

数字经济对我国制造业绿色全要素生产率的影响

余佳欣, 王仲平*

兰州交通大学数理学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2024年9月11日; 录用日期: 2024年10月4日; 发布日期: 2024年10月12日

摘要

数字经济作为一种新型经济形态, 正不断融入经济社会各领域的全过程, 为传统产业高端化、智能化、绿色化转型升级提供了有效途径。为了探究数字经济与制造业高质量发展之间的关联性, 本文基于2013~2021年中国30个省份的面板数据, 分别利用熵值法和EBM-GML模型测算数字经济发展水平与制造业绿色全要素生产率, 探究数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响。研究表明: 数字经济对制造业绿色全要素生产率有显著的促进作用, 数字经济发展水平越高, 其对绿色全要素生产率的促进作用越大, 且这一结论具有稳健性; 数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响具有区域异质性, 数字经济能够显著提升东部地区制造业绿色全要素生产率, 对中、西部地区的影响不显著。建议从加快两化融合发展、实施区域差异化发展策略、培养数字化人才等方面推动制造业高质量发展。

关键词

数字经济, 制造业, 绿色全要素生产率, EBM-GML模型

The Impact of the Digital Economy on the Green Total Factor Productivity of China's Manufacturing Industry

Jiaxin Yu, Zhongping Wang*

School of Mathematics and Physics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: Sep. 11th, 2024; accepted: Oct. 4th, 2024; published: Oct. 12th, 2024

Abstract

As a new economic paradigm, the digital economy is continuously integrating into all areas of

*通讯作者。

文章引用: 余佳欣, 王仲平. 数字经济对我国制造业绿色全要素生产率的影响[J]. 应用数学进展, 2024, 13(10): 4519-4530. DOI: 10.12677/aam.2024.1310433

economic and social processes, providing effective pathways for the upgrade and transformation of traditional industries towards a more advanced, intelligent, and environmentally friendly model. In order to explore the correlation between the digital economy and the high-quality development of the manufacturing industry, based on the panel data of 30 provinces in China from 2013 to 2021, this paper uses the entropy method and EBM-GML model respectively to estimate the development level of the digital economy and green total factor productivity of manufacturing industry, and explores the impact of the digital economy on green total factor productivity of manufacturing industry. The results show that the digital economy has a significant promoting effect on the green total factor productivity of the manufacturing industry, and the higher the development level of the digital economy, the greater the promoting effect on green total factor productivity. This conclusion is robust; The influence of digital economy on the green TFP of the manufacturing industry has regional heterogeneity. The digital economy can significantly improve the green TFP of the manufacturing industry in the eastern region, but has no significant impact on the central and western regions. It is suggested to promote the high-quality development of the manufacturing industry from the aspects of accelerating the integrated development of the two, implementing regional differentiated development strategies, and training digital talents.

Keywords

Digital Economy, Manufacturing, Green Total Factor Productivity, EBM-GML Model

Copyright © 2024 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

改革开放以来,我国制造业凭借人口红利、生产要素、自然资源等优势,融入全球价值链分工体系,实现了产业的飞速发展。时至今日,我国制造业增加值占全球比重的30%,连续14年位居世界第一,已然成为制造业第一大国。但长期依靠传统比较优势的发展模式也导致了我国制造业总体处于全球价值链中低端位置,存在质量效益不高、自主研发创新能力弱、能源消耗量高、环境污染严重等问题。2020年,习近平总书记提出了2030年和2060年实现“碳达峰”和“碳中和”的目标,绿色发展上升为国家战略,也是高质量发展的题中应有之意。制造业绿色全要素生产率是同时考虑制造业经济增长、能源消耗和环境污染的综合效率指标。寻找一条实现制造业高质量发展的道路,提升制造业绿色全要素生产率是当前亟需解决的问题。

随着人工智能、大数据、云计算等数字技术的兴起,数字经济成为全球经济增长的新引擎,我国数字经济发展总体规模连续多年位列世界第二。那么数字经济能否推动制造业绿色全要素生产率的提升?又存在何种作用机制?数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响在不同区域有何差异?回答上述问题,不仅能够深刻理解我国数字经济与制造业融合发展的作用机理与效应,而且对于促进我国制造业高质量发展具有重要意义。

2. 文献综述

2.1. 数字经济的测算

对数字经济的测算大致可以划分以下四个视角:国民经济核算视角[1]、数字经济增加值测算视角[2]、数字经济指标体系的构造[3]和卫星账户的构造[4]。本文将研究重心放在数字经济发展与绿色全要素生产

率变动二者的关系探究上, 尽量较为客观地衡量我国地区数字经济发展水平, 故选择参考以往文献构建数字经济指标体系, 常用的构建方法有主成分分析法、熵值法、熵权 - TOPSIS 法。

