

城市数字化发展对企业环境绩效的影响——基于发展要素创新视角

张力派¹ 王骥晗^{2*}

(¹深圳市科技创新战略研究中心 战略研究和人才服务部 518000, ²*悉尼大学商学院 2006)

摘要：过往研究主要关注数字化发展对企业经济绩效的影响，较少关注其对企业环境绩效的潜在影响。本文从传统要素替代与创新视角，研究城市数字化发展对企业环境绩效的影响路径。研究发现，宏观的数字化趋势能够深刻影响本地产业结构、形态和组织方式，塑造新经济运作方式并对本地企业的生存发展环境形成“合法性约束”，在“规范、模仿、同化”等力量驱动下，当地企业在生产、制造、运营等环节加速数字化转型工作。数字技术本身具有“绿色性”特征，管理者通过运用数字要素，可在源头、流程中实现节能减排、提高企业环境绩效，从而顺应环境规制要求和行业绿色转型趋势。通过一系列内生性和稳健性测试，以上结论仍然成立。

关键词：城市数字化发展，企业数字化转型，绿色创新，企业环境绩效，合法性约束

中国分类号：F426 文献标识码：A

基金项目：国家社科基金重点项目《中国式创新的综合优势、模式演进及体制机制的经济学研究》(22AZD118)；教育部首批新文科研究与改革实践项目《面向新时代、新经济、新文科的经济学专业改革与实践探索》(2021050040)；江苏省社会科学院青年项目“在提升产业链供应链竞争力的视角下江苏省中小微企业金融供给模式研究”，项目编号(QN202119)。

DOI：10.64549/jtii.v1i1.26

作者简介：张力派(1994-)，男，博士研究生，深圳市科技创新战略研究中心特聘研究员，深圳市科技创新局政策法规处研究员，研究方向为金融科技与公司财务。

通讯作者*：王骥晗(2002-)，男，硕士研究生，悉尼大学金融学硕士在读，研究方向为银行与金融机构。

The impact of urban digital development on corporate environmental performance: from the perspective of innovations in development factors

Zhang Lipai¹ Wang Jihan^{2*}

(¹Department of Strategic Research and Talent Services

Shenzhen Center for Science and Technology Innovation Strategy Research 518000,

²*University of Sydney Business School 2006)

Abstract: Previous studies mainly focused on the impact of digital development on corporate economic performance, but paid less attention to its potential impact on corporate environmental performance. From the perspective of traditional factor replacement and innovation, this paper studies the impact path of urban digital development on corporate environmental performance. The research finds that the macro digital trend can profoundly affect the local industrial structure, form and organization mode, shape the new economic operation mode and form a "legal constraint" on the development environment of local enterprises. Driven by "norms, imitation, assimilation" and other forces, local enterprises accelerate the digital transformation work in production, manufacturing, operation and other links. Digital technology itself has the characteristics of "green". Through the use of digital technology elements, each link can realize energy saving and emission reduction from the source and process, and improve the environmental performance of enterprises, so as to comply with the requirements of environmental regulations and the trend of green transformation of the industry. Through a series of endogeneity and robustness tests, the above conclusions still hold true.

Keywords: Hundred Counties, Thousand Towns, Ten Thousand Villages High-Quality Development Project; Sci-Tech Innovation Competitions; Rural Revitalization; University-Local Collaboration; Party Building Leadership

引言

随着新一代数字技术的广泛运用以及“数字中国”建设深入，“数字化”已高度融入当今的生产生活中。其中，数字技术与传统金融经济业务的深度融合，开始出现“产业数字化”和“数字产业化”趋势，加速了现阶段企业的转型升级活动。过去文献主要将“数字化”与企业经济绩效相联系，涉及企业成本核算、营运效率、治理绩效、组织层级模式、信息传递与沟通等研究问题（何玉等，2017）。

随着企业环境治理逐步受到社会的广泛重视，越来越多的投资者将企业环境责任作为重要的价值评估指标，其作为企业 ESG 战略重要组成部分，关系到企业可持续发展。而数字信息技术以新兴发展要素的形式融通于全要素生产环节，本身就具有“绿色化”特性，能从源头、流程上部分或全部替代传统要素消耗，减少污染物排放。但现有研究普遍聚焦于互联网、大数据、移动设备等数字技术在微观环境治理中的应用及作用机制（艾永芳和孔涛，2021），而从环境利益相关者角度，观察城市的数字化发展能否对企业环境治理成效产生调节作用，当前文献仍相对匮乏。

本研究将结合区域层面的数字化发展和企业层面的数字化转型，探究本地区的数字化发展如何推动当地企业的数字化转型，使得企业在智能化生产中实现节能减排。在相关机制发挥作用的过程中，企业规模、企业行业属性、管理者特质和地区环境规制都可能对机制产生异质性调节作用。因此，本研究将通过理论分析和实证检验来解答上述问题。

一、文献综述

（一）现阶段相关研究

1.企业环境绩效的研究综述

1.1 企业环境绩效内涵综述

企业在生产经营过程中，可能会产生以二氧化碳为主的温室气体排放量，或形成资源浪费和能源损耗，这些

只有被合理量化才能评价企业环境治理的成效 (Matsumura 等, 2014)。上世纪 90 年代, 企业环境绩效被正式提出, 用于衡量企业在环境治理过程中的效果, 反馈企业节能减排的努力程度 (Russo and Fotus, 1997)。随着全球气候变暖、温室效应扩散、资源短缺和污染加剧, 作为污染主要制造者的企业在追求财务绩效的同时, 也应关注自身的环境绩效。特别是在环境优先的基本国策下, 企业提升财务绩效必须优先保障良好的环境绩效。

已有文献将企业环境绩效分为两方面: 财务成果与环境质量。首先, 财务成果方面体现为环境财务绩效。环境活动往往会产生特定的开支, 但企业积极改善生态环境也能直接或间接地产生一定的经济效益 (Waddock and Graves, 1997)。因此, 环境财务绩效可视为环境收入与环境支出的差额, 体现企业通过在环境领域付出努力而获得的财务净增长 (Matsumura 等, 2014; 何玉等, 2017)。例如, 发行环保产品带来的税收优惠, 通过环保体系认证从而扩大销售额 (Stanwick, 1998; Melnyk, 2004; 谢利, 2017)。其次, 环境质量是企业通过在环境治理中的主观努力而获取的环境质量改善程度, 以及其对外部生态环境与资源产生的正外部性。任何与提高企业环境质量有关的事项, 均可纳入环境质量绩效体系, 并通过定量或非定量的方式灵活披露, 例如环境法规执行情况、环境审计报告、排污费用、碳减排量等 (Melnyk, 2004; 何丽梅等, 2011; 吴烨伟等, 2023)。

1.2 企业环境绩效内涵综述

企业环境绩效具有以下主要特征: 外部性、无形性和长期性。

首先, 环境绩效代表着企业环保投资的社会收益水平, 具有正外部性或负外部性, 企业福利 (成本) 和社会总福利 (成本) 往往存在差距却未能有效弥补; 特别是重污染企业, 其生产经营活动无法避免一定数量的二氧化碳排放, 却未能得到相匹配的“惩罚” (杨子绪等, 2018)。随着一系列将外部性内部化的措施正式实施, 企业应将可评估的环境绩效作为重要的战略组成部分。良好的环境绩效有利于维持企业与利益相关者关系, 减少潜在纠纷和矛盾, 让环境信息披露更有“底气”。

其次, 无形性体现在企业环境绩效并非显而易见。相比传统经济业务, 环境治理成效难以准确地以统一的实物计量, 其对企业生产、销售等环节的影响往往较为间接 (张彩平和肖序, 2011; Mielnik and Goldemberg, 2014; 周志方等, 2017)。

最后，长期性体现在企业提升环境绩效是一个持续塑造的过程，主要带来企业中长期价值变化，影响着企业声誉、绿色竞争力、品牌价值和股价崩盘风险等多方面。但企业提升环境绩效不仅涉及到跨期经济利益再分配，管理层需要不断平衡财务绩效与外界利益相关者诉求的矛盾（刘蓓蓓等，2009；胡曲应，2012）；而且塑造可持续的环境绩效耗时较长、用工较多，在短期内被视为营业外成本，影响利润最大化目标。

1.3 企业环境绩效评估综述

环境绩效是企业环境治理的最终目标，代表着环保投资的社会收益水平（张兆国等，2020）。目前主流的环境绩效的评估方式，由国家层面率先提出并逐步完善，包括综合评级法与排污费法。

