

城市数字化发展对企业环保投资的影响——基于外部监督视角

张力派^{1,2} 王骥晗^{3*}

(¹ 深圳市科技创新战略研究中心 战略研究和人才服务部 中国 广东省 深圳市 518057, ² 河套深港科技创新合作区深圳园区发展署 制度创新协同部 中国 广东省 深圳市 518017, ^{3*} 悉尼大学商学院 澳大利亚 悉尼 2006)

摘要：本文从外部监督角度研究城市数字化发展对企业环保投资的影响。研究发现，城市数字化发展显著提高企业环保投资意愿和投资额度；其作用主要通过提升政府环境规制执行效率、强化公众环境监督以及促进二者互补实现。异质性分析表明，该影响在大规模企业和国有企业中更为明显。经多项内生性与稳健性检验后，核心结论依然成立。本文说明，城市数字化发展不仅是经济转型工具，也能通过改善外部监督体系推动企业绿色治理。

关键词：企业环保投资；城市数字化发展；合法性压力；公众监督；环境规制

DOI: 10.64549/jtii.v1i3.60

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 Investment from an External Supervision Perspective

Lipai Zhang^{1,2} Jihan Wang^{3*}

(¹Department of Strategic Research and Talent Services, Shenzhen Science and Technology Innovation Strategy Research Center, Shenzhen, Guangdong, China, 518057 ²Department of Institutional Innovation Coordination, Authority of the Shenzhen Park of the Hetao Shenzhen-Hong Kong Science and Technology Innovation Cooperation Zone, Shenzhen, Guangdong, China, 518017 ^{3*}University of Sydney Business School, The University of Sydney, Sydney, Australia, 2006)

Abstract: This paper examines the impact of urban digital development on corporate environmental investment from the perspective of external supervision. The results show that urban digital development significantly increases both firms' willingness to invest in environmental protection and the scale of their investment. This effect is mainly realized by improving the enforcement efficiency of government environmental regulation, strengthening public environmental supervision, and promoting complementarity between the two. Heterogeneity analysis shows that the effect is more pronounced among large enterprises and state-owned enterprises. After a series of endogeneity and robustness tests, the core conclusions remain valid. This paper demonstrates that urban digital development is not only a tool for economic transformation, but can also promote corporate green governance by improving the external supervision system.

Keywords: Corporate Environmental Investment; Urban Digital Development; Legitimacy Pressure; Public Supervision; Environmental Regulation

引言

结合中国统计年鉴，我国超过 80% 的污染排放来源于企业经营活动。根据“谁污染，谁治理”的环保原则，企业须理所应当地投资环保活动，为其产生的负外部性“买单”（Yang 等，2020）。但现阶段，环保投资提供者仍以政府为主，未能在广大企业间形成内生驱动型环保投资（沈红波等，2012）。

在企业环境治理中，环保投资属于投入端，只有主动参与一定数量的投资，才能为提高环境信息披露和环境治理效果创造条件。这类社会责任投资追求经济效益、环境效益和社会效益的协调统一，虽然具有正外部性和现实必要性，但它并非多数企业“初心”所在。在市场经济体制中，企业是逐利的个体，如何推动企业管理者调整投资结构，增大环保支出客观上需要外部力量干预。本研究从技术要素角度出发，研究所在地区的数字化发展对企业环保投资的促进作用与机理可弥补此类研究不足（李文莲和夏健明，2013；徐宗本等，2014；王康仕等，2020）。

此外，由于环境污染防治需要环境监督者协同参与（杨柳，2019），数字要素发挥作用可能依托特定监督者。过去文献中已发现，不同类型的监督者会给予企业不同性质的环保压力，从而督促企业环保投资。例如，自上而下的政府环境规制具有强制性、引导性，对企业环境治理形成直接的管制压力，短期内企业的环保投资在一定程度上可视为遵循成本；而公众环境监督具有群体多元性、分布广泛性、参与性强的特征，对企业污染行为产生持续的舆论压力。随着地区的数字化快速发展，两类环境监管者在其参与环保活动的过程中，被赋予更多的技术性手段。因此，考察城市数字化发展如何为不同监督对象有效“赋能”，以推动该地区内企业参与环保投资，实现本地区的合法性认同，具有现实意义。

一、理论与文献综述

1.1 企业环保投资的研究综述

现有研究普遍认为，企业环保投资是衡量企业环境治理实质性努力的重要指标，既能改善污染治理和信息披露，也可能在中长期提升企业声誉、创新能力与可持续竞争力。但由于环保投资具有短期成本高、回收周期长和收益不确定等特征，企业可能因管理者短视、资金压力或“搭便车”心理而投资不足。因此，外部制度压力和利益相关者监督成为推动企业环保投资的重要因素。

1.2 城市数字化发展对企业环保投资的影响综述

现有文献已从互联网普及、信息基础设施、数字金融等单一维度讨论数字技术的环境治理效应，认为数字技术能够缓解信息不对称、提升监管效率并促进公众参与。但单项技术难以完整反映城市整体数字化水平。本文从城市数字化发展这一综合视角出发，进一步检验其对企业环保投资的影响及其外部监督机制。

二、理论分析与研究假设

从根本上看，城市数字化发展是涉及到各个业务领域、引发经济社会生活各方面不断嬗变的复杂管理过程。现阶段，新兴数字技术逐渐向当地政府治理、居民生活等领域融合渗透（冯芷艳等，2013），能有效“赋能”于该地区不同类型的环境监督者，从而间接地影响本地区企业环保投资意愿与行为。