2.2. 制造业绿色全要素生产率的测算

测算 GTFP 的方法包括参数法和非参数法。参数方法以随机前沿法(SFA)为主, 非参数法主要为数据包络法(DEA)。但是利用 SFA 方法来测量 GTFP, 需要假设具体生产函数形式, 这往往有一定局限性; 非参数 DEA 方法可以直接处理多个输入和输出, 不需要将环境变量转换为货币单位, 特别适合分析小样本数据[5]。故本文优先考虑用 DEA 方法测算 GTFP。之后考虑到 DEA 方法的径向以及松弛性问题, 将 SBM、GML 指数等与 DEA 结合起来测算绿色全要素生产率。常用的模型有 SBM-GML 模型、EBM-GML 模型、网络 SBM-GML 模型、超效率网络 SBM-GML 模型。

2.3. 数字经济与绿色全要素生产率的影响研究

对于数字经济与制造业绿色全要素生产率之间的研究, 一类文献认为数字经济能显著促进制造业绿色全要素生产率。数字经济一方面通过优化企业的生产和管理方式、推动企业技术创新、促进市场竞争等提高制造业资源配置效率[6]; 另一方面推动传统产业转型升级, 促进制造业高端化发展[7]。另一类文献认为数字经济会对制造业绿色全要素生产率产生抑制作用。如果数字技术与当地基础设施不匹配, 会产生数字技术空心化的问题, 将会导致数字技术对经济发展产生抑制作用[8]。此外数字经济的发展会产生“虹吸作用”, 虽然提升了经济发展水平较高的绿色全要素生产率, 但会抑制周边地区绿色全要素生产率的提高[9]。本文构造了数字经济指标体系与发展指数, 采用 EBM-GML 模型测度了制造业绿色全要素生产率, 从理论和实证上考察了数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响机制。

3. 研究方法

3.1. EBM-GML 模型

SBM 模型属于非径向模型, 无法处理径向问题, 而 EBM 模型能够改善这一不足。同时考虑到 GML 指数具有传递性与可累乘性, 本文选用 EBM 模型与 GML 模型相结合来测度制造业绿色全要素生产率。具体模型如下:

$$\psi = \min \frac{\xi - \omega_x \sum_{u=1}^m \frac{\varpi_u^- s_u^-}{x_{uh}}}{\varphi + \omega_{y_G} \sum_{j=1}^n \frac{\varpi_j^+ s_j^+}{y_{Gjh}} + \omega_{y_B} \sum_{z=1}^l \frac{\varpi_z^- s_z^-}{y_{Bzh}}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} X\delta + s_u^- = \xi x_h, u = 1, 2, \dots, m \\ Y_G\delta - s_j^+ = \varphi y_{Gh}, j = 1, 2, \dots, n \\ Y_B\delta + s_z^+ = \varphi y_{Bh}, z = 1, 2, \dots, l \\ \delta \geq 0, s_u^-, s_j^+, s_z^- \geq 0 \end{cases}$$

其中, X 、 Y_G 、 Y_B 分别表示 m 种投入、 n 种期望产出与 l 种非期望产出; H 为决策单元个数; ψ 为最优效率值, ϖ 和 s 分别表示投入与产出对权重和松弛变量, ω 为综合径向效率值 ξ 和非径向松弛变量的重要参数。

接着构建包含非期望产出的 DDF, 来实现期望产出最大化和非期望产出最小化这一目标:

$$D(x, y, b; g_y, g_b) = \max \left\{ \beta \left| \left(y + \beta g_y, b - \beta g_b \right) \in P(x) \right. \right\} \quad (2)$$

其中 $g = (g_y, g_b)$ 为方向向量, β 为方向距离函数, $P(x)$ 为全局生产可能性集。利用 DDF 测量各个 DMU 最前沿面对距离, 构建 GML 指数如下。其中 G 为绿色全要素生产率指数。本文还将绿色全要素生产率进一步分解成绿色技术效率(EC)与绿色技术进步(TC):

$$\begin{aligned} G_t^{t+1}(x^t, y^t, b^t; x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) &= \frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \\ &= \frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \left[\frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right] \\ &= EC_t^{t+1} \times TC_t^{t+1} \end{aligned} \quad (3)$$

3.2. 计量模型设定

本文根据数字经济与制造业绿色全要素生产率及其分解项之间的关系, 建立基准回归模型, 具体公式如下:

$$gtfp_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$ec_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$tc_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中 i 为省份, t 为年份, $gtfp_{it}$ 表示制造业绿色全要素生产率, DE_{it} 表示数字经济发展, ec_{it} 、 tc_{it} 表示绿色技术效率与绿色技术进步, Z_{it} 为控制变量, β 为各变量系数, ε_{it} 为随机扰动项。

