

数字经济对纺织企业绿色全要素生产率的影响研究

徐嘉欣¹, 陆诺昕¹, 李安羽²

¹武汉纺织大学经济学院, 湖北 武汉

²武汉纺织大学外国语学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年5月29日; 录用日期: 2025年6月9日; 发布日期: 2025年8月20日

摘要

数字经济是驱动纺织企业绿色化转型的关键力量。当前, 纺织企业面临着发展滞后、治污能力不足等挑战。本文以全国为例, 选取2004~2023年部分全国规模以上纺织企业为样本, 探究数字经济对纺织企业绿色化转型的影响。研究发现, 数字经济主要通过促进绿色技术创新和优化资源配置, 显著提升了纺织企业的绿色全要素生产率。并且据异质性检验表明, 数字经济对不同规模纺织企业的绿色转型影响存在差异。据此, 本文提出完善纺织回收体系、优化绿色创新生态、精准配置生产要素、引进数字化绿色人才等建议, 以推动纺织行业的绿色转型。

关键词

数字经济, 纺织企业, 绿色全要素生产率, 绿色转型

Research on the Impact of Digital Economy on the Green Total Factor Productivity of Textile Enterprises

Jiaxin Xu¹, Ruoxin Lu¹, Anyu Li²

¹School of Economics, Wuhan Textile University, Wuhan Hubei

²School of Foreign Languages, Wuhan Textile University, Wuhan Hubei

Received: May 29th, 2025; accepted: Jun. 9th, 2025; published: Aug. 20th, 2025

Abstract

The digital economy serves as a critical driver for the green transformation of textile enterprises.

文章引用: 徐嘉欣, 陆诺昕, 李安羽. 数字经济对纺织企业绿色全要素生产率的影响研究[J]. 世界经济探索, 2025, 14(4): 573-586. DOI: 10.12677/wer.2025.144060

Currently, textile enterprises face challenges such as lagging development and insufficient pollution control capabilities. Taking the national context as a case, this study selects partial data of above-designated-size textile enterprises nationwide from 2004 to 2023 as samples to explore the impact of the digital economy on the green transformation of textile enterprises. The research finds that the digital economy significantly enhances the green total factor productivity of textile enterprises primarily by promoting green technological innovation and optimizing resource allocation. Heterogeneity tests show that the digital economy has varying impacts on the green transformation of textile enterprises of different scales. Based on these findings, this paper proposes suggestions such as improving the textile recycling system, optimizing the green innovation ecosystem, precisely allocating production factors, and introducing digital green talent to advance the green transformation of the textile industry.

Keywords

Digital Economy, Textile Enterprises, Green Total Factor Productivity, Green Transformation

Copyright © 2025 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

当前,数字技术正以迅猛之势发展,广泛且深入地渗透至经济社会的各大产业领域,重构经济社会的物质基础[1]。党的十八大以来,党中央高度重视发展数字经济,将其上升为国家战略。数字经济正在成为重组全球要素资源的关键力量,重塑全球经济结构,并改变全球竞争格局。在此背景下,纺织企业作为基础性、民生性与支柱性的传统优势市场主体,其发展对经济有不言而喻的推动作用。然而,在生产运营过程中,众多纺织企业面临资源消耗与污染排放的难题,尤其在原料加工到成品制造的关键环节,如纺纱、织造、印染等,普遍存在能源利用效率低下等问题。据统计,大量纺织企业叠加的碳足迹总量高达 33 亿 t [2],单个规模以上纺织企业年均碳排放可达数万吨,绿色转型迫在眉睫。而绿色全要素生产率(GTFP)是衡量企业在考虑环境约束下的综合效率指标,反映了绿色技术创新与资源优化配置的能力[3]。充分考量绿色全要素生产率能够充分发挥单数据源的作用,推动相关企业实现绿色可持续发展[4]。并且与传统全要素生产率(TFP)不同, GTFP 进一步纳入能源消耗与污染排放因素,更符合可持续发展要求[5]。

数字经济能大幅提升绿色全要素生产率,帮助纺织企业绿色转型[4]。它通过广泛应用信息通信技术,构建以数字信息和知识为关键生产要素的经济系统[6];利用物联网、大数据、人工智能等技术,实时监测生产中的能耗、物耗及污染排放情况,让原本在生产环节中隐形的浪费变得可见[7],降低环境负面影响。已有众多学者指出,数字经济与绿色全要素生产率的结合考量对企业绿色转型具有显著的促进作用。陈德球等(2022)指出,企业充分重视数据要素的价值,可通过治理模式创新提高决策精准度,进而优化生产效率[5]。此外,数字经济通过灵活用工、技能培训等新型就业模式提升劳动者效率,进一步强化了生产率增长的内生动力[8]。数字经济也为 GTFP 改善提供了新路径,在数字经济时代下,可以通过智能化、自动化改造传统生产流程,减少资源错配,降低能源消耗[9]。周晓辉等(2021)的实证研究表明,数字经济对 GTFP 的促进作用具有稳健性,且存在时间、区域和行业异质性[5]。由此可见在数字经济视角下探究其对纺织企业的绿色全要素提升有重大意义。