2.1 城市数字化发展对企业环保投资的影响机理

（1）政府环境规制渠道

结合制度理论，政府环境规制强度主要由环境规制政策和政策执行的努力水平两方面共同决定（包群等，2013）。当前，我国已从国家和省市各个层面，逐步建立起一系列环境监管法律，涉及顶层设计和单行法规。这些政策法规为政府监管流程提供了明细的参考指南，使得环境规制全程有章可循。但是，环境规制政策法规本身对于我国的污染物排放不具有明显的约束力，只有文件精神被明确、细致地执行贯彻才能真正发挥效用，因而执法力度才是降低污染物排放、规避逆向选择的关键（程思佳，2020；庞瑞芝等，2021）；如果本地区环境规制缺乏必要的执法力度，则难以以实质性落实政策法规要求，企业会在环境监管不足或缺失状态下依然“我行我素”，形成更多“逆向选择”（包群等，2013）。基于此，环境规制强度主要体现在执行政策的努力水平上，政府严格监督时企业会积极进行环保投资，否则将面临高昂的惩罚成本，严重时甚至会被吊销营业执照。

但随着我国经济规模扩大，在经济利益驱使下人地关系日趋复杂和尖锐，较为隐蔽的排污行为、绿色投机行为加大了环境监管难度。面对日趋复杂的环境治理对象，传统政府环境监管模式面临着监管供给不足、监管手段落后、监管效率偏低等问题，内外部信息不对称突出（邓荣荣和张翱翔，2022）。

从“技术赋能”角度，城市数字化发展可通过以下途径提高当地政府环境规制执行力度，缓解信息不对称，以形成足够的“压力”倒逼企业环保投资：（1）城市的数字化发展融入政府治理，推动当地政府环境监管的数字化、高效性与精确程度，能够实现对所辖地区的污染源头、企业环境治理状况的实时化、全程化和智能化监管。这有助于弥补政府监督缺失阶段存在的信息不对称隐患，缓解甚至克服环境腐败的扭曲效应，从而提升政府环境监管质量，加强企业环保投资（庞瑞芝等，2021）。（2）城市数字化发展为政府提供充分的信息资源，可提高地方政府环境政策的科学性、合理性、实时性，以引导企业参与环保投资，符合硬性的环保法规标准，实现组织合法性认证。

因此，提出如下假设。

假设 1：控制其他情况不变，城市数字化发展可提高企业环保投资。

假设 2：控制其他情况不变，城市数字化发展可通过提高政府环境规制执行力度来提高企业环保投资。

（2）公众环境监督渠道

企业的生产活动具有显著的负外部性，污染物排放直接影响公众等利益相关者。社会公众具有分布广、力量大、察情快的特征，且公众环境监督具有广泛的舆论效应，舆论压力能在短时间内“酝酿”并产生“

牵一发而动全身”的效果。这能对企业环保投资形成一种道德层面的强力约束（杨柳，2019；邓荣荣和张翱翔，2020）。

若城市数字化发展程度相对高，被数字信息技术“赋能”的公众对于环保监督将有更强的意愿和能力。

首先，城市在数字化发展进程中，数字技术的普及运用颠覆了传统知识传播媒介和途径。相比纸质媒介，网络平台渠道大幅提升了知识信息的传播广度、深度和范围（廖进球和邱信丰，2021）。借助信息化工具，互联网使用能够通过增进公众对环保知识及对地区环境污染情况的了解，强化公众环境意识，使其主动参与到环保活动中去。

其次，本地区的数字化发展推动了互联网平台运用，大幅降低了信息搜集和沟通成本，赋予当地公众更多的诉求沟通渠道（如微博、电子邮件、网络问政平台），也使得公众舆论能更加快速、及时、便利和广泛地传播。数字信息时代，企业出现的污染信息可能会在短时间内产生“蝴蝶效应”（朱孟楠等，2020；李仲武和冯学良，2021）。因此，企业不得不提前加大环保投资，避免陷于公众的舆论风险，以维持其合法性地位。因此，提出假设 3。

假设 3：控制其他情况不变，城市数字化发展可为公众环境监督提供技术支持，来倒逼企业提高环保投资。

2.2 政府环境规制与公众环境监督的互补关系

已有文献表明，政府环境规制与公众环境监督存在互补关系，体现在信息传递与协同治理（Martin and Rice, 2014；张彦博和寇坡，2018）。

城市数字化发展背景下，数字信息技术更为普及，使得本地公众在环境事件中议价博弈能力更强（Jiang 等，2021；廖进球和邱信丰，2021）。通过微信、微博、论坛等数字化平台或媒介，公众能够更为便利地对企业环境污染行为进行观测、监督，并有效地传播和曝光污染事件，在较短时间内形成社会舆论以获取政府监管部门的关注，弥补政府环境执法缺失（郑思齐等，2013），从而协同促成企业环保投资。权威性和民主性组成的多元共治局面，在一定程度上弥补了政府监督的不足，制约了企业“假绿”行为空间。基于此，提出假设 4。