4. 变量选取

4.1. 被解释变量(即制造业绿色全要素生产率)

运用 EBM-GML 模型测算 2013~2021 年中国 30 个省份(除港、澳、台和西藏)的制造业绿色全要素生产率(GTFP)。投入与产出变量如表 1 所示。

Table 1. Manufacturing green total factor productivity input-output variables
表 1. 制造业绿色全要素生产率投入产出变量

名称	要素	指标	单位
投入	资本投入	制造业固定资产净值	亿元
	劳动投入	制造业平均用工人数	万人
	能源投入	制造业能源消耗总量	万吨标准煤
期望产出	收入	制造业营业收入	亿元
非期望产出	能源与资源损耗	制造业 CO ₂ 排放量	百万吨

由于 GML 指数指代的绿色全要素生产率相对于上一年的增长率, 故借鉴陈超凡[10]的做法, 假定 2012 年的绿色全要素生产率为 1, 以 2012 年为基期, 结合 GML 指数计算 2013~2021 年的绿色全要素生产率。

所用数据来源于《中国工业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、CEDA 中国碳核算数据库以及各省

份统计年鉴。其中制造业能源消耗总量存在缺失值, 本文参考余东华等人[11]的做法, 以对应年份全国制造业能源消耗总量占各行业(工业)能源消耗总量的比值为权重, 乘以对应省份各行业(工业)能源消耗总量得到的近似值来代替。

4.2. 核心解释变量(即数字经济)

本文从数字基础设施(5 个)、数字产业化(5 个)、产业数字化(6 个)和数字经济发展环境(5 个)四个方面共选取 21 个指标进行评价, 如表 2 所示。

Table 2. Digital economy indicator system
表 2. 数字经济指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	权重
数字经济基础设施 (0.1701)	传统基础设施	光缆密度	抽象密度	0.0302
		移动电话普及率	部/百人	0.0206
		域名密度	抽象密度	0.0627
	信息化基础设施	互联网普及率	%	0.0206
		信息传输、软件和信息技术服务业固定资产投资额占全社会固定资产投资额的比重	%	0.0360
数字产业化 (0.3151)	信息产业	信息传输、计算机服务和软件从业人员数占从业人员比例	%	0.0483
		软件业务收入	亿元	0.0721
	通讯产业	电信业务总量	亿元	0.0313
	人工智能产业	人工智能企业数目	个	0.0609
	互联网产业	互联网百强企业数目	个	0.1026
产业数字化 (0.2850)	电子交易	电子商务交易额	亿元	0.0559
		有电子商务交易的企业占比	%	0.0204
		高技术产业从业人员数占就业人员比重	%	0.0617
	智能制造	高技术产业营业收入	亿元	0.0677
		工业机器人安装密度	个/万人	0.0586
	数字金融	数字普惠金融指数	无量纲	0.0206
数字经济 发展环境 (0.2298)	研发环境	R&D 经费投入强度	%	0.0341
		高技术产业固定资产投资额占全社会固定资产投资额的比例	%	0.0577
		人工智能专利申请数	件	0.0740
	人才环境	大学以上学历占总就业人员比重	%	0.0316
		R&D 从业人员占就业人员比重	%	0.0243

考虑数据的完整性与可获得性, 文本整理了 2013~2021 年 30 个省份(除港、澳、台和西藏)的面板数据进行研究。所用数据分别来自于《中国统计年鉴》《中国电子信息产业统计年鉴》《中国高技术统计年鉴》《中国科技年鉴》《中国人口与就业统计年鉴》、北京大学数字金融研究中心、中国互联网协会、工

业和信息化部。

各省份人工智能企业数量利用 python 从“天眼查”APP 中爬取, 选择仍存续状态的企业。工业机器人安装密度参考芦婷婷和祝志勇[12]的做法, 根据国际机器人联合会(IFR)与《中国劳动统计年鉴》中统计的数据计算得出。人工智能专利数量参考陈楠和蔡跃洲[13]的做法, 在国家知识产权局根据人工智能 IPC 分类号进行专利检索得到。对于数据中存在的缺失值, 经过研究对比采用线性插值法补全。

4.3. 控制变量

结合国内外文献, 本文选择经济发展水平(PGDP)、对外贸易依存度(FT)、城镇化水平(Urban)、政府行为(GA)、金融发展水平(Fin)、产业结构水平(IS)。PGDP 选用人均 GDP 的增长率来衡量; FT 选用出口额与 GDP 的比值进行衡量; Urban 选择城镇人口与总人口的比值进行衡量; GA 采用政府财政一般预算支出与 GDP 的比值进行衡量; Fin 选用年末金融机构存款余额与 GDP 的比值进行衡量; IS 选用第三产业增加值与第二产业增加值之比来衡量。