另外纺织企业因自身特点对数字经济依赖度较高。一方面,其产业链长,从采购到销售、回收各环节数据流动大,数字经济可借助大数据、物联网技术实现优化,提高效率、减少浪费和污染。另一方面,

大多纺织企业为劳动与资本密集型，对生产效率和成本控制要求高[10]，数字经济可以通过智能化改造、自动化生产等方式，降低人力成本，提高生产效率，增强企业的市场竞争力，同时减少因生产效率低下导致的资源浪费和污染物排放。

在数字经济与绿色全要素生产率的关系研究方面，众多文献虽已认识到数据要素能重构传统生产函数，为纺织企业带来优化供应链、实现生产智能化、驱动绿色创新等优势，但仍存在明显不足。一是多数文献关注宏观层面，缺乏对纺织企业等传统高耗能企业的微观实证[1][4]。二是数字经济所伴随的能源消耗(如数据中心碳排放)较少被探讨[9]；三是机制研究薄弱，绿色创新与数字经济的协同路径尚未系统化，尤其是两者与绿色全要素生产率之间的关联缺乏深入剖析。

基于现有文献的不足，本文创新点如下：其一，通过选取 2004~2023 全国规模以上纺织企业样本数据，采用非径向、非角度的 SBM-ML 模型测算绿色全要素生产率，利用熵值法构建数字经济发展水平指标模型。从微观层面探寻数字经济对绿色生产要素促进作用。其二，构建“资源基础观(Resource-Based View, RBV)”和“波特假说(Porter Hypothesis)”综合分析框架，探究了数字经济与节能减排等机制关联性。系统阐释其与企业绿色转型的协同关系，为纺织企业绿色转型策略提供了关键依据。基于此，文章提出完善纺织可回收体系、优化绿色技术创新生态、精准配置生产要素以及引进数字化绿色人才等针对性建议，旨在助力纺织企业在数字经济浪潮中实现可持续的绿色发展，也为后续相关研究提供了创新思路与方法参考。

2. 理论基础与研究假设

数字经济对全国纺织企业绿色发展的推动作用主要体现在直接影响和间接影响两个方面，其理论基础分别基于“资源基础观(Resource-Based View, RBV)”和“波特假说(Porter Hypothesis)”进行系统阐释[11]。

2.1. 数字经济对全国纺织企业绿色发展的直接推动作用

资源基础观(Resource-Based View, RBV)提到，企业的核心竞争力源自那些稀缺、难以模仿且难以替代的资源与能力。数字经济正是通过构建大数据分析、物联网集成与云计算等数字化技术能力，形成了纺织企业的独特核心资源，从而优化能源投入与生产流程、提升绿色全要素生产率，为企业的绿色化转型提供新的契机[12]。

具体而言，企业可以通过物联网设备实时采集的生产能耗数据、供应链溯源数据等，形成企业专属的“数字资产池”。这类数据深度映射企业生产流程特性与产业链生态，从而实现数字资源的稀缺性构造。而数字化平台打破传统部门间的信息壁垒，催生“敏捷型组织”能力，形成组织能力的不可替代性培育。并且企业可以依托大数据预测市场绿色需求趋势、AI 优化清洁生产工艺，可形成“数据洞察 - 技术迭代 - 效率提升”的动态循环。通过以上资源协调能力推动企业可持续发展。

数字经济的直接推动作用体现在以下三个方面：节能减排，可持续供应链管理和数字化营销与循环利用。

节能减排能够实现环境和经济的双赢[13]。企业借助物联网技术，将生产设备、能源供应系统接入网络，实时采集能源使用数据，通过大数据分析识别高耗能环节与浪费点，实现规模以上企业能源消耗的精细化管理[12]。同时，安装废弃物监测传感器，动态跟踪废弃物的产生量与种类，并通过数据挖掘优化其处理途径，从而在降低环境负荷的同时提升经济效益。

可持续供应链管理。在原材料采购环节，数字化采购平台使供应流程透明且可追溯，企业可利用大数据分析供应商的生产与环保数据，结合需求预测优化采购计划，减少库存浪费[13]。在生产加工环节，

通过智能化设备与工艺优化大幅提升资源利用效率；在供应链协同方面，数字平台促成企业间的信息共享与优势互补，共同推进节能减排和可再生能源应用，助力湖北省纺织行业实现减碳目标[14]。

数字化营销与循环利用。鉴于湖北省纺织服装企业规模小、品牌知名度不高，数字经济还为企业提供了电子商务与社交媒体等绿色营销渠道，加强绿色产品宣传、提升消费者的绿色认知与购买意愿。同时，构建废旧纺织品回收平台，激励消费者参与循环利用，闭合产业生态链。

基于上述分析，提出假说：

H1：数字经济可以直接提高纺织有关企业绿色全要素生产率。

2.2. 数字经济对全国纺织企业绿色发展的间接推动作用

“波特假说(Porter Hypothesis)”强调，适度且灵活的环境规制能够激发企业的创新活力，带来更高的经济绩效。数字经济通过增强环境监测的精准度与执法透明度，加大企业的合规压力，激发“强制性创新”动力，间接提升了绿色产品创新与工艺创新水平[15]。其间接影响如下：