假设 4：随着城市数字化发展，公众环境监督对政府环境规制形成互补，可协同强化企业环保投资。

2.3 城市数字化发展对企业环保投资的异质性影响

（1）企业规模差异

根据冗余资源理论，企业之间规模差异在很大程度上反映了企业间资金实力、资源禀赋差异，从而影响其抗风险能力。

随着城市数字化发展，数字信息技术对政府环境规制和公众环境监督持续赋能，当地企业所面对的两重环境监督压力均显著扩大，而这种被放大的环境合法性压力自然要求企业将更多资金投入环境治理，以补偿其负外部性并提高绿色生产能力。相比中小规模企业，大规模企业拥有较为良好的要素禀赋资源、基

基础设施和配套管理措施，这些冗余资源扩大了企业资金、资源的可支配空间，使其能够更好地防范金融风险并应对突发环境事件，而且冗余资源积累越多，越不容易对经济性投资产生明显的“挤出效应”（郭丰等，2022）。基于此，本文提出假设 5。

假设 5：相比小规模企业，城市数字化发展对大规模企业环保投资的边际效应更为显著。

（2）企业产权性质差异

基于制度理论，城市数字化发展能够对本地企业形成正式和非正式的环保制度压力。但这种制度压力可能因企业产权性质而产生异质性效用。

相比非国有企业，国有企业具有天然的政治关系纽带：企业高管任免均由政府直接决定，在环保等公共服务领域会受到政府更为严格的问责制度、考核制度约束（杨柳，2019）。国有企业管理者为更好地响应政府对环境建设的需要，并顺利通过政府对其任期内环保责任考核，会更倾向于增加环保投资，以提升其履职表现。相反的是，非国有企业具有更为明显的逐利动机，其生产经营更多地服务于较为单一的经济目标，并不需要参与政府下派的政治、社会目标，也难以获得同等的环境保护补贴和其他投融资政策扶持（廖冠民和沈红波，2014）。因而城市数字化发展对这类企业的环保投资产生的边际效应相对不明显。

假设 6：相比非国有企业，城市数字化发展对国有企业环保投资的边际效应更为显著。

三、实证研究设计

3.1 变量选取

（1）指标选取原则

为提高研究准确性、有效性和可比性，企业环保投资、外生影响因素和控制变量指标数据的选取尽量遵循以下四项基本原则。

科学性原则：在充分阅读前沿和经典文献的基础上，所有层面的指标选取与设计、数据的计算都有明确的科学理论依据、确切的内涵和严密的推导过程，能够精准反映宏微观经济发展现状，并能合理预测其趋势。

层次性原则：即所选取的指标层级适合不同数量级状况，有效避免“层次错配”现象。

全面性与可操作性原则：指标是多维度的，例如控制变量选取既有公司财务状况、内部治理、行业属性维度，也有管理者特质、区域经济发展状况、国家政策冲击等，所选取的指标数量丰富，以缓解遗漏变量导致的内生性偏差；同时，指标数据具有可获得性，获取成本相对低，获取来源权威可靠。

可比性原则：首先，不同样本间指标数据具有横向可比性，适用于相同的会计准则并有统一的口径；其次，同一样本的指标数据具有纵向可比性，相关信息可靠且可追溯。

（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）；而且基于我国城乡二元结构特质，农村数字基础设施短板突出，城市数字化发展才能更好反映当今中国区域的发展历程（周晓辉等，2021）。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，该变量具有迭代性、递进性、变革性。参考以往研究（罗廷锦和茶洪旺，2018；赵涛等，2020；王锋正等，2021），数字化发展用于衡量不同区域的数字化建设程度。

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的数字化阶段。

基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。

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、随意性问题。

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	+
		地区移动电话年末用户数	0.1292	+
	通信接入水平	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）被解释变量：企业环保投资

本研究的被解释变量为企业环保投资（*ED*）。根据 Patten（2005）的研究观点，该类投资应是一个相对准确并能够客观反映企业环境治理努力程度的指标。但现有研究对企业环保投资度量存在概念界定模糊、测量困难、数据不易收集等问题。

从已有企业环境治理文献，如胡珺等（2017，2019）、王红建等（2017）、崔广慧和姜英兵（2019）、翟华云和刘亚伟（2019）、赵阳等（2019）、胡珺等（2020）等，可以发现度量企业参与环境治理变量的主流方法是采用企业环境保护的治污/防污投资。例如杨旭东等（2020），数据源主要是从上市公司年报的在建工程科目和管理费用科目注释中。

参考赵阳等（2019）、胡珺等（2019）、翟华云和刘亚伟（2019）指标设置方法，根据目的性、一致性和确定性原则，本文从 CSMAR 数据库手工收集与整理 2011-2019 年上市公司环保投资本期金额（由企业年报中所披露的与环保相关的治污、防污活动投资额），得到 5350 个“公司—年度”观测值；若没有与环保相关支出，该企业年度值记为 0。对于所有的观测数据，由原值加 1 后进行对数化处理，得到最终取值。此外，本文根据企业在本年度有无进行环保投资，设置相应虚拟变量，以衡量企业环保投资的意愿。

（4）控制变量的选取

对于下文的子专题研究，将依据现有文献（Fan 等，2012；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。

