

# 数字化转型促进中国企业节能减排了吗？

刘慧, 白聪

(山东财经大学 金融学院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 作为推进数字经济和实体经济深度融合的重要路径, 数字化转型已成为驱动企业要素升级、重塑市场竞争格局的关键力量, 其能否进一步促进企业节能减排, 助力中国实现“双碳”目标, 文章基于中国上市公司2010—2019年的数据, 对以上问题进行回答。研究发现: 数字化转型有助于促进企业节能减排, 而且数字化转型不仅能够提升企业的技术创新能力, 还能通过推动企业生产经营活动的结构优化, 实现节能减排。企业数字化转型的节能减排效果受企业所处的内外部环境的影响。在外部环境中, 无论是环境规制强度的加大, 还是市场竞争程度的加剧, 均会提高企业数字化转型的节能减排效果; 在内部环境中, 企业自身的成长性也能强化数字化转型对其节能减排的促进作用。这对中国企业实现数字化转型和节能减排的协同发展有所启发。

**关键词:** 数字化转型; 企业节能减排; “双碳”目标

**中图分类号:** F272.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0150(2022)05-0019-14

## 一、引言

自改革开放以来, 中国仅用三十多年的时间便创造了经济体量跃居世界第二的发展奇迹。然而, 在这个过程中, “高投资、高能耗、高排放”的发展特征使中国能源消耗、环境恶化与经济发展之间的矛盾日益尖锐, 制约中国经济的高质量发展。为此, 近年来, 习近平总书记多次强调实现经济绿色转型的重要性, 并在十九届五中全会上提出“广泛形成绿色生产生活方式, 碳排放达峰后稳中有降, 生态环境根本好转, 美丽中国建设目标基本实现”的“双碳”目标。在此背景下, 如何以“双碳”目标为引领, 全面推进经济绿色转型, 成为当下中国面临的重要任务。这其中, 作为污染防治和经济绿色转型的最终环节, 从企业层面落实节能减排是中国实现这一宏伟目标的基础和重要抓手, 现有研究也证实技术创新、结构革新是企业实现节能减排的重要方式(韩超等, 2020; 张宁, 2022)。那么, 在新一代科技革命背景下, 作为驱动企业技术创新、结构革新的新动力, 数字化转型能否助力中国企业节能减排, 是一个在宏观上对接“双碳”目标、在微观上关系到企业转型升级能否实现的关键问题, 亟待我们深入研究。

近年来, 伴随着以“互联网+”、人工智能、大数据为代表的数字技术发展, 越来越多的企业加入数字化浪潮, 以期通过信息化技术实现企业组织架构、技术创新水平、经营管理模式等方面的转型, 驱动自身要素升级, 重塑市场竞争格局, 为企业实施节能减排带来新的契机。这是因为, 数字化转型中蕴藏的技术进步和数字通信技术应用, 不仅能够提高企业生产要素利用效

收稿日期: 2022-06-07

基金项目: 国家社会科学基金项目一般项目(21BJY245); 山东省自然科学基金项目(ZR2020QG031)。

作者简介: 刘慧(1986—), 女, 山东临沂人, 山东财经大学金融学院副教授、硕士生导师;

白聪(1997—), 男, 山东济南人, 山东财经大学金融学院硕士研究生。

率和能源使用效率(Berkhout和Hertin, 2004; Moyer和Hughes, 2012; Hilty和Aebischer, 2015), 还能通过生产过程的自动化升级, 推动企业对物料投入、产品制造以及销售等流程进行“精细化”管理, 促使企业在精准把控生产流程的同时, 对各环节的能源消耗进行实时监控, 降低能源消耗速度, 减少生产中的浪费, 进而对企业节能减排产生正向反馈(Bunse等, 2011; Rizzoli等, 2015; May等, 2017)。不过, 当前学术界对于数字化转型的节能减排效应也存在争议, 部分学者认为数字化转型仅能带来有限的节能效应, 而且信息通信技术的使用会造成回弹效应, 导致能源消耗增加。Sadorsky(2012)选取19个新兴市场国家数据进行分析后发现, 以个人电脑用户数、互联网用户数、移动电话用户数三个指标衡量的信息通信技术应用与电力消耗呈显著的正相关关系; Kim和Heo(2014)以美、韩、英三国制造业为研究对象进行研究, 也得出相似的结论。

由此可以看出, 鉴于发达国家数字化转型技术较为成熟, 现有较多研究基于发达国家数据对数字化转型的节能减排效果进行分析, 但得出的结论并不一致, 这可能是因为数字化转型的节能减排效应发挥需要一定的内外部环境支撑, 如企业数字化需要一定的政策指引才能带来减排效果等(王硕和王海荣, 2022)。可见, 因各国的经济环境和政策措施等条件不同, 导致基于不同国家数据得出的结论也存在显著差异。那么, 中国的数字化转型到底能否带来节能减排的效果, 其影响机制是什么以及影响的发挥需要何种条件?对这一系列问题的回答需要我们立足国情, 利用中国数据讲出“中国故事”。

近年来, 伴随中国数字经济的蓬勃发展和“双碳”目标的提出, 逐渐有文献关注中国数字化转型的节能减排效果。谢康等(2012)利用中国31个省市面板数据, 探讨了中国工业化和信息化融合质量并发现, 虽然二者的融合能够降低地区单位产值的电力消费与能源消耗, 但这一影响很小且不具统计显著性。邓荣荣和张朝祥(2021)以中国285个城市2012—2018年的数据作为样本, 验证了数字金融的发展可以通过经济增长、产业结构调整、技术创新等途径促进节能减排。谢云飞(2022)则利用省级数据发现, 数字经济的发展可以通过有偏技术进步显著降低区域碳排放量。

综观现有文献, 尽管越来越多的学者开始关注中国数字化转型与实现“双碳”目标的关系, 但大多是基于省市层面数据进行分析, 缺少微观企业层面的探讨。然而, 在污染防治和绿色发展过程中, 企业才是实施节能减排的最终环节, 厘清企业节能减排的影响因素更是实施科学决策的基础(韩超等, 2020)。鉴于此, 本文在理论分析的基础上, 利用实证方法研究中国企业数字化转型对节能减排的影响和作用机制, 并对影响节能减排效果的内外部因素进行探索, 以期从微观层面为中国企业数字化转型的节能减排效果研究提供更加全面的经验证据。

