DOI：10.16339/j.cnki.hdxbskb.2025.05.008

数字技术对地方政府环境治理能力现代化的影响研究*

胡宗义[1]，乔弘宇[1]，喻胜华[2]

（1. 湖南大学 金融与统计学院，湖南 长沙　410079；2. 湖南大学 经济与贸易学院，湖南 长沙　410079）

［摘　要］基于中国2009—2022年285个地级市的面板数据，构建地方政府环境治理能力现代化水平指标体系，利用双向固定效应模型，多维度探究数字技术对地方政府环境治理现代化的影响效应及作用机制。研究发现，数字技术对提高地方政府环境治理能力现代化水平具有促进作用。数字技术可以通过开放数据要素、改善生产要素结构、升级知识和技能要素三个途径间接提升地方政府环境治理能力现代化水平。异质性分析表明，对于中心城市、非自然资源型城市和数字层级高的城市而言，数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的影响效果更好。进一步分析发现，专利保护对数字技术提升地方政府环境治理能力现代化水平起到正向调节作用；在精细化、智能化与数字化形成环境治理的新范式当下，地方政府对环境治理模式创新融合的关注度越高，当地数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的影响效应越强。

［关键词］数字技术；环境治理；专利保护；精细化；智能化

［中图分类号］X196　　［文献标识码］A　　［文章编号］1008-1763(2025)05-0064-11

Research on the Impact of Digital Technology on the Modernizing of Local Governments' Environmental Governance

HU Zongyi[1]，QIAO Hongyu[1]，YU Shenghua[2]

(1. College of Finance and Statistic，Hunan University，Changsha　410079，China；
2. School of Economics and Trade，Hunan University，Changsha　410079，China)

Abstract：Based on the panel data from 285 prefecture-level cities in China from 2009 to 2022，this paper constructs an indicator system for the modernization level of local government's environmental governance capabilities and uses a double fixed effects model to explore the impact effect and mechanism of digital technology on the modernization of local government's environmental governance from multiple dimensions. The study finds that digital technology promotes the modernization level of local government's environmental governance capabilities. Digital technology can indirectly enhance the modernization level of local government's environmental governance capabilities through three channels：opening data elements，improving the structure of production factors，and upgrading knowledge and skill elements. Heterogeneity analysis indicates that for central cities，non-natural resource-based cities，and cities with a high digital hierarchy，digital technology has a better impact on the modernization level of local government's environmental governance capabilities. Further analysis reveals that patent protection plays a positive moderating role in enhancing the modernization level of local government's environmental governance capabilities through digital technology；in the current new paradigm of environmental governance characterized by refinement，intelligence，and digitization，the higher the local government's focus on the

* ［收稿日期］2024－01－21
［基金项目］湖南省自然科学基金面上项目：复杂数据建模中基于Lasso分位数回归的预测方法及应用研究(2023JJ30173)
［作者简介］胡宗义(1964—)，男，湖南宁乡人，湖南大学金融与统计学院教授，博士生导师，博士，研究方向：能源与环境经济学。

innovation and integration of environmental governance models, the stronger the impact effect of local digital technology on the modernization level of local government's environmental governance capabilities.

Key words: digital technology; environmental governance; patent protection; refinement; digital intelligence

一　引　言

生态环境治理体系和治理能力现代化，是国家治理体系和治理能力现代化的重要组成部分。其中，推动生态环境治理能力现代化，是践行习近平总书记“绿水青山就是金山银山”发展理念的应有之义。而在地方政府践行的过程中，不仅地方环境治理能力现代化的界定存在模糊性，而且在数字技术发展迅速的今天，如何充分发挥数字技术在环境治理中的作用，应对数字技术与地方政府环境治理事务之间的“信息孤岛”“协同困难”“数字技术参与度低”等问题都有待我们挖掘[1]。本文尝试构建地方政府环境治理能力现代化水平的指标体系，并深度挖掘数字技术对地方政府环境治理能力现代化的影响机制。

针对环境治理能力现代化概念的界定，本文认为可以从技术、协同与服务三个层面进行分析。中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于构建现代环境治理体系的指导意见》，指出环境治理能力现代化是在党委领导下，各方参与主体在更加健全的市场服务机制、技术监督机制与多方协同责任机制中实现环境治理能力现代化水平的提升，其中强调了多元主体的协同性、市场服务能力以及技术监督能力。学术界也有部分学者尝试定义地方政府环境治理能力现代化的相似词汇。洪银兴等人指出地方政府主体充分利用规则制度，制定公平的市场化规则，发挥协调能力，将现代化服务贯穿于各个治理主体间，从而实现善治目标[2]。陈金晓提出生态环境治理能力现代化是战略转型优先，制度作保障，技术为基础，强调生态环境治理能力现代化需要适配的能力，其能力包含组织协调能力、数字监测能力、人才资源能力[3]。据此，本文将从地方政府主体角度，将环境治理能力现代化界定为涵盖技术监督能力、治理协调能力与治理服务能力的综合能力。

数字技术与环境治理一直是国内外热点话题之一。自 20 世纪中叶以来，随着信息技术的发展，西方对环境电子治理的研究层出不穷，主要分布于电子政务在环境治理的可持续发展中的积极作用研究[4]。之后随着信息技术的演变，西方学者指出电子商务对环境治理的影响是综合性的，贯穿于重塑治理理念、流程、体系和组织等的过程中[5]。我国已有文献除了在西方理论的基础上进行本土化延伸，也有学者指出新型数字技术在融合政府环境治理的过程中存在实体经济融合难度高、数据开发水平低、基础设施不完善、主体利益不匹配等问题[6]。综合而言，国内外关于数字技术与环境治理的相关研究经历了信息环境治理、电子环境治理，但数字环境治理与现代化的研究并不多，且针对数字技术在我国环境治理融合过程中的问题研究也较为匮乏。