1.3.1 在综合评级层面：2005年，国家层面曾出台《企业环境行为评价技术指南》，运用17项指标对企业环境行为进行综合评级，并以绿、蓝、黄、红、黑五种颜色向社会公布。

1.3.2 在排污费层面：1982年，国务院发布《征收排污费暂行办法》，要求污染者承担排污行为的经济责任；2003年，国务院印发《排污费征收使用管理条例》，确立了排污总量收费和排污费收支的双线管理模式；2007年至2011年，国家环保总局先后出台《排污费征收工作稽查办法》，在规范排污费征收行为的同时，加大了对国家重点监控企业的排污数据监控（倪娟，2019）；基于企业排污数量征收的费用将依据明细项目（如废气、污水等）进行动态化调整。此外，针对其中典型的二氧化碳排放问题，政府在绿色低碳循环发展理念的引导下，在2011年设立7个碳排放交易试点；并结合数字技术运用，于2021年启动全国碳排放线上交易市场。交易额度与企业排污量正相关，自然也与环境治理绩效负相关（胡曲应，2012）。

此外在学术界，已有文献主要结合企业特征与发展现状，为企业寻找合适的环境绩效评估方法。例如，Klassen and McLaughlin（1996）以企业获得的环境奖励来度量环境绩效；吕峻和焦淑艳（2011）以企业是否受到环境处罚和处罚类型来衡量相关绩效。由于企业内外部存在信息不对称问题，外界监管机构未必能够充分掌握企业环境治理实情，作出准确的绩效判断和奖惩，所以上述评估方法存在一定的局限性。而胡曲应（2012）、张兆国等（2020）则选用排污费来测度企业环境绩效，这种费用缴纳具有强制性，对“谁污染，谁治理”原则进行了实质性落实。费用缴纳数量可以代表企业创造收入所产生的环境代价，因此能够较为准确地反映企业环境绩

效。

综合国家层面措施和学界研究方法，本文将选取排污费率作为企业环境绩效的代理指标。

2. 地区的数字化发展对企业环境绩效的影响综述

对于地区的数字化发展对企业环境绩效的影响机制，现有直接相关的文献数量较少。但随着数字化发展深入，少数学者将人工智能等金融科技与绿色生产结合进行研究，部分文献聚焦至企业数字化转型这一微观维度。例如，Manso (2011)、何帆和刘红霞 (2019) 发现在企业数字化转型中，相应技术设备具备绿色技术特性，可优化内部资源配置、降低生产经营成本从而提高能源利用效率、完善绿色经营模式；陈玉娇等 (2021) 认为企业数字化转型将推动组织绿色创新，形成新绿色技术应用，促进资源高效利用和节能减排，例如区块链运用可通过缓解融资约束、提高信息化程度与智能监控来推动制造业绿色转型。随着环境保护成为基本国策，企业有必要在环境治理中纳入数字技术要素，以更为精确、有效地推动节能减排工作。

目前也有部分文献从产业数字化转型进行分析。例如，周慧慧等 (2021) 发现制造业数字化转型可有效提高企业绿色研发绩效、绿色制造绩效和绿色服务绩效。虽然现阶段相对缺乏宏观层面的数字化发展对企业环境绩效的影响分析，但陈玉娇等 (2021) 学者已为后续研究提供理论思路：其将本地区的数字化发展与企业数字化转型相联系，认为前者通过塑造数字化生态系统形成“同构效应”，从而倒逼企业数字化转型，以高新技术实现节能减排。本文将充分借鉴这一思路，用于相关章节理论分析与实证研究。

(二) 现有研究评述

现有文献在以下两方面有待完善之处。

首先，已有研究缺乏关注数字要素在宏微观层面的联动机制。上述文献主要探究微观的数字化转型所产生的节能减排效应，但对于微观的数字化转型工作，并非所有企业都有条件和意愿开展技术引进和应用，需要考虑企业绿色创新的驱动力。结合戚聿东和肖旭 (2020) 的环境适应性观点，本研究认为：本区域的数字化发展将重塑经济商业形态，强化企业间互联互通并加快数字技术的溢出效应，推动当地企业主动适应数字化发展趋势、进行数字化变革以维系竞争地位。后文将对此展开实证检验。

其次，现有文献虽已点明潜在作用路径，但研究数字化发展的微观绿色绩效及作用机制，仍然在实证层面存在技术性难题。例如，数字化发展与绿色发展都和国家同时期财政支持有关，存在遗漏变量问题，这增加了因果解释难度。针对现有文献技术性不足，本研究将在后文进行一系列内生性、稳健性检验。

二、理论分析与研究假设

(一) 城市数字化发展对企业环境绩效的影响机理

我国城市的数字化发展起步晚，但技术进步幅度明显，其所带来的区域创新能力也在快速提升。这种宏观的数字趋势为本地产业融合、绿色创新转型提供更多的开放性、通用性、泛在性基础设施（何帆和刘红霞，2019）。

随着这些数字信息技术深度融入传统产业链，城市业务模式已发生颠覆性变化。当地企业将迎来若干个智能化“时空关”场景，为自身转型升级成功“赋能”。

首先，地区的数字化发展促成地区主体间信息网络的高度连通性，对企业绿色转型产生正外部性。数字技术具有高度智能性和渐进式扩容性，能逐步将企业内部、企业之间不同业务流程联结为有机整体，为企业数字技术扩散创造环境支撑和倍增基础，对工业绿色全要素生产率呈现边际效应递增的非线性影响（何玉等，2017；程文先和钱学锋，2021；王锋正等，2021）。高度发达的数字基础设施加快了绿色信息知识在企业间传播和共享，企业可通过融入高效联通的信息网络，开展企业间业务沟通、信息传递和资源互联，获得绿色技术创新的外溢效应，降低传统要素在产业链中资源消耗，从而提高企业环境绩效（逢健和朱欣民，2013；王琳等，2021）。

其次，地区的数字化发展体现了地区范围内数字要素综合应用能力的提升，使得原有商业生态系统向数字化平台型生态系统转变¹，深刻影响本地产业结构、产业形态和组织方式。依托数字化技术，在本地区逐步共塑新的数字化发展环境，已成为本地企业开展绿色技术创新活动难以回避的客观现实（Matsumura 等，2014；王锋正等，2021）。结合环境适应理论，这种新经济运作方式对当地企业环境构成“合法性约束”，

¹ 在工业时代，供应链、产业链是企业商业价值的中央聚合器；但在数字经济时代，网络平台将逐步扮演新聚合器的角色。

倒逼企业适时绿色、智能的数字化技术转型（陈玉娇等，2021）。依据环境战略管理理论，企业若要持续获得数字技术的创新效应，迅速提升自身的数字化能力已成关键所在，这是因为数字化能力直接关乎到此类企业应对外部环境变化的响应速率和创新要素获取、吸收和应用质量²（Aghion 等, 2005; 戚聿东和肖旭, 2020）。主动实施具有绿色特性的数字化转型，利于企业优先获取稀缺性资源，抢占市场高地（唐国平和李龙会, 2017）。

最后，在受外界趋势驱动的企业数字化转型中，客观上需要购置或自主生产一定的数字化设备。在生产制造中，数字化设备本身具备的“绿色化”技术特性，能在源头实现节能降污（Manso, 2011）；此外，伴随着数字化设备的渗透和扩散，数字要素对企业现有生产技术和机器设备的性能形成升级，可有效地重塑企业传统的生产组织形式，实现环境治理的正外部性（陈晓红, 2018；冯磊东等, 2020）。

具体而言，本地区的数字化发展推动了当地企业在生产、制造、运营等环节的数字化转型，而数据不仅自带价值还能对其他生产要素进行功能性赋值，实现“人—机—物”的绿色融合（陈晓红, 2018；陈德球和胡晴, 2022）：首先，数字技术与能源等其他资源要素充分融合，推动生产流程和污染治理阶段生产要素的优化配置，推动生产和治理范式的绿色创新，以更好地实现节能减排；其次，数字要素的渗透能够推动企业内部实现生产、销售、管理等环节动态、实时监管，降低外部环境信息搜寻和学习成本，提高绿色治理效率；最后，数字化转型可以支持智能化工厂的能源管理和提高生产系统的能源效率，从而达到工厂的节能减排，实现绿色制造。

基于以上分析，本文提出假设1和2。

假设1：控制其他情况不变，城市数字化发展可提高企业环境绩效。

假设2：控制其他情况不变，城市数字化发展可通过增强企业在生产制造活动中的数字化转型，提高企业环境绩效。

（二）城市数字化发展对企业环境绩效的异质性影响

数字要素具有显著的溢出和渗透扩散效应，推动着拥有绿色性能的创新要素快速转移和下沉，且其边际效应呈现递增趋势。地区的数字化发展将借助“规范”和“模仿”这两种同构效应，来激励本地企业的技术