各变量的描述性统计如表 3 所示。

Table 3. Descriptive statistics

表 3. 描述性统计

变量名称	样本量	标准差	最小值	最大值	最大值
GTFP	270	1.0768	0.2144	0.5880	2.2201
EC	270	0.9174	0.1429	0.5708	1.3992
TC	270	1.1889	0.2330	0.8434	1.9809
DE	270	0.1447	0.1198	0.0305	0.6729
PGDP	270	8.1925	4.1118	-2.3380	28.5974
FT	270	14.6781	14.0110	0.4281	73.7236
Urban	270	60.8835	11.4807	37.8855	89.5833
GA	270	26.2922	11.1216	10.5006	75.3436
Fin	270	1.9420	0.7243	1.1364	5.2327
IS	270	1.4096	0.7447	0.6653	5.2440

5. 实证结果分析

5.1. 典型事实分析

图 1 和图 2 分别展示了 2013~2021 年我国总体及各区域制造业绿色全要素生产率和数字经济的增长情况。从图中可以看出制造业绿色全要素生产率与数字经济总体呈上升趋势。制造业绿色全要素生产率从 1.006 提升至 1.328, 总体情况西部 > 东部 > 中部, 数字经济从 0.094 提升至 0.200, 总体情况东部 > 中部 > 西部。

图 3~5 展示了数字经济与制造业绿色全要素生产率、绿色技术效率和绿色技术进步的散点图。由图中可知, 数字经济与制造业绿色全要素生产率之间呈现正相关关系, 与绿色技术效率呈负相关关系, 与绿色技术进步呈正相关关系。具体关系需采用计量方法进行检验。

为了避免存在多重共线性的问题, 从而提升模型的测度效率, 我们利用方差膨胀因子法(VIF)对被解释变量和 7 个影响因素进行多重共线性的检验, 结果汇总如表 4 所示, 各个变量的 VIF 值远小于 10, 这

说明变量之间不存在多重共线性的问题。根据表 5 列(1)中的回归结果显示数字经济对制造业绿色全要素生产率的回归系数为 0.751, 并且通过 1% 的显著性检验, 数字经济每提高 1 个单位, 制造业绿色全要素生产率提高约 0.751 个单位, 这表明数字经济与制造业绿色全要素生产率之间存在显著正相关关系。从一系列控制变量的回归系数中可以看出, PGDP、Urban、GA、IS 与制造业绿色全要素生产率有显著的正相关关系, FT、Fin 与制造业绿色全要素生产率有显著的负相关关系。