本文可能的创新点在于: 第一, 相对于国际上已有诸多文献关注数字化转型对节能减排的影响而言, 国内相应的研究尚处于起步阶段且聚焦于宏观层面。区别于现有文献, 本文从微观企业视角出发, 将“数字化转型-节能减排”纳入统一分析框架, 利用中国上市公司数据, 验证中国企业数字化转型与节能减排之间的因果关联, 丰富了中国企业数字化转型的经济效果研究。第二, 本文验证了通过企业数字化转型实现节能减排效果的传导机制, 从“技术创新”和“结构优化”两个角度揭示数字化转型促进企业节能减排的内在逻辑, 为“双碳”目标下中国企业实现数字化转型与节能减排的协调发展提供理论支撑和科学依据。第三, 本文从环境规制、市场竞争程度以及企业成长性角度, 探索和剖析影响企业数字化转型节能减排效果的内外支撑因素, 为现有文献针对数字化转型影响企业节能减排效果的差异性结论提供解释思路, 拓展和细化了数字化转型与企业节能减排之间的相关研究。

## 二、理论分析与研究假说

数字化转型是指企业通过信息技术对组织结构、业务模式等进行升级改造。在与其他生产技术互补的条件下,企业将数字化转型引入生产经营过程中,有利于企业实现生产范式改进,推动业务流程再造。而且,这种企业组织结构、经营模式的优化转变,会通过以下两种渠道进一步作用于企业节能减排:

### (一)数字化转型的技术创新机制

在企业生产经营过程中进行数字化转型可能会从以下两方面促进企业技术创新:其一,企业数字化转型是通过应用前沿的信息通信技术,对原有生产运营模式进行改造,这种先进的数字通信技术在投入使用时,其本身就蕴含着技术进步的特质。Hilty和Aebischer(2015)发现通过数字化转型将“ABCD”<sup>①</sup>等技术引入企业生产制造、组织管理等各项业务中,会直接提高企业的生产技术创新能力。其二,数字通信技术可以与其他生产要素相互补充,促进企业技术创新能力的提升。根据熊彼特的创新理论,企业创新包括生产要素的重新组合,如在生产系统中加入一种从未有过的生产要素与生产条件的新组合(韩先锋等,2014)。具体到企业生产运营,把蕴含技术进步的数字通信技术和其他生产要素进行融合,可以推动企业生产、供应链、销售等各个环节的变革和有效联接,能够更加直接地实现企业生产要素的优化配置,加快信息流通,提高企业技术创新能力(郭家堂和骆品亮,2016;张延林等,2020)。

在此基础上,面对环境问题的巨大挑战,以数字信息技术和智能化为特色的技术创新,是企业实现绿色制造业体系升级和节能减排的重要路径(史丹,2018;谢康等,2020;张宁,2022),因为数字化转型导致的这种技术创新,不但会提高生产设备和资源的使用效率、降低生产成本,还有利于企业发现并调整生产经营过程中的浪费环节,改善企业能耗模式,促进节能减排(May等,2017;杨德明和刘泳文,2018)。

### (二)数字化转型的结构优化机制

基于“ABCD”等数字技术具有技术进步的属性,企业将其应用在生产经营过程中会促进各种生产要素的重新分配,从而进一步优化企业内部的组织架构和生产体系,有效提高资源的配置效率(韩先锋等,2014)。具体来说,从产品的生产流程来看,数字通信技术的运用已从简单的生产加工环节扩展到产品的流通、销售乃至使用等整个生命周期(黄群慧,2014);从企业经营来看,企业数字化转型也由生产制造阶段延伸到了包含生产、供给、销售和上下游供应链在内的整体系统(May等,2017)。由此可见,企业的数字化转型有助于推动企业生产过程向柔性化、网络化、平台化和小微化方向发展,并通过建立工业物联网重构企业生产流程,促使生产过程优化,提升资源使用效率,进而降低污染排放强度(Higón等,2017;金碚,2014;史丹,2018)。除此之外,数字化转型有利于企业在管理中引入精益管理的理念,促使企业能够基于制造流程中的数据收集和反馈,及时安排和调整制造方案、优化库存,达到企业内部“人财物”与外部需求的有效协调,进而降低整体能耗(Rizzoli等,2015)。同时,通过数字化转型实现的结构优化还可以提升企业产品与服务的品质和效率,大大降低产品的生产成本,不但能够缩短产品的开发周期,还可以减少返工与产品报废数量,实现生产制造过程中的节能减排效果(Cai等,2013;王永进等,2017)。

通过上述分析,本文认为企业数字化转型可以通过促进技术创新和生产结构优化,达到节能减排的效果。基于此,本文提出以下假说:

<sup>①</sup>“ABCD”技术指人工智能(Artificial Intelligence)、区块链(Block Chain)、云计算(Cloud Computing)、大数据(Big Data)。