² 大数据形成的数据组织技术必须能够有效地将没有价值的数据剔除，同时将结构化、非结构化数据以分布式数据库、关系型数据库、非关系型数据库进行分类存储与处理，使得数据研发计算、应用能够服务于企业决策和生产指导，支撑企业数字化转型。

转型升级，实现“绿色、高效、数字化、智能化”的生产与管理，以适应新的“合法性约束”（杨新铭，2017；焦勇，2020）。但是，城市数字化发展对本地企业环境绩效的积极影响，可能因企业规模产生异质性效应。

依据规模经济效应：相比小规模企业，大规模企业的环保投资力度和生产能力更强，排污量与环境治理工作量更高，其数字化转型升级与绿色技术创新具有显著的规模效应和网络效应，能够更好地批量化节能减排、降低环境治理的边际成本，实现环境绩效的提升（郭丰等，2022）。由于数字要素具有边际效益递增的特质，这会进一步扩大规模效应、网络效应的影响力。基于此，提出假设3。

假设3：控制其他情况不变，相比小规模企业组，在大规模企业组数字化发展对企业环境绩效的影响更显著。

伴随着数字化设备的渗透和扩散，其绿色要素会对企业现有生产技术和机器设备的性能形成改良升级，减少环境负外部性（Manso，2011；杨新铭，2017；焦勇，2020）。但是，这种趋势在不同的行业会存在异质性效应。

重污染企业作为一个地区的支柱性产业，以生产制造为主营业务（Dan 等，2019）。在我国多数地区的经济发展尚未达到库兹涅茨曲线“拐点”时，仍不能直接对其取缔或终止运营。这类企业具有突出的资源依赖过度、技术水平低下、创新基础薄弱等特征，往往伴随着能耗高、排污量大、环境成本高、负外部性强等经济后果（毕茜等，2012）。城市数字化发展对企业环境治理影响过程中，其对重污染行业的企业会有更强的边际渗透效应，为其在经济模式重塑中注入更多数字技术要素，从而替代更多的传统生产要素，获得更多绿色转型空间。基于此，提出假设4。

假设4：控制其他情况不变，相比非重污染企业，城市数字化发展对重污染企业环境绩效的边际影响更大。

根据波特创新假说，当地政府实施的环境规制措施虽然在一定程度上会加大公司的环境成本，但是却增加了公司绿色转型的动力。一些管理者考虑“化长痛为短痛”，通过预先引进绿色生产技术进行清洁生产改革（Benhabib 等，2014；胡元林和李茜，2016），从而提高绿色生产效率，更好地应对环境合法性压力。在较高环境规制的区域，规制本身就会对企业绿色研发活动产生更强的“倒逼”效应，一定数量的企业可能已经布局相关的绿色战略规划，达成良好的绿色治理绩效。基于此，在环境规制强度高的地区，城市数字化发展对本地企业环境绩效的边际效应相对较弱。

假设5：控制其他情况不变，处于较高环境规制地区的企业，城市数字化发展对企业环境绩效的边际影响相对不足。

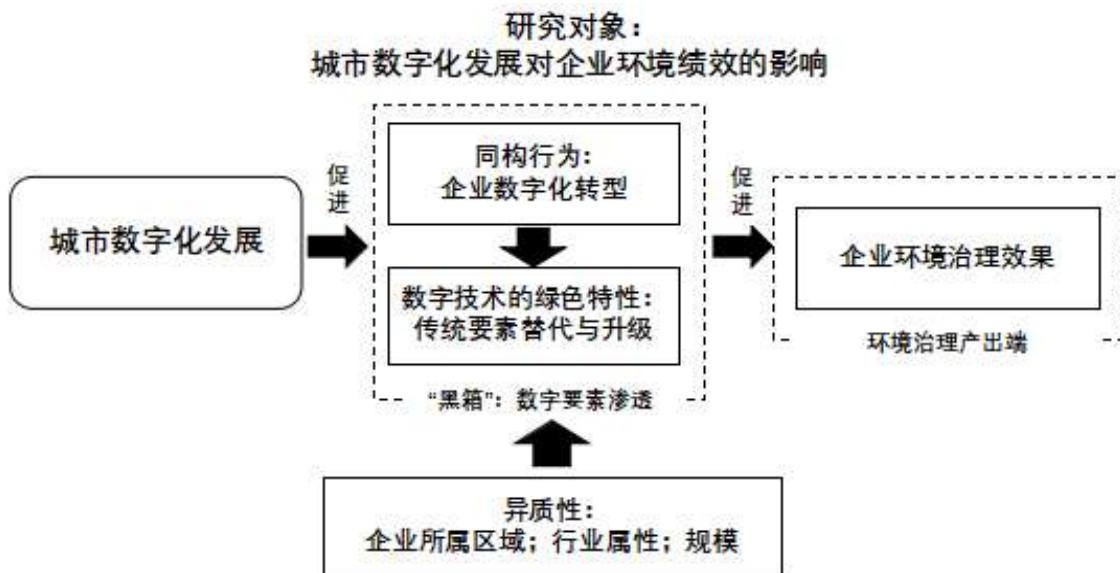


图1 “城市数字化发展—企业环境绩效”研究路线

三、实证研究设计

(一) 变量选取

本文变量指标选取遵循相关性、可获得性、数据公开性、准确性原则；城市数字化发展作为本章节解释变量。

1. 被解释变量：企业环境绩效

因 CSMAR 数据库披露的环境绩效数据，存在计量单位不一致、量纲不统一的问题，导致不同企业之间的环境绩效缺乏可比性。与文献综述部分相照应，本文借鉴胡曲应（2012）、张兆国等（2020）研究，选用总资产排污费率（单位：%_{oo}）来测度企业环境绩效，计算方法为当年排污费除以当年资产总额；并用营业收入排污费率（单位：%_{oo}）做稳健性检验。

选用排污费作为统一量纲，衡量企业环境绩效的理由如下：首先，排污费的征收依据包含企业所排放各类有害物种类和数量，能够较为全面、客观地反映主要污染物对环境的不良影响；其次，排污费数据具有可得性、易得性，当前主流的经济管理数据库和公司年报中，有公开、易得、可靠的排污费数据。若排污费率越低，代表企

业创收模式较少以牺牲环境为代价，发展质量较高，环境绩效越高。对于本年度无排污费支出的企业，当年度计为0。

2.解释变量：城市数字化发展

“十二五”以来，中国数字经济进入快速发展期，逐渐出现一系列宏观层面的区域数字化测算指标。当前国内外文献对数字经济测度的研究，主要来自全国和省级层面，城市层面的测度相对少（张伯超和沈开艳，2018；许宪春和张美慧，2020）。基于数据可获得性、有效性、可靠性等原则，本文核心解释变量为：城市层面的数字化发展³，该变量相比全国和省级层面指标，更加细致、具体。

城市数字化发展程度既包括总体指数水平，也包括数字化覆盖广度、使用深度和素养程度。因此，本文从数字基础、数字投入、数字素养、数字应用四个维度来测度城市的数字化发展程度(*Dig*)，以更好地反映城市层面所处数字化阶段。

由于上述指标存在量纲差异，本研究在充分借鉴、吸纳赵涛等（2020）三级指标设计体系基础上，将所有属于不同量纲的三级指标进行标准化处理，以消除量纲差异；其次，本文利用变异系数法，构建了包含4个一级指标、5个二级指标、6个三级指标的数字化发展评价体系。详细的指标体系如表1所示。所构指标体系具有前沿性，符合数字化、信息化时代特征；同时，所有指标均为正向化指标，具有可获得性和可操作性。

此外，由于赵涛等（2020）的指标采用主成分分析法衡量，该方法不可避免地会损失一定的信息熵，导致价值型信息可能不充分。因此本文采用客观赋权的测度方法来衡量城市数字化发展的水平，这种测度方法既不产生信息损失，也避免人为主观赋权产生的精确性不足、随意性较强等问题。