鉴于此，本文基于我国 2009—2022 年 285 个地级市的面板数据，聚焦数字技术对地方政府环境治理现代化水平的影响效应及作用机制。与已有文献相比，本文的研究贡献体现在如下几个方面：第一，为厘清数字技术与地方政府环境治理现代化的相关关系提供了实证数据。现有文献虽然探讨了数字技术如何赋能环境治理现代化体系，但鲜有文献从实证角度构建相关指标体系。第二，现有文献大多从主体层面、产业层面诠释数字技术对环境治理现代化的影响，但并没有探讨城市间的异质性问题。本文从地区城市的政治、自然资源和数字层级角度分析，从而发现如何通过地区协同进一步推动数字技术应用于地区环境现代化治理。第三，为更好地发挥数字技术对地方政府环境治理现代化的推动作用，本文加入调节效应分析，建议在充分发挥数字技术赋能的同时，进一步更新数字技术相关政策，丰富数字技术的知识产权保护，加速数字技术与多样化环境治理模式的融合，切实构建以政府为主导、企业为主体、公众与社会组织共同参与的环境治理现代化体系。

二　理论机理与研究假定

(一)数字技术对环境治理现代化的驱动机理

数字技术从两个方面推动地方政府生态环境治理能力现代化水平。一方面，从治理模式的角度，数字技术与环境治理监测结合，能够实时监控地区、企业污染状况，实现管理过程中的实时监测、诊断、分析和决策，进而从环境监测、监管、预防三个层面实现精准管控、事前预防、科学决策[7]。部分城市涌现“互联网＋环保”的模式，即地方政府通过建造智慧监管平台，对特定污染物及污染地区实时监控，做到

在线监测、实时传输。另一方面,从主体协同的角度,数字技术能够推动各个主体间协同度增加,推动跨区域、部门治理目标一致,培养环境治理主体数字理念。比如地方政府能够有效打破政企合作困境,针对企业属性、规模、企业所处行业特性等因素制定精细化环境治理方案,避免“一刀切”的处理方式[8]。此外,政府信息平台的构建也加速了政府与公众之间的互动,有助于推动实现线上线下、政府与公众互动的新管理格局[9]。

从数据要素赋能的角度,数字技术能够释放强大的数据生产力,帮助政府构造生态大数据平台,打破部门间信息壁垒,推动各区域、各部门生态环境治理协同[10]。2020年4月,中共中央、国务院印发的《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》标志着数据被认定为生产要素的一类,政府和企业需要重视数据治理,最大化数据的经济价值和社会效益。当下,以数字技术为基础衍生出的新型技术包括5G、大数据、人工智能、区块链等,显现出数字技术具有高渗透性、可持续性、规模经济性、快捷便利性以及附加值创造等特性[11],由于数据要素的渗透特性,其驱动的创新衍生至经济社会环境等多个领域,并催生大量新技术新产业新业态。特别是对于政府而言,数据要素帮助政府搭建数据平台,建立数据确权机制,深度收集环境信息并做到实时监测、传输、分析[12]。

数字技术不仅激活了数据要素,还深刻影响了整个经济生产要素的种类和结构,并在数字经济领域创造了新的劳动力需求。马克思指出:如果生产这些劳动资料的部门的劳动生产力发展了,而劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而进步的,那么旧的机器、工具、机械等就会被效率更高的、更便宜的机器、工具器械所替代。而机器工具必须与使用工具的人结合起来才能赋予工具价值[13]。因此,数字技术的发展改善了传统生产要素,并造就出更多的信息化人才,方便环境治理的主体解决信息不对称等产生的技术问题,以信息化驱动现代化,构建环境治理新体系。特别是对于企业而言,信息化人才优化了企业人才结构,推动了企业数字化转型,更好地配合政府要求披露企业环境信息,并协同政府共同监测企业自身的排污点、排污物[14]。

数字技术在改善生产要素的同时,也提升了传统知识技能要素。在环境治理现代化转型过程中,数字知识技能能够提高参与治理主体对环境信息的敏感度跟辨识度,推动工作人员更好地分析环境信息[15]。特别是对于公众而言,数字知识技能能够提升公众参与环境治理的意识,创新公众参与方式,增强公众识别环境信息的能力,从而实现对环境治理的全过程民主监督,推动生态环境治理现代化水平的提升[16]。据此,提出以下假设:

H1:数字技术不仅能够对地方政府环境治理能力现代化水平产生直接积极影响,也能够分别通过数据要素、生产要素、知识技能要素提升地方政府环境治理能力现代化水平。

(二)知识产权保护与创新融合的调节效应研究

1. 知识产权保护的调节效应

知识产权在数字化时代,已然成为数字技术前行的关键驱动力之一。一方面,知识产权能够通过司法途径解决数字时代的知识产权纠纷问题,解决政府、企业与公众大量数据泄密问题,从而维护市场秩序,保护当事人的合法权益[17]。另一方面,知识产权数字技术的保护力度加大直接推动了数字专利申请数量快速增长。截至2022年底,中国数字经济核心产业发明专利有效量为160万件,占我国发明专利有效总量的38%,同比增长20.3%。据此,提出以下假设:

H2:知识产权保护对数字技术推动地方政府环境治理能力现代化水平具有正向调节作用。

2. 创新融合的调节效应

数字技术的本质是创新,核心是融合。因此,数字技术不断迭代推动新的创新融合治理方式出现,成为中国式环境治理现代化转型升级的必经之路。近年来,数字技术具有很高的渗透性、融合性,并衍生新的社会治理模式,比如自治模式、共享模式、智能化等模式。其中,“数精”“数智”范式治理模式对环境治理现代化具有指导作用。从数字治理精细化方面而言,地方政府可以通过更完善的数字基础设施,收集具体的污染源和污染传播途径,进行精准监控、分析、科学决策,推动环境管理逐渐向信息化、科学化、网格化和精细化转变[18]。从数字治理智能化方面而言,数字技术能够通过数据驱动,提高地方政府、企业平台数据处理分析能力,融合大数据、5G、区块链等技术提升各主体各平台的智能分析能力[19]。“数智”化相比数字化,结合了人工智能、大数据、云计算、物联网等先进的信息技术,借助大数据和人工智能等技术进行预测和预警,从而实现对环境问题的超前治理[20]。据此,提出以下假设:

H3:创新融合对数字技术推动地方政府环境治理能力现代化水平具有正向调节作用。

数字技术影响地方政府环境治理现代化的理论框架如图 1 所示。

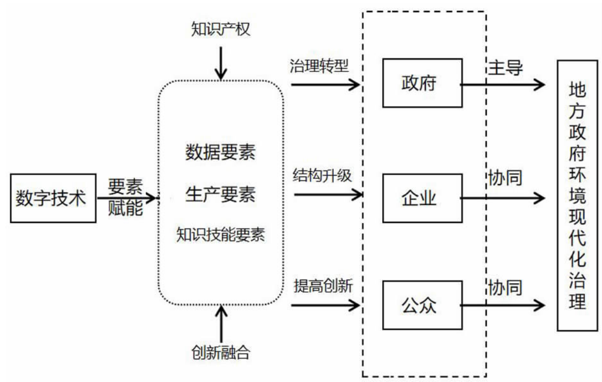

图 1　数字技术影响地方政府环境治理现代化的理论框架

三　研究设计

(一)数据来源

为探索数字技术对地方政府环境治理现代化的影响，本文参考 PITI 指数报告的筛选标准，样本期设置为 2009—2022 年。主要数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》，EPS 数据库，以及各省地级市城市官方网站，部分数据手动整理获取。对于部分指标没有数据或者缺失某些年份的数据，主要采取如下两种方法进行处理。一是对于部分指标缺失某些年份的数据采用插值法处理，例如 12369 环保举报电话从 2011 年才开始覆盖，而数据统计的时间范围为 2009—2022 年，故对个别城市缺失 2011 年以前的数据使用插值法处理，进而保持数据一致性。二是部分指标受地级市数据限制，对于这部分数据采用估算方法。例如，市级监测站机构人数和市级监察机构人数来自《中国环境统计年鉴》中各省的数据，借鉴范子英和赵仁杰[21]研究中推算市级环保问题上访人数的处理思路，用地级市工业总产值占本省工业总产值比重乘以省级数据，估算出地级市层面数据。

(二)变量设定

探究数字技术对地方政府环境治理现代化水平的影响，必须合理地选取相应指标，力求准确识别两者之间的因果关系(见表 1)。具体变量定义如下。

1. 被解释变量

地方政府环境治理现代化水平(GEM)。现有关于地方政府环境治理现代化水平的衡量并未达成一致，本文手动整理出政府文件以及知网学者中对地方政府环境治理现代化定义出现频率最高的三个核心词，根据数据可得性，本文选取环境治理数字化、协同化、服务化三个维度构建地方政府环境治理现代化指标体系。

在测度方法上，本文先对原始数据做无量纲化处理，以确保各项指标的量纲统一，再借鉴杨丽和孙之淳[22]提出的改进熵值法，在传统熵值法思路上加入年份变量，利用指标在时间维度上的信息量，有效区分评价对象在不同年份指标上的差异。具体的计算步骤如下：

首先，本文先假设指标体系中，共有 m 个指标，其中包含 n 个城市 t 年的数据，则 X'_{ijk} 表示城市 i 第 j 年的第 k 个指标值，由于本文所选取的数据均为正向，所以对指标体系中各项指标值进行无量纲化处理时，计算方法为：

$$X'_{ijk}=\begin{cases}\dfrac{X_{ijk}-\min(X_{ijk})}{\max(X_{ijk})-\min(X_{ijk})}, & \text{当 } X_{ijk}\neq\min(X_{ijk})\text{ 时}\\ \dfrac{X_{ijk}-\min(X_{ijk})}{\max(X_{ijk})-\min(X_{ijk})}+0.01, & \text{当 } X_{ijk}=\min(X_{ijk})\text{ 时}\end{cases}\tag{1}$$

其中 X'_{ijk} 是 X_{ijk} 标准化后的取值。

其次，构建规范化矩阵，利用改善熵值计算权重。

$$P_{ijk}=X'_{ijk}/\sum_i\sum_j X'_{ijk}\tag{2}$$

$$E_k=-In(tn)\sum_i\sum_j[P_{ijk}In(P_{ijk})]\tag{3}$$

$$W_k=(1-E_k)/\sum_j(1-E_k)\tag{4}$$

最后，根据确定后的权重计算地方政府环境现代化治理水平指数。

$$GEM_{ij}=\sum_k(W_kX'_{ijk})\tag{5}$$

根据上述计算步骤获得各基础指标在研究期限维度上的权重，并对其取平均值获得各指标的权重均值。

2. 核心解释变量

数字技术(DT)，借鉴金灿阳和陶长琪等[23-24]的做法，借助 Python 软件对政府工作报告进行分词处理，分别统计了省级和地级市政府工作报告中与数字技术相关的关键词词频，分别记为数字政策词频 A、数字政策词频 B。本文将词频 A 和 B 加总汇聚成数字技术(DT)的文本数据。