假说1:数字化转型能够促进企业节能减排。

假说2a:数字化转型有利于企业技术创新,进而促进企业节能减排。

假说2b:数字化转型有利于企业结构优化,进而促进企业节能减排。

尽管数字化转型能够通过促进企业技术创新和结构优化作用于节能减排,但本文认为,数字化转型的上述两种机制及其最终节能减排效果的发挥要受制于企业所处的内外环境。

从外部环境来说,一方面,数字经济要更好地服务于“双碳”目标,必须通过行政手段制定相关信息披露政策和强制性措施,引领数字技术向节能减排的方向发展(王硕和王海荣,2022)。就企业而言,地方政府对环保的重视程度会影响企业节能减排的动力。据此,本文认为,作为地方政府对环保重视程度的重要标志,环境规制强度会对企业数字化转型的节能减排效果产生一定影响(苏昕和周升师,2019),特别是对处于环境规制较强地区的企业来说,数字化转型对其节能减排的促进作用更为显著。这是因为,环境规制具有创新补偿效应,即在环境规制下,企业会通过提高技术水平,平抑短期成本,提高企业长期竞争力(张成等,2011)。所以,在较强的环境规制条件下,企业环保意识较强,在生产经营层面更加注重绿色可持续发展,此时,数字化转型提高企业绿色技术创新的作用更大(李斌等,2013),进而能够更好地促进企业节能减排。与此相对比,在环境规制较弱的地区,企业在进行数字化转型时为了追求更高的利润往往会减少在环保方面的支出,导致数字化转型对企业生产经营过程进行绿色改造的动力不足,进而使转型对企业节能减排的促进效果有限。另一方面,作为市场主体,企业生存和发展都必然面临着市场竞争这一根本性问题(戚聿东和肖旭,2020),本文认为,市场竞争程度的差异会改变企业的诸多行为选择,包括其数字化转型的节能减排效果。具体来说,当面临激烈的市场竞争时,为了在不进则退的市场中获得可观的份额、打造竞争优势,企业必须不断地在前沿技术上投入,并持续进行生产结构革新。因此,这类企业就有非常强烈的意愿去推动数字化转型的技术创新和结构优化,进而促进企业的节能减排。与此相对比,当市场竞争压力较小时,安逸的市场环境可能会让企业“不思进取”。换言之,即便企业进行数字化转型,转型的技术创新和结构优化效应也会大大减弱,从而不利于企业节能减排。基于此,本文提出假说3和假说4:

假说3:企业所处地区的环境规制强度越大,数字化转型的节能减排效应越明显。

假说4:企业所处行业的市场竞争程度越高,数字化转型的节能减排效应越明显。

从内部环境即企业自身特点来说,根据生命周期理论,处于成长阶段的企业具有更高的环境适应性及更小的路径依赖和转移成本。与此相对比,处于成熟或衰退阶段的企业更容易产生组织惯性,导致其对原有经营模式进行变革的困难增大(易加斌等,2021)。本文认为,正是这种组织惯性的存在,导致该类企业在进行数字化转型时,会产生较高的协调成本和改革成本,制约数字化转型对企业技术创新和结构优化的促进作用,不利于企业的节能减排。基于此,本文提出假说5:

假说5:企业的成长性越强,数字化转型的节能减排效应越明显。

### 三、研究设计

#### (一) 变量说明

1. 被解释变量:企业节能减排(*EFF*)。现有较多的文献大多采用企业污染物(如二氧化硫等)的排放量作为其节能减排的直接衡量指标(陈登科,2020;韩超等,2020)。但是,囿于企业污

染物排放数据期限较旧<sup>①</sup>,不适合本文的研究主题,参照Patten(2005)、胡珺等(2017),我们采用间接衡量指标——企业环保费用支出来衡量企业节能减排效果。具体来说,根据上市公司披露的数据,环保费用支出主要包括企业重金属处理费用、废水处理费用、废气处理费用、废渣处理费用(包含固体废弃物)、排污费等。由于该类费用是按企业所排放的各种固、液、气、危险废弃物等的种类和数量为依据进行计算,所以能够在一定程度上反映企业污染物的综合排放水平。此外,在国内环保力度不断加大的背景下,只有企业污染物排放的降低,才能导致其排污费等环保费用支出的减少。基于此,本文认为企业环保费用支出的减少能够从侧面反映企业污染物排放量的降低(胡曲应,2012),是企业节能减排的有效衡量变量。同时,本文对上市公司环保费用支出用公司年末营业收入进行标准化处理,以控制企业规模差异的影响,该比值越大,说明上市公司单位营收所要支出的环保费用越多,企业节能减排效果越差。

2.核心解释变量:企业数字化转型程度(*Digital*)。本文首先参照吴非等(2021)、李春涛等(2020)的研究,归纳整理出有关数字化转型的关键词,然后利用Python技术对2010—2019年上市公司年报中的文本内容进行关键词匹配,统计出相关词汇出现的次数,构建企业-年度变量。企业年报中出现数字化转型相关词汇的次数越多,则代表该企业数字化转型的程度越高。

3.控制变量。参照胡珺等(2017)、谢东明(2020)等,本文加入影响企业节能减排的其他控制变量,包括独立董事人数(*Board*)、总资产周转率(*ATO*)、托宾Q值(*TobinQ*)、大股东资金占用(*Occupy*)、管理费用率(*Mfee*)、公司成立年限(*Firmage*)、机构投资者持股比例(*Inst*)、净利润率(*Pro*)、现金流比率(*Cashflow*)。本文相关变量符号和定义如表1所示。

表1 相关变量符号及定义

类型	符号	变量定义
被解释变量	<i>EFF</i>	企业节能减排,企业环保费用支出/年末营业收入×1000
解释变量	<i>Digital</i>	企业数字化转型程度,采用Python技术统计企业年报相关词汇出现的次数
	<i>Board</i>	独立董事人数
控制变量	<i>ATO</i>	总资产周转率,营业收入/平均资产总额
	<i>TobinQ</i>	托宾Q,(流通股市值+非流通股股份数×每股净资产+负债账面值)/总资产
	<i>Occupy</i>	大股东资金占用,其他应收款/总资产
	<i>Mfee</i>	管理费用率,管理费用/营业收入
	<i>Firmage</i>	公司成立年限,当年年份减去公司成立年份加1后取对数
	<i>Inst</i>	机构投资者持股比例,机构投资者持股总数/流通股本
	<i>Pro</i>	净利润率,净利润/营业收入
	<i>Cashflow</i>	现金流比率,经营活动产生的现金流量净额/总资产

## (二)模型设计

为检验我国企业数字化转型对其节能减排的影响,本文设计如下模型:

$$EFF_{it} = a_0 + a_1 Digital_{it} + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,被解释变量 $EFF_{it}$ 表示*i*企业在第*t*年的节能减排效果;核心解释变量为 $Digital_{it}$ ,代表企业*i*在第*t*年的数字化转型程度; $\Theta_{it}$ 为控制变量集; $\sum Year$ 和 $\sum Firm$ 分别代表时间固定效应和企业固定效应; $\varepsilon_{it}$ 为残差。

