

企业数字化转型的碳减排效应研究

——来自制造业上市公司的经验数据

马从文^{1 2} 杨洁²

(1. 湘潭大学 商学院, 湖南 湘潭 411100; 2. 湖南工业大学 经济与贸易学院, 湖南 株洲 412000)

摘要: 在“碳达峰、碳中和”战略目标的指引下,制造业的减排效应起到举足轻重的作用,数字化技术是驱动企业低碳转型、实现节能减排的重要引擎。以制造业上市公司为研究对象,对数字化转型的碳减排效应及其作用机制进行了考察。研究发现,企业数字化转型可以显著降低其碳排放水平,主要通过促进企业技术创新、推动企业服务化转型和抑制企业过度投资等三个维度来实现的。进一步研究发现,数字化转型对企业碳排放水平的影响,在不同产权性质和环境规制的样本中具有差异性,而且数字金融强化了数字化转型对企业碳排放水平的影响。研究结论为企业数字化转型和节能减排提供理论支持和经验数据。

关键词: 数字化转型; 企业碳排放水平; 机制分析

中图分类号: F407 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6049(2023)02-0076-10

一、引言

随着人类社会步入工业化时代,煤、原油和天然气等不可再生资源得到了充分利用,人类社会也实现了空前的发展,但也释放出大量二氧化碳,并引发出一系列环境问题。作为负责任大国,中国政府提出“碳达峰、碳中和”战略,这一战略不仅体现了中国政府实现绿色低碳发展的决心,也是中国实现高质量发展的客观要求。

与此同时,中国政府也高度重视数字经济的发展。数字经济有利于产业结构的优化和资源使用效率的提升,进而减少资源浪费和改善生态环境^[1]。数字经济分为产业数字化和数字产业化,而企业数字化转型是产业数字化的重要组成部分;同时,企业是市场经济的微观主体,微观层面上的企业碳减排对整体的环境治理有着重要的影响。那么,企业数字化转型是否影响碳排放水平,企业数字化转型能否成为中国实现“碳达峰、碳中和”的新引擎,是值得深入探讨的重大现实问题。

通过对现有文献梳理发现,驱动因素及经济后果是当下数字化转型研究的主流研究方向,其中关于驱动因素的研究主要体现在内外部两个维度考察。从企业内部层面看,具备数字领导力的管理者和数字化思维的员工,有助于企业数字化战略的实施,积极适应数字化转型的新环境^[2-3]。从外部层面看,不同类型的机构投资者对数字化转型的影响不同,其中压力抵抗型机构投资者推动了数字化转

收稿日期: 2022-05-11; 修回日期: 2023-02-24

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“空间异质性视角下企业碳信息披露动力机制研究”(19BJY082); 湖南省教育厅科学研究重点项目“数字经济发展对我国碳排放的影响机制与效应研究”(22A0400); 湖南省研究生科研创新项目“企业数字化转型的碳减排效应研究”(CX20220837)

作者简介: 马从文(1996—)男,江苏连云港人,湘潭大学商学院博士研究生,研究方向为环境会计、公司治理; 杨洁(1973—)女,湖南邵阳人,湖南工业大学经济与贸易学院教授,研究方向为环境会计、财务管理。

型,而压力敏感型机构投资者阻碍了数字化转型^[4];地方经济增长目标过高时,将加剧资源配置扭曲,阻碍企业数字化转型^[5]。关于数字化转型的后果研究,在微观层面上,已有不少学者从资本市场表现^[6]、专业化分工^[7]、审计定价^[8]、企业出口^[9]、企业绩效^[10]和社会责任^[11]等维度,考察企业数字化转型的经济后果,但尚未涉及环境后果。此外,虽然有学者从宏观层面探讨数字经济的环境后果,但尚未得出统一结论。其中一种观点认为,数字经济带动信息通信技术和相关产业的高速发展,消耗了大量电力等资源,从而提高碳排放水平,加剧了环境污染^[12-13]。另外一种观点认为,数字经济通过优化产业结构、促进技术创新和提高基础设施建设降低了碳排放水平,进而实现环境治理^[14-15]。

综上所述,在微观层面,现有研究主要考察企业数字化转型的影响因素和经济后果,缺乏环境后果研究视角;在宏观层面上,现有研究虽然考察了数字经济的环境后果,但尚未得出统一结论。鉴于此,为弥补现有研究的不足,本文从微观层面出发,以制造业上市公司为考察对象,对其数字化转型的环境后果展开研究。即从微观企业视角探讨数字化转型能否实现环境红利。

本文的研究贡献主要有:(1)探究数字化转型的碳减排效应,拓宽了数字化转型的环境后果研究;(2)从企业数字化转型的视角探讨企业碳减排问题,丰富了企业碳减排的途径与措施;(3)厘清了数字化转型影响碳排放水平的作用机制,并将数字金融引入分析框架,考察数字金融对数字化转型与碳排放水平二者间关系的影响;(4)从产权性质和环境规制角度探讨数字化转型对碳排放水平影响的异质性。

