企业数字化转型对绿色技术创新效率的影响研究

——有中介的调节效应模型

王 振[1], 傅亚平[2]

(1. 贵州财经大学大数据应用与经济学院, 贵阳 550025; 2. 贵州财经大学绿色发展战略研究院, 贵阳 550025)

摘要: 基于2015—2021年中国A股上市公司的数据,采用固定效应模型、中介模型和有中介的调节效应模型,实证分析数字化转型对企业绿色创新效率的影响机制,重点探讨动态能力的中介作用和ESG的调节作用。研究结果表明,数字化转型显著促进企业绿色创新效率,且ESG的调节效应部分通过中介变量动态能力起作用,即存在有中介的调节效用;相较于非高科技企业,高科技企业数字化转型对提高企业绿色创新效率更加显著;不同区位企业数字化转型对绿色创新效率影响存在差异,效率提升程度中部>东部>西部。

关键词: 企业数字化; 绿色创新效率; 企业动态能力; ESG; 有中介的调节模型

中图分类号: F290 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)08-0049-08

随着数字技术的快速发展和广泛应用,数字化转型已成为企业提升竞争力和创新能力的重要途径。数字化转型不仅可以提高企业的运营效率和质量,还可以促进企业的绿色创新,即在产品、过程、组织或市场方面实现减少对环境的负面影响或提高对环境的正面影响的创新活动。绿色创新是实现可持续发展的重要手段,也是应对气候变化和环境问题的必要举措。目前,中国经济正处于由高速增长向高质量增长转变的过程中,数字化和绿色化均受到高度关注。《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》对数字化发展和绿色发展进行了重点部署,明确指出数字化发展与绿色发展是中国经济实现高质量发展的新引擎[1]。因此,探讨如何实现数字化发展与绿色发展的协同并进,数字化转型如何影响绿色技术创新效率,以达到经济效益、社会效益、环境效益的共同发展,无疑具有重大现实意义。

近年来,有不少学者从不同的角度和层面,探讨了数字化转型对企业绿色创新的影响及其作用机制。张泽南等[2]利用中国A股上市公司数据,发现数字化转型能够显著提高企业绿色创新数量与质量,尤其是对实质性绿色创新的提升效应更强。周雪峰等[3]从宏观产业层面,基于"双碳"目标的背景,分析数字经济通过数字化转型影响企业持续绿色创新的内在机理,发现数字化转型在数字经济与企业持续绿色创新之间发挥中介效应。申明浩和谭伟杰[4]采用文本挖掘和历史工具变量等方法,发现数字化对企业绿色创新表现具有"增量提质"的双重效应,并且这一效应在政府环保补助高和内部管控成本低的企业、非重污染行业企业中更为明显,而且这一效应主要依赖于数字化缓解了(环境)信息约束问题,促使企业自主参与环境治理,并有效提升企业商业信用。肖静和曾萍[5]从资源视角,发现数字化显著提升了企业绿色创新质量和数量,尤其是绿色创新质量,而且这一影响在国有、有政治关联、非东部地区的企业中更为显著。杨天山等[6]从企业治理和信息环境视角,发现数字化转型可以通过提高企业治理能力和改善信息环境来促进绿色创新效率提高。凌士显和姬梦佳[7]从资源配置和研发投入视角,发现数字化转型通过提升资源配置效率、激励企业加大研发投入强度、吸引高端人力资本等渠道促进了企业绿色技术创新。刘畅等[8]从媒体监督和虚拟仿真技术视角,发现数字化转型通过强化媒体监督、应用虚拟仿真技术两个渠道提高企业绿色创新效率。

尽管现有研究从不同的角度探讨了数字化转

收稿日期: 2023-12-31

作者简介: 王振(1998—),男,河南安阳人,硕士研究生,研究方向为金融与区域经济发展;傅亚平(1973—),男,湖南澧县人,博士,副教授,研究方向为金融市场与金融机构。