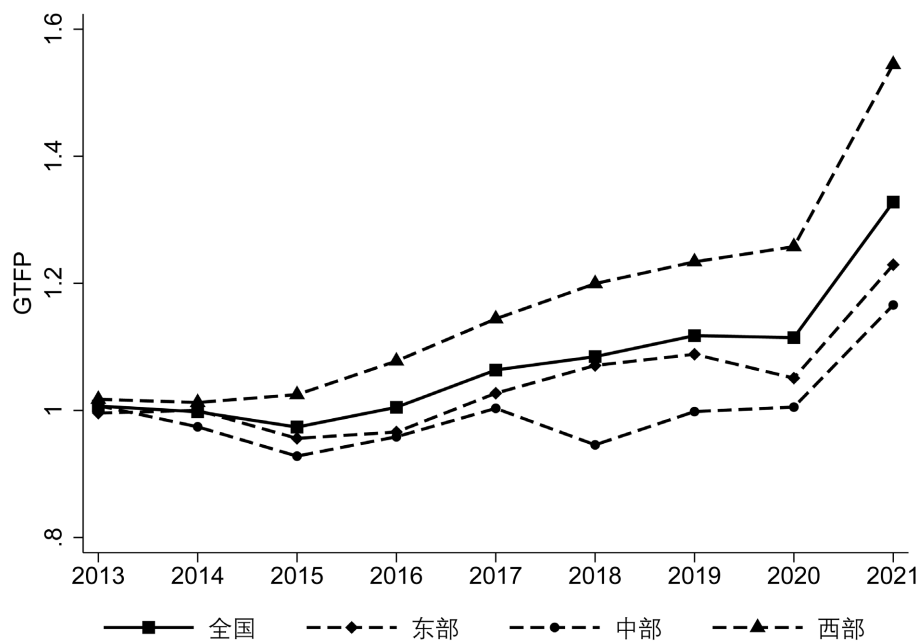


Figure 1. Trends in GTFP

图 1. GTFP 发展趋势

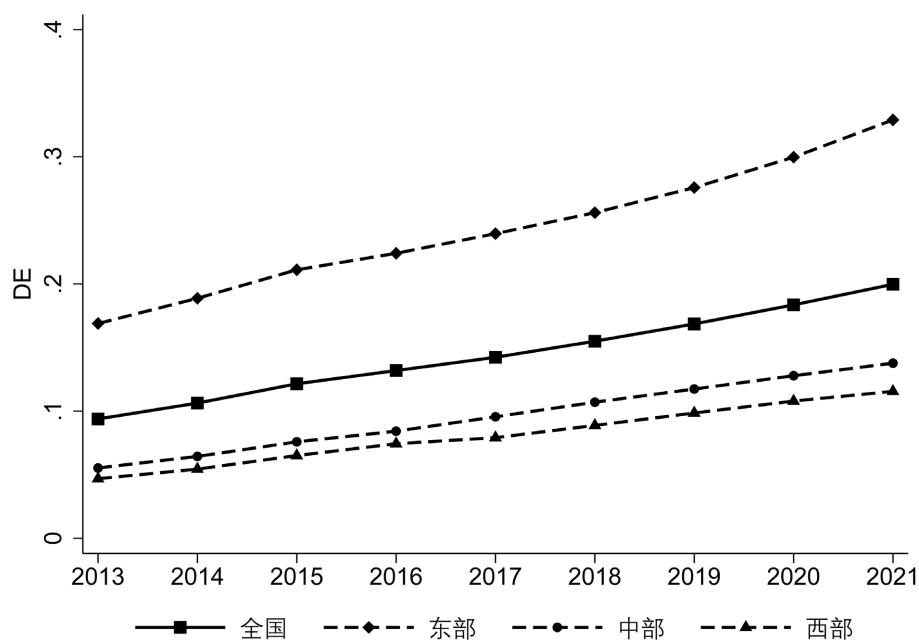


Figure 2. Trends in DE

图 2. DE 发展趋势

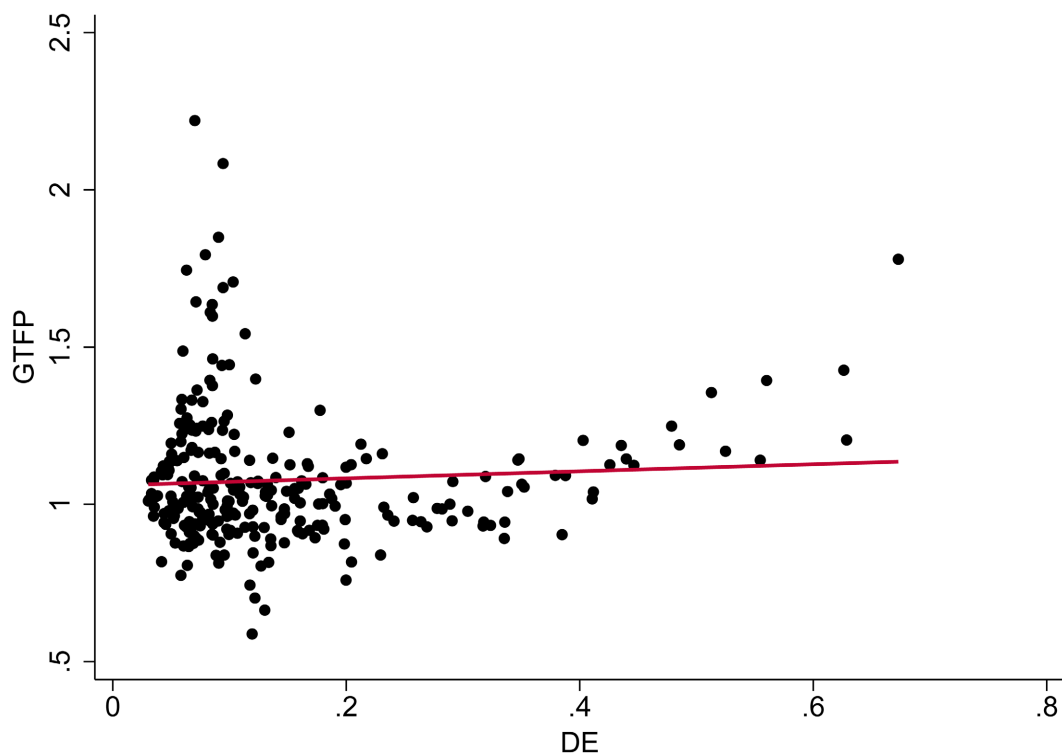


Figure 3. GTFP vs. DE scatter plot

图 3. GTFP 与 DE 散点图

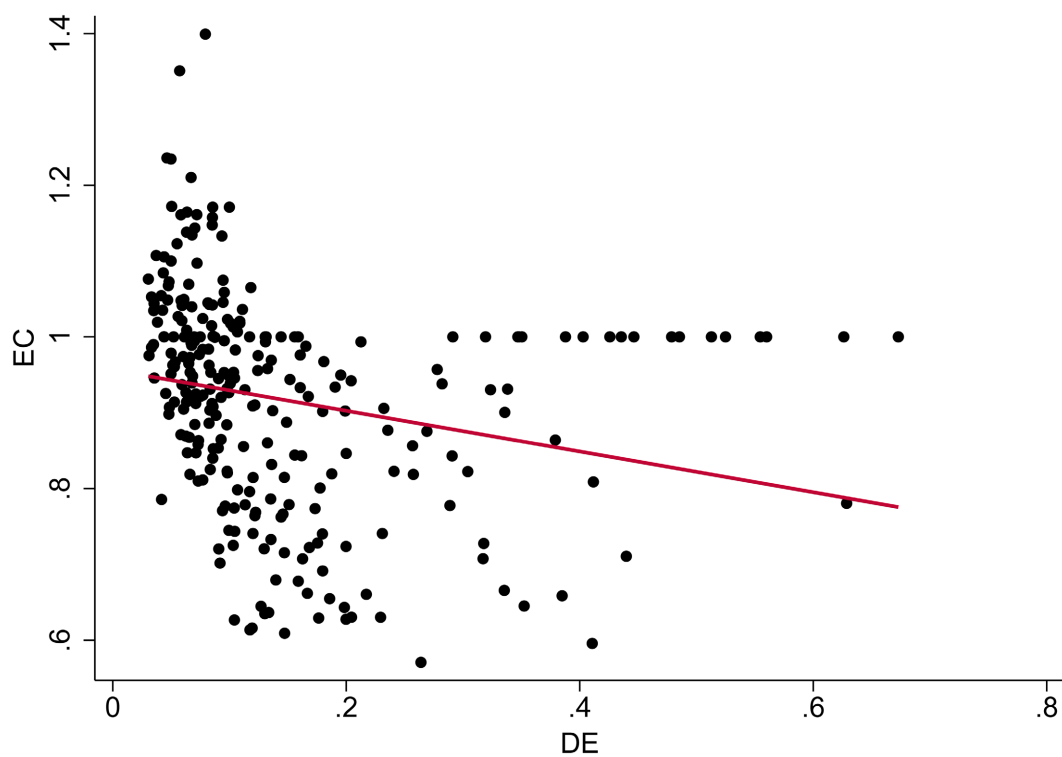


Figure 4. EC vs. DE scatter plot

