变量的影响, 再进一步检验企业内外部预期变量对全要素生产率的影响效应。

表 12 报告了内外预期改善的机制检验结果。从外部积极预期的作用机制来看, 列 (1) 的结果显示, *DGF* 的系数为 0.017, 且通过了 5% 水平的显著性检验, 说明企业数字化绿色化协同转型能够获得网络媒体更多的积极关注。从内部积极预期的作用机制来看, 列 (2) 的结果显示, *DGF* 的系数为 0.015, 且在 1% 的统计水平上显著, 表明企业数字化绿色化协同转型会使其在年报中展现出更为积极的语调。这说明, 企业年报的积极语调, 是企业数字化绿色化协同转型与全要素生产率之间的机制路径。综合上述实证分析不难发现, 企业进行数字化绿色化协同转型, 会通过向市场传递更为积极的“外部—内部”预期, 引致全要素生产率的改善, 这为本文的假说 2a 提供了经验证据支持。

表 12 内外预期改善机制：网络新闻报道与年报语调

变量	(1)	(2)
	<i>NWP</i>	<i>MD&A</i>
<i>DGF</i>	0.017** (2.011)	0.015*** (12.767)
控制变量	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES
样本量	27866	26677
Adj_R ²	0.0717	0.0997

① 本文从中国研究数据服务平台财经新闻数据库获取企业年度网络新闻报道, 以企业全称及股票简称作为关键词检索并剔除重复转载。新闻情感倾向的判定采用姜富伟等 (2021) 构建的中文金融情感词典, 通过人工筛选和 word2vec 算法从财经语料中扩充而成, 共包含积极词汇 3338 个、消极词汇 5890 个, 其有效性已通过股票回报预测检验得到验证。积极词汇包括增长、提升、突破、优势、机遇、盈利、扩大、优化、创新、顺利、领先等, 消极词汇包括下降、下滑、亏损、风险、挑战、困难、压力、冲击、衰退、不利、萎缩等。若单篇新闻中积极词汇词频高于消极词汇, 则标记为正面新闻。*NWP* 定义为当年企业正面新闻数量占全年相关新闻总数的比例, 数值越高表示外部舆论对企业发展前景的预期越积极。

② 本文基于年报文本语调衡量企业预期的研究范式, 从上市公司年报中提取管理层讨论与分析章节文本。刘洪愧 (2025) 指出, 企业预期反映企业家基于对宏观经济形势、市场环境及自身发展情况的认识所形成的对企业未来发展状况的综合判断, 而年报文本语调的积极程度能够有效捕捉这种主观预期——语调越积极, 表明企业对当前和未来发展的信心越充足。文本处理方面, 剔除表格、数字及停用词后进行分词。情感词汇的判定采用 Loughran、McDonald (2011) 开发的金融情感词典中文适配版本, 该词典专门针对财经语境开发, 避免了通用情感词典将“负债”“成本”等中性会计术语误判为消极词汇的问题。积极词汇包括增长、提升、突破、优势、机遇、盈利、扩大、优化、创新、顺利、领先等, 消极词汇包括下降、下滑、亏损、风险、挑战、困难、压力、冲击、衰退、不利、萎缩等。排除模板化套话干扰后, *MD&A* 计算公式为 (积极词汇数 - 消极词汇数) / *MD&A* 章节总词数。

(二)资本配置效率机制

企业进行数字化绿色化协同转型,不仅是外部信息传递的改变,也涉及内部资源配置方式的重塑。理论上,企业数字化绿色化协同转型能够优化企业内部的投资决策。为了对这类机制进行检验,本文构建了两类资本配置效率指标,一是企业非效率投资水平(*UI*),借鉴了Biddle et al.(2009)的研究,将企业当期投资支出对反映成长机会的营业收入增长率进行分行业年度回归,回归残差的绝对值即为非效率投资水平。残差绝对值越大,表明企业实际投资与预期投资的偏离程度越高,资本配置效率越低;二是企业总资产周转率(*ATR*),采用销售收入与总资产的比值计算而来,用以评估企业资产的运营使用效率。在此基础上,本文首先检验企业数字化绿色化协同转型对资本配置变量的影响,再进一步检验企业资本配置变量对全要素生产率的影响效应。