型如何影响绿色创新效率，但它们很少考虑到在“双碳”目标下，ESG对二者关系的调节效应，以及调节效应的内在机制。ESG是指企业在环境(environment)、社会(social)和治理(governance)方面的表现，是衡量企业可持续发展能力和社会责任的重要指标。ESG不仅反映了企业对环境和社会的影响，也影响了企业的竞争力和创新能力。因此，探讨ESG对两者关系的调节效应，以及调节效应的内在机制，是一个有意义的研究方向。企业动态能力是指企业对内外部资源和能力的整合、构建和重新配置能力，它能够帮助企业在快速变化的环境中，创造和维持相对于其他企业的竞争优势。在数字化与绿色化的快速发展过程中，企业动态能力至关重要，决定着企业未来的竞争优势与发展前景。一方面，数字化转型可以通过提高企业的动态能力，来促进绿色创新效率的提升；另一方面，企业的ESG水平，即企业在环境保护、社会责任和公司治理方面的表现，也会影响企业数字化转型的动机和目标，从而影响数字化转型对绿色创新效率的作用效果。因此，ESG水平可能通过影响企业的动态能力，进而间接影响数字化转型与绿色创新效率之间的关系，即存在中介的调节效应。鉴于此，本文利用微观数据分析数字化转型对企业绿色创新效率的影响机制，ESG的调节效用以及调节效应的作用机制，为企业实现可持续发展提供可借鉴的建议。

本文边际贡献如下：①研究视角新颖。基于企业动态能力视角，从微观数据层面验证了数字化转型对企业绿色创新效率的作用机制，填补了相关文献的空白。②拓展研究范畴。文章引入企业动态能力为中介变量、ESG为调节变量，研究两者在企业数字化转型与绿色创新效率关系中所起的作用，明晰数字化转型对绿色创新效率的影响路径，可充实和拓展已有研究的理论范畴。③具有现实意义。在企业数字化转型与双碳目标背景下，为企业如何维持数字转型与绿色创新的关系，提供了新的思路。

1 理论分析与研究假设

1.1 企业数字化转型与企业绿色创新效率

首先，数字化转型增强了企业的内部控制，提高了绿色创新效率。内部控制是指企业对自身资源、流程和活动的管理和监督，它是企业创新的重要保障和支撑。数字化转型可以通过提供更多的监测手段、更准的评估方法、更优的决策支持和更强的执行力，来提升企业的内部控制。这样，企业就可以更有效地分配和利用与绿色创新相关的资源，如资金、人力、设备等，从而提高企业的绿色创新效率和质量。其次，数字技术的应用降低了企业数据搜集、信息获取的成本，提高了企业生产效率与管理效率，为企业创新活动提供便利。最后，企业借助数字技术，可以更加及时地掌握绿色政策及需求动态，精准识别新机遇，降低绿色技术创新风险[9]，激发企业绿色创新活力。基于以上分析，提出如下假设。

H1：数字化转型能够提高企业绿色创新效率。

1.2 数字化转型、企业动态能力与企业绿色创新效率

企业动态能力主要包含企业创新能力、企业适应能力以及企业吸收能力[10]。企业动态能力是企业数字化转型与创新绩效之间的媒介，确保企业数字化转型通过这一路径有效促进创新绩效提升[11]。首先，在企业创新能力层面，数字技术破除了传统信息获取方式在时空及成本上的难题，为企业迅速搜集海量信息、把握创新机遇提供重大动力。其次，在吸收能力层面，企业通过数字化转型可以更为深入地吸收并分析外部环境变化、精确获取外部需求，从而针对性地开展创新活动，提高创新效率。最后，在适应能力层面，企业数字化转型可以更新企业内部管理模式，优化企业内部资源。同时，较强的动态能力可以推动数字化与创新模式、创新流程更优匹配。根据以上分析，提出如下假设。

H2：企业动态能力在数字化转型与企业绿色创新效率关系中存在中介作用。

1.3 ESG的调节作用

ESG的价值不仅体现在提高企业的经济绩效方面，更体现在企业的环境、社会和治理等非经济绩效方面。首先，企业ESG转型表明企业积极承担环境责任，对推动企业绿色技术创新具有直接调节作用。其次，企业贯彻ESG理念，有助于调节与数字化转型关系。ESG强调企业要加强数字技术利用，通过数字技术优化企业治理流程，提高内部资源配置效率，将更多资源投入绿色创新活动，最终推动企业绿色技术创新效率提高及企业可持续发展。因此，ESG直接调节数字化转型对绿色技术创新效率的关系，如图1所示。基于此，提出以下假设。