图 4. EC 与 DE 散点图

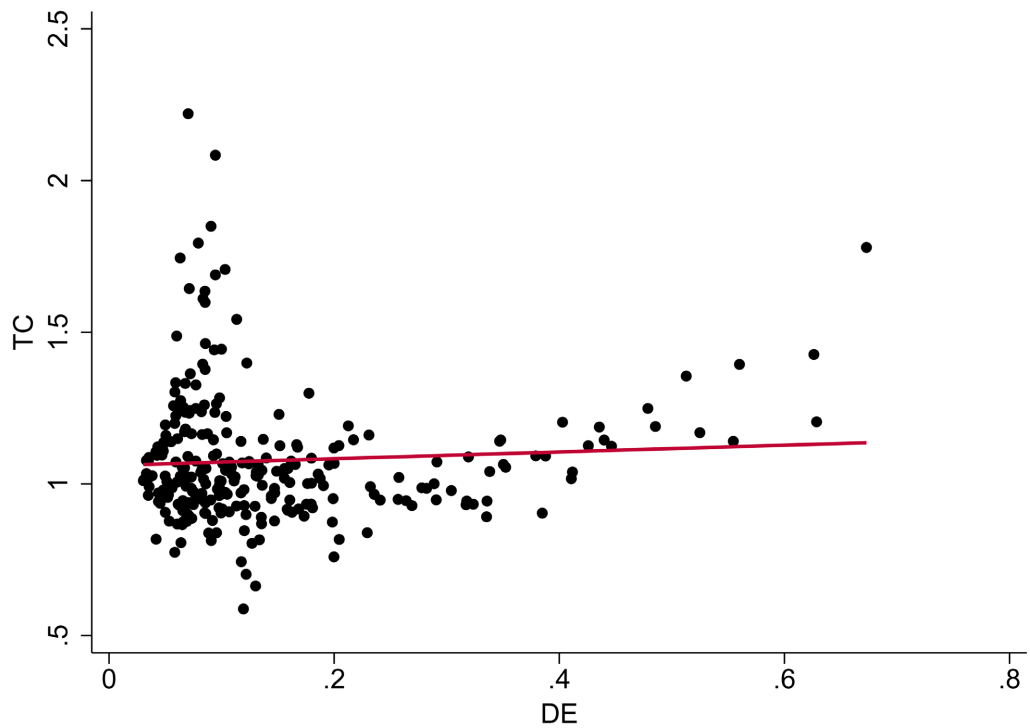


Figure 5. TC vs. DE Scatter Plot 5.2 基准回归结果分析
图 5. TC 与 DE 散点图

Table 4. Multiple collinearity test
表 4. 多重共线性检验

变量名称	VIF	1/VIF
DE	5.040	0.198
RPGDP	1.060	0.940
FT	3.040	0.329
Urban	3.130	0.320
GA	2.080	0.481
Fin	5.010	0.200
IS	4.690	0.213
Mean VIF	3.440	