二、理论分析与假设提出

数字化转型实质上是企业运营模式由“工业化”向“数字化”的重大转变^[16],将大数据、人工智能等先进技术运用到经营活动中,重塑企业业务流程、商业模式和组织结构^[17],并实现管理思维的转变,从而激发企业潜能和驱动企业进行颠覆性创新^[18]。数字化转型有助于企业实现碳减排。首先,企业通过引入先进技术不仅可以降低生产设备能耗,还可以升级末端治理技术,进而提高企业环境治理能力和实现碳减排。其次,企业依托数据库、云计算和物联网等技术,及时收集、整理和分析能源数据,以支撑能源供应、能源使用和能源核算的智慧化管理,进而提高能源使用效率实现碳减排。最后,数字化转型必然会引起制造业企业生产方式的变革,通过引入数字化技术,优化企业产品生产流程,提高机器运营效率,提升生产过程管理的精准性^[6],进而在提升企业生产力和工作效率的同时有效促进企业节能减排。

具体来说,数字化转型通过以下三个方面降低企业碳排放水平:

第一,数字化转型通过促进企业技术创新实现碳减排。数字化转型推动企业技术进步。首先,企业人工智能整合复杂多样的知识,与R&D部门共享,提高R&D人员获取知识的效率^[19]。特别是企业购买数字设备搭建网络平台,各部门精英可以通过网络平台分享经验,相互交流,产生新的想法,有利于激发企业活力,从而推动企业技术进步^[20]。其次,企业通过虚拟技术模拟产品研发过程,及时发现、修正产品研发中存在的缺陷,极大地降低了创新风险,进而促进企业技术创新^[21]。而技术进步有助于企业降低碳排放水平。一方面,在生产经营过程中,随着企业技术的积累,企业将逐步使用清洁能源替换原有的不可再生能源,进而减少煤、原油和天然气等不可再生资源的消耗,降低企业碳排放水平^[22]。另一方面,随着企业技术进步,企业的能源使用效率也随之提升,从而促进企业碳减排。因此,数字化转型通过企业技术创新影响碳排放水平。

第二,数字化转型通过提高企业服务化实现碳减排。将人工智能、云计算等技术引入到企业生产经营中,有助于推动企业服务化转型^[23]。具体来说,一方面,传统的经营模式主要以企业内部管理为主,客户很难参与到产品的设计和生产过程中。但随着互联网的普及,打破了客户与企业之间的沟通障碍,使客户及时与企业沟通,为产品设计和生产做出贡献,进而促进企业服务化转型^[24]。另一方面,企业通过大数据、云计算等技术及时收集、整理、分析客户数据,洞悉客户需求并升级相关产品,在提高客户对企业产品依赖度的同时也推动了企业服务化转型^[25]。企业服务化有助于降低碳减排水平。当企业处在劳动生产率较低的粗放型增长阶段时,企业的生产工艺、品牌声誉都处于劣势地位,

不得不通过投入大量生产要素实现企业成长,导致企业长期处在低利润、高耗能的生产环节,并释放出大量二氧化碳^[26]。而企业通过服务化转型将人力资本和先进知识融入企业生产流程的各个环节,进而提高了企业劳动生产率,为企业降低碳排放水平打下了良好基础^[27]。因此,数字化转型通过企业服务化影响碳排放水平。

第三,数字化转型通过抑制企业过度投资实现碳减排。现代公司治理机制中,由于两权分离导致管理层与所有者产生利益冲突,管理层追求短期绩效和高额薪酬,所有者追逐企业长期发展,致使管理层在做出经营决策时为了私利而侵害所有者利益,进而降低企业管理效率,加剧企业过度投资^[28]。当企业过度投资时,企业生产过多同质化产品,加剧了企业产能过剩,并导致资源配置的扭曲。而资源配置效率的降低,将会使企业锁定在粗放型的增长模式下,并可能对企业绿色技术创新产生挤出效应,阻碍企业绿色转型,进而恶化环境污染并提高企业碳排放水平^[29]。数字化转型通过提高信息透明度和内部控制抑制企业过度投资。首先,数字化转型极大提高了企业数据处理能力,并将原始数据转化成结构化、标准化信息,进而提高信息透明度^[30]。随着信息透明度的提高,外部利益相关者可以充分了解企业经营状况,更容易发现管理层的短视行为,并对相关经营决策进行监督,一定程度上缓解了企业过度投资行为^[31]。其次,数字化转型能够通过提高企业内部控制,强化对管理层的监督、缓解代理问题,进而抑制企业过度投资。具体而言:随着人工智能、云计算和大数据等先进技术在企业内部控制工作中的应用,企业通过数字化转型,将内部控制管理融入企业生产经营过程中,深入到企业战略规划、产品生产销售等细节层面,及时发现生产经营不当之处,进而抑制过度投资^[11]。另外,传统内部控制体系对风险的应对策略,是在风险发生后再实施应对措施,而企业借助数字化转型,以先进技术为依托化“被动”为“主动”,主动识别投资风险并及时向管理层汇报和预警^[11]。因此,数字化转型通过抑制过度投资影响碳排放水平。综上,本文提出以下假说:

假说 1: 数字化转型降低了企业碳排放水平。

假说 2: 数字化转型通过促进企业技术创新、推动企业服务化和抑制过度投资实现碳减排。

三、研究设计

(一) 样本选择与数据来源

以 2011—2020 年制造业上市公司为研究对象,其中数字化转型数据通过 Python 文本挖掘技术从上市年报中进行收集,碳排放水平数据来源于《中国工业经济统计年鉴》与《中国能源统计年鉴》,其他财务数据均从 CSMAR 数据库、CNRDS 数据库和 Wind 数据库中获取,为保证数据的有效性,对数据进行以下处理:(1) 剔除关键数据缺失;(2) 剔除在 2011—2020 年被 ST 处理的公司;(3) 在 1% 分位数上对连续变量进行缩尾处理,最终得到 15 806 个非平衡面板数据。

(二) 变量说明

1. 被解释变量: 企业碳排放水平(C_e)

借鉴 Chapple *et al.*^[32] 和沈洪涛等^[33] 的研究,以企业碳排放强度衡量企业碳排放水平,同时为保证结果可靠性使用企业碳排放量作为代理变量进行稳健性检验。其中,企业碳排放量 = (行业能源消耗总量 × 二氧化碳折算系数 × 企业营业成本) / 行业营业成本,行业能源消耗总量数据来自《中国能源统计年鉴》,行业营业成本数据来自《中国工业经济统计年鉴》,部分缺失数据使用插值法补齐,二氧化碳折算系数采用厦门节能中心的标准为 2.493;企业碳排放强度 = 企业碳排放量 / 企业营业收入。

2. 解释变量: 数字化转型($Digital$)

首先,运用 Python 文本挖掘技术提取企业年报中的管理层讨论与分析部分;其次,借鉴吴非等^[6] 的研究,从数字技术应用、人工智能、大数据、区块链和云计算五个维度构建数字化转型词典,选取的特征词见图 1;最后,运用 Python 的“jieba”分词组件进行分词处理,根据处理结果,在对特征词的词频数加总求和基础上进行对数化处理,从而得到企业数字化转型指数。

3. 控制变量

参考已有研究,本文还控制了以下变量:(1) 企业规模($Size$),以期末总资产的自然对数表示;(2)

资产负债率(Lev),以总负债与总资产之比表示;(3)资产收益率(Roa),以净利润与总资产之比表示;(4)总资产周转率(Tat),以营业收入与总资产之比表示;(5)营业收入增长率(Growth),以本年营业收入增加额与上年度营业收入总额之比表示;(6)独立董事比例(Pid),以独立董事与董事会总人数之比表示;(7)股权集中度(Cr),以第一大股东持股比例表示。

(三) 模型设定

构建基准模型(1) 检验假说

1 其中 i 代表企业 t 代表年份 j 代表行业 β_0 为常数项 $Controls$

为控制变量集合 δ_i 为时间固定效应 μ_j 为行业固定效应 λ_i 为个体固定效应 $\varepsilon_{i,t}$ 为残差项。

$$Ce_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_2 Controls + \delta_i + \varphi_j + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

四、实证结果分析

(一) 基准回归分析

表1为基准回归结果,其中列(1)仅放入解释变量进行回归,数字化转型(Digital)的回归系数为-0.0216且在1%水平下显著;列(2)在列(1)的基础上加入控制变量,数字化转型(Digital)的回归系数为-0.0288且在1%水平下显著。即数字化转型负向影响企业碳排放水平,假说1成立。

(二) 分位数回归

普通最小二乘法无法观察某一区间内解释变量对被解释变量的影响,因此本文使用分位数回归,考察在企业碳排放水平的不同分位数下数字化转型对企业碳排放水平的影响,其中选取10%、25%、50%、75%和90%五个经典分位点,回归结果见表2。由表2可知,从10%到90%分位点上的数字化转型对企业碳排放水平的回归系数均显著为负,和前文结论相一致。但在不同碳排放水平分位点上,数字化转型的系数有所差别,总体上随着分位点的提高,数字化转型对企业碳排放水平回归系数的绝对值不断变小;同时在10%分位点处的数字化转型回归系数的绝对值最大,90%分位点处数字化转型回归系数的绝对值最小,这意味着在低分位点处,数字化转型对企业碳排放水平的抑制作用较强;且随着碳排放水平的增加,数字化转型的抑制效果呈现递减趋势;上述结果表明数字化转型对企业碳排放水平的影响具有分位数异质性。