表13报告了资本配置提质的机制检验结果。从非效率投资的作用机制来看,列(1)的结果显示,*DGF*的系数为-0.014,且通过了1%水平的显著性检验,说明企业数字化绿色化协同转型能够减少非效率投资。从总资产周转的作用机制来看,列(2)的结果显示,*DGF*的系数为0.062,且通过了1%的统计显著性检验,表明企业数字化绿色化协同转型会提高总资产周转率。这说明,企业总资产周转率的提高,是企业数字化绿色化协同转型与全要素生产率之间的机制路径。综合上述实证分析不难发现,企业进行数字化绿色化协同转型,会通过减少非效率投资和提高总资产周转率,引致全要素生产率的改善,这为本文的假说2b提供了经验证据支持。

表 13 资本配置提质机制:非效率投资与总资产周转率

变量	(1)	(2)
	<i>UI</i>	<i>ATR</i>
<i>DGF</i>	-0.014*** (-3.270)	0.062*** (4.661)
控制变量	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES
样本量	22650	27879
Adj_R ²	0.0396	0.0537

六、进一步研究:基于同群效应视角下的协同转型效应检验

在已有的传统微观结构研究中,基本将其他企业的财务、生产等行为标定为外生的,企业的决策行动集主要由自身要素禀赋和特定外界冲击界定。然而,企业并非孤立的“原子化”个体,其决策行为往往内嵌于复杂的社会与经济网络之中。市场中其他参与者的行为与选择,构成了标的企业决策时不可或缺的外部参照系。当面临不确定性较高的战略抉择时,企业会经由信息溢出、模仿学习或竞争压力等渠道,展现出所谓同群效应(宋广蕊等,2021)。就企业

数字化绿色化协同转型这一兼具高不确定性、高资本投入的复杂战略变革而言,同群企业(Peers)的行为便为本企业的决策提供了关键信息。这种参照与互动,可能既表现为知识与经验的良性外溢,也可能体现为市场与资源的竞争性挤占,且其作用的性质与强度在行业内外可能存在差异。具体地,同行业内部的竞争关系与知识同质性,可能引致更为直接的模仿与追赶行为;而跨行业互动则可能体现为非竞争性的知识扩散。从这个角度来看,对同群效应的考察有助于揭示企业协同转型在微观互动层面的传导路径。

回归本文的研究语境,这种企业数字化绿色化协同转型的同群效应,存在“内—外”两个维度的同群特征,一是同行业内其他企业数字化绿色化协同转型对标的企业的影响;二是不同行业的企业数字化绿色化协同转型对标的企业的影响。前者更多指向相同的市场、技术与政策环境,其影响相对更为直接,而后者则有着更多差异化的特质信息和行为特征,考虑到上述两个层次差异,本文以企业数字化绿色化协同转型指标(DGF)为基准,分别计算出同一行业内除了自身企业之外其余企业的数字化绿色化协同转型均值($DGFI$),以及不同行业企业数字化绿色化协同转型均值($DGFO$),并设计如下回归模型,检验企业数字化绿色化协同转型在同群效应下对全要素生产率所可能产生的影响。

其中, $DGF - Peer$ 作为企业数字化绿色化协同转型的同群溢出变量组,分别指代同行业其他企业的数字化绿色化协同转型的同群效应($DGFI$)和不同行业企业数字化绿色化协同转型的同群效应($DGFO$)。在模型(5)中,将同群效应变量组同企业自身数字化绿色化协同转型(DGF)进行交互处理,检验外部企业的数字化绿色化协同转型行为对“标的企业数字化绿色化协同转型—全要素生产率”的调节效果。模型的其余设定皆同上述。

表 14 企业数绿协同、同群效应与全要素生产率		
变量	(1)	(2)
	TFP	TFP
同群效应分类	同行业的同群效应	不同行业的同群效应
DGF	-0.150 (-1.623)	-0.118 (-0.700)
$DGFI$	-0.613*** (-3.595)	
$DGF \times DGFI$	0.560** (2.519)	
$DGFO$		15.573*** (4.154)
$DGF \times DGFO$		0.523 (1.216)
控制变量	YES	YES
企业/年份固定效应	YES	YES
样本量	27470	27481
Adj_R ²	0.5290	0.5307