在企业层面，首先，考虑到企业环保投资的决策与企业财务状况、经营成果、内部控制与管理有紧密联系，企业发展状况会直接影响投资决策和社会责任履行；其次，不同产权性质的企业，拥有不同的资源禀赋、政企关系和社会目标，很大程度影响企业自身对社会责任履行的重视程度；第三，根据波特创新假说，环保成本压力也会倒逼企业绿色转型，在研发程度高的企业更可能进行前瞻性的绿色投资；此外，企业一旦被环境监管机构重点监控，为维持经营合法性、避免行政惩罚，短期内不得不加大环保投资。基于上述，本文选取：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（董事会的独立董事比例，独立董事数/董事会人数；董事会人数；管理费用率，管理费用/主营业务收入）；企业创新水平（研发费用率，年度研发费用/年度营业收入）；是否是重点污染监控单位（若是则为 1，否则为 0）；企业产权性质（若属于国企则为 1，否则为 0）。

在区域层面，首先，本地区的环境监管程度能对企业环保投资产生直接的引导和推动；其次，本地区的市场化发展反映当地经济建设、要素配置和市场竞争程度，对企业在经济和非经济业务博弈中产生影响——激烈的本地市场竞争可能会稀释企业社会责任投资。因此选取：区域市场化程度（樊纲区域指数）；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（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）。

最后，本文控制行业、年度和公司固定效应，克服不可观测的异质性导致的内生性影响。在构建模型过程中，本文以企业个体为单位进行聚类，计算出聚类稳健标准误。

表 2 变量定义表

符号	指标	测量方法
<i>Dummy_EI</i>	环保投资行为	虚拟变量，按本年度内企业有无环保投资，有则为 1，否则为 0
<i>EI</i>	环保投资额度	由CSMAR数据库收集整理后，由原始值加 1 后进行对数化处理
<i>Dig</i>	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，详见 4.3.1
<i>ROA</i>	企业绩效水平	总资产净利率，净利润/资产总额
<i>Leverage</i>	企业偿债能力	资产负债率，负债总额/资产总额
<i>FA</i>	企业营运能力	固定资产比率，期末固定资产总额/资产总额
<i>Tobin Q</i>	企业价值	托宾Q值，企业市场价值/资产总额
<i>Ind</i>		独立董事比例，独立董事数/董事会人数
<i>Board</i>	企业治理水平	董事会人数
<i>AC</i>		管理费用率，管理费用/主营业务收入
<i>R&D</i>	企业创新水平	研发费用率，年度研发费用/年度营业收入
<i>Dummy_Monitoring</i>	企业污染情况	虚拟变量，按是否是重点污染监控单位，是则为 1，否则为 0
<i>Dummy_State</i>	企业产权性质	虚拟变量，属于国企则为 1，否则为 0
<i>Marketization</i>	地区市场化程度	樊纲市场化指数
<i>ER</i>	地区政府环境规制程度	环保词频所在句字数/本地政府工作报告总字数
<i>Pub</i>	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

3.2 数据收集与预处理

（1）样本筛选过程

因此，本研究将收集 2011-2019 年中国沪深A股的上市公司，作为初始研究总体。通过整理沪深上市公司年报，并用STATA 16 软件将区域和企业指标数据集进行有效合并。在 2011-2019 年区间，为保证样本选择可靠性，将部分样本按以下原则剔除：被ST、*ST的公司；变量指标数据缺失的公司；总资产为负值的公司；资不抵债的公司；西藏的样本公司。经合并和有效整理，共得到 3051 家上市公司、18500 个“企业—年度”观测样本。

（2）数据收集与预处理

所有的连续性变量均进行 1%和 99%分位数的 WINSORIZE 处理，以消除极端值对实证结果的不良扰动。其中：企业环保投资、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；数字化发展的相关数据中，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；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》；公众环境监督数据来源于百度指数检索；对于市场化进程的衡量，采用王小鲁、樊纲在《中国市场化指数—各地区市场化

相对进程报告》中披露的数据；对于企业是否被纳入重点污染监控单位，相关数据从 CSMAR 数据库的环境治理系列采集。

3.3 理论与实证模型构建

基于理论分析与假设，本文已构建“城市数字化发展—企业环保投资”的理论研究模型。如图 1 所示。

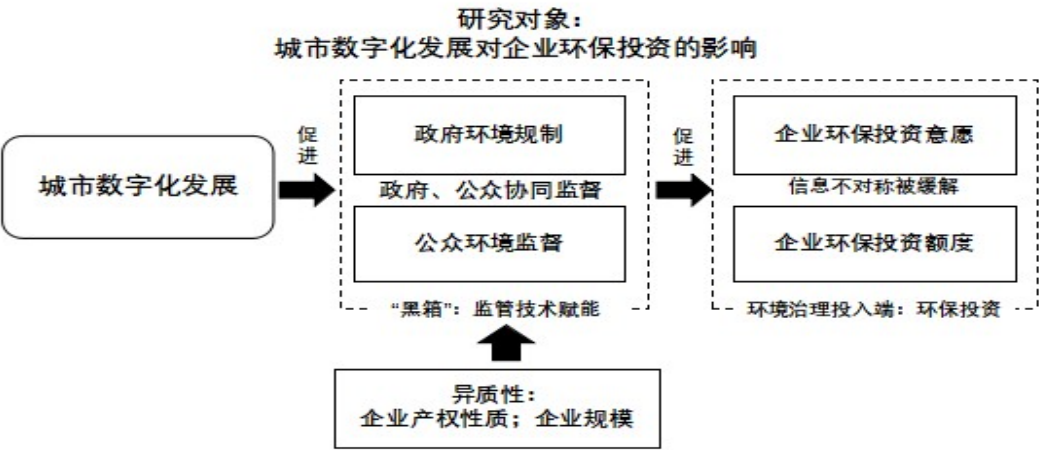


图 1 “城市数字化发展—企业环保投资”理论模型

针对两者关系，构建基准回归模型（3-1，3-2）：高维面板固定效应模型来验证假设 1；以地区环境规制、公众环境监督强度为机制变量，对该机制变量进行分组回归，来依次验证假设 2、假设 3 和假设 4，实现机制检验；依据企业产权性质和规模进行分组，依次验证假设 5 和假设 6，实现异质性分析。