<sup>①</sup>据我们所知,目前中国企业污染物排放数据仅更新至2014年。所以,就本文2010—2019年的样本期限而言,尚未有成熟的企业污染物排放数据。

### (三) 数据来源

本文采用2010—2019年中国沪深A股上市公司数据为初始样本,并对数据做出以下处理:第一,剔除银行、保险、券商等金融类上市公司样本;第二,剔除ST和退市等特殊处理的公司样本;第三,剔除相关变量缺失的样本。本文最终整理得到5111个样本数据<sup>①</sup>,数据来自国泰安数据库,相关企业年报来自巨潮网、深圳证券交易所、上海证券交易所官方网站。此外,为了削减异常值的影响,本文对非比值连续变量进行1%的缩尾处理。据此,本文主要变量的描述性统计如表2所示。

表2 描述性统计

变量名称	样本数量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>EFF</i>	5111	2.4614	4.3262	0.0024	27.5346
<i>Digital</i>	5110	5.4773	15.1253	0.0000	146.0000
<i>Board</i>	5103	3.2375	0.6348	1.0000	8.0000
<i>ATO</i>	5107	0.6884	0.4452	0.0531	2.9066
<i>TobinQ</i>	5023	1.8540	1.2244	0.8153	17.6759
<i>Occupy</i>	5106	0.0132	0.0218	0.0001	0.2020
<i>Mfee</i>	5107	0.0835	0.0647	0.0102	0.4008
<i>Firmage</i>	5107	2.8664	0.3426	1.0986	3.5553
<i>Inst</i>	5107	0.4160	0.2267	0.0000	0.8894
<i>Pro</i>	5107	0.0631	0.1427	-0.6571	0.5244
<i>Cashflow</i>	5107	0.0511	0.0672	-0.2244	0.2568

## 四、实证结果分析

### (一) 基准结果分析

表3报告了模型(1)的回归结果,其中,第(1)列仅包含核心解释变量*Digital*,第(2)列在第(1)列的基础上控制了时间和个体固定效应,第(3)列在第(1)列的基础上加入了控制变量,第(4)列则既包含控制变量,又考虑了时间和个体固定效应。根据表3,所有回归结果均显示企业数字化转型(*Digital*)的系数在1%水平上显著为负,表明数字化转型强度越大,企业环保费用支出占总营收的比重就越小,即企业节能减排效果越好,证实了本文的假说1。

### (二) 稳健性检验

1.内生性处理。本文实证可能存在两种潜在的内生性问题:一是数字化转型与节能减排之间存在双向因果关系,即加快数字化转型能够促进企业节能减排,同时企业节能减排效率的提高也可能会导致企业更有动力和需求进行高水平的数字化转型。二是影响企业节能减排的因素众多,本文实证所纳入的控制变量有限,可能存在遗漏变量问题。基于此,本文使用以下两种方法对实证中可能存在的内生性问题进行处理。

(1)工具变量法。为了缓解潜在的内生性影响,本文参考黄群慧等(2019)的做法,选取1985年各城市每万人固定电话数量,作为企业数字化转型的工具变量。一方面,从企业数字化转型进程来看,数字化转型是在以互联网为首的信息通信技术普及下开始的,而互联网的发展则是从固定电话的大范围普及开始的。而且,企业所在地过去采用的通信方法可以从技术水

<sup>①</sup>由于上市公司在环保信息披露方面缺乏强制性,所以在所有上市公司样本中,限于被解释变量(环保费用支出)相关词汇仅筛选出5700多条,在删除相关数据后,本文最终整理得到5111个样本。

表 3 数字化转型对企业节能减排的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>EFF</i>	<i>EFF</i>	<i>EFF</i>	<i>EFF</i>
<i>Digital</i>	-0.0131*** (0.0028)	-0.0133*** (0.0050)	-0.0145*** (0.0043)	-0.0139*** (0.0046)
<i>Board</i>			0.2941 (0.2134)	0.2624 (0.2116)
<i>ATO</i>			-1.2192*** (0.3037)	-1.3815*** (0.3245)
<i>TobinQ</i>			0.1911 (0.1196)	0.3034** (0.1245)
<i>Occupy</i>			-7.0883* (4.0522)	-6.8654* (4.0940)
<i>Mfee</i>			0.0061 (0.0059)	0.0144** (0.0064)
<i>Firmage</i>			2.2840*** (0.4375)	0.6651 (1.0266)
<i>Inst</i>			-0.1993 (0.4269)	-0.4572 (0.4347)
<i>Pro</i>			-0.0018 (0.0062)	-0.0057 (0.0064)
<i>Cashflow</i>			-2.1920** (0.9842)	-2.6159*** (0.9545)
常数项	2.4120*** (0.1074)	1.9993*** (0.1559)	-4.1938*** (1.5597)	0.1541 (2.6624)
时间固定效应	NO	YES	NO	YES
企业固定效应	NO	YES	NO	YES
样本数量	5110	5110	5016	5016
R <sup>2</sup>	0.0618	0.0618	0.0330	0.0826

注: 括号内为企业层面的稳健标准差; \*, \*\*, \*\*\* 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性检验水平。下同。

平、社会偏好等多方面影响企业对信息技术的接受及应用程度, 因此, 本文认为, 如果一个地区固定电话普及率高, 该地区企业的数字化转型程度也会较高, 符合相关性要求。另一方面, 固定电话的主要受众是公民, 企业节能减排情况并不对其产生影响, 符合外生性要求。此外, 考虑到各城市 1985 年每万人固定电话数量是截面数据, 不能直接将其作为面板数据的工具变量, 本文借鉴赵涛等 (2020) 的做法, 将 1985 年各城市每万人固定电话数量与滞后一期的全国上网人数作交互项处理, 并将其作为当期数字化转型程度的工具变量, 回归结果如表 4 第 (1) 列和第 (2) 列所示。根据结果可知, LM 统计量在 1% 水平上显著, 拒绝“工具变量识别不足”假设; F 统计量也大于 Stock-Yogo 弱工具变量识别的临界值, 拒绝“弱工具变量”假设。由此我们认为, 本文选取的工具变量合理可靠。同时, 根据表 4 第二阶段的检验结果, 数字化转型变量在 1% 的水平上显著为负, 与前文结论一致, 说明本文的结论稳健。