在测算过程中，本研究根据各个三级指标的变异系数值在所有三级指标总变异系数中的比例（变异系数，由

³ 数字要素融入传统治理是自2010年以来新兴的信息化服务业态，依托底层信息技术进行多元情景构建而成——包含基础设施、信息环境、信息意识等要素，具有低成本、高效率特征，可为传统宏观治理和微观企业经营业务“赋能”。党的十九大报告就已经提出“建设数字中国”。在国家创新和数字化战略引领下，地方政府不断加大数字化投入，提高区域创新水平，增强区域创新能力——数字化基础设施、信息环境、信息意识均在不断强化（周青等，2020）。这使得区域层面的数字化信息更具有公开性、透明性，采集成本低，可靠性强。而企业层面所披露的数字化应用信息往往难以获得，调研和采集成本高，信息不对称情况下难以保证信息的真实性、准确性——廖进球和邱信丰（2021）曾采用问卷收集法调研企业层面的数字化信息，但相关样本量小，从而制约结论的推广性。

标准偏差/平均值求出），依次对各个三级指标进行赋权，并对各三级指标加权汇总，计算出最终特定城市的数字化发展得分，相应的分值在[0,1]之间。此外，赵涛（2020）的城市数字化发展指标亦会在后文用于稳健性测试。

表 1 数字化发展指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	三级指标权重	指标属性
数字基础	宽带接入水平	地区国际互联网宽带接入		
		用户数	0.1237	+
	通信接入水平	地区移动电话年末用户数	0.1292	+
		地区电信业务收入总量	0.1893	+
数字应用	数字普及程度	地区数字普惠金融指数	0.068	+
数字投入	技术研发投入	地区年度科学技术支出总额		
		0.2251		+
数字素养	人力资源水平	地区信息传输、计算机服务和软件业从业数	0.2647	+

3.机制变量的选取

为适应用户多样需求和实现持续的价值创造，数字化转型已被部分研究视为战略问题，不仅体现在数字技术对组织资源的再分配，还体现在组织内外部价值创造方式、协作沟通和利益相关方等。本文参照吴江等（2021）研究，将其界定为：“企业通过信息、计算、沟通和连接技术的组合，重构产品和服务、业务流程、组织结构、商业模式和合作模式，旨在更有效地设计企业商业活动的过程，从而帮助企业创造和获取更多价值。”

企业数字化转型涉及到企业对数字技术的引进、研发、试验和运维，具有较高的绿色研发密度。本文借鉴肖土盛等（2022）构造方法，在企业生产制造活动中，核心机制变量“企业数字化转型”的构造方法如下：通过文本挖掘的方法（Python分词处理及人工识别），爬取2012-2019年上市公司年报中关于数字化转型的所有关键词（如下所示，共 45 项）；在进行数据清洗后，本文把上述关键词扩充到 Python 软件包的“jieba”中文分词库，然后基于机器学习的方法对上市公司年报“管理层讨论与分析”（MD&A）部分进行文本分析，计算其各自在本年度年报中的词频，并相加获得词频总数进行表征处理。总词频越高，代表企业的数字化转型程度越高。

所涉及的关键词包括：数字化、数字营销、数字科技、数字技术、数字货币、数字运营数字终端、数字经济、数字贸易、数字体系、数字供应链、数据集成、数据融合、数据信息数据管理、数据资产、网络物联网信息时代、信息化、信息技术、信息集成、信息通信、自动化、5G边缘计算、云计算、云服务云端、大数据、区块链、智慧时代、智慧建设智慧业务、智能互联网电子商务、跨境电商、电商平台、3D打印、3D技术、3D工具、AI、电子技术电子科技、线上线下、机器人、机器学习、计算机技术、O2O、B2B、C2C、P2P、C2B、B2C。

4.控制变量的选取

本文对于该子专题研究，将依据现有文献（Bai 等, 2020; Berman 等, 2021; Lee, 2021; Francis, 2021），并结合中国经济情境，选取以下两个层面的控制变量。

首先在企业层面，企业财务状况、经营成果、产权性质、内部控制和管理程度都会直接或间接影响企业绿色研发水平和创新绩效；企业自身环保投资和研发能力直接关系环境绩效；企业规模差异对于内部治理变革会产生显著的网络效应和规模效应。因此本研究选取：企业绩效水平（总资产净利润率，净利润/资产总额）；企业偿债能力（资产负债率，负债总额/资产总额）；企业营运能力（固定资产比率，期末固定资产额/资产总额）；企业价值程度（托宾Q值，企业市场价值/资产总额）；企业治理水平（独董比例，独立董事在董事会人数占比；董事会人数；管理费用率，管理费用/主营业务收入；股权集中度，公司前十位大股东持股比例的平方和）；企业创新水平（研发费用率，年度研发费用/年度营业收入）；企业产权性质（若属于国企则为1，否则为0）；企业规模（企业年度总资产的对数）；企业环保投资（企业原始环保投资额，经加1后对数化处理）。

其次，在区域层面，本研究考虑到：公众环境监督对企业环境表现形成直接的利益相关者压力；政府环境规制高低对企业创新和环境绩效有“倒逼”效应。因此选取：地区政府环境规制程度（环保词频所在句字数/本地区政府工作报告总字数）；地区公众环境监督程度（以“环境污染”为关键词在百度指数趋势分析中检索，经对数化处理的地区年平均值）。

最后，控制行业、年度、个体等固定效应，以克服不可观测异质性导致的内生性扰动。构建模型中，本文以企业个体为单位进行聚类，计算聚类稳健标准误。

表 2 变量定义表

符号	指标	测量方法
EP	企业环境绩效	总资产排污费率, 年度排污费/总资产额
Dig	城市数字化发展	参考赵涛等 (2020), 运用客观赋权法计算出6项子指标的加权总分
ROA	企业绩效水平	总资产净利率, 净利率/资产总额
Leverage	企业偿债能力	资产负债率, 负债总额/资产总额
FA	企业营运能力	固定资产比率, 期末固定资产总额/资产总额
Tobin Q	企业价值	托宾Q值, 企业市场价值/资产总额
EI	企业环保投资额	企业年度环保投资额加1后取对数值
Asset	企业规模	企业年度总资产的对数
Ind		独立董事比例, 独立董事数/董事会人数
Board	企业治理水平	董事会人数
AC		管理费用率, 管理费用/主营业务收入
HHI_10		股权集中度, 公司前十位大股东持股比例的平方和
R&D	企业创新水平	研发费用率, 年度研发费用/年度营业收入
Dummy_State	企业产权性质	虚拟变量, 属于国企则为1, 否则为0
ER	地区政府环境规制程度	环保词频所在句字数/本地区政府工作报告总字数
Pub	地区公众环境监督程度	在百度指数趋势检索中, 输入“环境污染”这一关键词, 并将地区年平均值进行对数化处理

(二) 数据收集与预处理

本研究将收集2011-2019年中国沪深A股上市公司, 作为研究总体。根据沪深上市公司年报整理, 并用STATA 16 软件将区域和企业指标数据集进行合并。在2011-2019年, 为保证样本选择可靠性, 将部分样本按以下原则剔除: (1) 被ST、*ST的公司; (2) 相关变量指标数据异常或缺失的公司; (3) 总资产为零值或负值的公司; (4) 资不抵债的公司; (5) 西藏的样本公司。利用STATA合并不同数据集并进行整理后, 共得到3051家上市公司、19411个“企业—年度”观测样本。

所有的连续性变量均进行1%和99%分位数的WINSORIZE处理。其中: (1) 企业内部控制、产权性质、财务报表指标将从CSMAR数据库的公司研究系列中收集; (2) 数字化发展的相关子指标数据中, 地区普惠金融数据采用北京大学编制的数字普惠金融指数; 宽带接入用户数、移动电话用户数、电信业务收入总量、科学支出总

额和信息传输、计算机服务和软件从业人数采取国家统计局和《中国城市统计年鉴》的年度数据；（3）环境管制强度数据来源于《中国环境年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国统计年鉴》；（4）公众环境监督数据来源于百度指数检索并进行有效整合；（5）对于企业在生产制造活动中的数字化转型程度的衡量，利用文本挖掘的方法，对上市公司年报中披露的和数字化转型相关数据进行爬取和词频表征；（6）对于企业环保投资、企业环境绩效数据，相关数据从 CSMAR 数据库的环境治理系列采集。

（三）实证模型构建

针对两者关系，构建基准回归模型。本文以双向高维固定效应模型来验证相关假设。本模型以企业为单位计算出聚类稳健标准误，模型将控制年度、行业或公司固定效应。

$$EP_{i,t} = \alpha + \beta_1 * Dig_{i,t} + Controls + Fixed\ effects + \varepsilon_{i,t}$$