(三) 稳健性检验

1. 替换被解释变量

在基准回归中使用企业碳排放强度衡量碳排放水平,为

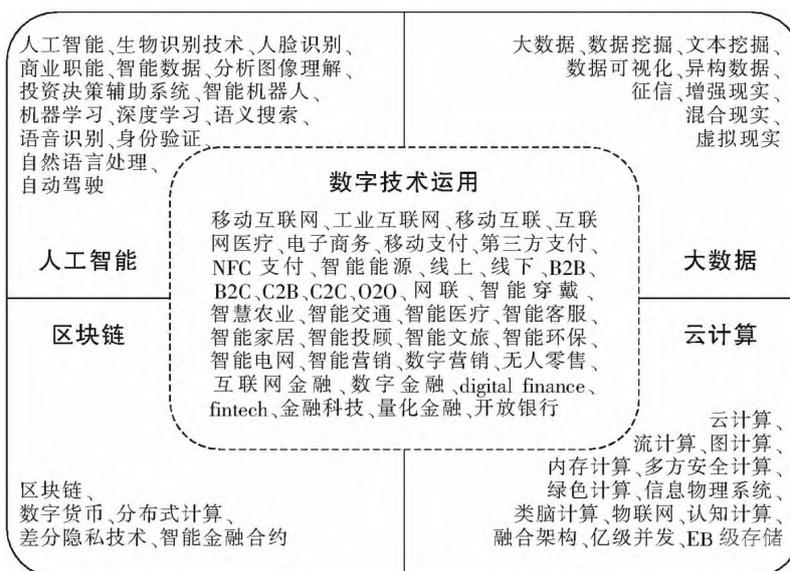


图1 企业数字化转型

表1 基准回归分析

变量	(1) Ce	(2) Ce
Digital	-0.0216*** (-4.43)	-0.0288*** (-5.41)
Size		0.0260*** (2.68)
Lev		0.1565*** (4.00)
Roa		-0.7710*** (-9.77)
Tat		0.1431*** (6.41)
Growth		-0.0092 (-0.92)
Pid		-0.6249*** (-8.15)
Cr		0.0761 (1.19)
Constant	0.9092*** (29.63)	0.4646** (2.14)
时间固定效应	Y	Y
行业固定效应	Y	Y
个体固定效应	Y	Y
Observations	15 806	15 806

注:***、**和* 分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

保证结果的稳健性,本文以企业碳排放量作为碳排放水平($Ce1$)的代理变量并重新回归,回归结果见表3列(1),其中数字化转型($Digital1$)的回归系数显著为负,和前文结论一致。

2. 替换解释变量

参考已有研究^[34],重新度量数字化转型,其中若当年进行数字化转型赋值为1,

否则赋值为0,并进行多元回归,结果见表3列(2),其中数字化转型($Digital1$)的回归系数为-0.0381且在1%水平下显著,和上文结果一致。

3. 内生性问题的考虑

考虑到还可能在内生性问题,本文运用工具变量法进一步克服内生性,参考肖红军等^[11]的研究,以数字化转型行业平均水平(IV)为工具变量,回归结果见表3中的列(3)和列(4)。列(3)中数字化转型行业平均水平(IV)的回归系数为0.8391且在1%水平下显著,列(4)中数字化转型($Digital$)的回归系数为-0.1532且在1%水平下显著,和前文结论一致。

五、机制分析

上文验证了数字化转型对企业碳排放水平的显著负向影响。那么数字化转型如何影响企业碳排放水平?上文通过理论分析,得出数字化转型通过技术创新、服务化和过度投资影响企业碳排放水平,下文将通过实证检验上述作用机制是否成立。

借鉴温忠麟等^[35]的研究,构建模型(2)和模型(3)检验中介效应是否成立,其中 $Mediator$ 为中介变量,本文中中介变量分别是技术创新(Gi)、服务化(Ser)和过度投资($Over$)。

借鉴温忠麟等^[35]的研究,构建模型(2)和模型(3)检验中介效应是否成立,其中 $Mediator$ 为中介变量,本文中中介变量分别是技术创新(Gi)、服务化(Ser)和过度投资($Over$)。

$$Mediator_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_2 Controls + \delta_t + \varphi_j + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} \tag{2}$$

$$Ce_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Mediator_{i,t} + \beta_2 Digital_{i,t} + \beta_3 Controls + \delta_t + \varphi_j + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} \tag{3}$$

(一) 技术创新的中介效应

参考李磊等^[36]的研究,以发明专利申请数量加1后的自然对数衡量企业技术创新。表4中列(1)和列(2)为技术创新的中介效应检验结果,列(1)中数字化转型($Digital$)的回归系数为0.2305且在1%水平下显著;同时,列(2)技术创新(Gi)的回归系数为-0.0108且在1%水平下显著,而数字化转型($Digital$)的回归系数为-0.0263且在1%水平下显著。上述结果表明企业进行数字化转型需要大量高端人才,积累了人力资本并产生知识溢出,进而推动企业技术创新;而随着企业技术进步,提高了企业能源使用效率,最终实现碳减排。即数字化转型通过推动技术创新实现碳减排。