表 14 的研究发现,企业数字化绿色化协同转型在不同类型同群变量的调节下,对企业全要素生产率产生了显著不同的影响。具体来看,就同行业溢出效应而言,列(1)中 DGF 与 $DGFI$ 的交互项($DGF \times DGFI$)系数为正,并通过了 5% 水平的显著性检验。这表明,标的企业数字化绿色化转型,能够在同行业其他企业的同群效应叠加下,对企业全要素生产率产生更强的生产率效应。这是因为,一方面,同行业同群效应为标的企业提供了更多的学习范例与可借鉴经验,降低了自身转型的试错成本与信息不对称程度,有助于企业更精准地进行技术路线选择与资源配置。另一方面,面对行业内加剧的竞争态势,企业自身的转型行为成为一种为维持或提升市场地位的必要回应,其改善生产率的边际效用也因此变得更高。企业,在同群转型氛围中,能够更有效地将自身转型投入转化为生产率增益;行业竞争基准也随之提高,其生产率改善的幅度会因此扩大。进一步地,就不同行业溢出效应而言,列(2)中 DGF 与 $DGFO$ 的交互项($DGF \times DGFO$),其系数未能通过常规水平下的统计显著性检验。这说明,不同行业的同群效应并未对原有的核心关系产生具有统计学意义的调节效应。其原因可能在于,第一,不同行业间的技术、市场与规制环境的异质性,限制了经验的可移植性,其他行业的转型实践难以对标的企业自身的转型效率产生直接影响。第二,跨行业的企业之间不存在直接的产品市场竞争,标的企业缺乏为应对外部行为而调整自身转型策略的即期动机,同群的竞争机制在此处的适用性明显降低。第三,知识与技术的跨行业溢出往往存在更长的时间滞后期与更复杂的传导链条,其效果在本文的考察期内可能尚未显现,需要更长的时间序列数据加以验证。

七、研究结论与政策建议

如何通过企业数字化绿色化协同转型促进高质量发展,已成为新时代下培育新质生产力的核心议题。本文基于中国沪深两市 A 股上市企业 2007—2023 年数据集,实证检验企业数字化绿色化协同转型对企业全要素生产率的影响、机制和作用条件,得到如下核心结论:

第一,企业数字化绿色化协同转型有助于提高企业全要素生产率,上述核心结论在经由多重稳健性与内生性处理后依旧成立。第二,从异质性角度来看,在面临较高创新风险或政策不确定性感知的企业中,协同转型的生产率促进作用更明显;同时,对于 ESG 表现更优、管理层短视程度更低的企业而言,协同转型对其全要素生产率的增益效果也更为突出。第三,从作用机制来看,企业数字化绿色化协同转型主要通过改善企业内外部预期和优化资本配置质效两条渠道,助力企业全要素生产率提升。第四,从发挥作用的条件来看,同行业同群水平可能强化协同转型的生产率效应。具体来看,同行业内其他企业的协同转型行为,能够放大本企业转型的生产率驱动效应;而跨行业企业的同群效应影响则相对有限。

基于上述结论,本文提出以下政策建议:

第一,加强数字化与绿色化支持政策的协同设计,降低企业协调两类政策的交易成本。现行政策体系中,数字化转型补贴与绿色化税收优惠分属不同职能部门管理,企业可能面临重复申报和跨部门协调成本。建议将两类政策的审核标准与资金发放通道予以整合,对同时满足数字化技术应用门槛与污染物排放标准的企业项目给予协同财税支持。具体操作上可设立数绿融合专项认定目录,在符合现行规则的前提下,可探索简化联合认定和申报程序。这一设计的着眼点在于放大协同转型的净收益,同时避免企业在两类政策之间重复申报和办理。