H3：ESG正向调节数字化转型对绿色技术创新效率的提升效应。

1.4 ESG的中介调节作用

企业ESG不仅调节数字化转型与企业绿色创

新效率的直接影响,其对“数字化转型-企业动态能力”“企业动态能力-绿色技术创新效率”两段中介效应也可能存在调节作用。在前半段“数字化转型-企业动态能力”路径中,企业 ESG 转型可以推动企业更加广泛地利用数字化技术,推动企业建立完善的风险监测体系等影响数字化转型对企业动态能力的重要因素变动。在后半段“企业动态能力-绿色技术创新效率”路径中,一方面,ESG 可以提高企业的绿色环境适应能力,即企业能够及时洞察外部综合环境的变化,鉴别绿色消费需求的变动,发现绿色产品或服务市场的新机遇,优先占领新兴绿色市场,赢得市场领先优势,从而提高企业绿色创新的效果和效率;另一方面,ESG 可以提高企业的组织学习吸收能力,即企业能够有效地从内外部环境中获取、吸收、转化和应用绿色知识,不断更新和重构自身的绿色知识体系,形成绿色创新的核心能力。这样,企业动态能力就能够更好地为企业绿色创新提供知识创新和能力提升,从而提高企业绿色创新的效果和效率。因此,企业 ESG 对数字化转型与绿色创新效率关系存在调节效用,且调节效应通过企业动态能力的中介作用实现,如图 1 所示。基于此,提出以下假设。

H4:ESG 对数字化转型-企业动态能力-企业绿色技术创新效率的影响路径前半段具有正向调节效应;

H5:ESG 对数字化转型-企业动态能力-企业绿色技术创新效率的影响路径后半段具有正向调节效应。

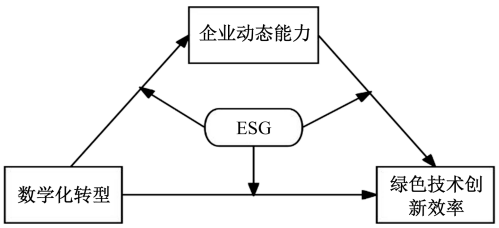

图 1　ESG 调节路径

2　研究设计

2.1　样本选取与数据来源

选取 2015—2021 年中国 A 股上市公司为样本,并对样本进行如下筛选:①剔除所有交易状态为 ST、*ST、PT 的公司;②剔除已退市的公司;③剔除当年上市的公司;④剔除样本期内关键数据缺失的企业;⑤对上市公司连续变量的数据在 1%和 99%的水平上进行了缩尾处理。企业 ESG 表现数据来源于华证 ESG 评级体系,其余数据均来自国泰安数据库(China Stock Market & Accounting Research, CSMAR)和中国研究数据服务平台(Chinese Research Data Services Platform, CNRDS)。

2.2　变量定义

2.2.1　被解释变量:绿色创新效率(Green1)

借鉴刘畅等[8]构建的绿色创新效率指标,使用绿色创新产出加 1 取对数与创新投入加 1 的对数之比来衡量绿色创新效率。由于现有数据无法将绿色创新投入资金从创新投入资金中分离出来,因此使用企业研发支出近似代替创新投入,上市企业的绿色创新产出则使用上市公司的绿色发明专利和实用新型的总申请数衡量。

2.2.2　解释变量:企业数字化转型(Dig)

关于企业数字化转型的度量目前有多种测量方法。一是采用数字化相关的无形资产占总无形资产的比例来衡量[1],这种方法仅考虑了资本方面的数字转型,存在局限性;二是构建企业是否进行数字化转型的虚拟变量,采用二分类变量衡量[12],这种方法仅能说明企业是否进行转型,但无法衡量转型程度;三是现在广为接受的通过企业年报进行文本分析和词频统一的方法构建数字化转型的程度[13-14]。关于企业数字化转型数据借鉴袁淳等[14]来进行构建。

首先构建企业数字化相关术语的词典,将近年来发布的国家层面相关的政策文件筛选数字化相关的关键词,Python 处理将词频大于等于 5 次的相关词汇构成的数字化词典;其次对企业发布的年报进行基于机器学习方法的文本分析,统计与企业数字化相关的词汇出现的频率;最后构建企业数字化程度的指标,通过词频与年报语段长度比值并乘以 100 衡量企业数字化程度。

2.2.3　中介变量:企业动态能力(DC)

现有文献关于数字化转型推动企业绿色创新效率的提升仅从企业外部环境的角度出发,从企业内部路径出发,借鉴莫冬燕等[15],从企业创新能力、适应能力和吸收能力三个角度构建企业动态能力。