回归模型将以企业为单位进行聚类，计算出稳健标准误。如下所示，基准模型会控制年度、行业或公司固定效应。

$$Dummy_EI_{i,t} = \alpha + \beta_1 * Dig_{i,t} + Controls + Fixed\ effects + \varepsilon_{i,t} \quad (3-1)$$

$$EI_{i,t} = \alpha + \beta_1 * Dig_{i,t} + Controls + Fixed\ effects + \varepsilon_{i,t} \quad (3-2)$$

四、实证研究结果分析

4.1 描述性统计

根据所采集的样本，在样本期间（2011-2019 年），对所有的被解释变量、解释变量和控制变量进行描述性统计。结果如表 3 所示。

与预期相一致，由于环境治理活动并不属于经济业务范畴，相关投资的成效难以准确量化，因此企业的环保投资意愿和投资数额均处于较低水平。对于企业是否选择环保投资，虚拟变量 $Dummy_EI$ 的均值仅为 0.038（标准误为 0.191），接近于零值，呈现显著的右偏性。对于反映企业环保投资额的连续变量 EI ，

呈现出投资数额少、样本间差异小的特征，均值和标准误分别仅为 0.003 和 0.063。如何引导、推动企业参与并加大环保投资额度，仍有较大发展建设空间。

表 3 描述性统计结果

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
<i>Dummy_EI</i>	21622	.038	.191	0	1
<i>EI</i>	21622	.003	.063	0	6.674
<i>Dig</i>	21616	.239	.204	.019	.740
<i>Dummy_Monitoring</i>	21300	.141	.348	0	1
<i>Marketization</i>	21622	8.431	1.78	3.59	10.96
<i>R&D</i>	21622	.01	.025	0	.129
<i>ER</i>	21622	.065	.02	.032	.125
<i>Pub</i>	21622	4.865	.332	3.784	5.371
<i>Ind</i>	21610	.375	.053	.333	.571
<i>Board</i>	21612	8.678	1.819	5	15
<i>ROA</i>	21622	.0003	.002	-.016	.22
<i>Leverage</i>	21622	.428	.217	.007	.999
<i>Dummy_State</i>	21106	.398	.49	0	1
<i>AC</i>	21314	.098	.09	.003	.729
<i>Tobin Q</i>	20875	1.995	1.304	.876	9.833
<i>FA</i>	21622	.202	.163	.002	.706

在此期间，不同城市的数字化发展呈现差异大、不均衡的特征，存在“两极分化”的趋势——Dig指标的标准误达到 0.204，极差值 0.721；同时，*Dig*指标均值为 0.239，与极大值 0.740 存在较大差距，说明从整体上我国多数城市的数字化发展仍存在一定发展潜力。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（市场化程度指标 *Marketization* 也提供一定佐证）。

在控制变量组中，随着我国环境保护执行力度强化，环境规制和惩罚力度加大，约 14.1%的样本被纳入重点污染监控单位；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。在企业营运管理中，存在研发投入不足、获利水平低的问题，*R&D* 和 *ROA* 两项指标均值均接近零值，并显示出较低的企业间波动差异；除少数企业存在高杠杆、高“委托—代理”风险以外，资产结构、代理成本、成长性等指标整体趋于正常。值得注意的是，企业独立董事比例 *Ind* 的平均比例为 37.5%，并且标准误差仅为 0.053，意味着样本企业只是在形式上满足证监会“独立董事比例达到 1/3”的强制性要求。独立董事的设立，很可能只是为了满足监管要求，而非充分扩大独立董事第三方鉴证的效应，这并不利于从内部控制层面强化环保投资。

4.2 相关性分析

根据Pearson双侧检验，企业核心指标的相关性程度如表 4 所示，涉及被解释变量、解释变量和机制变量。

其中，在 1%的概率水平下，城市数字化发展（*Dig*）与企业环保投资（*EI*）呈显著的正相关，相关系数达 0.185——前者对后者可能存在积极的促进作用；在 1%的概率水平下，政府环境规制（*ER*）与公众环境监督（*Pub*）呈显著的正相关，相关系数达 0.208，说明二者可能互补共促效应。

表 4 Pearson相关性分析结果

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) <i>EI</i>	1.000			
(2) <i>Dig</i>	0.185***	1.000		
(3) <i>ER</i>	0.000	-0.187***	1.000	
(4) <i>Pub</i>	-0.003	0.334***	0.208***	1.000

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

4.3 基准回归结果

在表 5 中，本文首先将企业是否参与环保投资（*Dummy_EI*），作为被解释变量纳入回归模型。因被解释变量为虚拟变量，所以第（1）列和第（2）列分别运用 *Logit* 和 *Probit* 概率模型进行稳健性检验。