四、实证研究结果分析

（一）描述性统计

表3对所选取变量进行描述性分析。在样本期间，城市之间的数字化发展不均衡——*Dig*指标的标准误达0.204，极差为0.721；*Dig*指标均值为0.239，与极大值0.740差距较大。该描述性结果与现阶段我国区域发展不平衡、资源配置有待进一步优化的国情相契合。企业环境绩效波动较大，标准误达2.23；企业排污费率总体较低，最大值不足0.2%。这说明多数企业在创收过程中，也保持相对良好的环境绩效，并没有以过度牺牲环境为代价。

表3 描述性统计结果

Variable	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
EP	21622	.441	2.23	0	16.842
Dig	21616	.239	.204	.019	.740
R&D	21622	.01	.025	0	.129
Leverage	21622	.428	.217	.007	.999
ROA	21622	.0003	.002	-.016	.22
AC	21314	.098	.09	.003	.729
TobinQ	20875	1.995	1.304	.876	9.833
Board	21612	8.678	1.819	5	15
Ind	21610	.375	.053	.333	.571
FA	21622	.202	.163	.002	.706
HHI_10	21620	.166	.116	.015	.561
Asset	21622	22.228	1.469	19.411	27.318
Dummy_State	21106	.398	.49	0	1
ER	21622	.065	.02	.032	.125
Pub	21622	4.865	.332	3.784	5.371
EI	21622	.003	.063	0	6.674

在控制变量组中，我国环境保护执行力度强化，这也体现在政府工作报告中：与环境保护相关的内容平均占据6.5%的篇幅。在企业日常管理中，研发投入不足、获利水平低的问题明显，*R&D*和*ROA*两项指标的均值均接近于零，企业间标准误也较低；除少数企业存在高杠杆、高“委托—代理”风险以外，企业资产规模、资产结构、代理成本、成长性等指标整体趋于正常；此外，企业股权结构也趋于多元化，*HHI_10*的均值为0.166并且标准误仅为0.116，说明多数企业股权结构相对分散，不存在或较少存在“一股独大”的现象，这有利于企业内部制衡和监督管理，缓解道德风险。

(二) 相关性分析

结合 Pearson 双侧检验，表4汇报了企业核心指标间的相关性程度。

数字化发展指标*Dig*与企业环境绩效指标*EP*显著负相关，在1%的概率水平下相关系数为-0.106。指标*EP*属于反向指标，该指标数值越低代表企业环境绩效越好。因此数字化发展与企业环境绩效呈现显著的正向相关。

此外，在1%概率水平下，企业环保投资（*EI*）与环境绩效（*EP*）呈显著正相关，相关系数为0.06，可能意味着环境治理产生效果，需要企业产生一定的专项支出。

表4 相关性分析结果

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) EP	1.000				
(2) Dig	-0.106***	1.000			
(3) ER	0.005	-0.187***	1.000		
(4) Pub	-0.069***	0.334***	0.208***	1.000	
(5) EI	0.060***	0.020***	0.000	-0.003	1.000

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

（三）基准回归结果

依据经济外部性理论，随着城市数字经济建设，新经济模式、绿色技术体系和商业系统形成，会推动当地绿色发展，形成企业间绿色溢出效应；依据环境战略管理理论，企业会随之产生一系列模仿等同构行为，加大绿色转型升级，从而达成节能减排成效（逢健和朱欣民，2013）。

表5汇报了本章节的基准回归结果。根据两列回归结果，数字化发展指标 *Dig* 对企业环境绩效指标 *EP* 存在反向关系⁴——边际系数分别为-0.371和-1.883，意味着经济意义同样显著。这与前文相关性分析结果相照应，假设1得到验证。

⁴ 因为企业环境指标为反向指标，所以数字化发展与企业环境绩效正向相关。

表5 基准回归结果

VARIABLES	(1)	(2)
	EP	EP
Dig	-0.371** (0.162)	-1.883*** (0.393)
R&D	2.662*** (0.700)	-0.0343 (0.0722)
Leverage	0.518** (0.215)	0.0865 (0.0611)
ROA	2.837 (6.321)	3.756*** (0.799)
AC	0.648* (0.362)	0.0748 (0.872)
Tobin Q	-0.0322 (0.0196)	-0.386 (0.344)
Board	-0.00118 (0.0268)	0.492 (0.561)
Ind	0.473 (0.622)	-0.00203 (0.0256)
FA	1.703*** (0.336)	-19.89*** (3.084)
HHI_10	0.0934 (0.312)	-0.0384 (0.208)
Asset	0.00256 (0.0329)	0.0933 (0.184)
Dummy_State	0.125 (0.0982)	0.0739 (0.261)
ER	1.155 (1.506)	0.00242 (0.0151)
Pub	0.00163 (0.159)	0.154 (0.322)
EI	1.652 (1.151)	0.889 (1.717)
Constant	-0.427 (1.182)	0.889 (1.717)
Year Fixed Effect	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	No
Firm Fixed Effect	No	Yes
Observations	20,160	19,060
R2	0.109	0.722

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

在控制变量组中，*R&D*、*Leverage*、*AC*、*FA* 等四项指标与企业环境绩效指标*EP* 存在显著的正向关系，即企业研发费用率、资产负债率、管理费用率和固定资产比率对企业环境绩效有显著的负向影响：

(1) 研发投入从长期看会推进企业技术引进和绿色转型，提高环境绩效；但其存在成本高、风险高、周期长、收益缓慢等缺陷，短期内可视为“沉没成本”，产生一定物资消耗和浪费，并挤占企业环保投资，导致短期内环境绩效降低。

(2) 杠杆率越高，企业潜在的债务压力越大，会直接关系其存续。因此企业在高负债情况下倾向于短视主义行为，注重经济绩效而忽视环境绩效（胡楠等，2021）。

(3) 企业代理成本反映管理者与投资者的利益矛盾 (Jensen and Meckling, 1976; Berrone and Gomez, 2009；吕长江等，2009）。信息不对称情况下，管理者的自私逐利行为会影响投资者目标实现，造成资源掏空等后果，自然不利于企业提高环境绩效。

(4) 固定资产比率用于衡量企业资产流动性。在企业主营业务难以有效周转的情况下，短期内企业会将经济绩效放置于更优先位置，自然对环境绩效缺乏改善的动机。此外，基准模型的拟合优度良好，达到10.9%，意味着所选取的变量组有一定的解释力度。

(四) 机制检验结果

本部分将检验企业数字化转型这一作用渠道。

表6 机制回归结果——企业数字化转型渠道

VARIABLES	(1)		(2)	
	DR		DR	
Dig	0.251*** (0.08)		0.594*** (0.172)	
R&D	2.731*** (0.455)		0.982*** (0.358)	
Leverage	-0.059 (0.088)		-0.243*** (0.0877)	
ROA	-10.18***		-3.626**	

VARIABLES	(1)	(2)
	DR	DR
	(1.934)	(1.610)
AC	0.297 (0.188)	0.156 (0.148)
Tobin Q	-0.003 (0.013)	0.0298*** (0.00749)
Board	0.009 (0.009)	0.0275*** (0.00938)
Ind	0.457 (0.295)	-0.281 (0.224)
FA	-1.102*** (0.115)	-0.369*** (0.118)
HHI_10	-0.187 (0.125)	-0.406** (0.195)
Asset	0.169*** (0.015)	0.299*** (0.0270)
Dummy_State	-0.216*** (0.037)	-0.0780 (0.0892)
ER	0.403 (0.582)	0.0549 (0.332)
Pub	0.118* (0.063)	0.0384 (0.144)
EI	-0.087 (0.065)	0.0760** (0.0350)
Constant	-1.092** (0.437)	-3.374*** (0.935)
Year Fixed Effect	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	No
Firm Fixed Effect	No	Yes
Observations	19,258	19,082
R2	0.557	0.864

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

随着城市的数字化发展，推动本地区数字要素综合应用，使原有经济生态向数字化生态转变（Manso, 2011; 杨新铭, 2017; 焦勇, 2020）。依据环境适应理论，这种“智能化”“绿色化”的新经济运作对当地企业构成新的“合法性约束”，倒逼企业适时学习、引进、研发数字化技术，实现组织内数字化转型，在生产制造和模仿学

习等环节释放绿色创新活力 (Van and Le, 2017; 陈玉娇等, 2021; 郭丰等, 2022)。

表6 汇报了相关机制分析结果。针对企业数字化转型这一传导机制, *Dig* 的边际系数0.251, 在1%的概率水平下显著。第(2)列纳入公司固定效应后, 结果依保持显著。故假设2得以验证。

过去何玉等 (2017)、陈晓红 (2018) 将节能减排视为数字要素渗透带来的正外部性后果。本文通过机制检验, 发现其还与企业主动适应新趋势、积极投入战略性研发等转型工作相关联。为完成必要的数字化转型, 企业需要主动、持续地引进数字技术、人才并强化员工技能培训才能实现。