3. 中介变量和调节变量

地方政府数据信息公开程度直接影响了数据要素的获取，同时也影响数据要素获取的时效性和准确性。因此，本文使用地方政府信息开放水平(gov_open)来衡量数据要素开放程度。数据由历年政府网站绩效评估报告获得经手动整理后得到。生产要素是创造财富的关键，在强调现代化创新的时代，信

息人才是关键要素。因此,本文选取当地信息化人才(Lit)衡量改善生产要素的指标,从全国城市统计年鉴中手动整理地区信息化人才数量。参考席鹏飞等人[25]的做法,本文从国家知识产权局手动整理地区绿色授权专利数量以衡量知识和技能要素,记为当地数字创新水平(Ldi)。调节变量方面,本文根据《中国法院知识产权司法保护状况》手动收集了各地级市知识产权结案数,记为protect。本文参考相关研究[26],筛选出与精细化治理、智能化治理相关的关键词,利用Python工具爬取地方政府工作报告,得到数精模式(D_fine)和数智模式(D_intelligent)指标,将两者加总得到创新融合(DFI)词频数据。

4. 控制变量

为消除遗漏变量引起的回归结果偏误,本文选取以下九个控制变量。1)地区经济发展水平(agdp)用人均GDP来衡量。2)人口密度(density)用每平方公里内的常住人口表示。一般来说,人口密度越高的地方,污染物排放量更高。正因为如此,一些地区政府为环境绩效达标,对污染整治力度也更大。3)对外开放程度(open)采用各地级市当年实际外资金额/当地GDP表示。4)产业结构(Industry):产业的布局与结构与区域资源匹配、产业集群效应、技术交流息息相关,对构建创新环境具有深远影响[27],本文以各个地级市的第二产业产值/地级市GDP来表示。5)地方政府科技投入(GTI):地方政府科技投入在解决环境问题上扮演重要角色,科技创新能够提高环境治理效率,从而更好地解决环境问题[28],本文用手动整理出的地级市政府工作报告中的人均财政科学支出表示。6)地方政府环境规制水平(ER):参考邓慧慧等人[29-30]的做法,利用Python对政府工作报告进行分词,提取地级市政府工作报告中与环境规制相关的15个关键词,以文本词频数据表示。7)地区空气污染程度(PM2.5):以地区PM2.5(细颗粒物)浓度水平表示。8)地区政府财政能力(gov_cap):参考孙传渝[31]的做法,用地级市财政支出减去地级市财政收入的差额表示,并对其进行对数处理。9)地方政府财政透明度(gov_trans):从中国财政透明度报告和各地级市政府公开预算报告中手动整理,以地级市政府预算公开报告中的财政透明度表示。

表1 主要变量描述性统计

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
GEM	3990	0.0725	0.0553	0.00914	0.444
GEDig	3990	0.0287	0.0247	0.00151	0.195
GESyn	3990	0.0163	0.0176	0.000651	0.159
GEServ	3990	0.0265	0.0131	0.0101	0.0537
DT	3990	1377.74	1643.52	1.04	13064.94
agdp	3990	67550.51	36693.26	10962	467749
density	3990	545.89	384.03	4.30	2648.00
open	3990	0.0206	0.0194	0.001	0.132
Industry	3990	0.470	0.106	0.178	0.905
GTI	3990	374.36	775.26	2.57	12197.40
ER	3990	44.48	18.65	0	131
PM2.5	3990	43.38	15.13	13.77	104.76
gov_cap	3990	14.56	14.81	15.62	17.20
gov_trans	3990	43.72	21.25	0.00	92.15

(三)模型设定

由于影响地方政府环境治理能力现代化水平的因素纷繁复杂,为尽可能消除因遗漏变量造成的内生性问题,本文选用面板数据模型作为基准回归模型,具体形式如下:

$$GEM_{it}=\alpha_0+\beta_1 DT_{it}+\sum\nolimits_k \beta_k control_{kit}+\lambda_{it}+\gamma_{it}+\varepsilon_{it} \tag{6}$$

其中,GEM_{it}为被解释变量,代表地方政府环境治理能力现代化水平;DT_{it}为核心解释变量,代表数字技术;$control_{kit}$表示地级市层面的控制变量;ε_{it}为随机扰动项。

四 实证结果与分析

(一)基准回归结果

本文选取双向固定效应面板模型进行估计,根据公式(6)构建的基准模型,以数字技术为核心解释变量,分三个维度探究数字技术对地方政府环境治理现代化水平的影响效用。其中表2中的列(1)汇报了数字技术对地方政府环境治理水平的整体效用,其影响系数为0.027,在1%水平上显著。列(2)~(4)表示数字技术对地方政府环境治理数字化

水平、协同化水平和服务化水平的影响效用，三者均在 1%水平上显著。其中控制变量中，Industry 和 PM2.5 的影响系数为负数，原因在于环境污染重、第二产业发展占比高的区域，第三产业发展占比相对较低，而数字技术作为新兴产业技术，地级市在产业转型升级的过程中仍需要一些时间。从细分维度而言，数字技术对环境治理能力现代化水平的系数是三个细分维度中最高的。源于数字技术能够通过新型数字基础设施收集比以往更多的信息，在数据挖掘、分析方面产生直接影响。在能力协同化水平方面，政府需要通过构建数字平台，建立数据平台库，并且通过数据分析，将结果传输到各个部门，最后通过部门协同展示出结果，但部门协同由于利益划分不均、指标不够统一、部门系统内部不一致等问题，影响效果不佳。对于能力服务化水平而言，政府要打造环境治理反馈平台，而公众需要掌握线上平台的使用方法，这不仅考验地方公众环境保护意识，还考验领导是否关注下层执行力等问题。据此，该实证数据验证了假设 1 中数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平具有积极影响。