(二) 服务化的中介效应

数字化转型可以实现碳减排,但企业服务化是否承担中介效应还不清楚。参考陈丽娴和沈鸿^[37]

表2 分位数回归结果

变量	(1) $q10$	(2) $q25$	(3) $q50$	(4) $q75$	(5) $q90$
$Digital$	-0.0310*** (-5.65)	-0.0286*** (-4.03)	-0.0203*** (-4.29)	-0.0182*** (-6.48)	-0.0154*** (-5.06)
$Controls$	Y	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y	Y
行业固定效应	Y	Y	Y	Y	Y
$Observations$	15 806	15 806	15 806	15 806	15 806

注:***、**和* 分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

表3 稳健性检验

变量	(1) $Ce1$	(2) Ce	(3) $Digital$	(4) Ce
$Digital$	-0.0278*** (-5.02)			-0.1532*** (-8.31)
$Digital1$		-0.0381*** (-4.57)		
IV			0.8391*** (5.52)	
$Controls$	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y
行业固定效应	Y	Y	Y	Y
个体固定效应	Y	Y	Y	Y

注:***、**和* 分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

的研究,以服务业务收入与主营业务收入之比衡量企业服务化。表4中列(3)和列(4)为服务化的中介效应检验结果。列(3)中数字化转型(*Digital*)的回归系数为0.1153且在1%水平下显著;同时,列(4)中服务化(*Ser*)的回归系数为-0.0303且通过5%水平的显著性检验,而数字化转型(*Digital*)的回归系数为-0.0253且在1%水平下显著。上述结果表明数字化转型驱动企业组织改革,优化管理模式,进而促进企业服务化转型;同时,企业服务化有助于提高资源利用效率,在生产经营过程中以服务要素代替部分自然要素,减少不可再生能源的使用,进而降低碳排放水平。即数字化转型通过提高企业服务化影响碳排放水平。

(三) 过度投资的中介效应

借鉴 Richardson^[38]的研究,构建模型(4)衡量过度投资(*Over*)。当残差大于0时,过度投资(*Over*)取值为1,否则取值为0。其中 *inv* 代表资本投资额, *Grw* 代表成长性, *Lev* 代表资产负债率, *Cash* 代表现金流, *Age* 代表上市年龄, *Size* 代表规模, *Ret* 代表股票年度回报。

$$inv_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 inv_{i,t-1} + \beta_2 Grw_{i,t-1} + \beta_3 Lev_{i,t-1} + \beta_4 Cash_{i,t-1} + \beta_5 Age_{i,t-1} + \beta_6 Size_{i,t-1} + \beta_7 Ret_{i,t-1} + \delta_i + \varphi_j + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

过度投资的中介效应见表4列(5)和列(6)。列(5)中数字化转型(*Digital*)的回归系数为-0.0436且在1%水平下显著;同时,列(6)中过度投资(*Over*)的回归系数为0.0448且通过1%水平的显著性检验,而数字化转型(*Digital*)的回归系数为-0.0264且在5%水平下显著。上述结果表明数字化转型提高了企业内部控制质量,缓解了企业代理冲突,从而抑制过度投资;同时,过度投资受到抑制有助于优化资源配置,从而提高能源使用效率,实现节能减排。即数字化转型通过抑制过度投资影响碳排放水平。

表4 中介效应检验

变量	技术创新		服务化		过度投资	
	(1) <i>Gi</i>	(2) <i>Ce</i>	(3) <i>Ser</i>	(4) <i>Ce</i>	(5) <i>Over</i>	(6) <i>Ce</i>
<i>Gi</i>		-0.0108*** (-4.25)				
<i>Ser</i>				-0.0303** (-2.45)		
<i>Over</i>						0.0448*** (4.93)
<i>Digital</i>	0.2305*** (4.56)	-0.0263*** (-5.25)	0.1153*** (5.61)	-0.0253*** (-5.16)	-0.0436*** (-4.78)	-0.0264** (-2.25)
<i>Controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
行业固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
个体固定效应	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>Observations</i>	15 806	15 806	15 806	15 806	15 806	15 806

注:***、**和* 分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

六、进一步研究

(一) 数字金融的调节效应

充足的资金有助于企业数字化转型,当企业融资约束程度较高时,企业很难从外部筹集到资金或需付出较大成本才能融资成功,进而给企业经营决策带来不利影响。甚至使企业不能做出最优决策,让企业不得不放弃净现值为正的项目,最终扭曲资源配置,阻碍企业数字化转型进程。而数字金融有助于缓解企业资金错配和拓宽融资渠道,为企业数字化转型提供资金支持。因此,考察数字金融对数字化转型与企业碳排放水平二者间关系的影响是很有必要的。参考尹振涛等^[39]的研究,以北京大学