(2) 双重差分法。企业分阶段、分步骤地推进数字化转型为本研究提供了一个恰当的准自然实验。因此, 本文借鉴吴非等 (2021) 的做法, 利用双重差分模型对上市公司开展数字化转型活动的对照组和实验组进行差分, 尽可能减少相关个体之间存在的内在差异以及和实验组无关的时间趋势所引起的估计误差, 以期获得数字化转型影响企业节能减排的准确结果。本文构建公式 (2) 和公式 (3) 来检验数字化转型对企业节能减排的影响。

$$EFF_{it} = \beta_0 + \beta_1 (du_{it} \times dt_{it}) + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$EFF_{it} = \theta_0 + \theta_1 (du_{it} \times dt_{it} \times Digital) + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中,  $du_{it}$  是个体虚拟变量, 如果在研究期限内企业进行了数字化转型, 则  $du_{it} = 1$ , 否则  $du_{it} = 0$ 。 $dt_{it}$  为时间虚拟变量, 企业进行数字化转型当年及以后年份  $dt_{it} = 1$ , 否则  $dt_{it} = 0$ 。交互项  $du_{it} \times dt_{it}$  的系数  $\beta_1$  反映了数字化转型前后, 企业节能减排效果的变化。公式 (3) 进一步引入数字化转型程度 (*Digital*), 交互项  $du_{it} \times dt_{it} \times Digital$  的系数  $\theta_1$  反映了企业数字化转型后的转型强度对节能减排的影响, 回归结果分别如表 4 第 (3) 列和第 (4) 列所示。结果显示, 本文重点关注的

表4 内生性处理

	工具变量法		双重差分法	
	(1) 第一阶段	(2) 第二阶段	(3) 是否数字化转型	(4) 数字化转型强度
<i>Digital</i>	0.0126*** (0.0024)	-0.1865*** (0.0708)	-0.4625*** (0.1287)	
$du_{it} \times dt_{it}$				
$du_{it} \times dt_{it} \times Digital$				-0.0233*** (0.0041)
常数项	6.2671 (5.7565)	2.6822 (2.1650)	2.9461*** (0.6402)	2.8528*** (0.6389)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES
样本数量	3978	3978	5017	5016
Kleibergen-Paap rk LM		27.31***		
Cragg-Donald Wald F		27.37		
Stock-Yogo		16.38		

交互项系数均显著为负,意味着在利用双重差分方法缓解内生性问题后,数字化转型依然有利于促进企业的节能减排<sup>①</sup>。

2. 替换重要变量。本文采用以下方法替换实证中的解释变量和被解释变量,进行稳健性检验:第一,考虑到行业差异,本文采用经行业均值调整的相对指标衡量企业数字化程度,记为  $Digital_{Adj}$ , 结果如表5第(1)列所示。第二,借鉴袁淳等(2021)的研究,本文将数字化转型拆分为人工智能等五个细分指标,并对其进行分年度离差标准化处理,随后把标准化之后的指标进行加总,作为新的数字化转型指标,记为  $Digital_{std}$ , 结果如表5第(2)列所示。第三,排污费用 ( $FEE$ )是企业因污染物排放被征收的惩罚性支出,可以在一定程度上代表企业节能减排效果。因此,本文用排污费用替代被解释变量,回归结果如表5第(3)列所示。第四,彭博ESG评分体系中的“E”是对企业碳排放强度、能源消耗强度、水资源利用率以及土壤污染等环境绩效指标的评分,评分越高表明企业环境表现越好,节能减排效果也越好(Aras和Crowther, 2008)。据此,本文将企业ESG中的环境评分 $E^2$ 作为被解释变量,结果如表5第(4)列所示。第五,鉴于污染物排放是企业节能减排的直接衡量指标,本文将2010—2013年中国上市公司数据库与中国企业污染数据库合并,以二氧化硫排放量( $SO_2$ )作为被解释变量,结果如表5第(5)列所示。综上,根据表5可知,无论采用哪种方法刻画企业的数字化转型程度和节能减排效果,所得结果均说明企业进行数字化转型能够显著促进其节能减排,验证了前文结论的稳健性。

3. 排除企业策略性行为的影响。本文依赖企业年报中相关词汇出现的次数,测度企业数字化转型程度,这很有可能受到企业策略性信息披露的影响。为了尽量减少该类影响,本文进行以下检验:第一,部分企业虽然进行数字化转型,但并未以文字形式呈现在年报中,所以本文将数字化转型为0的样本删除后进行回归,结果如表6第(1)列所示。第二,2015年股灾导致上市公司股价受到巨大冲击,相较于其他年份,企业在当年为提振股票价格可能会加大对数字化转型相关词汇的披露,对本文结论造成影响。故本文剔除2015年样本进行检验,结果如表6第(2)列所示。第三,企业信息披露不真实必然会影响到企业数字化转型的测度,所以本文剔除在报

①本文样本通过平行趋势检验,可以使用双重差分方法。囿于篇幅,结果未列示,留存备索。

②数据来源于彭博数据库。

表5 替换重要变量

	(1) <i>EFF</i>	(2) <i>EFF</i>	(3) <i>FEE</i>	(4) <i>ESG_E</i>	(5) <i>SO<sub>2</sub></i>
<i>Digital<sub>Adj</sub></i>	-0.0524*** (0.0179)				
<i>Digital<sub>Std</sub></i>		-1.0996*** (0.3160)			
<i>Digital</i>			-0.0095* (0.0055)	0.0324* (0.0192)	-0.0639** (0.0320)
常数项	0.0970 (2.6597)	0.2292 (2.6487)	2.4832 (2.5538)	4.2606 (10.2700)	10.6704*** (0.7728)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
样本数量	5016	5016	3113	1521	941
R <sup>2</sup>	0.0823	0.0822	0.0814	0.1722	0.0706