表 2　基准回归结果

变量	(1) *GEM*	(2) *GEDig*	(3) *GESyn*	(4) *GEServ*
DT	0.027***	0.014***	0.008***	0.005***
	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.000)
agdp	0.005***	0.002**	0.001**	0.003***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.000)
density	0.002**	0.000	0.001***	0.000
	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)
open	−0.053	−0.051***	−0.066***	0.055***
	(0.033)	(0.016)	(0.014)	(0.011)
Industry	−0.050***	−0.017***	−0.013***	−0.022***
	(0.007)	(0.004)	(0.003)	(0.002)
GTI	0.014***	0.004***	0.005***	0.003***
	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.000)
PM2.5	−0.013***	−0.005***	−0.007***	0.001
	(0.003)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
gov_cap	0.007***	0.003***	0.002***	−0.001**
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.000)
Constant	−0.087***	−0.051***	−0.015**	−0.023***
	(0.015)	(0.007)	(0.006)	(0.004)
样本量	3990	3990	3990	3990
R^2	0.896	0.868	0.823	0.828
城市固定效应	有	有	有	有
时间固定效应	有	有	有	有

注：括号内为稳健标准误，*** 表示 $p<0.01$，** 表示 $p<0.05$，* 表示 $p<0.1$，下同。

（二）稳健性检验

1．剔除直辖市

由于北京、天津、上海和重庆四个直辖市政府规模、经济地位等因素，可能会对分析结果产生部分影响，所以剔除直辖市进行检验。回归结果见表 3 列（1），剔除四个直辖市后，数字技术对地方政府环境治理现代化水平仍在 1%上显著。

2．加入被解释变量的滞后项

环境治理能力现代化水平提升不是一蹴而就的，数字技术对其影响也并非即刻就能生效，基于此，在稳健性检验中考察数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的滞后影响，选择被解释变量的滞后一期作为新的被解释变量，并对其进行回归。回归结果见表 3 列（2），核心解释变量的回归系数均在 1%上显著，但系数没有基准回归的系数大，这表明数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平影响可能存在一定滞后，且影响效果并没有那么大。

3．替换解释变量

参考高远东等[32]的做法，本文通过设置虚拟变量的方式进行赋值，若城市 i 在 t 年实施了“大数据发展”战略，赋值为 1，反之为 0。此外，城市 i 在“大数据发展”战略实施后的年份均取值为 1，否则取值为 0。回归结果见表 3 列（3），替换后的解释变量仍然显著正向影响地方政府环境治理能力现代化水平。

表 3 稳健性检验结果

变量	(1) 剔除直辖市	(2) 加入滞后项	(3) 替换被解释变量
DT	0.029***	0.014***	0.009***
	(0.002)	(0.001)	(0.001)
L.GEM		0.891***	
		−0.035	
DT2			0.013***
			−0.005
控制变量	有	有	有
样本量	3934	3705	3990
R^2	0.833	0.96	0.825
城市固定效应	有	有	有
时间固定效应	有	有	有

(三)内生性问题讨论

考虑到数字技术和地方政府环境治理能力现代化可能存在一定的内生性问题,本文采用工具变量与外生事件冲击消除潜在的内生性问题。本文引入外生政策构建的工具变量是以“宽带中国”示范城市为场景。一方面,“宽带中国”战略被认为是中国城市数字化发展的重要驱动政策[33],也是企业开展数字化转型活动的关键要素之一[34]。因此,“宽带中国”战略对于促进数字经济发展以及数字技术创新可能起到至关重要的作用。另一方面,“宽带中国”示范城市的选择并不由单个企业决定,因而该政策具有外生性,使工具变量的排他性要求可以较好地得到满足。基于上述考虑,本文设置工具变量 Broadband:当企业位于“宽带中国”示范城市,并且时间处于示范城市设立年度及之后时,Broadband 取值为 1,否则为 0。由表 4 的(1)(2)列可见,在工具变量 Broadband 对核心解释变量 DT 的回归中,Broadband 的系数在 1%的水平上显著为正,意味着“宽带中国”战略实施后,数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的影响作用加强,满足了工具变量的相关性要求,和前文结论一致。本文还借鉴黄群慧等人[35]的研究,由于邮局数据是历史截面数据,本文选取一个与之相关的时间序列变量构建交乘项。回归结果见表 4 的(3)(4)列,其表示在加入历史邮局数据工具变量后,控制了城市和年份固定效应,发现结果均显著为正,数字技术对地方政府环境治理现代化水平总体仍在 1%上显著,其中 Wald 和 LM 检验值均表示工具变量选取合理。在控制内生性问题后,数字技术系数显著为正,表示数字技术对地方政府环境治理现代化水平有正向推动作用,和前文结论一致。

(四)异质性分析

借鉴赵涛等人的研究[36],本文将中心城市划分为省会城市、副省会城市和直辖市,而其他归为外围城市进行异质性分析。由表 5 可见,不论是对于地方政府环境治理现代化水平还是其细分维度,中心城市数字技术的影响作用比外围城市更强。可能的原因是省会城市和一线城市等地方政府更加注重环境治理技术水平的提升,而数字技术的应用能够帮助政府加快建立环境监督体系,对重污染行业、企业进行针对性跟踪管理,从而推进城市绿色发展[37]。