表 5 基准回归结果分析（一）

	(1)	(2)
VARIABLES	<i>Dummy_EI</i>	<i>Dummy_EI</i>
<i>Dig</i>	0.624*	0.298*
	(0.373)	(0.178)
<i>Dummy_Monitoring</i>	0.805***	0.416***
	(0.127)	(0.0614)
<i>Marketization</i>	0.0243	0.00932
	(0.0589)	(0.0278)
<i>R&D</i>	-3.130	-1.324
	(3.012)	(1.399)
<i>ER</i>	1.568	0.735
	(2.655)	(1.252)
<i>Pub</i>	0.0840	0.0665
	(0.358)	(0.166)
<i>Ind</i>	2.220*	1.204**
	(1.198)	(0.578)
<i>Board</i>	0.0831**	0.0457***
	(0.0364)	(0.0176)

	(1)	(2)
<i>ROA</i>	35.53*** (8.893)	16.02*** (4.549)
<i>Leverage</i>	0.302 (0.336)	0.193 (0.156)
<i>Dummy_State</i>	0.506*** (0.146)	0.241*** (0.0689)
<i>AC</i>	-1.625 (1.077)	-0.760* (0.444)
<i>Tobin Q</i>	-0.229*** (0.0714)	-0.110*** (0.0305)
<i>FA</i>	-0.0557 (0.451)	-0.0132 (0.210)
<i>Constant</i>	-7.261*** (1.727)	-3.799*** (0.813)
<i>Year Fixed Effect</i>	Yes	Yes
<i>Industry Fixed Effect</i>	Yes	Yes
<i>Observations</i>	17,571	17,571
<i>Pseudo R2</i>	0.2407	0.2413

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

在控制年度和行业固定效应后，城市的数字化发展对企业选择环保投资有积极的正向作用，边际系数分别达到 0.624 和 0.298，均在 10%的概率水平下显著。此外，两列中 Pseudo R2 分别为 0.2407 和 0.2413，即所选取的变量组对被解释变量具有一定的解释力。

在控制变量中：（1）从外部监管环境中，企业环保投资决策与企业是否被纳入重点污染监控单位有显著的正向关系（1%概率下显著）。一旦环境治理行为被重点监测，企业可能迫于监管压力和违规风险，会积极选择环保投资，以减少合法性压力。（2）从企业内部控制和日常管理活动中，企业环保投资决策与自身独立董事比例、董事规模、资产净利率有正向关联，这些指标分别反映了企业监督、牵制程度和获利能力。前两者通过有效的内外部监督，可以有效缓解管理层自私动机和短视行为（Jensen and Murphy, 2010；胡楠等，2021），使其兼顾环境责任因素；后者为企业环保投资提供冗余资源和物质基础，促进管理层履行绿色决策。这与刘玉焕等（2020）的研究观点相一致。（3）反映企业成长能力的托宾Q值与环保投资决策呈负相关。处于上升期、具有良好发展潜力的企业，常需要更大规模的经济性投资以支持其资产扩张、业务拓展，快速发展期的企业可能缺乏环保治理意愿。（4）企业产权性质同样会对环保投资决策产生影响。其中，国有企业承担着更多社会责任、政治目标，并享受更多政策优惠，因此会更有意愿和能力参与环保投资。

表 6 基准回归结果分析（二）

VARIABLES	(1)	(2)
<i>Dig</i>	0.011** (0.005)	0.00121** (0.000581)
<i>Dummy_Monitoring</i>	0.006** (0.003)	0.00626 (0.00424)
<i>Marketization</i>	-0.0008*** (0.0003)	-0.00150** (0.000618)
<i>R&D</i>	-0.107** (0.043)	-0.121** (0.0470)
<i>ER</i>	0.04** (0.019)	0.0338 (0.0217)
<i>Pub</i>	0.005*** (0.002)	-0.0105 (0.0104)
<i>Ind</i>	0.036* (0.021)	0.0783 (0.0552)
<i>Board</i>	0.0002 (0.0003)	0.000667 (0.00118)
<i>ROA</i>	0.156 (0.125)	0.0185 (0.0495)
<i>Leverage</i>	-0.002 (0.004)	-0.00660 (0.00443)
<i>Dummy_State</i>	0.003*** (0.001)	-0.00171* (0.000941)
<i>AC</i>	0.004 (0.004)	-0.00319 (0.00332)
<i>Tobin Q</i>	-0.0006*** (0.0001)	-6.73e-05 (0.000111)
<i>FA</i>	0.011*** (0.004)	-0.00157 (0.00752)
<i>Constant</i>	-0.037** (0.015)	0.0356 (0.0306)
<i>Year Fixed Effect</i>	Yes	Yes
<i>Industry Fixed Effect</i>	Yes	No
<i>Firm Fixed Effect</i>	No	Yes
<i>Observations</i>	19,236	19,066
<i>R2</i>	0.029	0.144

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

在表 6 中，以企业环保投资额 (ED) 为被解释变量，纳入回归模型分析。环保投资额用于衡量企业本年度为环境治理所付出的具体努力程度。在控制年份和行业固定效应后，城市的数字化发展与企业环保投资额的关系在 5% 的概率水平下显著：数字化发展每增加一单位，相应的环保投资增加 1.1% 个单位。在控制年份和企业固定效应后，结果依然稳健。假设 1 因此得到验证。