关于企业创新能力(IA)的衡量,选取企业研发支出强度和发明专利数量进行标准化处理并加总,计算公式如下:

$$x_{it} = \frac{x_{it} - \min x_{it}}{\max x_{it} - \min x_{it}} \tag{1}$$

$$p_{it} = \frac{p_{it} - \min p_{it}}{\max p_{it} - \min p_{it}} \quad (2)$$

$$IA = x_{it} + p_{it} \quad (3)$$

式中：x_{it} 和 p_{it} 分别为企业研发支出强度和发明专利数量；IA 为企业创新能力。

关于企业吸收能力(RD)的衡量，采用研发支出与营业收入之比来衡量。关于企业适应能力(ACV)的衡量，运用变异系数法，测量企业研发、广告和资本支出强度的标准差与平均值的比值。如果变异系数较小，表明企业适应能力较强，能抵抗外部环境变化的冲击。

最后，企业动态能力的衡量通过上述三个能力加总平均，计算公式如下：

$$DC = (IA + RD + ACV)/3 \quad (4)$$

2.2.4　调节变量：ESG

在综合考量华证、明晟、商道融绿等 ESG 评级适用期间及覆盖范围后，采用华证 ESG 评级作为企业 ESG 表现的代理变量。华证 ESG 评级自 2009 年开始对中国 A 股上市公司进行 ESG 表现评估，更加符合中国企业 ESG 表现，已得到业界与学界的广泛认可[16]。根据华证 ESG 评价体系 C-AAA 九档评级结果，从 1～9 进行赋值来度量企业 ESG 表现。

2.2.5　控制变量

为了控制其他因素对绿色创新效率的影响，梳理以往相关学者的基础上，选择了一系列控制变量。分别为企业规模、资产负债率、总资产净利润率、营业收入增长率、账面市值比、是否为四大会计师事务所审计、企业年限。控制变量的说明如下：①企业规模(Size)，用上市公司总资产的取自然对数来衡量；②资产负债率(Lev)，用负债总额与资产总额的比值来衡量；③总资产净利润率(ROA)，通过净利润与总资产的比值来衡量；④营业收入增长率(Growth)，通过营业收入增长额与上年营业收入总额的比值来衡量；⑤账面市值比(BM)，用公司的账面价值与股票的市场价值的比率来衡量；⑥是否为四大会计师事务所审计(Big4)，用 0～1 变量来衡量；⑦企业年龄(Firm Age)，用当年年份与成立年份的差值取自然对数来衡量。

所有变量名称及定义，如表 1 所示。

表 1　变量名称以及相关定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量解释
被解释变量	绿色创新效率	Green1	ln(绿色专利＋实用新型＋1)/ln(研发支出＋1)
解释变量	企业数字化转型	Dig	借鉴袁淳等[14]
中介变量	企业动态能力	DC	从企业创新能力、适应能力和吸收能力三个角度衡量企业动态能力
调节变量	ESG 表现	ESG	华证 ESG 评级体系结果赋值
	中介调节	DC×ESG	DC 与 ESG 的交乘项
控制变量	企业规模	Size	上市公司总资产的取自然对数
	资产负债率	Lev	负债总额/资产总额
	总资产净利润率	ROA	净利润/总资产
	营业收入增长率	Growth	营业收入增长额/上年营业收入总额
	账面市值比	BM	账面价值/股票的市场价值
	是否为四大会计师事务所审计	Big4	通过是否为四大会计师事务所审计来衡量企业所披露的数据是否可靠，是取 1，否则取 0
	企业年龄	Firm Age	当年年份与成立年份的差值取自然对数

2.3　模型设计

为研究企业数字化转型与企业绿色创新效率关系、企业动态能力的中介作用、ESG 的调节作用以及两者之间的相互作用，建立层次回归模型，模型设定如下。

2.3.1　基准模型和中介效应模型

$$Green1_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$DC_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 Dig_{it} + \varphi_2 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$Green1_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Dig_{it} + \gamma_2 DC_{it} + \gamma_3 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式(5)为基准回归，式(6)和式(7)为中介效应模型。其中，$Green1_{it}$ 为被解释变量绿色创新效率；Dig_{it} 为核心解释变量；DC_{it} 为中介变量；x_{it} 为控制变量，包括企业规模(Size)、资产负债率(Lev)、总资产净利润率(ROA)、营业收入增长率(Growth)、账面市值比(BM)、是否为四大会计师事务所审计(Big4)、企业年限(Firm Age)；μ_i 为行业固定效应；λ_t 为年份固定效应；ρ_j 为省份固定效应；β、φ、γ 均为变量相应系数；ε_{it} 为随机误差项。