根据国务院公布的资源型城市名单①,将样本城市分为资源型城市和非资源型城市,进行自然资源禀赋异质性分析。由表 6 可知,不论是地方政府环境治理能力现代化水平,还是其三个子维度,数字技术的影响效果都是非资源型城市强于资源型城市。可能存在的原因是资源型城市的产业更集中于第二产业,多为重污染、高耗能的重化工型企业,环境问题突出,面临着“自然资源诅咒”的困境,而数字技术作为新兴产业技术,在与第二产业融合的过程中融合度低[38−39],且资源型城市在发展过程中的技术、人力、资金已经形成固有的结构,不利于数字技术资源重新分配,从而导致数字技术的推动效果低于非资源型城市。

借鉴熊丽芳等人[40]的做法,本文将城市与城市之间数字联系强度按照分位数法用低、中、高三个标准来衡量各个城市之间的数字距离层级。由表 7 可知,不论是地方政府环境治理能力现代化水平,又或是其三个子维度,数字技术对于数字联系强度高的城市更能发挥作用,而数字联系强度低的城市数字技术对地方政府环境治理现代化水平的推动作用更小。诚然,数字层级更高的城市代表大数据和人工智能技术的使用率更高,对人民生活的影响更广泛,线上线下融合结构更优化,大数据的技术和方法可以为城市环境治理提供信息收集、实时监测和公众参与等支持,同时也可以为城市环境治理政策的提出和实施带来新的变革,从而对环境治理现代化的推动作用更强[41−43]。

① 国务院印发的《全国资源型城市可持续发展规划(2013－2020 年)》中,明确给出资源型城市的名单,详情请参见:http://www.gov.cn/zwgk/2013－12/03/content_2540070.htm。

表 4　内生性分析结果

变量	(1) *DT*	(2) *GEM*	(3) *DT*	(4) *GEM*
Broadband	0.221*** (0.039)			
IV			0.207*** (0.05)	
DT		0.073*** (0.013)		0.045*** (0.007)
控制变量	有	有	有	有
城市固定效应	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有
R^2	0.666	0.782	0.696	0.866
Anderson canon. corr. LM statistic		17.453***		31.927***
Cragg-Donald Wald F statistic		17.037***		31.519***

表 5　城市层级异质性分析结果

变量	中心城市				外围城市			
	(1) *GEM*	(2) *GEDig*	(3) *GESyn*	(4) *GEServ*	(5) *GEM*	(6) *GEDig*	(7) *GESyn*	(8) *GEServ*
DT	0.029*** (0.005)	0.018*** (0.003)	0.0077*** (0.002)	0.00411*** (0.001)	0.024*** (0.002)	0.012*** (0.001)	0.0076*** (0.001)	0.00410*** (0.0006)
控制变量	有	有	有	有	有	有	有	有
R^2	0.943	0.926	0.878	0.864	0.816	0.74	0.71	0.807
城市固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有

表 6　自然资源禀赋异质性分析结果

变量	非资源型城市				资源型城市			
	(1) *GEM*	(2) *GEDig*	(3) *GESyn*	(4) *GEServ*	(5) *GEM*	(6) *GEDig*	(7) *GESyn*	(8) *GEServ*
DT	0.029*** (0.002)	0.014*** (0.001)	0.009*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.017*** (0.004)	0.010*** (0.002)	0.005*** (0.001)	0.002*** (0.001)
控制变量	有	有	有	有	有	有	有	有
R^2	0.904	0.88	0.83	0.855	0.835	0.759	0.76	0.766
城市固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有

表 7　数字距离禀赋异质性分析结果

变量	*GEM*			*GEDig*			*GESyn*			*GEServ*		
	(1) 低	(2) 中	(3) 高	(4) 低	(5) 中	(6) 高	(7) 低	(8) 中	(9) 高	(10) 低	(11) 中	(12) 高
DT	0.016*** (0.003)	0.030*** (0.003)	0.037*** (0.002)	0.007*** (0.001)	0.016*** (0.001)	0.020*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.008*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.006*** (0.001)
控制变量	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
R^2	0.822	0.791	0.924	0.792	0.778	0.911	0.678	0.699	0.864	0.725	0.749	0.797
城市固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有

五　作用机制和调节效应检验

(一)作用机制检验

本文借鉴江艇[44]的方法检验数据要素、生产要素、知识技能要素三者对数字技术与地方政府环境治理现代化水平的中介效应。由表 8 可看出,数据要素、生产要素以及知识技能要素均能够作为中介因素促进数字技术对地方政府环境治理现代化水平的提高。由表 8 的列(1)(2)可知,生产要素改善与

知识技能要素升级的显著程度更高,数字技术对地方政府环境治理现代化的影响效果更好,可能的原因是政府信息公开质量和时效性问题的存在,即信息公开制度不完善,各区域政府信息公开内容不一,工作人员对于信息公开申诉等问题反应速度慢,所以导致其影响效果相对没那么好。

从表8的列(3)(4)来看,数据要素对地方政府环境治理现代化的中介效应是正向显著的。数据要素开放可以打破部门间、政企间、政府与公众间的环境信息壁垒,促进环境信息在各个环境治理主体间流通共享,从而更好地推动共享共治环境治理模式。表8列(5)中环境治理协同化的系数较小,可能的原因是数据要素开放更多集中在政府对公众单向开放,而在服务化指标体系中更侧重政府与公众的互动。

从表8的列(5)(6)来看,生产要素赋能相较于数据要素和知识技能要素的系数最大。从各个主体方面而言,其一,政府信息化人才的增加直接提升了地区政府部门对数字技术的关注度,从而推动数据要素开放,打破环境信息壁垒;其二,企业信息部门人才增加直接提高了数字技术层面的创新效能,推动企业更好地开展数字化转型,利用大数据平衡企业生产经营与环境成本之间的经济问题,从而推动企业协同做好现代化环境治理工作;其三,增强了公众的数字意识,带动了更多的人使用数字技术,例如通过线上反馈、视频等形式参与环境治理。