(1) 数字经济对环境规制的影响。波特假说的有效性依赖于环境规制的“适度性”。当数字经济赋能下的环境规制强度超过临界值时，企业面临的合规成本压力将突破“创新激励阈值”，迫使企业从“被动治污”转向“主动创新”。数字经济通过打破信息孤岛，实现对企业环境行为的全过程可视化和精细化管理，一方面，监管部门通过物联网传感器、在线监测和大数据平台，实时掌握企业的排放数据，一旦超标立即告警并触发执法，同时公开环保信用评价，接受公众与社会组织监督，大幅提升监管效率并提高违规成本；另一方面，企业依托环境管理信息系统、AI 预测模型和区块链溯源技术，降低单位产出的能源消耗和污染成本[16]，通过供应链绿色溯源赢得下游认可，提高产品附加值并拓展市场空间[17]，实现减碳增效。

(2) 环境规制对绿色全要素生产率的影响。从理论层面，波特假说的实践验证表明，当规制强度达到临界值时，企业被迫引入清洁生产工艺、自动化监测设备和节能技术包。这些绿色创新不仅降低污染物排放强度，更通过资源循环利用与流程再造提升全要素生产率，形成“环境成本→技术革新→效率跃升”的正向循环。此外，市场化工具具有调节作用，市场化手段(排污权交易、碳税等)改变了高污染产能的成本结构，促使低效产能退出、新技术和绿色业态获得发展空间，形成规模效应、构成效应与技术效应的合力。动态调整的环境规制也为企业提供了长期信号，促使其将绿色技术研发纳入战略决策，从被动合规转向主动创新，进一步推动绿色全要素生产率(GTFP)提升。

基于上述分析，提出假说：

H2：数字经济能够通过促进企业环境规制强度间接提高纺织企业的绿色全要素生产率水平。

3. 数字经济对纺织企业影响实证分析

3.1. 样本选取与数据来源

本文以 25 家全国纺织行业规模以上企业 2004~2023 年的相关数据为研究对象，数据类型为面板数据，数据主要来源于国家统计局等。对于部分年份缺失的数据，采用线性插值等方法进行补充。

3.2. 变量选取与说明

3.2.1. 被解释变量

本文的被解释变量为绿色全要素生产率(GTAP)。绿色全要素生产率不仅考虑企业的经济产出，还兼顾其对环境的影响，是衡量企业绿色发展水平的综合性指标，所以本文的被解释变量选择绿色全要素生产率。

在指标测算模型选择上，本文采用非径向、非角度的 SBM-ML 模型。该模型是一种改进的 DEA (数

据包络分析)模型,能够同时考虑投入的减少和产出的增加,并且不会忽视松弛变量,从而更准确地衡量生产效率。模型的基本形式如下:

$$\rho = \min \frac{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}}}{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}$$

模型需同时考虑期望产出的最大化和非期望产出的最小化。

其中:

m 为投入种类数, s 为期望产出种类数;

s_i^- 为第 i 种投入的冗余量, s_r^+ 为第 r 种期望产出的不足量;

x_{i0} 和 y_{r0} 为决策单元的原始投入和期望产出。

$$\rho = \min \frac{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}} + \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \frac{s_j^b}{b_{j0}}}{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}$$

其中:

s_j^b 为非期望产出的减少量, b_{j0} 为原始非期望产出。

ρ 是 $D^t(\cdot)$ 的数值表现, SBM 模型中的 ρ 是单期效率值, 而 $D^t(\cdot)$ 是跨期分析中对 ρ 的扩展应用, $D^t(\cdot)$ 表示以时期 t 的技术前沿为参照的 SBM 效率值。

Malmquist-Luenberger (ML) 指数公式如下:

$$ML = \left[\frac{D^t(x^t, y^t, b^t)}{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{D^{t+1}(x^t, y^t, b^t)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

SBM-ML 模型整合公式:

$$ML = EC \times TC = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^t(x^t, y^t, b^t)} \right] \times \left[\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

其中:

EC (技术效率变化) 和 TC (技术进步) 通过跨期 SBM 效率值计算。

通过这种分解, 可以更清晰地分析绿色全要素生产率变化的来源。

通过上述步骤, 可以得到每个时间点的 SBM 效率值和 ML 指数。绿色全要素生产率(GTAP)可以通过 ML 指数的变化率来衡量。具体而言, GTAP 可以表示为:

$$GTAP = \frac{ML_{t+1}}{ML_t}$$

其中, ML_t 和 ML_{t+1} 分别表示时间 t 和 $t+1$ 的 ML 指数。

本文借鉴了胡书芳、高寿华测算粮食生产绿色全要素生产率和纺织行业效率的指标体系来构建思路, 结合我国经济发展特点, 依据数据可获取性原则, 最终确定的指标体系见表 1, 该指标数据来源主要有《中国统计年鉴》, 《中国能源统计年鉴》, EDGAR 数据库和《中国环境统计年鉴》。