编制的数字普惠金融指数并除以 100 衡量数字金融 ,同时构建模型(5) 检验数字金融的调节作用 ,回归结果见表 5。

$$Ce_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \beta_2 Fin \times Digital_{i,t} + \beta_3 Fin_{i,t} + \beta_4 Controls + \delta_t + \varphi_j + \lambda_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

由表 5 列(2) 可知 ,数字化转型(Digital) 的回归系数为 -0.0336 且在 1% 水平下显著 ,相对于基准回归 ,数字化转型(Digital) 回归系数的绝对值增加了 ,且数字金融与数字化转型的交乘项(Fin × Digital) 的回归系数为 -0.1132 并通过了 1% 水平的显著性检验。产生上述结果的原因可能是数字金融的发展缓解了融资约束 ,为数字化转型和技术创新提供资金支持 ,进而强化了数字化转型的碳减排效应。

(二) 异质性分析

与国有企业相比 ,非国有企业面临较多的资源约束 ,不能进行有效投资 ,进而阻碍数字化转型进程。此外 ,严格的环境规制不仅可以倒逼企业加大环保投资与研发投入 ,还可以推动企业使用先进的数字化技术 ,进而实现节能减排。因此 ,考察不同产权性质和环境规制下 ,数字化转型对碳排放水平的影响是很有必要的。

1. 产权性质的影响

为了考察不同产权性质下数字化转型对碳排放水平的影响 ,本文将全样本分为国有与非国有企业进行分组回归 ,回归结果如表 6 所示。其中列(1) 为国有企业样本组回归结果 ,数字化转型(Digital) 的回归系数为 -0.0295 且通过 1% 水平显著性检验;列(2) 为非国有企业样本组回归结果 ,数字化转型(Digital) 的回归系数为 -0.0134 但未通过 5% 水平显著性检验 ,相对于国有企业样本组 ,非国有企业样本组数字化转型(Digital) 回归系数的绝对值较低。即数字化转型对企业碳排放水平的影响在国有企业样本组中更为明显。产生上述结果的原因可能是在社会主义市场经济体制中 ,国有企业拥有天然的政治关联 ,在“碳达峰、碳中和”目标下 ,国有企业具有更强的环境责任 ,更有意愿增加环保投资以实现碳减排。此外 ,数字化转型需要大量资金 ,而国有企业拥有天然的政治关联 ,更容易获取政府补贴和银行贷款 ,可以进行深层次、全方位的数字化转型。

2. 环境规制的影响

环境规制综合指数是由工业废水排放量、工业 SO₂ 排放量以及工业烟尘排放量计算而来 ,相关数据来自《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》,具体计算步骤:(1) 将上述三种污染物进行标准化;(2) 求取每种污染物的权重;(3) 通过权重和标准化的乘积得出环境规制综合指数。以环境规制的中位数为临界值 ,将全样本分为高环境规制样本组和低环境规制样本组。回归结果见表 6 ,其中列(3) 为高环境规制样本组回归结果 ,数字化转型(Digital) 的回归系数为 -0.0373 且通过 1% 水平显著性检验;列(4) 为低环境规制样本组回归结果 ,数字化转型(Digital) 的回归系数为 -0.0248 但未通过 10% 水平稳健性检验 ,即数字

表 5 调节效应检验

变量	(1) Ce	(2) Ce
Digital	-0.0288*** (-5.41)	-0.0336*** (-4.89)
Fin × Digital		-0.1132*** (-4.25)
Fin		-0.0023*** (-4.85)
Controls	Y	Y
时间个体固定效应	Y	Y
行业固定效应	Y	Y
个体固定效应	Y	Y
Observations	15 806	15 806

注:***、**和* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著 ,括号内为 t 值。

表 6 异质性检验

变量	(1) Ce	(2) Ce	(3) Ce	(4) Ce
Digital	-0.0295*** (-6.45)	-0.0134* (-1.83)	-0.0373*** (-5.54)	-0.0248 (-0.56)
Controls	Y	Y	Y	Y
时间固定效应	Y	Y	Y	Y
行业固定效应	Y	Y	Y	Y
个体固定效应	Y	Y	Y	Y
Observations	5 240	10 566	8 055	7 751

注:***、**和* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下显著 ,括号内为 t 值。

化转型对企业碳排放水平的影响在高环境规制样本组中更为明显。产生上述结果的原因可能是实施严格的环境规制使企业承担较高的环境成本,企业通过提高环保投入和技术升级,降低碳排放水平,进而规避环保处罚、降低环境成本。此外,技术创新是实现碳减排的关键因素之一,根据波特假说,采取严格的环境规制有助于激励企业技术创新,进而推动企业绿色转型,实现碳减排。