据此,该实证数据验证了假设1中数字技术能够通过三种不同的生产要素间接对地方政府环境治理能力现代化水平产生积极影响。

(二)调节效应检验

为进一步探究数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的调节作用,本文在公式(6)的基础上分别加入了知识产权保护(protect)、创新融合(DFI)和数字技术的交乘项。

根据表9的列(1)(2)回归结果来看,知识产权保护对数字技术与地方政府环境治理能力现代化水平具有正向调节作用,该结果与本文理论假设预期相符。从细分维度而言,知识产权保护能够集聚人力资本的“人才效应”、提升创新研发的“研发效应”,以及激发技术交易的“市场效应”。但知识产权保护力度过大,容易引发知识产权归属、权益共享等问题,增加知识交易成本,可能会影响部门之间、政企之间的数据要素流通,从而不利于政府通过数据要素开放开展环境治理,这可能是环境治理协同化与服务化系数较低的原因。

根据表9列(3)(4),数字化与地区精细化治理和智能化治理融合的创新模式对数字技术与地方政府环境治理能力现代化水平呈现显著正向调节效应。从细分维度而言,“数精”模式与“数智”模式都是数字技术的一种延伸应用,“数精”模式能够推动地方政府对环境监测数据进行精细化分析,从而做出科学决策,减少中间沟通成本。“数智”模式强调地方政府利用数字技术云平台,提升数据智慧监测、监管,相较于以往收集数据而言,“数智”模式能够进一步替代人工进行简单的环境问题提醒。

表8 生产要素赋能中介效应分析结果

变量	(1) *GInfo_open*	(2) *GEM*	(3) *Lit*	(4) *GEM*	(5) *Ldi*	(6) *GEM*
DT	0.056***					
	(0.008)					
GInfo_open		0.017***				
		(0.004)				
DT			0.801***			
			(0.030)			
Lit				0.027***		
				(0.001)		
DT					0.872***	
					(0.053)	
Ldi						0.013***
						(0.001)
样本量	3990	3990	3990	3990	3990	3990
R^2	0.531	0.827	0.896	0.891	0.857	0.857
城市固定效应	有	有	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有	有	有

表 9　调节效应实证结果

变量	(1) GEM	(2) GEM	(3) GEM	(4) GEM
DT	0.004***	0.011***		
	−0.001	−0.002		
DT×protect	0.001***	0.004***		
	0	0		
DT			−0.007***	−0.017***
			0.001	0.002
DT×DFI			0.004***	0.009***
			0	0
控制变量	无	有	无	有
R^2	0.839	0.915	0.916	0.939
城市固定效应	有	有	有	有
年份固定效应	有	有	有	有

六　结论与建议

基于 2009—2022 年 285 个中国地级市的面板数据，本文实证检验了数字技术影响地方政府环境治理能力现代化水平的作用机制。研究发现：其一，数字技术的发展有利于地方政府环境治理能力现代化水平的提升，并分别对地方政府环境治理数字化转型、协同化转型和服务化转型细分能力维度均有显著正向促进作用。其二，作用机制上，数字技术可以通过数据要素开放、改善生产要素和升级知识技能要素赋能地方政府环境治理能力现代化水平提升。其三，中心城市的数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的影响比外围城市更大，数字距离近的中心城市，数字技术的影响更大。且数字技术对地方政府环境治理能力现代化水平的影响存在异质性，资源型城市由于资源开放，第三产业发展占比较小，数字技术在环境治理现代化方面的影响低于非资源型城市。其四，调节效应分析中，知识产权保护有利于数字技术的创新发展，推动地区专利申请数量增加，有利于地区产业模式数字化转型，有利于地区环境治理能力现代化。而由数字技术衍生出的“数精”“数智”模式也能够对地方政府环境治理能力现代化水平起到直接推动作用，进一步释放数字技术的潜力。

基于上述结论，本文提出如下建议：一是基于数字技术确实能够对地方政府环境治理现代化转型起到正向推动作用，我国应推动环境治理数字化，进一步提高数字技术在环境治理上的科学性和智能性，提升环境治理工具的精准性，促进决策科学化。二是地方政府应进一步开发数据要素功能，推动大数据流通，建立环境大数据信息分享平台，让企业与公众更快速直观地了解环境信息，并及时与企业公众进行互动并简化投诉流程。三是基于国家倡导的环境治理多元共治的原则，政府、企业与公众三者确实能够在环境治理现代化转型过程中起到推动作用。我国应建立统一的环境治理责任分区，分别设置政府、企业与公众三者的监督标准，并建立配套的奖惩制度。四是基于各城市资源、地位、经济发展水平、数字距离等不同特点，国家应建立大数据协同平台，由数字技术发展水平高的城市拉动资源污染重的城市，建立数字技术帮扶机制，推动城市间技术资源优化配置。五是加快数字知识产权迭代速度，推动制度保护与数字技术协同更新。六是推动数字技术融合于不同主体、不同行业，我国应推动数字技术多融合、多渠道、多场景的发展，加大对数字技术 2.0、3.0等新业态模式的政策支持。

[参　考　文　献]

[1]　范合君，吴婷，何思锦．“互联网＋政务服务”平台如何优化城市营商环境：基于互动治理的视角[J]．管理世界，2022(10)：126－153．

[2]　洪银兴，刘伟，高培勇，等．“习近平新时代中国特色社会主义思想经济思想”笔谈[J]．中国社会科学，2018(9)：4－73＋204－205．

[3]　陈金晓．“双碳”目标下的经济循环：循环低碳化与低碳循环化[J]．经济学家，2022(9)：78－87．

[4]　Zhao X，Zhang S，Lu F. The impact of digital environmental governance on green transformation：theoretical mechanism and empirical test from China [J]. Sustainability，2024 (1)：157.