Table 1. Indicator system of green total factor productivity
表 1. 绿色全要素生产率指标体系

一级指标	二级指标	具体指标	测算方法
投入指标	劳动力投入	规模以上纺织企业从业人员平均人数(万人)	直接统计
	能源投入	电力、水消耗量	按标准折算成标准煤消耗总量
	资本投入	规上纺织企业固定资产净值(亿元)	直接统计
	期望产出	规上纺织工业总产值	直接统计
产出指标	非期望产出	废水排放量	直接统计
		气排放量	按标准折算成二氧化碳排放系数
		碳排放量加总	直接统计
		工业二氧化硫排放量	直接统计

3.2.2. 核心解释变量

本次核心解释变量为数字经济发展水平(Dige)，该指标构建参考了刘军，杨渊鋈等文献。其本文将数字经济指数分解为信息化发展指标、互联网发展指标和数字交易发展指标三个维度，选用了以下 14 个测度指标，测度指标的基础数据均来自 2004~2023 年历年《中国统计年鉴》相关数据，并运用熵值法进行测算。该指标构建结果如表 2：

Table 2. Indicator system of digital economy level
表 2. 数字经济水平指标体系

主指标	一级指标	二级指标	测度指标
信息化发展指标	信息化基础	光缆密度	光缆密度
		移动电话基站密度	移动电话基站密度
	信息化影响	信息化从业人员占比	信息化从业人员占比
		电信业务总量	电信业务总量
互联网发展指标	互联网基础	软件业务收入	软件业务收入
		互联网接入端口密度	互联网接入端口密度
	互联网影响	移动电话普及率	移动电话普及率
		宽带互联网用户人数占比	宽带互联网用户人数占比
数字交易发展指标	数字交易基础	移动互联网用户人数占比	移动互联网用户人数占比
		企业网站占比	企业网站占比
	数字交易影响	企业使用计算机数占比	企业使用计算机数占比
		电子商务占比	电子商务占比
		电子商务销售额	电子商务销售额
		网上零售额	网上零售额

3.2.3. 机制变量

本次选取企业环境规制强度(ERI)作为机制变量。该机制变量参考刘畅，潘慧峰相关文献，利用上市公司所在地当年投入废气废水污染治理的金额占该年工业产值的比重衡量企业环境规制强度。

3.2.4. 控制变量

考虑到纺织企业的可持续发展水平仍会受到其他因素的影响，因此本文确定了以下控制变量，以便更全面地分析研究问题。(1) 企业规模(Size)：规模较大的企业通常拥有更多资源进行绿色技术创新，且可能受益于规模经济效应。测度方式为总资产的自然对数或员工人数。运用总资产的自然对数进行测算；(2) 资本密集度(CAP)：资本密集度作为生产要素配置的关键指标，通过固定资产净值占比反映企业设备更新能力，直接影响绿色生产效率的提升空间；(3) 资产负债率(Lev)：资产负债率通过揭示企业财务杠杆

水平，体现了债务压力对绿色创新投入的抑制效应；(4) 总资产周转率(ATO)：该变量作为资产运营效率的表征指标，其营业收入与平均总资产的比值关系，反映了企业在资源配置灵活性方面对绿色转型战略的支持能力。这四个维度共同构建了企业微观特征与绿色创新能力之间的量化分析框架。变量设计如表 3：

Table 3. Variable design
表 3. 变量设计

变量类别	变量名	符号	测度方式
被解释变量	绿色全要素生产率	GTAP	非径向、非角度 SBM-ML 模型
解释变量	数字经济发展水平	Dige	熵权法
中介变量	企业环境规制强度	ERI	当年投入废气废水污染治理的金额占该年工业产值的比重
控制变量	企业规模	Size	总资产的自然对数
	资本密集度	CAP	固定资产净值占总资产比重
	资产负债率	Lev	总负债占总资产比重
	总资产周转率	ATO	营业收入占平均总资产比重

3.3. 变量统计分析

3.3.1. 描述性统计分析

表 4 展示了研究样本的核心变量特征及其分布规律。数字经济水平均值为 0.23，标准差 0.09，表明样本企业数字化转型处于起步阶段但存在一定分化，最小值 0.10 与最大值 0.37 的差距印证了这一结论。企业规模均值 20.46，标准差仅 0.86，显示样本群体规模相对同质化。资产负债率均值 0.58，标准差 0.20，揭示企业杠杆运用普遍但风险敞口差异显著。总资产周转率均值 0.27，标准差 0.07，反映资产运营效率整体偏低且稳定性较强。资本密集度(均值 4.38，标准差高达 2.74)，凸显行业间技术资本投入的显著差异。企业环境规制强度均值 4.78，标准差 2.50，表明环保政策约束呈现阶梯式分布，部分企业面临高强度监管压力。绿色全要素生产率均值 1.03，标准差 0.09，说明样本整体已实现绿色增长突破，且效率表现趋于收敛。各变量的标准差与极值分布揭示了数字经济背景下企业经营特征的复杂异质性，为后续回归分析提供了重要基准参照。