若 β_1 显著，则说明数字化转型可以提高企业绿色技术创新效率；若 φ_1 显著，则说明企业数字化转型与企业动态能力存在显著的正相关系；若 φ_1 和 γ_2 显著，且 γ_1 也显著，则说明存在部分中介；若 φ_1 和 γ_2 显著，但 γ_1 不显著，则说明存在完全中介。

2.3.2　调节效应模型和有中介的调节

根据现有文献可知，ESG 能够助推企业进行数字化转型，因此在式(5)中加入调节变量 ESG，衡量 ESG 对企业数字化转型与绿色创新效率的直接调节效应，借鉴温忠麟和叶宝娟[17]的思路进一步构建有中介的调节效应模型如下。

$$\mathrm{Green1}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \mathrm{Dig}_{it} + \alpha_2 \mathrm{ESG}_{it} + \alpha_3 \mathrm{Dig}_{it} \times \mathrm{ESG}_{it} + \alpha_4 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$\mathrm{DC}_{it} = \theta_0 + \theta_1 \mathrm{Dig}_{it} + \theta_2 \mathrm{ESG}_{it} + \theta_3 \mathrm{Dig}_{it} \times \mathrm{ESG}_{it} + \theta_4 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$\mathrm{Green1}_{it} = \pi_0 + \pi_1 \mathrm{Dig}_{it} + \pi_2 \mathrm{DC}_{it} + \pi_3 \mathrm{ESG}_{it} + \pi_4 \mathrm{Dig}_{it} \times \mathrm{ESG}_{it} + \pi_5 \mathrm{DC}_{it} \times \mathrm{ESG}_{it} + \pi_6 x_{it} + \mu_i + \lambda_t + \rho_j + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

式中：$\mathrm{Dig}_{it} \times \mathrm{ESG}_{it}$ 为数字化转型(Dig)与 ESG 的交互项；π 为变量系数。若 α_3 显著，则说明 ESG 对企业数字化转型与绿色创新效率存在直接调节效应；若 θ_3 显著，则说明 ESG 对前半段中介即“数字化转型——企业动态能力”路径存在调节作用；若 π_5 显著，则说明 ESG 对后半段中介“企业动态能力——绿色技术创新效率”路径有调节效应。

3　实证结果

3.1　描述性统计

上述回归模型中所使用变量的描述性统计如表 2 所示。在参与回归的上市企业中有 15 700 个观测值，年份从 2015—2021 年。被解释变量企业绿色创新效率(Green1)均值为 0.05，标准差为 0.09，最大值为 0.37。核心解释变量企业数字化转型(Dig)均值为 1.18，标准差为 1.18，最大值为 14.92。

3.2　回归结果分析

如表 3 所示，其中模型(1)和模型(2)分别代表未加入控制变量和加入控制变量以后的回归结果。

表 2　描述性统计

变量	平均值	标准差	最小值	p50	最大值
Green1	0.050	0.090	0.000	0.001	0.370
Dig	1.180	1.180	0.000	0.760	14.920
DC	0.060	0.220	(0.470)	0.070	0.670
ESG	4.140	1.140	1.000	4.000	8.000
Size	22.240	1.270	19.140	22.070	28.500
Lev	0.400	0.190	0.010	0.390	1.050
ROA	0.040	0.080	(0.800)	0.040	0.880
Growth	0.250	1.790	(0.920)	0.120	96.020
BM	0.950	1.190	0.030	0.610	20.970
Big4	0.050	0.210	0.000	0.000	1.000
Firm Age	2.950	0.290	1.610	3.000	4.010

表 3　基准回归结果

变量	(1)	(2)
	Green1	Green1
Dig	0.005***	0.005***
	(4.365)	(3.790)
Controls	No	Yes
Industry	No	Yes
Province	No	Yes
Year	No	Yes
调整后的 R^2	0.137	0.173
F	19.055	21.682
观测值	15 700	15 700

注：***、**、* 分别表示 1%、5%、10%的显著水平；括号内为 t 值。

二者结果表明，企业数字化转型在 1%的统计水平下显著提升企业绿色创新效率，且提升效率达到 0.5%，说明企业数字化转型顺应数字经济发展，极大地推动企业绿色创新能力提升，H1 成立。