[5] Elmes M B,Volkoff O,Strong D M. Technological embeddedness and organizational change[J]. Organization Science,2007(5):832-848.
[6] 关爽.数字技术驱动社会治理共同体建构的逻辑机理与风险治理[J].浙江工商大学学报,2021(4):153-161.
[7] 张云,柏培文.数智化如何影响双循环参与度与收入差距:基于省级—行业层面数据[J].管理世界,2023(10):58-83.
[8] 庄玉乙,胡蓉."一刀切"抑或"集中整治":环保督察下的地方政策执行选择[J].公共管理评论,2020(4):5-23.
[9] 王馨,王营.环境信息公开的绿色创新效应研究:基于《环境空气质量标准》的准自然实验[J].金融研究,2021(10):134-152.
[10] 余文涛,杜博涵,王雅云.数字经济政策对产学研协同创新的影响研究[J].软科学,2024(1):83-91.
[11] 陈雨露.数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J].经济研究,2023(9):22-30.
[12] 焦豪.数字平台生态观:数字经济时代的管理理论新视角[J].中国工业经济,2023(7):122-141.
[13] 马克思.资本论:第1卷[M].北京:人民出版社,2004.
[14] 阳立高,邬佩云,韩峰.数字产业与制造业协同集聚对企业绿色创新的影响研究[J].财经理论与实践,2024(3):131-138.
[15] 李韬,冯贺霞.数字治理的多维视角、科学内涵与基本要素[J].社会科学文摘,2022(7):5-7.
[16] 王芳,郭雷.数字化社会的系统复杂性研究[J].管理世界,2022(9):208-221.
[17] 邵素军.浅析知识产权保护与数字经济发展关系[J].人民论坛,2019(24):46-47.
[18] 国务院发展研究中心市场经济研究所课题组,王微,邓郁松,王瑞民,等.新一轮技术革命与中国城市化2020～2050——影响、前景与战略[J].管理世界,2022(11):12-28.
[19] 雷晓康,张田.数字化治理:公众参与社会治理精细化的政策路径研究[J].理论学刊,2021(3):31-39.
[20] 周银凤."数智化时代"文旅融合发展的对策研究[J].新经济,2021(12):67-70.
[21] 范子英,赵仁杰.法治强化能够促进污染治理吗:来自环保法庭设立的证据[J].经济研究,2019(3):21-37.
[22] 杨丽,孙之淳.基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评.经济问题,2015(3):115-119.
[23] 金灿阳,徐蔼婷,邱可阳.中国省域数字经济发展水平测度及其空间关联研究[J].统计与信息论坛,2022(6):11-21.
[24] 陶长琪,丁煜.数字经济政策如何影响制造业企业创新:基于适宜性供给的视角[J].当代财经,2022(3):16-27.
[25] 席鹏飞,胡小虎,方佳丽.数字金融对区域创新水平的影响研究:基于专利数据的实证分析[J].市场周刊,2022(1):160-163.
[26] 余敏江.环境精细化治理:何以必要与可能?[J].行政论坛,2018(6):116-122.
[27] 梁琦,肖素萍,李梦欣.数字经济发展、空间外溢与区域创新质量提升:兼论市场化的门槛效应[J].上海经济研究,2021(9):44-56.
[28] 刘亮,蒋伏心.环境分权是否促进地方政府科技投入?[J].科技管理研究,2017(16):61-67.
[29] 陈诗一,陈登科.雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J].经济研究,2018(2):20-34.
[30] 邓慧慧,杨露鑫.雾霾治理、地方竞争与工业绿色转型[J].中国工业经济,2019(10):118-136.
[31] 孙传渝.数字化水平、政府环境规制对环境治理绩效的影响研究:基于我国省级面板数据的实证分析[J].无锡商业职业技术学院学报,2023(4):21-30.
[32] 高远东,裴馨.数字基础设施建设对地区经济差距的影响:基于"宽带中国"战略的准自然实验[J].财经问题研究,2023(8):116-129.
[33] 王莹,刘建江,熊智桥.数字经济对企业现金持有水平影响研究:基于"宽带中国战略"的准自然实验[J].财经理论与实践,2022(3):96-103.
[34] 李万利,潘文东,袁凯彬.企业数字化转型与中国实体经济发展[J].数量经济技术经济研究,2022(9):5-25.
[35] 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):5-23.
[36] 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):65-76.
[37] 汤旖璆,施洁.财政分权、地方政府赶超行为与环境治理效率:基于87个城市数据的门槛效应及传导机制分析[J].贵州财经大学学报,2019(5):25-34.
[38] 郭丰,任毅.经济增长对雾霾污染影响的门槛效应研究:基于中国省级面板数据的分析[J].资源开发与市场,2018(7):919-924+966.
[39] 郑婷婷,曹善文.资源型城市数字化转型的机理和路径研究[J].中国商论,2021(24):169-172.
[40] 熊丽芳,甄峰,王波,等.基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J].经济地理,2013(7):67-73.
[41] 乔智,尤明东.高校资源在智慧城市建设中的功能与参与机制探讨:基于北京国际绿色智慧城市建设[J].中国商论,2020(20):185-186.
[42] 朱耿.数字治理驱动城市治理能力现代化的机理、路径和对策[J].改革与战略,2020(12):32-39.
[43] 易承志,郭佳宁.城市环境精细化治理的现实逻辑与优化路径:基于需求—回应的分析框架[J].理论与改革,2021(1):62-75+152.
[44] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022(5):100-120.