七、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

经济高质量发展离不开良好的生态环境,为此,中国政府提出“碳达峰、碳中和”战略,这一战略体现了大国担当也将倒逼经济转型;同时数字化技术凭借绿色、高效等特点推动着数字产业的发展,并成为企业低碳绿色发展的重要引擎。因此,研究数字化转型的碳减排效应具有重要理论意义和现实价值。本文以制造业上市公司为研究对象,从理论和实证两个方面探讨了数字化转型对碳排放水平的影响。研究表明:(1)企业数字化转型可以显著降低碳排放水平,机制分析发现,数字化转型的抑制效果可以通过促进企业技术创新、推动企业服务化转型和抑制企业过度投资三个维度来实现。(2)数字化转型对企业碳排放水平的影响在不同产权性质和环境规制样本组中表现出差异性,即数字化转型对企业碳排放水平的影响在国有企业和高环境规制样本组中更为显著。(3)将数字金融引入分析框架,发现数字金融强化了数字化转型对企业碳排放水平的影响。

(二) 政策建议

本文提出如下几点政策建议:(1)提高企业数字化转型意识,构建有高度的数字化转型战略。当前中国仍有许多企业没有数字化转型的规划,没有意识到数字化转型的重要性和必要性,还停留在传统的管理思维模式中。特别地,企业即使有强烈的数字化转型意愿,但由于经营层缺乏长远的战略发展规划,导致企业数字化转型进程缓慢。因此,企业要把数字化转型纳入企业战略规划,鼓励员工积极参与,实现多部门协调发展;同时成立数字化转型领导小组,提供系统性数字化转型方案,督促指导企业在组织管理、产品研发、内部控制等事项灵活融入数字技术,并进行业绩考核。(2)建设数字化转型引进、培训体系。专业化人才是数字化转型的基础,而专业化人才的培育是一项系统工程,需要政府和企业共同发力。一方面,政府应积极顺应数字化发展潮流,加大政策倾斜力度,推进数字技术的基础设施建设,并鼓励科研院所、高校培养数字化转型研究型和操作型人才;另一方面,企业应完善员工培训体系,提高员工数字化、智能化素养,并积极和高校、科研院所合作,攻破技术难关,推动企业数字化转型。(3)完善金融监管体系,加快数字金融快速发展。各级政府应积极建设数字金融设施,打造高水平的数字金融聚集高地,并加强金融监管,如试点监管沙盒等,促进数字金融健康发展;另外,也要发挥政策方面对数字金融推动企业数字化转型的引导作用,带动数字化转型的减排效应。(4)对不同类型企业实施针对性政策,同时建立健全环境规制体系。目前中国中小微企业大多是民营企业,缺乏资金进行数字化转型。对于中小微企业,政府应提高政策支持力度,积极引导企业数字化转型;同时,政府应给予中小微企业一定税收优惠和政府补贴,帮助中小微企业完成数字化转型。此外,政府应建立健全环境规制体系,奖惩结合。对碳排放超标企业提高处罚力度,对运用数字化技术进行低碳绿色转型的企业,给予一定财政补贴和税收减免。

参考文献:

- [1] 邓荣荣,张翔祥.中国城市数字经济发展对环境污染的影响及机理研究[J].南方经济,2022(2):18-37.
- [2] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. The journal of strategic information systems, 2019, 28(2): 118-144.
- [3] SOLBERG E, TRAAVIK L E M, WONG S I. Digital mindsets: recognizing and leveraging individual beliefs for digital transformation[J]. California management review, 2020, 62(4): 105-124.
- [4] 李华民,龙宏杰,吴非.异质性机构投资者与企业数字化转型[J].金融论坛,2021(11):37-46+56.