第二,依据企业异质性特征实施分层施策,避免政策资源的同质化配置。对于不确定性感知程度较高的企业,如处于技术快速迭代行业或政策敏感领域的企业,应建立风险分担机制。政府可设立政策引导型转型风险补偿基金,也可鼓励保险机构开发针对数绿协同项目的专属产品,两类工具的目标都是降低企业因外部冲击而中断转型的概率。对于ESG表现较低的企业,应将环境信息披露质量与政策优惠获取资格挂钩,促使这类企业完善内部治理结构。对于管理层短视倾向明显的企业,可在政策支持中嵌入长期激励约束条款,要求享受支持的企业承诺一定年限内的持续投入,以此防止短期套利行为侵蚀政策效果。

第三,完善预期传导和资本配置机制,增强市场对协同转型的价值发现功能。在预期管理方面,应建立企业数绿协同转型的信息披露标准,要求企业定期披露数字化能耗监测数据、碳减排核算结果等可验证指标,并委托独立第三方进行鉴证。监管部门可在上述信息基础上构建数绿融合评级体系,定期向社会公布评级结果。据此,投资者的信息搜寻成本得以下降,资本市场能够更准确地对转型企业进行定价。在资本配置方面,应引导金融机构将企业数绿协同绩效纳入授信审批模型,对评级较高的企业在贷款利率、审批时效、抵质押要求等方面给予差异化安排。同时鼓励发行可持续发展挂钩债券,将融资成本与企业预设的协同转型目标完成情况绑定。

第四,培育同行业内的知识溢出网络,放大同群效应的正向调节作用。行业协会与产业集群管理机构应发挥组织协调功能,定期举办数绿协同转型的案例研讨与技术交流活动,推动行业内先行企业的经验向同行业其他企业扩散。可在重点行业遴选一批数绿融合标杆企业,对其转型路径、技术选型、成本收益数据进行脱敏处理后形成行业指引,供同行业公司参考。政府可对参与知识分享的先行企业给予一定的声誉激励或费用补贴,以此降低技术外溢的私人成本。需要说明的是,跨行业的知识溢出效应在本研究考察期内尚未显现,因此政策资源应优先投向行业内部的协同网络建设,而非盲目推广跨行业的经验复制。

参考文献:

- [1] 曹裕,李想,胡韩莉,万光羽,汪寿阳. 数字化如何推动制造企业绿色转型?——资源编排理论视角下的

探索性案例研究[J]. 管理世界, 2023, 39(03): 96-112+126+113.

[2] 陈国进, 张润泽, 谢沛霖, 赵向琴. 知情交易、信息不确定性与股票风险溢价[J]. 管理科学学报, 2019, 22(04): 53-74.

[3] 陈剑, 黄朔, 刘运辉. 从赋能到使能——数字化环境下的企业运营管理[J]. 管理世界, 2020, 36(02): 117-128.

[4] 耿端阳, 许通, 朱庆华, 等. 数字化能源管理系统促进工业界节能减碳的分析与建议[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(02): 311-322.

[5] 高智林, 谭文浩. 企业数字化转型会促进绿色技术创新吗?——基于文本分析方法的经验证据[J]. 财经论丛, 2024(01): 79-91.

[6] 高升, 郑琦. 环境权益交易如何协同推进降碳减污扩绿增长?[J]. 环境经济研究, 2025, 10(04): 145-165.

[7] 胡楠, 薛付婧, 王昊楠. 管理者短视主义影响企业长期投资吗?——基于文本分析和机器学习[J]. 管理世界, 2021, 37(05): 139-156+11+19-21.

[8] 贾晓霖, 张樨樨, 李奕忻. 数字化、绿色化与制造业企业新质生产力[J]. 山西财经大学学报, 2025, 47(08): 116-126

[9] 姜中裕, 吴福象. 耐心资本、数字经济与创新效率——基于制造业A股上市公司的经验证据[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2024, 26(02): 121-133.

[10] 姜富伟, 孟令超, 唐国豪. 媒体文本情绪与股票回报预测[J]. 经济学(季刊), 2021, 21(04): 1323-1344.

[11] 金珺, 陈泰伦, 赵苑婷, 尹西明, 陈劲. 产业数字化绿色化协同转型赋能新质生产力: 逻辑与进路[J]. 研究与发展管理, 2025, 37(01): 74-84.

[12] 李慧云, 刘倩颖, 罗峥汉, 等. 企业数字化绿色化协同转型发展水平测度与时空演进[J]. 统计与信息论坛, 2025, 40(10): 14-28.