3.3　稳健性检验

为检验上述结果的可靠性，现进行如下检验。

3.3.1　调整被解释变量

将被解释变量绿色创新效率指标更换为当年上市公司申请的绿色发明专利数和实用性专利数加 1 取自然对数(Green2)，将基准模型中绿色创新效率分别滞后 1 期[Green1_(-1)]和滞后 2 期[Green_(-2)]。回归结果显示，更换被解释变量和将绿色创新效率滞后 1 期和 2 期，企业数字化转型对企业绿色创新效率的提升作用依旧存在，与基准回归保持一致，结果如表 4 所示。

3.3.2　调整核心解释变量

分别采取袁淳等[4]数据中词频数加 1 取自然对数(Dig_y)和将数字化转型滞后 1 期[Dig_(-1)]，结果表明数字化转型对企业绿色创新效率确实存在提升作用，与基准回归结果保持一致，结果如表 5 所示。

表 4　调整被解释变量回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	Green2	Green1_(-1)	Green_(-2)
Dig	0.052***	0.003***	0.003***
	(4.276)	(3.905)	(3.951)
Controls	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
调整后的 R^2	0.198	0.184	0.181
F	23.387	21.168	20.155
观测值	15 700	13 114	10 832

注：***、**、* 分别表示 1%、5%、10%的显著水平；括号内为 t 值。

表 5　调整核心解释变量回归结果

变量	(1)	(2)
	Green1	Green1
Dig_y	0.005***	
	(3.428)	
Dig_(-1)		0.006***
		(3.755)
Controls	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes
Province	Yes	Yes
Year	Yes	Yes
调整后的 R^2	0.173	0.177
F	21.709	20.842
观测值	15 700	13 114

注:***、**、* 分别表示 1%、5%、10%的显著水平;括号内为 t 值。

3.4　中介效应

基准回归结果表明企业数字化转型发展能够促进企业绿色创新效率提高,但仍需要进一步检验数字化转型对绿色创新效率提高的作用机理。通过检验解释变量对中介变量的影响以及解释变量、中介变量对被解释变量的共同影响,观察各变量系数是否显著确定是否存在中介效应,回归结果如表 6 所示。

由表 6 可知,首先,列(1)表示基准回归结果,列(2)以 DC 为被解释变量,由列(2)结果显示企业动态能力对数字化转型在 1%的水平下产生显著正向影响;列(3)以绿色创新效率(Green1)为被解释变量,并加入中介变量(DC),回归结果显示数字化转型(Dig)对绿色创新效率影响系数不显著,企业动态能力对绿色创新效率的影响在 10%的水平下显著为正,因此说明企业动态能力在企业数字化转型与绿色创新效率之间起部分中介,H2 成立。

表 6　中介效应回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	Green1	DC	Green1
Dig	0.005***	0.010***	−0.001
	(3.790)	(4.400)	(−0.771)
DC			0.005*
			(1.700)
Controls	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
调整后的 R^2	0.173	0.137	0.633
F	21.682	22.233	0.969
观测值	15 700	15 624	15 625

注:***、**、* 分别表示 1%、5%、10%的显著水平;括号内为 t 值。

3.5　基于动态能力中介效应的 ESG 调节效应检验

基于研究假设检验 ESG 表现对直接路径与中介路径的调节作用,实证结果如表 7 所示。

3.5.1　ESG 表现调节直接效应检验

表 7 中模型(1)加入了解释变量企业数字化转型(Dig)与调节变量 ESG 及二者交乘项,检验 ESG 表现对直接路径的调节作用。结果可知 Dig×ESG 系数在 5%的水平下显著为正,说明 H3 成立。

3.5.2　ESG 表现调节中介效应检验

分别检验 ESG 对数字化转型影响企业绿色创新效率两端中介路径的调节效应,检验结果如表 7 列(2)和列(3)所示。列(2)显示 ESG 与数字化转型的交乘项在 5%的水平上显著为正,说明 ESG 在企业数字化转型与企业动态能力关系中存在正向调节效应,即 H4 成立。列(3)ESG 显示与数字化转型的交乘项系数在 10%的水平上显著为正,说明基于企业动态能力中介作用的 ESG 调节效应存在,再次验证了 H4。同时,ESG 与企业动态能力的交乘项系数不显著,说明 ESG 表现主要对前半段中介路径发挥了正向调节作用,证明 H4 成立、H5 不成立。