在控制变量组内，企业环保投资额度仍与企业是否被纳入重点污染监控对象、独立董事比例、产权性质、成长能力与市场价值显著相关。同时，本研究发现：（1）企业所在地的市场化进程与企业环保投资呈现显著负向关系（1% 概率水平），市场化发展加大当地市场竞争，对环保投资可能存在“挤出效应”。（2）代表企业研发程度的研发费用率与环保投资呈现显著反向关系（5% 概率水平）。随着企业研发投入增多，企业在生产经营中将更多地融入新兴技术和绿色创新要素，从源头和流程减少污染排放，从而降低事中和事后环保投资。（3）政府环境规制 (ER)、公众环境监督 (Pub) 均与企业环保投资正相关，二者分别在 5% 和 1% 概率下显著。

4.4 机制检验结果

本文进一步从环境规制、公众监督以及二者互补关系三个方面进行机制检验。总体结果表明，城市数字化发展能够通过提高政府监管效率、放大公众舆论监督和促进协同治理来推动企业环保投资。

（1）环境规制渠道

为验证假设 2，需要验证城市数字化发展对同属于地区层面的环境规制进行回归。由于公司固定效应、行业固定效应属于微观、中观量纲级别，不宜对属于宏观量纲级别的环境规制进行回归检验；因此，本文在控制区域层面的市场化指数、公众环境监督、城市年度国民生产总值（经标准化处理）以及年度、城市异质性的情况下，进行回归检验。

根据回归结果，在控制年份和行业固定效应后，在低环境规制组，城市数字化发展对企业环保投资有显著促进作用（5% 概率水平下）；而在高环境规制组，指标 Dig 的边际系数为 0.016 并且不显著。相比后者，前者拟合程度更优， R^2 值为 8.9%，有更好的解释力。这是因为在低环境规制组，监管力度相对不足，此时城市的数字化发展对政府环境监管的边际作用更为明显。而在高环境规制组，本身区域内监管力度强，政府执行政策的努力程度高，企业不得不积极减排降污、投资环境治理，不然将面临高昂的惩罚成本，从而导致数字化发展的监管边际效应不再明显。假设得以验证。

随着本地区数字经济发展，新兴数字应用的快速融入，为政府环境监督有效“赋能”：实时、便捷、动态化的数据要素使得当地政府监督的高效性、精确性、智能化程度大大提升，政府可通过线上线下多种方式对企业环境信息全程监督，减少过去政企间环境信息不对称的现象，避免政府监督缺位和企业投机行为。当地政府可结合新型智慧城市建设，加快城市环境监督的数据融合及产业生态培育，增强数据运营和开发利用效率。

表 7 机制回归结果——环境规制渠道

	(1)低规制组	(2)高规制组
VARIABLES	EI	EI
<i>Dig</i>	0.004** (0.002)	0.016 (0.01)
<i>Dummy_Monitoring</i>	0.003*** (0.001)	0.007* (0.004)
<i>Marketization</i>	-0.001*** (0.0002)	-0.001 (0.001)
<i>R&D</i>	-0.044*** (0.012)	-0.154** (0.077)
<i>ER</i>	0.035 (0.025)	0.064* (0.033)
<i>Pub</i>	0.003** (0.001)	0.01** (0.005)
<i>Ind</i>	0.002 (0.004)	0.083* (0.05)
<i>Board</i>	-5.56e-05 (0.0002)	0.001 (0.001)
<i>ROA</i>	0.04 (0.05)	1.735 (1.146)
<i>Leverage</i>	0.004*** (0.001)	-0.006 (0.008)
<i>Dummy_State</i>	0.0009 (0.001)	0.004*** (0.001)
<i>AC</i>	0.008 (0.005)	-0.002 (0.005)
<i>Tobin Q</i>	-0.001*** (0.0001)	-0.001*** (0.0003)
<i>FA</i>	0.008*** (0.002)	0.015* (0.008)
<i>Constant</i>	-0.012* (0.006)	-0.089** (0.043)
<i>Year Fixed Effect</i>	Yes	Yes
<i>Industry Fixed Effect</i>	Yes	Yes
<i>Observations</i>	9,575	9,655
<i>R2</i>	0.089	0.041

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

(2) 公众环境监督渠道

基于公众环境监督强度的分组结果显示，在强监督组中，城市数字化发展对企业环保投资具有显著促进作用；在弱监督组中，该作用不明显。这说明数字平台和信息传播渠道能够放大公众参与环境治理的效果。

(3) 政府环境规制与公众环境监督的互补作用

进一步分组结果显示，当地区环境规制较低但公众关注较强时，数字化发展对企业环保投资的影响最显著。这说明公众监督可弥补政府规制不足，并与政府环境监管形成协同效应。

4.5 异质性检验结果

在城市数字化发展对企业环保投资的影响过程中，会因企业自身的差异而产生异质性效果。根据已有假设，相关的回归结果如表 8 所示。

(1) 企业规模差异

如表 8 前两列所示，依据企业资产规模指标的中位数大小，划分为大规模组和小规模组：其中第（1）列为大规模组，第（2）列为小规模组，二者在资金实力、冗余资源方面存在系统性差异。

在大规模组中，城市数字化发展的指标 *Dig* 对本地企业环保投资指标 *EI* 的系数为 0.019 并在 5% 概率水平下显著，意味着城市数字化发展将显著推动大规模企业增加环保投资，原因在于大规模企业有相对充裕的资金应对环境问题；而小规模组中，相应系数无论从经济意义还是统计意义均不显著。以上结果验证假设 5。