Table 4. Descriptive statistics
表 4. 描述性统计

变量名	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
数字经济发展水平(Dige)	500	0.23	0.09	0.10	0.37
企业规模(Size)	500	20.46	0.86	18.67	21.30
资产负债率(Lev)	500	0.58	0.20	0.08	0.85
总资产周转率(ATO)	500	0.27	0.07	0.15	0.37
资本密集度(CAP)	500	4.38	2.74	1.50	11.31
企业环境规制强度(ERI)	500	4.78	2.50	1.00	8.00
绿色全要素生产率(GTAP)	500	1.03	0.09	0.90	1.15

3.3.2. 多重共线性检验

在实证检验之前，本文采用容差和方差膨胀因子(VIF)等统计指标，对核心解释变量和控制变量进行了多重共线性检验。检验结果显示，所有自变量的 VIF 值均低于 10，表明变量之间不存在严重的共线性问题。具体结果见表 5：

Table 5. Multicollinearity of explanatory variables
表 5. 解释变量多重共线性

变量	VIF
数字经济发展水平(Dige)	3.06
企业环境规制强度(ERI)	2.25
企业规模(Size)	2.09
资本密集度(CAP)	2.08
资产负债率(Lev)	1.96
总资产周转率(ATO)	1.72

3.4. 模型的建立

本文基于上述检验假设结果，建立了如下基准回归模型进行检验：

$$GTAP_{it} = \alpha + \beta_1 Dige_{it} + \beta control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

式(1)中：GTAP 为绿色可持续发展水平；Dige 为数字贸易便利化水平数；control 为控制变量；ε 为随机误差项。

本文进一步构建了以下机制模型，以探讨数字经济对绿色全要素生产率的影响路径：

第一步：检验核心解释变量对中介变量的影响

$$ERI_{it} = \alpha + \gamma_1 Dige_{it} + \gamma control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

第二步：双重影响路径检验，同时检验核心解释变量和中介变量对被解释变量的影响

$$GTAP_{it} = \alpha + \delta Dige_{it} + \delta ERI_{it} + \delta control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

式(2)中：ERI 为企业绿色技术创新水平；Dige 为数字贸易便利化水平数；control 为控制变量；ε_{it} 为随机误差项，α 为截距项，μ_i 为个体固定效应，λ_t 为时间固定效应，i 为个体，t 为时间。

4. 实证结果分析

4.1. 数字经济对纺织行业绿色可持续发展的影响

为了更好地决定是否采用随机效应的面板模型或固定效应的面板模型，本文应用豪斯曼检验进行了研究，原假设为随机效应，如表 6 检验结果为 Prob > chi² = 0.0000，P 值小于 0.01。所以选取固定效应模型来进行实证研究。表中(1)为在未加入控制变量的情况下，数字经济发展水平对纺织行业绿色可持续发展具有显著正向影响，系数估计值达 0.963 且在 0.001 水平上显著。(2)式为在加入控制变量的前提下，结果显示数字经济发展水平对纺织行业绿色可持续发展具有显著正向影响，系数估计值达 0.978 且在 0.001 水平上显著。基于资源基础观(RBV)，企业独特的资源和能力是获取竞争优势的关键。数字经济的发展为企业带来了新的稀缺资源和能力(如大数据平台、人工智能技术等)，这些资源与企业绿色发展战略相结合时会产生协同效应。我们的基准回归结果显示，数字经济显著提升了企业绿色全要素生产率，这与资源基础观的逻辑完全一致：数字化赋能能够优化资源配置、提高生产效率，从而推动企业绿色转型与绩效提升。

针对控制变量，具体而言资本密集度越高的企业往往意味着固定资产投入比例较大、技术更迭成本更高，在推动数字化转型时容易受到旧有生产线和设备的束缚；同时，总资产周转率较低也反映了企业运营效率不足，需要在管理流程和资源配置方面进行优化，否则数字化投入难以产生预期收益。相反适度的负债水平可以为企业提供必要的资金支持，使其在信息化建设和新技术应用上具备更强的资金灵活性；规模较大的企业由于具备更完善的组织架构、丰富的人才储备和更高的话语权，更容易整合外部资

源、搭建数字化平台，从而在竞争中抢占先机。由此可见在推进数字经济发展的过程中，不仅要关注核心技术应用，还需兼顾企业自身的资本结构、运营效率及规模基础，以实现数字化转型的可持续与高效。

Table 6. Regression results of the benchmark model

表 6. 基准模型的回归结果

变量	(1)	(2)
数字经济发展水平 (Dige)	0.963*** (20.96)	0.978*** (35.67)
资本密集度 (CAP)		-0.089** (-3.49)
总资产周转率 (ATO)		-0.212** (-3.94)
资产负债率 (Lev)		0.011** (5.47)
企业规模 (Size)		0.634** (3.58)
常数项	0.809*** (83.85)	-1.260** (-2.22)
地区固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
R ²	0.780	0.763
样本总量	500	500