- [5]杨贤宏,宁致远,向海凌,等.地方经济增长目标与企业数字化转型——基于上市企业年报文本识别的实证研究[J].中国软科学,2021(11):172-184.
- [6]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(7):130-144+10.
- [7]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.
- [8]张永坤,李小波,邢铭强.企业数字化转型与审计定价[J].审计研究,2021(3):62-71.
- [9]易靖韬,王悦昊.数字化转型对企业出口的影响研究[J].中国软科学,2021(3):94-104.
- [10]黄大禹,谢荻宝,孟祥瑜,等.数字化转型与企业价值——基于文本分析方法的经验证据[J].经济学家,2021(12):41-51.
- [11]肖红军,阳镇,刘美玉.企业数字化的社会责任促进效应:内外双重路径的检验[J].经济管理,2021(11):52-69.
- [12]HASEEB A, XIA E, SAUD S, et al. Does information and communication technologies improve environmental quality in the era of globalization? An empirical analysis[J]. Environmental science and pollution research, 2019, 26(9): 8594-8608.
- [13]SHOBANDE O A. Decomposing the persistent and transitory effect of information and communication technology on environmental impacts assessment in Africa: evidence from mundlak specification[J]. Sustainability, 2021, 13(9): 1-12.
- [14]徐维祥,周建平,刘程军.数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J].地理研究,2022(1):111-129.
- [15]刘婧玲,陈艳莹.数字技术发展、时空动态效应与区域碳排放[J/OL].科学学研究:1-17[2022-04-15].<https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20220325.002>.
- [16]刘淑春,闫津臣,张思雪,等.企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J].管理世界,2021(5):170-190+13.
- [17]VERHOEF P C, BROEKHUIZEN T, BART Y, et al. Digital transformation: a multidisciplinary reflection and research agenda[J]. Journal of business research, 2021, 122: 889-901.
- [18]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(2):117-128+222.
- [19]GOLDFARB A, TUCKER C. Digital economics[J]. Journal of economic literature, 2019, 57(1):3-43.
- [20]沈国兵,袁征宇.企业互联网化对中国企业创新及出口的影响[J].经济研究,2020(1):33-48.
- [21]BLOOM N, GARICANO L, SADUN R, et al. The distinct effects of information technology and communication technology on firm organization[J]. Management science, 2014, 60(12):2859-2885.
- [22]张意翔,成金华,徐卓程,等.绿色创新是否适应气候变化:中国专利和GHG排放数据的实证[J].中国人口·资源与环境,2021(1):48-56.
- [23]郭海,韩佳平.数字化情境下开放式创新对新创企业成长的影响:商业模式创新的中介作用[J].管理评论,2019(6):186-198.
- [24]PEE L G. Customer co-creation in B2C e-commerce: does it lead to better newproducts? [J]. Electronic commerce research, 2016, 16(2):217-243.
- [25]HE J, FANG X, LIU H, et al. Mobile app recommendation: an involvement-enhanced approach [J]. MIS quarterly, 2019, 43(3):827-849.
- [26]刘志彪,张杰.我国本土制造业企业出口决定因素的实证分析[J].经济研究,2009(8):99-112+159.
- [27]黄玉霞,谢建国.制造业投入服务化与碳排放强度——基于WIOD跨国面板的实证分析[J].财贸经济,2019(8):100-115.
- [28]JENSEN M C, MECKLING W H. Theory of the firm: managerial behaviour, agency costs and ownership structure [J]. Journal of financial economics, 1976, 3(4):305-360.
- [29]屈小娥,骆海燕.中国对外直接投资对碳排放的影响及传导机制——基于多重中介模型的实证[J].中国人口·资源与环境,2021(7):1-14.
- [30]LIU D, CHEN S, CHOU T, et al. Resource fit in digital transformation: lessons learned from the CBC Bank global e-banking project [J]. Management decision, 2011, 49(10):1728-1742.

- [31] 祝合良, 王春娟. “双循环”新发展格局战略背景下产业数字化转型: 理论与对策[J]. 财贸经济 2021(3): 14 - 27.
- [32] CHAPPLE L, CLARKSON P M, GOLD D L. The cost of carbon: capital market effects of the proposed emission trading scheme (ETS) [J]. Abacus 2013 49(1): 1 - 33.
- [33] 沈洪涛, 黄楠. 碳排放权交易机制能提高企业价值吗[J]. 财贸经济 2019(1): 144 - 161.
- [34] 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.
- [35] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰. 有中介的调节变量和有调节的中介变量[J]. 心理学报 2006(3): 448 - 452.
- [36] 李磊, 刘常青, 韩民春. 信息化建设能够提升企业创新能力吗? ——来自“两化融合试验区”的证据[J]. 经济学(季刊) 2022(3): 1079 - 1100.
- [37] 陈丽娴, 沈鸿. 制造业服务化如何影响企业绩效和要素结构——基于上市公司数据的 PSM-DID 实证分析[J]. 经济学动态 2017(5): 64 - 77.
- [38] RICHARDSON S. Over-investment of free cash flow[J]. Review of accounting studies 2006 11(2-3): 159 - 189.
- [39] 尹振涛, 李俊成, 杨璐. 金融科技发展能提高农村家庭幸福感吗? ——基于幸福经济学的研究视角[J]. 中国农村经济 2021(8): 63 - 79.

(责任编辑: 陈 春; 英文校对: 谈书墨)

Study on Carbon Emission Reduction Effect of Enterprise Digital Transformation: Empirical Data from Listed Manufacturing Companies

MA Congwen^{1 2}, YANG Jie²

(1. Business School, Xiangtan University, Xiangtan 411100, China;

2. School of Economics and Trade, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412000, China)

Abstract: Given the goal of “carbon peak and carbon neutrality” the emission-reduction effect of the manufacturing industry is pivotal. Digital technology is an important engine driving the low-carbon transformation of enterprises and the realization of energy conservation and emission reduction. This paper uses a sample of listed manufacturing companies to investigate the carbon-emission-reduction effect of digital transformation and its mechanism. The study shows that digital transformation reduces the carbon emissions of enterprises, and this is mainly achieved by promoting technological innovation, promoting service-oriented transformation, and restraining excessive investment of enterprises. Further, the impact of digital transformation on carbon emissions varies for samples with different property rights and environmental regulations, and digital finance strengthens the impact of digital transformation on the levels of carbon emissions. This study provides theoretical support and empirical data for enterprise digital transformation and energy conservation, and emissions reduction.

Key words: digital transformation; enterprise carbon emission level; mechanism analysis