[13] 李金昌, 连港慧, 徐菡婷. “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[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(09): 27-49.

[14] 李杨, 姚晓燕. 数字化绿色化协同发展对企业ESG表现的影响分析: 基于动态能力视角[J]. 科学决策, 2025(06): 31-44.

[15] 栗伊萱, 翟云. 迈向数字化绿色化协同转型发展: 理论逻辑、实践机理与政府角色[J]. 电子政务, 2025(07): 2-15.

[16] 林平, 何伟刚, 李美洲, 李锋森, 覃甜雨. 绿色低碳转型的分配效应研究——基于公正转型视角[J]. 金融经济研究, 2024, 39(06): 162-178.

[17] 刘柏, 郭书妍. 数字化驱动企业“脱虚向实”: 基于资产结构的证据[J]. 经济管理, 2023, 45(05): 61-77.

[18] 刘洪愧. 资本市场开放与企业预期改善[J]. 财贸经济, 2025, 46(02): 34-51.

[19] 聂辉华, 阮睿, 沈吉. 企业不确定性感知、投资决策和金融资产配置[J]. 世界经济, 2020, 43(06): 77-98.

[20] 任保平. 生产力现代化转型形成新质生产力的逻辑[J]. 经济研究, 2024, 59(03): 12-19.

[21] 舒欢, 黄婷婷. 数字金融对企业绿色技术创新的作用机制与影响效应[J]. 南京社会科学, 2024(04): 47-58.

[22] 宋广蕊, 马春爱, 肖榕. 同群效应下企业创新投资行为传递路径研究[J]. 科研管理, 2021, 42(07): 179-188.

[23] 谭建华, 肖浩然, 谭志东. 生产网络中的绿色低碳转型溢出效应——基于供应商与客户关系的证据[J]. 统计研究, 2025, 42(06): 93-106.

[24] 汤旭东, 张星宇, 杨玲玲. 监管型小股东与企业ESG表现——来自投服中心试点的证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, 41(04): 173-192.

- [25] 陶锋,王欣然,徐扬,朱盼. 数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J]. 中国工业经济, 2023(05):118-136.
- [26] 王智新,张永琪. 数字化绿色化协同转型对中国 OFDI 高质量发展的影响[J]. 世界经济研究, 2026(01):74-88+135.
- [27] 王玉泽,罗能生,刘文彬. 什么样的杠杆率有利于企业创新[J]. 中国工业经济, 2019(03):138-155.
- [28] 吴非,胡慧芷,林慧妍,任晓怡. 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(07):130-144+10.
- [29] 吴玉宇,吴鑫. 数字化转型、资本结构与投资效率——基于制造业上市公司数据分析[J]. 财经理论与实践, 2024, 45(03):60-66.
- [30] 徐枫,潘麒,汪亚楠. “双碳”目标下绿色低碳转型对企业盈利能力的影响研究[J]. 宏观经济研究, 2022(01):161-175.
- [31] 徐斯旻,丁子家,向海凌,吴非. “金融科技-实体经济”匹配与企业绿色转型[J]. 财贸经济, 2024, 45(11):56-72.
- [32] 许晖,杨金东,王泽鹏. 逐绿前行,绿浪迭起:制造业企业绿色动态能力的构建机制研究——基于德龙钢铁的纵向单案例研究[J]. 南开管理评论, 2024, 27(02):60-74.
- [33] 苑泽明,尹琪,于翔. 数据资产如何赋能企业高质量发展——对传统生产要素的优化机制[J]. 西部论坛, 2024, 34(03):54-73.
- [34] 张燕. 数字化绿色化协同转型的稳就业效应[J]. 山东社会科学, 2025(06):140-149.
- [35] 周红根,乔宪玲,李欣先. 数字基础设施建设提升了企业全要素生产率吗?——基于“数字生产率悖论”的视角[J]. 山东科技大学学报(社会科学版), 2025, 27(04):68-80.
- [36] Al Halbusi, H., S. Popa, S. M. Alshibani, et al. Greening the Future: Analyzing Green Entrepreneurial Orientation, Green Knowledge Management and Digital Transformation for Sustainable Innovation and Circular Economy [J]. European Journal of Innovation Management, 2025, 28(5): 1916-1942.
- [37] Becchetti, L., M. Cordella, P. Morone. Measuring Investments Progress in Ecological Transition: The Green Investment Financial Tool (GIFT) Approach[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, 357: 131915.
- [38] Biddle, G. C., G. Hilary, R. S. Verdi. How does Financial Reporting Quality Relate to Investment Efficiency? [J]. Journal of Accounting and Economics, 2009, 48(2-3): 112-131.
- [39] Du, M., Q. Zhou, Y. Zhang, F. Li. Towards Sustainable Development in China: How do Green Technology Innovation and Resource Misallocation Affect Carbon Emission Performance?[J]. Frontiers in Psychology, 2022, 13: 929125.
- [40] Horbach, J., C. Rammer. Circular Economy Innovations, Growth and Employment at the Firm Level: Empirical Evidence from Germany[J]. Journal of Industrial Ecology, 2019, 24(3): 615-625.
- [41] Levinsohn, J., A. Petrin. Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables[J]. The Review of Economic Studies, 2003, 70(2): 317-341.
- [42] Loughran, T., B. McDonald. When is a Liability not a Liability? Textual Analysis, Dictionaries, and 10-Ks [J]. Journal of Finance, 2011, 66(1): 35-65.
- [43] Purnamawati, I., F. Jie, P. C. Hong, G. A. Yuniarta. Analysis of Maximization Strategy Intangible Assets Through the Speed of Innovation on Knowledge-Driven Business Performance Improvement[J]. Economies, 2022, 10(6): 149.
- [44] Saed, K. A. M. Assessment of the Impact Made by the Digital Transformation of the Accounting System on the Decision-Making System of the Enterprise[J]. European Journal of Economics and Management, 2020, 6(2): 122-129.