补充：括内为 t 值，***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平。

4.2. 机制效应检验

本次机制效应检验采用三步法和 Bootstrap 检验进行。表格中式(1)为检验数字经济发展水平对企业环境规制强度的影响，式(2)为同时检验数字经济发展水平和企业环境规制强度对绿色全要素生产率的影响，(1)式的机制回归结果显示，数字经济发展水平对环境规制强度的促进作用极为显著，系数 0.98 且在 0.001 水平显著，通过显著性检验。该实证结果可从两方面解读：其一，数字技术赋能环境监测体系，如物联网传感器实时追踪污染数据，区块链技术保障排放信息透明化，倒逼企业遵守环保标准；其二，数字经济催生的共享平台与绿色金融工具，使环境规制政策更易落地实施。(2)的机制回归结果显示，环境规制强度在数字经济与绿色转型间发挥核心中介作用其系数为 0.035 且在 0.001 水平上显著，而数字经济发展水平直接影响效应不再显著，如表 7 该结果表明数字经济的绿色赋能并非直接实现，而是通过制度约束与市场激励双重机制发挥作用：一方面，数字技术提升环境规制的精准性与执行力；另一方面，碳交易市场等数字化交易平台将环境成本内部化，推动企业采用清洁技术。本次研究另外通过运行 bootstrap 重复 1000 次估计中介效应，结果显示 Bootstrap 置信区间显示间接效应在百分位数法下显著(0.3959~1.5011)，偏差校正法虽下限接近零(-0.0166)，但整体仍呈现正向趋势；而直接效应的置信区间包含零(-0.3698~0.5429)，表明数字经济对绿色转型的直接影响被环境规制强度完全中介。综合 Bootstrap 检验结果与多表回归分析，可判定数字经济通过环境规制强度影响纺织行业绿色转型的中介效应基本成立，存在完全中介效应。从波特假说视角来看，适度的环境规制能够激励企业技术创新和效率提升，以抵消合规成本。机制检验结果表明，环境规制强度是数字经济影响绿色全要素生产率的有效中介变量：当环保政策更为严格时，数字技术与环境目标协同作用显著增强了绿色生产率。这验证了波特假说的核心观点，即正确设计的环境政策可以通过促进创新来提升企业竞争力和生产率。例如，相关研究也发现环境规制能够直接促进绿色全要素生产率增长，这与我们在机制分析中观察到的结果相吻合。说明环境规制是数字经济影响绿色全要素生产率的有效路径，假设 H2 得到验证。

Table 7. Mechanism regression results
表 7. 机制回归结果

变量	(1)	(2)
数字经济发展水平(Dige)	0.978*** (35.67)	0.194 (0.35)
企业环境规制强度(ERI)	—	0.035*** (18.21)
控制变量	控制	控制
常数项	−62.061** (−3.77)	0.928** (7.32)
时间固定效应	控制	控制
地区固定效应	控制	控制
R ²	0.801	0.832
样本总量	500	500

补充：括内为 t 值，***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平。

4.3. 稳健性分析

为保证实证结果的稳健性，现作如下稳健性检查：

一是排除样本量。考虑到 2021 年全球经济环境的变化对纺织企业的影响，本文剔除了 2021 年的数据样本，并重新进行了实证检验。结果显示，即使在剔除了这两年的数据后，数字经济对湖北省纺织企业绿色全要素生产率(GTAP)的正向影响依然显著。这表明，研究结果并非由特定年份的特殊经济环境所驱动，具有较强的稳健性。

二是替换解释变量的测算方法。为了进一步验证研究结论的稳健性，本文将解释变量的测算方法从熵值法替换为主成分分析法，以考察数字经济对绿色全要素生产率的影响。结果表明，数字经济新测算数值对绿色全要素生产率仍保持显著的积极影响，这进一步体现了模型的稳健性。

三是控制变量的调整。为了更全面地分析数字经济对纺织企业可持续发展的影响，本文在模型中引入了更多的控制变量，如全国纺织企业融资约束指数(Kaplan-Zingales Index)和财务约束指数(Financial Constraints)等，以考察这些因素对纺织企业可持续发展的影响。结果表明如表 8，即使在控制了这些额外变量之后，数字经济对绿色全要素生产率的正向影响依然显著。这进一步说明，数字经济是推动纺织企业可持续发展的关键因素，其影响独立于其他潜在影响因素。

通过上述一系列的稳健性测试，本文在不同的样本选取和变量设置中，验证了数字经济对纺织行业可持续发展的显著积极影响。

Table 8. Robustness analysis regression results
表 8. 稳健性分析回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
数字经济发展水平(Dige)	0.908** (5.31)	0.123*** (9.26)	1.024*** (9.57)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	−2.623 (−0.79)	−0.038 (−0.02)	3.114 (1.18)
地区固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
R ²	0.756	0.743	0.789
样本总量	500	500	500