告期内因信息披露不当而受罚的上市公司样本,结果如表6第(3)列所示。第四,大多数创业板和科创板企业属于高新技术企业,与互联网有着密切联系,企业在进行信息披露时更可能出现概念炒作或蹭热点行为,故意夸大有关企业数字化转型相关信息的披露(赵璨等,2020)。因此,本文剔除创业板和科创板上市公司样本,结果如表6第(4)列所示。表6的结果显示,数字化转型*Digital*变量的系数均显著为负,表明数字化转型可以促进企业节能减排,本文的核心结论不会受企业信息披露策略的影响而发生改变。

表6 排除企业策略性行为的稳健性检验

	(1) <i>EFF</i>	(2) <i>EFF</i>	(3) <i>EFF</i>	(4) <i>EFF</i>
<i>Digital</i>	-0.0109* (0.0058)	-0.0156*** (0.0048)	-0.0104* (0.0055)	-0.0152*** (0.0056)
常数项	-3.5560 (3.6494)	-0.2060 (2.6783)	0.9502 (2.3058)	-1.1053 (2.6585)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES
样本数量	2428	4745	4602	4492
R <sup>2</sup>	0.0721	0.0814	0.0892	0.0899

## 五、进一步讨论

### (一) 数字化转型促进企业节能减排的机制检验

为刻画企业数字化转型影响企业节能减排的机制路径,本文借助温忠麟和叶宝娟(2014)的方法,选取中介变量(*Mediator*)检验数字化转型促进企业节能减排的技术创新机制和结构优化机制,见公式(4)至公式(6)。

$$EFF_{it} = a_0 + a_1 Digital_{it} + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Mediator_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Digital_{it} + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$EFF_{it} = \eta_0 + \eta_1 Digital_{it} + \eta_2 Mediator_{it} + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

1. 技术创新机制。企业数字化转型表现为技术、组织、管理等多方面的共同创新,这类创新会提升生产的自动化水平、促进生产过程优化,提高企业对资源的使用效率并减少污染物排放(何帆和刘红霞,2019; Higón等,2017)。因此,本文认为数字化转型能够促进企业技术创新,有助于节能减排。为对此进行验证,本文选取企业专利申请的对数值(*Patent*)作为中介变量,回归结果如表7第(1)列和第(2)列所示。根据结果,在第(1)列中,*Digital*变量在10%水平上显著为正,表明数字化转型可以提高企业的技术创新水平(韩先锋等,2014; 张龙鹏和周立群,

2016)。同时,在第(2)列中,我们又发现技术创新水平的提升会进一步促进企业节能减排,证实了本文的假说2a。

表7 潜在作用机制检验

	技术创新机制		结构优化机制	
	(1) <i>Patent</i>	(2) <i>EFF</i>	(3) <i>Cost</i>	(4) <i>EFF</i>
<i>Digital</i>	0.0053* (0.0032)	-0.0157*** (0.0052)	-0.0010* (0.0006)	-0.0163*** (0.0053)
<i>Patent</i>		-0.1228* (0.0711)		
<i>Cost</i>				0.4612** (0.1804)
常数项	1.7360* (0.9091)	2.1343 (2.3845)	-0.5898 (0.3777)	2.4165 (2.2576)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES
样本数量	4976	4976	4905	4905
R <sup>2</sup>	0.1711	0.0879	0.0213	0.0850

2.结构优化机制。数字化转型会影响企业产供销以及上下游产业链在内的各环节,助力企业重构生产运作过程、实现各部门生产经营结构的优化,进而提高对资源的利用效率、减少各种污染物排放(史丹,2018;Higón等,2017)。基于此,本文认为数字化转型能够通过促进生产经营过程的结构优化,实现节能减排的效果。由于企业结构优化可以体现为经营成本率(营业成本/营业收入)的降低,故本文将经营成本率(*Cost*)作为中介变量,检验数字化转型影响企业节能减排的结构优化机制,回归结果如表7第(3)列和第(4)列所示。根据结果可知,在第(3)列中,*Digital*变量在10%水平上显著为负,表明数字化转型可以推动企业实现结构优化。同时,在第(4)列中,经营成本率(*Cost*)作为中介变量显著为正,说明企业结构的优化会促使其单位营收中环保费用支出的降低,即节能减排效果的提升,证实了本文的假说2b。

### (二)内外部环境的调节效应检验

企业内外部环境会影响其数字化转型的节能减排效果。其中,就外部环境而言,企业所处地区的环境规制强度和竞争压力,会影响企业进行节能减排的动力,从而改变企业数字化转型对节能减排的影响效果;就内部特征而言,企业成长性也会影响其数字化进程中技术创新和结构优化的难易程度,进而对节能减排效果产生影响。据此,为了考察影响企业数字化转型节能减排效果的内外因素,本文在模型中加入调节变量(*Moderator*),见公式(7)。

$$EFF_{it} = a_0 + a_1 Digital_{it} + a_2 Digital_{it} \times Moderator_{it} + a_3 Moderator_{it} + \lambda \Theta_{it} + \sum Firm + \sum Year + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

1.环境规制的调节效应。处于环境规制较强地区的企业倾向于在数字化转型过程中加大节能减排等相关技术的投入从而降低污染排放,而环境规制较弱的地区受到相关环保政策的影响较小,导致企业减排动力有限。基于此,本文借鉴任晓松等(2020)编制的各省份环境规制指数,衡量各地区环境规制强度(*EV*),并将数字化转型与环境规制强度的交互项*Digital*×*EV*纳

入模型,回归结果如表8第(1)列所示,交互项系数在5%水平上显著为负,说明环境规制会增强企业的环保意识,促使企业在数字化转型时强化绿色技术创新,更有利于企业的节能减排,验证了本文的假说3。

表8 内外部环境的调节效应检验

	(1) <i>EFF</i>	(2) <i>EFF</i>	(3) <i>EFF</i>
<i>Digital</i>	0.0057(0.0081)	-0.0123*** (0.0044)	-0.0107** (0.0050)
<i>Digital</i> × <i>EV</i>	-0.0518** (0.0201)		
<i>EV</i>	0.5612(0.4504)		
<i>Digital</i> × <i>Comp</i>		-0.0183* (0.0106)	
<i>Comp</i>		1.7499*** (0.3575)	
<i>Digital</i> × <i>Growth</i>			-0.1055* (0.0610)
<i>Growth</i>			-0.2151** (0.1010)
常数项	1.8550(2.3303)	-1.0022(2.4387)	1.5194(2.7275)
时间固定效应	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES
样本数量	4951	4786	4811
R <sup>2</sup>	0.0867	0.1524	0.0867