由此可知,ESG 表现对企业数字化转型与企业绿色创新效率存在正向的直接调节效应与间接调节效应,即 ESG 对企业数字化转型与绿色技术创新关系的调节效应部分通过中介变量动态能力起作用。

表 7　基于动态能力中介效应的 ESG 调节效应回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	Green1	DC	Green1
Dig	0.004***	0.009***	0.004***
	(3.504)	(4.253)	(3.368)
DC			0.016***
			(4.321)
ESG×Dig	0.002**	0.003**	0.002*
	(2.052)	(2.331)	(1.817)
ESG	0.008***	0.006***	0.008***
	(7.985)	(3.304)	(7.892)
ESG×DC			0.004
			(1.349)
Controls	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes
调整后的 R^2	0.182	0.138	0.184
F	21.556	19.775	19.002
观测值	15 527	15 494	15 494

注:***、**、* 分别表示 1%、5%、10%的显著水平;括号内为 t 值。

3.6　异质性分析

3.6.1　企业高新技术水平的异质性分析

为了验证不同的技术水平下，企业数字化转型对企业绿色创新效率存在差异性，将现有样本根据产业分类相关文件分为高科技企业和非高科技企业，进行异质性检验分析，结果如表8所示。表8列(1)和列(2)分别表示以高科技企业和非高科技企业进行回归的结果，模型(1)结果显示回归系数为0.007并在1%的水平上显著，数字化转型对高科技企业的绿色创新效率具有更大的促进作用，可能的原因在于高科技企业本身就具有强大的风险应对能力，因此对绿色创新的发展拥有更大的包容性，从而对绿色创新活动起到推动作用，进而提升了企业的绿色创新效率。

表8　异质性回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Green1	Green1	Green1	Green1	Green1
Dig	0.007***	0.001	0.004***	0.007**	0.000
	(4.042)	(0.464)	(3.142)	(2.283)	(0.123)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
调整后的 R^2	0.166	0.230	0.169	0.245	0.189
F	19.543	4.607	15.091	6.008	3.550
观测值	9 821	5 879	11 491	2 411	1 753

注：***、**、* 分别表示1%、5%、10%的显著水平；括号内 t 值。

3.6.2　企业不同地区的异质性分析

为了研究不同区位的企业数字化转型对企业绿色创新效率的影响，将样本企业划分为东中西部三个地区子样本，并进行分样本回归，回归结果如表8列(3)～列(5)所示，列(3)表示东部地区企业数字化转型对绿色创新效率的回归系数为0.004并在1%的水平上显著为正，列(4)表示中部地区企业数字化转型对绿色创新效率的回归系数为0.007并在1%的水平上显著为正，但西部地区系数不显著，结果表明企业数字化转型对绿色创新效率会受到不同区位的影响。可能的原因在于，我国东中部的地区经济发展水平、环境压力和规制强度和产业结构和技术水平较高，因此，这些地区的企业数字化转型对绿色创新效率的影响可能更显著。

4　结论与建议

4.1　结论

本文以2015—2021年A股上市公司为研究样本，通过面板固定效应模型、中介效应、调节效应以及有中介的调节效应衡量了企业数字化对企业绿色创新效率的影响，以及作用机理和异质性研究。

研究结果表明，第一，企业数字化转型不仅提升企业绿色创新效率，而且推动企业绿色可持续发展，从微观企业角度为中国式现代化做出贡献；第二，在作用机制上，企业数字化转型提高了企业的动态能力，包括创新、吸收和适应能力，提升了企业应对复杂环境和各种风险的能力，进而提高了企业绿色创新效率；第三，根据调节效应模型和有中介的调节模型的分析，企业ESG表现正向调节了企业数字化转型对绿色创新效率的促进作用，ESG的调节效应部分通过企业动态能力实现，即ESG变现较好时，企业数字化转型对企业动态能力的正向影响被加强，从而加强数字化转型对绿色技术创新效率的正向影响；第四，高科技企业和中东部地区的企业数字化转型对绿色创新效率具有更大提升作用。

4.2　建议

第一，加强对企业数字化转型的支持和引导。通过提供财政补贴、税收优惠、信贷便利等方式，降低企业数字化转型的成本和风险，激励企业加快数字化技术的引进、应用和创新。同时，加强数字化基础设施的建设和完善，提高数字化服务的质量和效率，为企业数字化转型提供良好的外部环境。