(五) 异质性检验结果

企业存在规模、行业等方面的差异, 这些均会产生异质性影响。

随着本地区数字化发展, 将有更多企业学习、运用、模仿数字化模式, 开展数字化转型。随着后者提升, 企业的生产制造等一系列环节将被赋予数字技术新要素。高效率的线上活动逐步取代部分线下实体性业务, 并对传统生产作业进行革新、精简, 从源头和流程实现节能减排。对于批量化生产的制造类企业, 产品规模和排污量往往较大。在引入数字生产技术后, 该类企业能更好更快地进行网络化、规模化生产, 释放“技术红利” (郭丰等, 2022), 减少高昂的单位产品成本和单位污染排放量。这可以体现出大型企业的规模经济效应。

本文为验证假设3, 选取企业年度资产和营业收入作为企业规模的代理变量, 按照其中位数大小, 划分为大规模组和小规模组。回归结果如表7所示。前两列以企业资产作为代理变量进行组间差异分析; 第三、第四列以企业营业收入作为代理变量进行稳健性分析。在大规模组, 数字化发展对企业环境绩效有显著的促进作用, 更多的传统生产要素将被新型绿色创新要素取代, 相应的 *Dig* 系数值分别为-0.511和-0.618 (分别在5%和1%的概率水平下显著); 而小规模组, 数字化发展并没有对企业环境绩效产生显著促进作用。假设3得以验证。

表7 异质性检验结果——企业规模效益

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
Dig	-0.511** (0.225)	-0.0479 (0.183)	-0.618*** (0.234)	-0.111 (0.174)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
R&D	3.895*** (1.373)	2.123** (0.845)	5.280*** (1.639)	1.759** (0.757)
Leverage	0.884** (0.395)	0.188 (0.211)	1.033** (0.421)	0.258 (0.215)
ROA	60.19 (70.09)	-1.348 (3.890)	92.34 (58.40)	-3.511 (4.496)
AC	1.820** (0.751)	-0.319 (0.263)	2.938** (1.181)	-0.216 (0.212)
Tobin Q	-0.0147 (0.0463)	-0.0127 (0.0196)	-0.0290 (0.0428)	-0.0131 (0.0188)
Board	0.00826 (0.0372)	0.00394 (0.0211)	0.0120 (0.0381)	-0.00609 (0.0218)
Ind	0.989 (0.800)	0.414 (0.734)	0.657 (0.833)	0.377 (0.682)
FA	1.251*** (0.482)	1.560*** (0.380)	2.033*** (0.488)	0.928** (0.376)
HHI_10	0.414 (0.419)	-0.526 (0.327)	0.550 (0.418)	-0.477 (0.311)
Asset	-0.0935* (0.0506)	-0.0654 (0.0592)	-0.0545 (0.0480)	-0.0726* (0.0430)
Dummy_State	0.0892 (0.128)	0.175 (0.121)	0.0660 (0.129)	0.209* (0.116)
ER	2.852 (2.201)	0.00345 (1.728)	1.661 (2.290)	0.922 (1.543)
Pub	0.178 (0.228)	-0.0657 (0.169)	0.0798 (0.251)	-0.0136 (0.150)
EI	1.457 (1.015)	164.6*** (58.03)	1.447 (1.008)	201.1** (80.24)
Constant	0.340 (1.619)	1.512 (1.572)	-0.203 (1.745)	1.526 (1.251)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	10,307	9,850	10,441	9,717
R2	0.154	0.140	0.147	0.154

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

在重污染行业，企业对资源依赖性强，但创新基础薄弱、排污程度高，环境绩效较差；同时该行业众多服务部门直接关系国计民生，社会需求量大，因此能源消耗大，对生态建设形成治理压力。过去“先污染，

后治理”的经济建设理念已不再适用于当前的环境优先的经济发展战略，如何协调生态环境保护与经济增长是该行业的企业亟须面对的挑战。城市数字化发展将有效推动该类别企业的生产治理转型，通过注入数字要素以强化绿色创新，更有效地降低污染生成和能源消耗。因此，数字化发展所带来的绿色创新，会着重减少重污染企业排污情况，缓解其以牺牲环境为代价的经济增长模式。

为验证假设4，本文依据企业是否属于重污染行业ⁱ，将所有样本划分为两组。利用原始回归模型进行分组检验，对比系数差异。如表8所示，第（1）列为重污染行业的企业样本，指标 *Dig* 在1%的概率水平下高度显著，边际系数为-2.301；第（2）列为非重污染行业的企业样本，相关系数为0.128但不再显著，且两列系数的经济意义差异明显。以上分析验证了假设4。

表8 异质性检验结果——企业所属行业

VARIABLES	(1)	(2)
	EP	EP
Dig	-2.301*** (0.473)	0.128 (0.148)
R&D	7.582*** (2.900)	0.346 (0.502)
Leverage	1.240* (0.671)	0.159 (0.141)
ROA	131.4 (107.2)	-4.141 (2.856)
AC	0.860 (1.711)	0.416 (0.286)
Tobin Q	-0.107* (0.0642)	-0.00617 (0.0138)
Board	0.0355 (0.0804)	-0.00775 (0.0114)
Ind	1.032 (2.089)	0.338 (0.331)
FA	3.083*** (0.824)	0.529*** (0.204)
HHI_10	0.371 (0.992)	-0.0758 (0.205)
Asset	0.0314	-0.0281*

VARIABLES	(1)		(2)	
	EP	EP	EP	EP
	(0.109)		(0.0157)	
Dummy_State	0.186		0.0810	
	(0.310)		(0.0644)	
ER	7.972*		-1.341	
	(4.634)		(0.821)	
Pub	0.206		0.0153	
	(0.440)		(0.0904)	
EI	1.327		15.21***	
	(0.836)		(3.722)	
Constant	-2.787		0.453	
	(3.652)		(0.571)	
Year Fixed Effect	Yes		Yes	
Industry Fixed Effect	Yes		Yes	
Observations	5,464		14,696	
R2	0.097		0.077	

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

波特创新理论认为，较高的环境规制既向当地企业传递较高的环境成本压力，也为其绿色转型提供潜在机遇。企业在持续应对压力的同时，会将一定规模的环境成本视为其绿色转型动力，通过主动引进或研发绿色技术，提高环境绩效。

表9 异质性检验结果——企业所在地的环境规制情况

VARIABLES	(1)		(2)		(3)		(4)	
	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP
Dig	-0.437*** (0.164)		-0.483** (0.216)		-2.511*** (0.581)		-2.128*** (0.471)	
R&D	2.793*** (0.786)		3.468*** (0.909)		6.822** (3.464)		15.85*** (3.923)	
Leverage	0.529** (0.260)		0.526** (0.251)		0.996 (0.824)		1.825** (0.764)	
ROA	22.01 (38.19)		0.253 (4.479)		343.4* (185.2)		89.85 (82.03)	
AC	0.606		0.320		2.958		-1.743	

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	EP	EP	EP	EP
	(0.425)	(0.347)	(2.475)	(1.690)
Tobin Q	-0.0234 (0.0269)	-0.0421* (0.0219)	-0.103 (0.0922)	-0.131* (0.0702)
Board	0.0312 (0.0397)	-0.0188 (0.0249)	0.119 (0.114)	-0.0358 (0.0689)
Ind	0.727 (0.846)	0.743 (0.687)	1.889 (2.884)	0.895 (2.071)
FA	1.831*** (0.425)	1.275*** (0.332)	3.736*** (1.085)	1.922*** (0.744)
HHI_10	-0.148 (0.361)	0.0624 (0.334)	-0.764 (1.191)	1.194 (1.024)
Asset	0.00692 (0.0396)	-0.0651* (0.0338)	0.0745 (0.130)	-0.202* (0.111)
Dummy_State	0.206* (0.122)	0.0673 (0.104)	0.471 (0.389)	-0.0315 (0.305)
ER	1.008 (1.988)	-4.729 (5.130)	8.007 (6.265)	-6.191 (12.35)
Pub	0.179 (0.195)	0.0283 (0.210)	0.546 (0.540)	0.129 (0.496)
EI	0.827 (0.623)	29.97*** (5.080)	0.799* (0.480)	47.50*** (10.12)
Constant	-1.795 (1.619)	1.416 (1.149)	-6.750 (5.077)	4.267 (2.931)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	10,113	10,042	2,795	2,669
R2	0.127	0.150	0.119	0.161