补充：括内为 t 值，***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平。

4.4. 异质性分析

为深入探究数字经济对纺织企业绿色转型的差异化影响，本文基于企业规模、技术密集度、区域发展水平及所有制等维度进行分组回归分析。

4.4.1. 按企业所有制异质性分组

上市企业所有制的划分依据为，凡注册资本或实际控制中具有国有资本，如国有资本参股、国资委控股等均可视为国有企业，其余则为非国有企业。从实证结果显示如表 9，数字化治理对国有企业和非国有企业企业绩效的提升均有显著的正向影响，且在非国有企业中的影响程度更强。具体而言国有企业每提升一个单位的数字化治理，其绩效平均提升约 0.89 个单位，而非国有企业则相应提升约 1.14 个单位。考虑到国有企业在组织结构和决策流程方面相对稳定，但也更为僵化，尽管数字化或治理创新仍能带来效率提升，但由于体制和激励机制的限制，其边际效应有所减弱。另一方面，非国有企业拥有灵活的管理机制和市场导向的激励体系，能够放大数字投资带来的生产力提升。结合当前中国加快“数字经济”和“企业数字化转型”的背景，这种差异效应也表明，政策制定者在推动数字化升级时应根据不同类型的企业实施政策：对于国有企业，可以着重强化内部激励机制，精简决策层级，充分释放数字治理的潜力；对于非国有企业，应进一步优化市场环境，支持其在数字技术应用方面的大胆尝试，从而更好地激发民营经济的创新驱动和增长活力。

Table 9. Regression results by heterogeneity of firm ownership
表 9. 企业所有制异质性分组回归结果

变量	国有企业	非国有企业
数字经济发展水平(Dige)	0.892*** (5.10)	1.142*** (6.85)
控制变量	控制	控制
常数项	0.128** (2.45)	0.093* (1.82)
时间固定效应	控制	控制
地区固定效应	控制	控制
样本总量	160	340
R ²	0.761	0.828

补充：括内为 t 值，***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平。

4.4.2. 按技术密集度异质性分组

技术密集度分组可以以研发投入占营业收入比重为判定标准，将企业分为高技术密集度与低技术密集度两类。当研发投入占营业收入比重大于等于 3% 时，分成高技术密集度企业，当研发投入占营业收入比重小于等于 3% 时，则属于低技术密集度企业。例如，湖北华强科技 2023 年营业收入 5.7275 亿元，研发投入 5174.6 万元，占比约 9.03%，属于高技术密集型企业；而湖北美尔雅 2024 年营业收入 3.295 亿元，研发费用“不适用”即无研发投入，属于低技术密集型企业。如表 10 的实证结果显示，数字经济发展水平对高技术密集度行业的绩效增益显著高于低技术密集度行业。在高技术行业中，数字经济发展水平每提升一个单位便能带来约 1.21 个单位的绩效增长，而在低技术行业中，这一增益约为 0.74 个单位。结合现实背景，高技术密集型企业本身在研发投入、数据采集和信息化基础设施上具备先天优势，使其能够更快地吸收和转化数字化治理带来的边际效益；而低技术密集型企业由于生产流程自动化程度和数字化基础较为薄弱，其治理创新的推广和落地相对滞后，因而绩效提升的幅度受限。在当前推动产业升级和“数字经济”发展的宏观政策导向下，应当针对不同行业的技术密集度特点，重点支持高技术行业深化

数字化治理；同时，对低技术密集型企业则需加大公共数字基础设施建设和培训扶持力度，帮助其夯实信息化基础，才能更好地释放数字化治理在全产业链中的协同增效作用。

Table 10. Regression results by heterogeneity of technological intensity
表 10. 技术密集度异质性分组回归结果

变量	高技术密集度	低技术密集度
数字经济发展水平(Dige)	1.214*** (7.03)	0.742*** (3.78)
控制变量	控制	控制
常数项	0.112** (2.28)	0.094* (1.76)
时间固定效应	控制	控制
地区固定效应	控制	控制
样本总量	160	340
R ²	0.796	0.736

补充：括内为 t 值，***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平。

4.5. 内生性检验

根据控制函数法的表 11 检验结果，未发现数字经济对纺织行业绿色转型影响中存在显著的内生性问题。该方法在第二阶段回归(2)式中引入第一阶段(1)式结果的估计的残差项(nu)后，其系数为 0.337 且对应的 Residual Term Significance 检验 p 值高达 0.812，远大于 0.1 的显著性水平，表明残差项对绿色全要素生产率的影响不具统计显著性。这一结果说明，工具变量已有效分离数字经济水平中的外生变动部分，内生解释变量可能存在的反向因果或测量误差等偏误已被充分缓解。同时，数字经济水平的系数在控制内生性后仍显著为正，进一步验证了数字经济驱动绿色转型的结论具有稳健性。

Table 11. Results of endogeneity tests
表 11. 内生性检验结果

变量	(1)	(2)
数字经济发展水平(Dige)	1.018 * (15.788)	1.094 * (6.708)
控制变量	控制	控制
常数项	-0.1110 (-0.915)	0.8666* (2.839)
nu	-	0.337 (0.260)
时间固定效应	控制	控制
地区固定效应	控制	控制
R ²	0.815	0.864
样本总量	500	500

补充：括内为 t 值，***、**、*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平。

5. 结论与建议

本文以 2004~2023 年全国规模以上 25 家纺织企业为样本，结合相关文献，探讨了数字经济对全国纺织企业的绿色全要素的影响及作用机制。从资源基础观角度来看，本文研究揭示了数字经济为企业绿色转型提供了新的稀缺资源和关键能力。数字经济强调技术和信息资源的价值，这意味着企业可以通过数字化渠道获取和利用大数据、人工智能、物联网等资源，从而优化生产流程和管理，提高能源使用效率