第二，提升企业ESG管理水平和表现。通过制定和完善相关的法律法规、标准规范、评价体系等方式，规范和监督企业在环境、社会和治理方面的责任和行为，促进企业提高ESG的透明度和可信度。同时，通过奖励和惩罚机制，激励企业提升ESG的绩效和质量，增强企业的绿色竞争力和声誉。

第三，培育和提升企业动态能力。加强人才培养和引进、支持企业技术创新和合作、推动企业组织变革和学习等方式，帮助企业提高创新、吸收和适应能力，增强企业应对复杂环境和各种风险的能力。同时，通过建立和完善相关的信息平台、服务机构、协会组织等方式，为企业提供有效的信息、资源和支持，促进企业动态能力的发展和运用。

参考文献

[1]　祁怀锦，刘斯琴．企业数字化发展对绿色创新的影响及其作用机理[J]．当代经济科学，2023(4)：72-83.

[2]　张泽南，钱欣钰，曹新伟．企业数字化转型的绿色创新效应研究：实质性创新还是策略性创新？[J]．产业经济研究，2023(1)：86-100.

[3]　周雪峰，韩露，肖翔．“双碳”目标下数字经济对企业持续

绿色创新的影响——基于数字化转型的中介视角[J]. 证券市场导报，2022(11)：1-12.
[4] 申明浩，谭伟杰. 数字化与企业绿色创新表现——基于增量与提质的双重效应识别[J]. 南方经济，2022(9)：118-138.
[5] 肖静，曾萍. 数字化能否实现企业绿色创新的“提质增量”？——基于资源视角[J]. 科学学研究，2023，41(5)：925-935.
[6] 杨天山，袁功林，武可栋. 企业数字化转型能否促进绿色创新效率提升？[J]. 企业经济，2023，42 (10)：17-28.
[7] 凌士显，姬梦佳. 企业数字化与制造业绿色技术创新[J]. 商业研究，2023(4)：10-18.
[8] 刘畅，潘慧峰，李珮，等. 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.
[9] 梁敏，曹洪军，陈泽文. 环境规制、环境责任与企业绿色技术创新[J]. 企业经济，2021，40(11)：15-23.
[10] 乔鹏程，张岩松. 企业数字化转型、动态能力与创新绩效[J]. 财会月刊，2023，44(5)：145-152.
[11] MARTIN G，RAJSHREE A. Performance differentials between diversifying entrants and entrepreneurial start-ups：a complexity approach [J]. The Academy of Management Review，2009，34(2)：31-36.
[12] 何帆，刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革，2019(4)：137-148.
[13] 吴非，胡慧芷，林慧妍，等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界，2021，37(7)：130-144.
[14] 袁淳，肖土盛，耿春晓，等. 数字化转型与企业分工：专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济，2021(9)：137-155.
[15] 莫冬燕，陈如意，方芳，等. 大数据技术、企业动态能力与真实活动盈余管理[J]. 证券市场导报，2023(3)：35-45.
[16] 谢红军，吕雪. 负责任的国际投资：ESG与中国OFDI[J]. 经济研究，2022(3)：83-99.
[17] 温忠麟，叶宝娟. 有调节的中介模型检验方法：竞争还是替补？[J]. 心理学报，2014，46(5)：714-726.

Research on the Influence of Enterprise Digital Transformation on the Efficiency of Green Technology Innovation：A Moderating Effect Model with Mediation

WANG Zhen[1]，FU Yaping[2]

(1. School of Big Data Application and Economics，Guizhou University of Finance and Economics，Guiyang 550025，China；
2. Green Development Strategy Institute，Guizhou University of Finance and Economics，Guiyang 550025，China)

Abstract：Based on the data of China's A-share listed companies from 2015 to 2021，the impact mechanism of digital transformation on enterprises' green innovation efficiency was empirically analyzed by using fixed effect model，intermediary model and moderating effect model with intermediary variables，focusing on the mediating role of dynamic capability and the moderating role of ESG. The results are as follows. Digital transformation can significantly promote the efficiency of green innovation in enterprises，and the moderating effect of ESG partly acts through the dynamic ability of mediating variables，that is，there is a mediating moderating effect. Compared with non-high-tech enterprises，the digital transformation of high-tech enterprises is more significant in improving the efficiency of green innovation. The digital transformation of enterprises in different locations has different impacts on green innovation efficiency，and the efficiency improvement degree is central > eastern > western.

Keywords：enterprise digitization；green innovation efficiency；enterprise dynamic capability；ESG；a mediated model of regulation