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

为检验此假说，在表9中第2列，本文根据企业所在地的环境规制强度，按中位数大小划分高、低环境规制组；此外，在第3-4列，本文将研究样本限定在重污染行业组，检验波特创新假说在此样本组是否有更显著的效果。但经全样本组间系数差异检验，数字化发展指标Dig的边际系数差值0.046，在10%的概率水平下不显著；即使在重污染行业组，数字化发展指标Dig的边际系数差值为0.383，在10%的概率水平下仍不显著。

无论处于高规制还是低规制组，数字化发展对企业环境绩效的正向显著关系并没有受到环境规制的调节影响。根据上述结果，胡元林和李茜（2016）相关研究未得到经验支持。

对于和过往文献结论不一致的原因，本文进行以下分析：随着地区环境规制执行力度的提高，当前主要以外部监督和压力机制来强制性推动企业环保投资和环境信息披露行为⁵。企业这些环境治理行为主要是出于“应规”“减少纠纷”“缓解外部压力”的目的，使自身符合合法性要求。基于此，企业仍然主要以被动消极的姿态应对环境规制，自然难以进行实质性绿色创新。此外，数字化发展亦能加大本地区市场竞争和绿色金融“融资惩罚效应”，部分企业在权衡短期利润和中长期研发基础上，往往选择策略性研发创新（以实用新型专利、外观设计专利为主），在环境治理中缺乏实质性绿色创新行动（例如发明专利）。数字化发展在推动本地企业数字化转型的全过程中，产生的绿色创新要素从本质上属于企业转型升级的正外部性后果；企业数字化转型仍是以适应新型商业经济体系、提高经营能力、增加经济利润为发展目标，而非服务于环境治理。

（六）内生性与稳健性检验结果

为验证“城市数字化发展—企业环境绩效”的积极关系是否具有信度，本部分将进行稳健性与内生性测试。

1. 替换被解释变量

本部分用“营业收入排污费率”替代原来的“总资产排污费率”，作为新的被解释变量纳入原基准回归模型。结果如表10所示。在5%概率水平下，城市数字化发展指标 Dig 的系数为-0.778；拟合优度系数为9.8%，所选取的变量组对方程有一定的解释力度。

2. 更换回归模型

因衡量企业环境绩效的两项连续型指标：“营业收入排污费率”和“总资产排污费率”属于受限型变量，均存在大量的零值，右偏分布明显。因此，本部分用受限回归模型：*Tobit*模型，代替原高维固定效应模型进行检验。相关结果如表10第（2）-（3）列所示：第（2）列以“总资产排污费率”作为被解释变量的代理指标， Dig 的系数为-0.371并在5%概率水平下显著；第（3）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标， Dig

⁵ 环境规制当前更多体现为政府行政手段，具有强制性；而具有引导性、激励性的市场化环境规制，当前仍制度建设和执行力仍不充分。

系数为-0.778并在1%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均为显著。

3.剔除存在扰动性的样本

首先，在样本企业中，高新技术企业具有高研发投入、高创新性和高附加值，人才密度高，生产、合作、共享过程中有显著的绿色溢出效应；相比其他类型企业，高新技术企业处于数字化转型的前沿，有明显的示范效应。国家政策也会给予此类企业更多的融资倾斜和绿色优惠。此类行业的特性本身就决定了其拥有良好的环境绩效，也会直接拉高全部企业的治理效果；作为外部冲击的城市数字化发展，所带来的边际贡献也相对有限。因此，高新技术企业样本对本文研究数字化发展的净效应存在“噪声”影响，应给予剔除。

相关结果如表10中第（4）-（5）列所示：第（4）列以“总资产排污费率”作为被解释变量的代理指标，*Dig* 的系数为-0.334并在10%概率水平下显著；第（5）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标，*Dig* 系数为-0.747并在5%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均为显著。

其次，考虑到地区政策存在偏向性，重点城市往往能得到更多的国家级经济金融资源和优惠政策。具体而言，自改革开放以来，我国直辖市、计划单列市受到中央垂直管理，中央会给予该类城市更多的政策倾斜——在生态环境领域，这些城市会优先享有国家环保财政和绿色技术支持，并接受中央垂直管理和环保督察；所在地的企业也能因此直接获益，使得环境绩效得以改善。

为了保证研究结论的普遍性，根据我国4座直辖市、5座计划单列市的分类，本文分别剔除这些重点城市后再进行实证分析。相关结果如表10中第（6）-（7）列所示。第（6）列以“总资产排污费率”作为被解释变量的代理指标，*Dig* 的系数为-1.010并在5%概率水平下显著；第（7）列以“营业收入排污费率”作为新代理指标，*Dig* 系数为-1.630，并在5%的概率水平下显著。两列实证结果的经济意义均更加显著。

表10 稳健性检验结果（一）

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	EP2	EP	EP2	EP	EP2	EP	EP2
Dig	-0.778** (0.302)	-0.371** (0.162)	0.778*** (0.301)	-0.334* (0.175)	-0.747** (0.315)	-1.010** (0.443)	-1.630** (0.822)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-0.329 (2.186)	-0.390 (1.155)	-0.402 (2.133)	0.0445 (1.204)	1.231 (2.173)	-1.141 (1.737)	-1.575 (3.158)

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	EP2	EP	EP2	EP	EP2	EP	EP2
Year Fixed Effect	Yes						
Industry Fixed Effect	Yes						
Observations	20,029	20,161	20,030	15,290	15,159	12,797	12,750
R2	0.098	0.0258	0.0182	0.123	0.111	0.145	0.130

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4. 工具变量法

本文虽然已经验证城市数字化发展通过促进本地企业数字化转型，改变生产范式和流程，带来其环境绩效提升；但是，企业数字化转型具有绿色创新意义，可能会受到本地区其他企业竞相学习和模仿，形成区域内绿色治理的同群效应，并在需求端对本地数字化政策、数字基础设施共同提出更高要求。因此，二者可能存在“互为因果”的内生性问题。

为缓解反向因果关系的干扰，本文参考黄群慧（2019）研究，构造了各城市1984年的年末邮局数量（与个体变化有关）分别与上一年城市数字化发展水平（与时间有关）的交互项，作为城市数字化发展的工具变量，相应的计量经济学依据如下。

首先，该工具变量具有相关性。新中国成立以来，我国实施“邮发合一”的体制，在民生服务领域，邮局具有普遍性。在我国家用固定电话普及前，公众的信息沟通主要通过公共邮局系统实现。因此，邮局网点的分布会在一定程度上影响彼时固定电话分布，进而影响上世纪九十年代以来的互联网基础设施的先期接入。此外，邮局布局还通过影响本地公众对互联网的使用频率与习惯，推动着本地数字化技术的普及发展（黄群慧等，2019）。从此意义上，选取历史上城市邮局数量作为工具变量满足相关性要求。

其次，该工具变量具有排他性。我国当前已成为数字经济大国。数字技术的普及使得更多的线上活动简化了传统服务流程，降低营运成本的同时提高了营运效率，对传统邮局线下服务和固定电话分布产生冲击。相对于互联网技术的发展速度和智能技术的变革，历史上的邮局数量对于如今企业生产治理活动的影响在逐步消失。就目前来看，近四十年前的固定电话与邮局的数量也难以影响企业环境绩效。因此，该工具变量指标符合外生性要求。

表11 内生性检验结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Dig	EP	EP2
IV	0.001*** (0.00002)		
Dig		-0.525** (0.226)	-1.198*** (0.420)
Controls	Yes	Yes	Yes
Constant	-0.816*** (0.067)	-0.917 (1.282)	-1.495 (2.380)
Year Fixed Effect	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes
Observations	16,395	16,395	16,268
R2	0.7584	0.109	0.101

Robust standard errors in parentheses and cluster at firm level; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

本文进行2SLS回归检验，相关回归结果如表5-11所示。第（1）列中，在概率水平为1%的情况下，工具变量IV与数字化发展Dig正相关；第（2）至第（3）列中，分别以“总资产排污费率”“营业收入排污费率”作为企业环境绩效的代理指标——Dig的边际效应分别为-0.525和-1.198，分别在5%和1%的概率水平下显著，从而证实两者正向关系的稳健程度。

六、研究结果与讨论

在外部性理论、企业环境战略管理理论指导下，本文证实了城市数字化发展对企业环境绩效的积极影响。该项检验结果验证了企业数字化转型这一作用机制，并发现相关效应在大规模企业、重污染企业中更显著。