[45] She, J., Q. Zhang. Green Innovation and Enterprise Digital Transformation: Escape from the “Dilemma” of Development and Governance Choices[J]. *Plos one*, 2024, 19(5): e0301266.

[46] Zhu, Y., C. Li. Research on the Impact of Digital and Green Transformation on Corporate Sustainability Performance from a Synergistic Perspective[J]. *Systems*, 2025, 13(9): 820.

From “Overlay” to “Integration”: Synergistic Digital and Green Transformation of Enterprises and Total Factor Productivity

Xiang Hailing^a, Ren Xiaoyi^b, Wu Fei^c

(a: School of Finance and Investment, Guangdong University of Finance; b: Research Institute of Digital Economy and Financial Powerhouse Building, Guangdong University of Finance; c: Research Base of Digital Finance and High-Quality Development, Guangdong University of Finance)

Abstract: Digitalization and green transformation represent two major frontiers of contemporary economic development, and their synergistic advancement constitutes an important requirement for fostering new quality productive forces at the current stage of development. Using panel data on Chinese A-share firms listed on the Shanghai and Shenzhen stock exchanges from 2007 to 2023, this study constructs an index of corporate digital-green synergistic transformation and examines its impact on total factor productivity (TFP), the underlying mechanisms, and the boundary conditions. The results show that digital-green synergistic transformation significantly improves corporate TFP, and this finding remains robust across a range of robustness checks and methods addressing potential endogeneity. Heterogeneity analysis indicates that the productivity-enhancing effect is more pronounced among firms facing greater innovation risk or higher perceived policy uncertainty, firms with better environmental, social, and governance (ESG) performance, and firms whose management adopts a longer-term orientation. Mechanism analysis suggests that digital-green synergistic transformation improves corporate TFP by strengthening internal and external expectations and enhancing capital allocation efficiency. Further analysis shows that same-industry peer effects amplify the productivity gains from digital-green synergistic transformation, whereas no statistically significant moderating effect is detected for cross-industry peer transformation. These findings contribute to a better understanding of the mechanisms and boundary conditions through which corporate digital-green synergistic transformation affects productivity and provide practical implications for corporate transformation strategies and high-quality development.

Keywords: Digital-Green Synergistic Transformation; Total Factor Productivity; Peer Effects

JEL Classification: D24, O33, Q55

(责任编辑: 卢 玲)