2.市场竞争程度的调节效应。面临的市场竞争程度不同,企业数字化转型的技术创新和结构优化效应也不同,其节能减排效果也存在差异。基于此,本文用企业所处行业的赫芬达尔指数衡量其面临的市场竞争程度,当行业赫芬达尔指数低于中位数时,企业面临的市场竞争较激烈,市场竞争虚拟变量 $Comp = 1$ ,否则 $Comp = 0$ 。在此基础上,本文将数字化转型与市场竞争虚拟变量的交互项( $Digital \times Comp$ )纳入模型进行回归,结果如表8第(2)列所示。根据结果可知,交互项系数显著为负,说明企业所处的市场竞争越激烈,数字化转型的节能减排效果越好,与本文的假说4相符。

3.企业成长性的调节效应。处于成长期的企业具有更强的环境适应性以及更小的路径依赖和转移成本,这类企业在数字化转型后能够更好地调整技术水平并进行结构优化,转型效果明显好于成熟期企业(袁淳等,2021),进而导致其转型后的节能减排效果也更好。为了验证此假说,本文借鉴袁淳等(2021)的方法,用销售收入增长率衡量企业成长性( $Growth$ ),并将企业数字化转型与企业成长性的交互项 $Digital \times Growth$ 加入模型,回归结果如表8第(3)列所示。根据结果可知,交互项系数显著为负,证实成长性强的企业转型阻力小,数字化带来的节能减排效果更好,与前文假说5相符。

## 六、结论及建议

当前,促进企业节能减排是我国实现“双碳”目标和绿色经济转型的重要基础和关键抓手。基于此,本文立足新一代信息技术的发展,采用中国A股上市公司2010—2019年数据,剖析中国企业数字化转型对其节能减排的影响、传导机制和调节效应等,主要得到以下研究结论:第一,数字化转型能够显著促进中国企业的节能减排效果,这一结论在经过内生性处理、替换重要变量等多种稳健性检验后依然成立。第二,机制检验表明,企业数字化转型能够通过促进技

术创新和优化生产结构两个机制改变企业的生产经营模式,提高企业资源使用效率,进而促进企业节能减排。第三,企业数字化转型的节能减排效应受其所处的内外部环境的影响。在外部环境中,企业所处地区的环境规制强度越大、市场竞争程度越高,数字化转型对企业节能减排的促进作用越显著;在内部环境即自身特征中,企业的成长性对数字化转型的节能减排效应起到正向促进作用。

本研究对于促进中国企业数字化转型和节能减排协同发展的政策启示在于:第一,进一步加强数字基础设施及相关公共服务建设。各地政府可根据地方经济和数字经济发展情况设立企业数字化转型扶持资金,加大企业数字化转型促进中心等公共服务能力建设,帮助企业解决“不会转、不能转、不敢转”的问题,增强和推进企业数字化转型的意愿和进程,为企业实现节能减排提供良好的外部环境。第二,企业应利用数字化挖潜新动能。以数字化转型赋能企业技术创新,并利用数字技术与核心业务的有机融合,对企业进行全方位、全链条改造,降低企业生产能耗,提高其柔性化生产能力和资源使用效率,畅通数字化转型向企业节能减排的传导机制。第三,充分发挥数字化转型的节能减排效果,要重视外部环境的支撑作用,进一步加大环境规制强度和市场竞争程度,通过开展环保法律法规进企业活动,增强企业环保意识。同时,也要立足企业自身,搭建企业交流平台,互学互促、携手并进,降低企业数字化转型的协调和改革成本,促进数字化转型和节能减排的协同发展。

#### 主要参考文献:

- [1] 陈登科. 贸易壁垒下降与环境污染改善——来自中国企业污染数据的新证据[J]. 经济研究, 2020, (12).
- [2] 邓荣荣, 张翔. 中国城市数字金融发展对碳排放绩效的影响及机理[J]. 资源科学, 2021, (11).
- [3] 郭家堂, 骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗?[J]. 管理世界, 2016, (10).
- [4] 韩超, 陈震, 王震. 节能目标约束下企业污染减排效应的机制研究[J]. 中国工业经济, 2020, (10).
- [5] 韩先锋, 惠宁, 宋文飞. 信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗?[J]. 中国工业经济, 2014, (12).
- [6] 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).
- [7] 胡珺, 宋献中, 王红建. 非正式制度、家乡认同与企业环境治理[J]. 管理世界, 2017, (3).
- [8] 胡曲应. 上市公司环境绩效与财务绩效的相关性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, (6).
- [9] 黄群慧. “新常态”、工业化后期与工业增长新动力[J]. 中国工业经济, 2014, (10).
- [10] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019, (8).
- [11] 金碚. 工业的使命和价值——中国产业转型升级的理论逻辑[J]. 中国工业经济, 2014, (9).
- [12] 李斌, 彭星, 欧阳铭珂. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于36个工业行业数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2013, (4).
- [13] 李春涛, 闫续文, 宋敏, 等. 金融科技与企业创新——新三板上市公司的证据[J]. 中国工业经济, 2020, (1).
- [14] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界, 2020, (6).
- [15] 任晓松, 刘宇佳, 赵国浩. 经济集聚对碳排放强度的影响及传导机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, (4).
- [16] 史丹. 绿色发展与全球工业化的新阶段: 中国的进展与比较[J]. 中国工业经济, 2018, (10).
- [17] 苏昕, 周升师. 双重环境规制、政府补助对企业创新产出的影响及调节[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, (3).
- [18] 王硕, 王海荣. 双碳目标背景下中国数字经济健康发展的策略研究[J]. 当代经济管理, 2022, (8).
- [19] 王永进, 匡霞, 邵文波. 信息化、企业柔性 with 产能利用率[J]. 世界经济, 2017, (1).
- [20] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, (5).
- [21] 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).