和环保绩效。

实证发现表明，数字经济赋予企业的这些独特资源能够构建新的竞争优势，使得绿色技术创新成为可能，这正是 RBV 所强调的：企业内部的稀缺资源决定其可持续竞争力。

基于波特假说的视角，结果体现了环境规制与数字技术协同提升绿色生产率的机制效应。波特假说指出，合理的环保政策能够激励企业创新并提高生产率。本文的实证结果证明，在数字经济环境下，环境规制不仅没有阻碍企业发展，反而通过促使企业加速采用数字技术和绿色创新，提高了绿色全要素生产率。表明数字技术和环境政策构成了相互促进的双重机制：数字化为企业应对更高标准的环境规制提供了能力支撑，而这些规制又推动了企业加大数字投资和创新力度，形成绿色和效率双赢的局面。

然而，目前多数纺织企业仍未构建完整的循环生态，生产要素协同效率不高，制约了绿色关键技术的快速推广。为此，建议一方面，政府应加快推进纺织品回收与处理工艺的数字化改造，建立与数字经济深度融合的回收标准和认证机制，确保再生纤维质量；另一方面，应利用数字平台和激励政策，引导消费者参与纺织品回收，提升全社会的循环利用意识，为纺织行业可持续发展提供坚实支撑。

5.1. 优化绿色技术创新生态

纺织企业应明确绿色技术创新方向，加大在绿色纤维纺织研发、无水染色工艺、节能减排技术等方面的投入力度。同时，利用数字技术搭建协同创新平台，如建立线上技术交易平台、开展虚拟研发合作等，为绿色全要素生产率的提升注入持续动力。

5.2. 精准配置生产要素

纺织企业应运用数字技术优化生产要素投入占比。利用大数据分析市场需求与生产瓶颈，通过智能排产系统优化生产计划，提高设备利用率。通过能源管理系统实时监测能耗，精准定位节能环节，以此调控劳动力、资本与能源投入，避免资源错配。

5.3. 引进数字化绿色人才

纺织企业应积极拥抱数字经济，以提升绿色全要素生产率为抓手，推动技术创新、要素优化与人才培养的协同发展。企业应拓宽既懂纺织技术又掌握数字技能的复合型人才引进渠道，并与高校或科研机构建立合作指导关系，为自身持续输送优质人才，从而满足企业发展的需求。

综上，数字经济为纺织企业的可持续发展提供了强大动力，推动了纺织技术与管理不断创新。它不仅助力纺织企业的绿色转型，也为社会经济的可持续发展贡献了重要力量。本文的研究为纺织行业在数字经济时代的可持续发展提供了理论支撑和实践指导，期望能够为相关政策制定和企业战略规划提供参考。

参考文献

- [1] 李馥伊. 中国制造业及其在数字经济时代的治理与升级[D]: [硕士学位论文]. 北京: 对外经济贸易大学, 2018.
- [2] 段文平. 中国纺织业可持续发展能力研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [3] 程文先, 钱学锋. 数字经济与中国工业绿色全要素生产率增长[J]. 经济问题探索, 2021(8): 124-140.
- [4] 安筱鹏. 重构[M]. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [5] 陈德球, 胡晴. 数字经济时代下的公司治理研究: 范式创新与实践前沿[J]. 管理世界, 2022, 38(6): 213-240.
- [6] 戚聿东, 刘翠花, 丁述磊. 数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升[J]. 经济学动态, 2020(11): 17-35.
- [7] IMF. 促进效率提升和宏观经济结构优化的经济活动总和[M]. 北京: 中国金融出版社, 2018.
- [8] 周晓辉, 刘莹莹, 彭留英. 数字经济发展与绿色全要素生产率提高[J]. 上海经济研究, 2021, 33(12): 51-63.

-
- [9] 李海舰, 田跃新, 李文杰. 互联网思维与传统企业再造[J]. 中国工业经济, 2014(10): 135-146.
 - [10] 费佳丽, 蒋豪雨, 冯源, 等. 浙江纺织业出口贸易现状及提升对策[J]. 中国商论, 2019(21): 102-104.
 - [11] Sirmon, D.G., Hitt, M.A. and Ireland, R.D. (2007) Managing Firm Resources in Dynamic Environments to Create Value: Looking Inside the Black Box. *Academy of Management Executive*, **21**, 37-52.
 - [12] 曹裕, 李想, 胡韩莉, 等. 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(3): 96-112+126+113.
 - [13] 王兵, 刘光天. 节能减排与中国绿色经济增长——基于全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2015(5): 57-69.
 - [14] 郭燕. 《纺织行业“十四五”发展纲要》及《纺织行业“十四五”绿色发展指导意见》中纺织行业绿色发展解读[J]. 再生资源与循环经济, 2021, 14(10): 4-7.
 - [15] 冯伊洁. 数字经济对绿色技术创新的影响研究[J]. 金融, 2024, 14(1): 350-359.
 - [16] 石磊. 异质性环保投资、数字赋能与绿色全要素生产率[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2025, 25(2): 120-132.
 - [17] 邓益杰. 产业政策与企业绿色创新: 文献综述与研究展望[J]. 电子商务评论, 2024, 13(3): 6104-6109.