Table 5. Baseline regression result
表 5. 基准回归结果

变量	(1) GTFP	(2) EC	(3) TC
DE	0.751*** (0.183)	-0.146 (0.136)	1.053*** (0.201)
RPGDP	0.018*** (0.003)	0.004* (0.002)	0.017*** (0.003)
FT	-0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	-0.008*** (0.001)

续表

Urban	0.005*** (0.002)	-0.005*** (0.001)	0.011*** (0.002)
GA	0.107*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.006*** (0.001)
Fin	-0.123*** (0.031)	0.034 (0.023)	-0.183*** (0.034)
IS	0.069** (0.028)	0.028 (0.021)	0.038 (0.031)
Constant	0.454*** (0.086)	0.977*** (0.064)	0.454*** (0.095)
Observations	270	270	270
Number of id	30	30	30
R-squared	0.3883	0.2425	0.3755

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著，括号内为标准误，下同。

为了进一步分析数字经济对制造业绿色全要素生产率产生的影响，将制造业绿色全要素生产率分解成绿色技术效率(EC)和绿色技术进步(TC)。列(2)表示，数字经济对 EC 的影响不显著。列(3)表示，数字经济对 TC 具有显著的正向影响，回归系数为 1.053，且通过了 1%的显著性检验。结果表明，数字经济的发展能推动制造业企业技术进步，从而提高制造业绿色全要素生产率。

5.3. 稳健性检验

为了验证上述结论的准确性，本文通过缩短时间长度的方法进行稳健性检验。本文去掉了初始年份 2013 年与末尾年份 2021 的数据后，带入模型重新进行回归。结果如表 6 所示，数字经济对绿色全要素生产率与绿色技术进步在 1%的水平上显著为正，验证了上文回归结论是稳健可靠的。

Table 6. Robustness test results
表 6. 稳健性检验结果

变量	(1) GTFP	(2) EC	(3) TC
DE	0.779*** (0.190)	-0.045 (0.158)	0.804*** (0.167)
RPGDP	0.008*** (0.003)	0.010*** (0.002)	-0.004* (0.002)
FT	-0.001 (0.001)	0.002** (0.001)	-0.004*** (0.001)
Urban	0.001 (0.002)	-0.005*** (0.001)	0.007*** (0.001)
GA	0.011*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.006*** (0.001)
Fin	-0.143*** (0.030)	0.015 (0.025)	-0.174*** (0.026)
IS	0.107*** (0.028)	0.310 (0.023)	0.782 (0.025)

续表

Constant	0.668*** (0.085)	0.919*** (0.071)	0.454*** (0.075)
Observations	270	270	270
Number of id	30	30	30
R-squared	0.3934	0.2954	0.3593

5.4. 区域异质性分析

考虑到中国地域辽阔, 不同省域在经济发展水平、工业基础、资源禀赋、发展政策等方面可能存在一定差异。本文从东、中、西三个地区分别考察数字经济对制造业绿色全要素生产率产生影响的区域异质性, 具体划分见表 7。

从表 8 中可知, 数字经济只对东部地区的制造业绿色全要素生产率有显著的正向作用, 对中部与西部地区具有负向作用但不显著。可能是由于中、西部地区的制造业处于工业化中期阶段, 绿色创新发展能力有限, 并且数字经济发展起步晚, 一定程度上抑制了数字经济对中、西部地区制造业绿色全要素生产率的作用。与此同时, 在中、西部数字经济对绿色技术效率具有显著的抑制效应, 但对东部地区并不显著, 且中部地区的回归系数远大与西部地区。在东、中部地区数字经济对绿色技术进步具有显著的促进效应, 但对西部地区并不显著, 且中部地区的回归系数远大于东部地区。这说明, 数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响存在地区性差异。

Table 7. Provinces of China
表 7. 中国省份划分

地区	省(市、区)
东部地区	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南
中部地区	山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南
西部地区	内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆

Table 8. Heterogeneity analysis results
表 8. 异质性分析结果

变量	GTFP			EC			TC		
	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部
DE	0.565*** (0.176)	-1.461 (1.050)	-0.418 (1.021)	-0.134 (0.170)	-3.165*** (0.878)	-0.993* (0.565)	0.865*** (0.255)	2.599** (1.147)	0.703 (0.974)
Constant	0.814*** (0.110)	0.321* (0.182)	0.254 (0.314)	0.969*** (0.107)	1.154*** (0.152)	1.528*** (0.174)	0.747*** (0.160)	-0.044 (0.199)	-0.481 (0.300)
Controls	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	99	72	99	99	72	99	99	72	99
R-squared	0.5618	0.4644	0.4479	0.2653	0.5911	0.3936	0.3931	0.7125	0.5116

6. 结论与建议

本文以 2013~2021 年省级面板数据为样本, 从数字基础设施、数字产业化、产业数字化、数字经济

发展环境四个维度构建了数字经济发展水平评价指标体系, 运用熵值法测算了数字经济发展水平, 采用 EBM-GML 模型测算了制造业绿色全要素生产率, 实证分析了数字经济与我国制造业绿色全要素生产率的作用机制和效应。研究结果表明: 第一: 数字经济有利于制造业绿色全要素生产率的提升, 且通过了稳健性检验。第二: 数字经济对东部地区制造业绿色全要素生产率具有显著的正向影响, 对中、西部地区的影响并不显著。基于上述研究结论, 本文提出以下建议:

一、加快两化融合发展, 全面推动智能制造。实证研究表明数字经济对我国制造业绿色全要素生产率具有显著的促进作用, 因此应顺应趋势, 加快新一代信息技术与制造技术的融合发展, 把智能制造作为两化融合的主攻方向。采用完善智能工厂、智能家居、智慧农场、自动驾驶、智能诊疗、智慧教育、智慧供应链等潜在重大场景的系统设计, 增强 AI 企业与民营企业的直接合作等方式, 加速我国制造业的数字化转型, 从供给侧和需求侧双向发力, 引导智能制造产业实现高质量、跨越式发展。

二、因地制宜, 实施区域差异化发展策略。当前我国数字经济的发展水平发展不均衡, 数字经济在东部地区的发展相比中部、西部地区有明显优势, 实证结果证明数字经济对制造业的影响存在区域异质性, 数字经济能显著提升东部地区的绿色全要素生产率, 但对中、西部地区提升效果不显著。因此, 一方面需要重视中、西部地区数字经济的发展, 国家应合理分配资源, 引进高水平人才参与数字化建设。另一方面, 需要拉通地域间优秀转型经验, 对中、西部地区的制造业企业给予数字化、智能化方面的引导与支持。

三、加大技术创新, 培养高新科技人才。应加大对制造业技术改进的资金支持, 落实与制造业研发相关的财税政策, 鼓励制造业企业员工自主提升数字化素养, 切实推进产-学-研深度融合, 强化制造业企业的科技创新主体地位。此外, 在各区域实行有针对性的数字化人才培养计划, 特别需要在中、西部地区进一步完善人才引进制度。

参考文献

- [1] 贺铿. 关于信息产业和信息产业投入产出表的编制方法[J]. 数量经济技术经济研究, 1989(2): 34-40+33.
- [2] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J]. 中国工业经济, 2020(5): 23-41.
- [3] 刘军, 杨渊璧, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2020(6): 81-96.
- [4] 鲜祖德, 王天琪. 中国数字经济核心产业规模测算与预测[J]. 统计研究, 2022, 39(1): 4-14.
- [5] Fukuyama, H. and Weber, W.L. (2009) A Directional Slacks-Based Measure of Technical Inefficiency. *Socio-Economic Planning Sciences*, 43, 274-287. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2008.12.001>
- [6] 韦庄禹. 数字经济发展对制造业企业资源配置效率的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(3): 66-85.
- [7] 荆文君, 孙宝文. 数字经济促进经济高质量发展: 一个理论分析框架[J]. 经济学家, 2019(2): 66-73.
- [8] 刘平峰, 张旺. 数字技术如何赋能制造业全要素生产率? [J]. 科学学研究, 2021, 39(8): 1396-1406.
- [9] 陈楠, 蔡跃洲. 人工智能、承接能力与中国经济增长——新“索洛悖论”和基于 AI 专利的实证分析[J]. 经济学动态, 2022(11): 39-57.
- [10] 陈超凡. 中国工业绿色全要素生产率及其影响因素——基于 ML 生产率指数及动态面板模型的实证研究[J]. 统计研究, 2016, 33(3): 53-62.
- [11] 余东华, 燕玉婷. 环境规制、技术创新与制造业绿色全要素生产率[J]. 城市与环境研究, 2022(2): 58-79.
- [12] 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(12): 51-63.
- [13] 芦婷婷, 祝志勇. 人工智能是否会降低劳动收入份额——基于固定效应模型和面板分位数模型的检验[J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(11): 29-41.