- [22] 谢东明. 地方监管、垂直监管与企业环保投资——基于上市A股重污染企业的实证研究[J]. *会计研究*, 2020, (11).
- [23] 谢康, 夏正豪, 肖静华. 大数据成为现实生产要素的企业实现机制: 产品创新视角[J]. *中国工业经济*, 2020, (5).
- [24] 谢康, 肖静华, 周先波, 等. 中国工业化与信息化融合质量: 理论与实证[J]. *经济研究*, 2012, (1).
- [25] 谢云飞. 数字经济对区域碳排放强度的影响效应及作用机制[J]. *当代经济管理*, 2022, (2).
- [26] 杨德明, 刘泳文. “互联网+”为什么加出了业绩[J]. *中国工业经济*, 2018, (5).
- [27] 易加斌, 徐迪, 王宇婷, 等. 学习导向、大数据能力与商业模式创新: 产业类型的调节效应[J]. *管理评论*, 2021, (12).
- [28] 袁淳, 肖士盛, 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).
- [29] 张成, 陆昶, 郭路, 等. 环境规制强度和生产技术进步[J]. *经济研究*, 2011, (2).
- [30] 张龙鹏, 周立群. “两化融合”对企业创新的影响研究——基于企业价值链的视角[J]. *财经研究*, 2016, (7).
- [31] 张宁. 碳全要素生产率、低碳技术创新和节能减排效率追赶——来自中国火力发电企业的证据[J]. *经济研究*, 2022, (2).
- [32] 张延林, 王丽, 谢康, 等. 信息技术和实体经济深度融合: 中国情境的拼创机制[J]. *中国工业经济*, 2020, (11).
- [33] 赵璨, 曹伟, 姚振晔, 等. “互联网+”有利于降低企业成本粘性吗?[J]. *财经研究*, 2020, (4).
- [34] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. *管理世界*, 2020, (10).
- [35] Aras G, Crowther D. Governance and sustainability[J]. *Management Decision*, 2008, 46(3): 433–448.
- [36] Berkhout F, Hertin J. De-materialising and re-materialising: Digital technologies and the environment[J]. *Futures*, 2004, 36(8): 903–920.
- [37] Bunse K, Vodicka M, Schöensleben P, et al. Integrating energy efficiency performance in production management-gap analysis between industrial needs and scientific literature[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2011, 19(6–7): 667–679.
- [38] Cai S, Chen X, Bose I. Exploring the role of IT for environmental sustainability in China: An empirical analysis[J]. *International Journal of Production Economics*, 2013, 146(2): 491–500.
- [39] Higón D A, Gholami R, Shirazi F. ICT and environmental sustainability: A global perspective[J]. *Telematics and Informatics*, 2017, 34(4): 85–95.
- [40] Hilty L M, Aebischer B. ICT for sustainability: An emerging research field[A]. Hilty L M, Aebischer B. *ICT innovations for sustainability*[M]. Cham: Springer, 2015.
- [41] Kim J, Heo E. Effect of ICT capital on the demands for labor and energy in major industries of Korea, US, and UK[J]. *Environmental and Resource Economics Review*, 2014, 23(1): 91–132.
- [42] May G, Stahl B, Taisch M, et al. Energy management in manufacturing: From literature review to a conceptual framework[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 167: 1464–1489.
- [43] Moyer J D, Hughes B B. ICTs: Do they contribute to increased carbon emissions?[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2012, 79(5): 919–931.
- [44] Patten D M. The accuracy of financial report projections of future environmental capital expenditures: A research note[J]. *Accounting, Organizations and Society*, 2005, 30(5): 457–468.
- [45] Rizzoli A E, Montemanni R, Bettoni A, et al. Software support for sustainable supply chain configuration and management[A]. Hilty L M, Aebischer B. *ICT innovations for sustainability*[M]. Cham: Springer, 2015.
- [46] Sadorsky P. Information communication technology and electricity consumption in emerging economies[J]. *Energy Policy*, 2012, 48: 130–136.

## Has Digital Transformation Helped Enterprises Realize the Goals of Energy Conservation and Pollution Reduction in China?

Liu Hui, Bai Cong

(School of Finance, Shandong University of Finance and Economics, Shandong Jinan 250014, China)

**Summary:** Digital transformation and energy conservation and pollution reduction are the core contents of the high-quality development of Chinese enterprises in the new era. Among them, as an important path to promote the deep integration of the digital economy and the real economy, digital transformation has long been an important force driving the upgrading of enterprise elements and reshaping the market competition. Can it further promote energy conservation and pollution reduction of enterprises and facilitate green economic development? This is a key issue related to not only China's goal of "Carbon Peak and Carbon Neutrality" on the macro level, but also whether enterprises can achieve transformation and upgrading on the micro level. However, compared with the extensive international literature, the corresponding domestic research is still in its infancy. Accordingly, based on the data of China's listed companies from 2010 to 2019, on the basis of theoretically clarifying the transmission mechanism and internal and external conditions of digital transformation affecting the energy conservation and pollution reduction of enterprises, this paper uses Python technology to capture the keywords related to "digital transformation" in the annual reports of listed companies, portray the degree of digital transformation, and empirically test the impact, transmission mechanism and regulatory effect of the digital transformation of Chinese enterprises on their energy conservation and pollution reduction. The research finds that the digital transformation of Chinese enterprises can help to promote their energy conservation and pollution reduction. Moreover, digital transformation can not only improve the technological innovation ability of enterprises, but also promote the structural optimization of enterprises' production and operation activities to achieve the effect of energy conservation and pollution reduction. The energy-conservation and pollution-reduction effect of digital transformation is affected by the internal and external environment where the enterprise is located. In the external environment, whether the intensity of environmental regulation is increased or the degree of market competition is intensified, the energy-conservation and pollution-reduction effect of digital transformation will be improved; in the internal environment, the growth of the enterprise itself can also strengthen the promotion of digital transformation to its energy conservation and pollution reduction. This is enlightening for Chinese enterprises to realize the collaborative development of digital transformation and energy conservation and pollution reduction.

**Key words:** digital transformation; energy conservation and pollution reduction of enterprises; the goal of "Carbon Peak and Carbon Neutrality"

(责任编辑: 王西民)