但值得注意的是，此时小规模组 *Dig* 系数为 -0.0004：负值情况可能是由于小规模企业本身缺乏充裕的冗余资源参与环保投资（郭丰等，2022），而城市数字化发展带来的环境强监督效应使其产生更强烈的抵触心理和行为，导致其倾向于通过漂绿、假绿等行为应对压力，环保投资等实质性动作却并无增加甚至减少。

(2) 企业产权性质差异

如表 8 的后两列所示，依据企业产权性质，划分为国有组和非国有组：其中第（3）列为国有企业组，第（4）列为非国有企业组。

表 8 异质性分析的回归结果

	(1)大规模组	(2)小规模组	(3)国有组	(4)非国有组
VARIABLES	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>
<i>Dig</i>	0.019** (0.009)	-0.0004 (0.0003)	0.021* (0.012)	0.001 (0.001)
<i>Dummy_Monitoring</i>	0.007 (0.004)	0.001*** (0.0003)	0.01* (0.006)	0.002*** (0.001)
<i>Marketization</i>	-0.001** (0.0006)	-3.84e-05 (3.90e-05)	-0.002** (0.0007)	-0.0003* (0.0002)

	(1)大规模组	(2)小规模组	(3)国有组	(4)非国有组
<i>R&D</i>	-0.166** (0.08)	-0.006*** (0.002)	-0.22** (0.111)	-0.016*** (0.005)
<i>ER</i>	0.075** (0.04)	-0.0006 (0.002)	0.078* (0.041)	-0.002 (0.007)
<i>Pub</i>	0.008** (0.004)	-9.47e-05 (0.0004)	0.009*** (0.003)	0.001 (0.001)
<i>Ind</i>	0.06 (0.039)	-0.0001 (0.0008)	0.078 (0.049)	0.0004 (0.004)
<i>Board</i>	2.94e-05 (0.0004)	-3.54e-05 (2.33e-05)	-8.56e-06 (0.001)	5.37e-05 (0.0002)
<i>ROA</i>	3.462** (1.739)	0.008 (0.007)	1.636 (1.474)	0.043 (0.039)
<i>Leverage</i>	-0.004 (0.008)	0.0002 (0.0003)	-0.005 (0.009)	0.002*** (0.0008)
<i>Dummy_State</i>	0.003*** (0.001)	7.20e-05 (0.0001)	- -	- -
<i>AC</i>	0.011 (0.009)	0.001*** (0.001)	0.01 (0.01)	0.001 (0.001)
<i>Tobin Q</i>	-0.002** (0.0007)	-0.0001*** (2.73e-05)	-0.001*** (0.001)	-0.0002*** (5.57e-05)
<i>FA</i>	0.015** (0.007)	0.001** (0.001)	0.014* (0.008)	0.004*** (0.002)
<i>Constant</i>	-0.058** (0.027)	0.001 (0.002)	-0.062*** (0.023)	-0.001 (0.003)
<i>Year Fixed Effect</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Industry Fixed Effect</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	9,725	9,507	7,566	11,667
<i>R2</i>	0.034	0.084	0.039	0.079

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

相应的回归结果为双方组间差异提供了经验证据。在非国有企业组，城市数字化发展的指标 *Dig* 对本地企业环保投资 *EI* 的系数为 0.001 且不显著；而在国有企业组，相应系数值为 0.021 并在 10% 概率水平下显著。相比前者，后者从统计意义和经济意义均更加显著。以上结果验证假设 6。

对于实证结果差异，结合已有文献（杨柳，2019），本文认为：两类企业存在先天的政治关联和要素禀赋差异，前者有明显优于后者的政策扶持，并担负社会工作考核目标，会在环境监督压力下更勤勉地履职以响应政府目标，并获取政府在环境工作中的资源、政策倾斜；而后者具有更突出的生存发展压力，其

动机和行为完全遵循市场逻辑，且并不参与实现更多政治、社会目标，因此受到技术赋能的制度压力对其环保投资的边际效应可能不明显。

4.6 内生性与稳健性检验结果

为缓解内生性和稳健性疑虑，本文依次采用剔除环境应急突发事件样本、更换基准回归模型、替换被解释变量、新增多个层面控制变量以及工具变量法进行检验。各项结果均显示城市数字化发展对企业环保投资的影响显著为正，说明本文核心结论具有稳健性。

五、小结

5.1 研究结果与讨论

本文研究发现，城市数字化发展显著提高企业环保投资意愿和投资额度。其影响路径主要包括：提升政府环境规制执行效率、强化公众环境监督以及促进政府与公众协同治理。异质性分析显示，该作用在大规模企业和国有企业中更为显著。

上述结论说明，城市数字化发展不仅能够推动经济结构转型，也能通过改善外部监督体系促进企业绿色治理。对于政府而言，应继续完善数字监管平台和公众参与渠道；对于企业而言，应将外部合法性压力转化为ESG治理和长期竞争力建设的战略机遇。

5.2 主要研究贡献

本文的贡献主要体现在三个方面：第一，将城市数字化发展纳入企业环保投资研究框架，拓展了数字经济与企业绿色治理交叉领域；第二，从政府规制、公众监督及二者互补关系解释数字化发展的作用机制；第三，为通过数字化手段提升企业环境治理水平提供了经验证据。

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二元服务创新[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.