（一）研究结果讨论

地区层面的数字化发展使得原有商业生态系统向数字化平台型生态系统转变，深刻影响本地产业结构、形态和组织方式：在新的经济运作方式下，数字化能力直接关系到当地企业对外部环境变化的响应速率和创新要素应用，因而对本地企业环境形成“合法性约束”，倒逼企业适时展开数字化转型（何玉等，2017；戚

聿东和肖旭, 2020)。在转型过程中, 企业通过让具备绿色性质的数字化设备融入并赋能整个生产制造流程, 优化新旧资源配置和促进能源利用效率(陈晓红, 2018), 不仅提高了自身经济附加值, 还在源头和流程中实现了“低碳化”。

对比Manso (2011)、杨新铭 (2017)、焦勇 (2020) 等研究, 本文与这些文献的实证结果均涉及企业自身数字化转型对环境绩效的影响。但本文还从宏微观联结角度, 分析了企业微观转型的外部数字要素驱动, 以及这种外部要素驱动对企业环境绩效的外部性影响。因此, 相比过往实证结果, 本文数字要素的边际效应在经济意义上会相对显著。

此外, 在参考何玉等 (2017)、陈晓红 (2018)、陈玉娇等 (2021) 研究基础上, 本文增加了数字要素对本地企业数字化转型的影响检验。实证结果表明, 数字化趋势所带来的节能减排效应, 不仅仅是数字要素渗透带来的正外部性后果, 还与企业主动适应新趋势、积极投入战略性研发的转型工作有直接关联: 具有前瞻性的企业更容易获取良好的绿色治理绩效, 赢得市场竞争主动权。基于此, 环境战略管理理论应是指导企业转型的重要理论。

(二) 主要研究贡献

本文研究贡献体现在以下两方面。

一方面, 本文在宏观数字化层面补充了企业环境绩效提升路径。以往数字化研究主要关注其在经济后果的影响(何帆和秦愿, 2019; 黄群慧等, 2019; 何帆和刘红霞, 2019), 本文将城市数字化发展和企业数字化转型相结合, 探讨了宏观层面的数字要素走势如何影响微观企业数字转型和绿色创新, 从而改善治理效果。这对Manso (2011)、杨新铭 (2017)、焦勇 (2020) 等研究, 在宏微观数字化联结层面进行了补充。

另一方面, 本文聚焦企业这一减排主体, 侧重于分析管理者行为变化。企业环境绩效作为企业参与环境治理的“终端”和目标, 不应仅仅是被动履行和担当, 而应主动求变, 顺应国家环境制度趋势, 利用数字化技术对传统业务、流程进行多方位改造, 发挥数字化转型对绿色创新的放大、叠加、倍增作用, 获取绿色竞争力。

相比黄群慧等 (2019)、郭丰等 (2022) 研究, 本文将研究样本从产业下沉至企业个体, 考察管理者如何吸收、适应并做出数字战略调整。在“双碳”背景下, 城市的数字化发展在微观层面将具有更为显著的节能减排效应, 企业内生驱动能够有效推动“美丽中国”战略落实。

(三) 相关发展建议

从企业角度，一方面，管理者应紧抓数字化发展机遇，精确识别污染物形成的关键环节，有的放矢引入数字技术进行绿色改造，从而达到环境减排整体优化；

(占位符1)另一方面，管理者合理权衡环境治理效果和经济绩效关系，寻找二者关系的平衡点，并从持续经营角度确定合适的绿色投资比率，在不同时期内予以差异化倾斜。当企业面临融资约束或者短期经营压力时候，亦可以通过寻求政府环保补助等方式，避免绿色创新活动被闲置。

从政府角度，一方面，政府应有侧重地对重污染行业的企业给予技术性扶持。例如，通过政策优惠、人才引进、技术研发等方式，降低该类企业绿色创新的成本压力；其次，加快推动该类企业上云服务，降低技术壁垒，并替代部分不必要的线下活动，以期获取更显著的边际创新效应。

另一方面，政府应有侧重地对小规模企业予以资金支持。结合国家培育“专精特新”中小企业和制造业单项冠军的思路，政府应设立专项财政资金，给予一定的绿色研发补贴，并降低该类企业相应的筹资成本，拓宽其社会筹资渠道，以助力其数字化生产治理，推动其“入网接链”。

参考文献：

- [1]. Berliner, D. and Prakash, A.: From Norms to Programs: The United Nations Global Compact and Global Governance, Regulation & Governance, 2012,6(2), 149~166.
- [2]. Berliner, D. and Prakash, A.: Signaling Environmental Stewardship in the Shadow of Weak Governance: the Global Diffusion of ISO 14001, Law & Society Review, 2013, 47(2), 345~373.
- [3]. Manso G. Motivating innovation[J]. The Journal of Finance, 2011,,66(5): 1823－1860.
- [4]. Melnyk S A, Sroufe R P, Calantone R. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance[J]. Journal of Operations Management, 2004, 21(3): 329-351.
- [5]. Potoski, M. and Prakash, A. Green Clubs and Voluntary Governance: ISO 14001 and Firms Regulatory Compliance, American Journal of Political Science, 2005,49(2), 235~248.
- [6]. Robert C, H.: 1977, How Much Growth Can a Firm Afford? , Financial Management(8), 186~198.
- [7]. Russo M V, Fouts P A. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability[J]. Academy of Management Journal, 1997, 40(3): 534-559.
- [8]. Sam, A. G., Song, D.: ISO 14001 Certification and Industrial Decarbonization: An Empirical Study, Journal of Environmental Management, 2022,323(12), 116~169.

- [9]. Waddock S A, Graves S B. The corporate social performance–financial performance link[J]. Strategic Management Journal, 1997, 18(4): 303-319.
- [10]. 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(06): 213-240.
- [11]. 陈晓红, 李杨扬, 宋丽洁等. 数字经济理论体系与研究展望[J]. 管理世界, 2022, 38(02): 208-224+13-16.
- [12]. 陈玉娇, 宋铁波, 黄键斌. 企业数字化转型: “随行就市”还是“入乡随俗”?——基于制度理论和认知理论的决策过程研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(06): 1054-1062.
- [13]. 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): 34-49.
- [14]. 韩峰, 姜竹青. 集聚网络视角下企业数字化的生产率提升效应研究[J]. 管理世界, 2023, 39(11): 54-77.
- [15]. 何玉, 唐清亮, 王开田. 碳绩效与财务绩效[J]. 会计研究, 2017(02): 76-82+97.
- [16]. 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, 22(06): 23-32.
- [17]. 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(08): 5-23.
- [18]. 焦豪, 杨季枫, 王培暖等. 数据驱动的企业动态能力作用机制研究——基于数据全生命周期管理的数字化转型过程分析[J]. 中国工业经济, 2021, (11): 174-192.
- [19]. 焦豪, 张睿, 杨季枫. 数字经济情境下企业战略选择与数字平台生态系统构建——基于共演视角的案例研究[J]. 管理世界, 2023, 39(12): 20229.
- [20]. 黎文靖, 路晓燕. 机构投资者关注企业的环境绩效吗?——来自我国重污染行业上市公司的经验证据[J]. 金融研究, 2015(12): 97-112.
- [21]. 林汉川, 王莉, 王分棉. 环境绩效、企业责任与产品价值再造[J]. 管理世界, 2007(05): 155-157.
- [22]. 刘蓓蓓, 俞钦钦, 毕军, 张炳, 张永亮. 基于利益相关者理论的企业环境绩效影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(06): 80-84.
- [23]. 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, 37(05): 170-190+13.
- [24]. 王博, 康琦. 数字化转型与企业可持续发展绩效[J]. 经济管理, 2023, 45(06): 16176.
- [25]. 王琳, 魏江, 郑月龙. 知识服务机构联结与制造企业双元服务创新[J]. 科研管理, 2021, 42(10): 13139.
- [26]. 张文魁. 数字经济的内生特性与产业组织[J]. 管理世界, 2022, 38(07): 79-90.
- [27]. 张艳萍, 凌丹, 刘慧岭. 数字经济是否促进中国制造业全球价值链升级?[J]. 科学学研究, 2022, 40(01): 57-68.
- [28]. 周青, 王燕灵, 杨伟. 数字化水平对创新绩效影响的实证研究——基于浙江省 73 个县(区、市)的面板数据[J]. 科研管理, 2020, 41(07): 120-129.

ⁱ 根据环境保护部《上市公司环境责任披露指南》(2010 年征求意见稿), 重污染行业具体分为: 火电、钢铁、水泥、电解铝、煤炭、冶金、化工、石化、建材、造纸、酿造、制药、发酵、纺织、制革和采矿业等 16 类行业。