

环境大数据监管与区域绿色低碳治理 ——基于治理协同的视角

付 奎¹, 刘炳荣¹, 张 杰¹, 王文强²

(1. 石河子大学 经济与管理学院, 新疆 石河子 832000; 2. 中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要:在数字化时代,大数据监管成为助推生态环境治理能力现代化的重要引擎。文章以各城市设立大数据局为外生冲击,构造基于环境大数据监管的强度双重差分模型,探究其绿色低碳治理效应及作用机制。研究发现:环境大数据监管显著降低了城市二氧化硫排放强度和碳排放强度,产生了减污降碳的协同治理效应。机制分析表明,数字化驱动的环境大数据监管改变了传统的环境监管模式,其通过提升政府环境治理能力和促进绿色技术创新等机制推动区域绿色低碳治理。环保法治约束和公众环境关注提高了环境大数据监管的减污效应,碳市场交易强化了大数据监管的碳治理效应。进一步分析发现,环境大数据监管有助于促进边界地区污染治理,推动区域污染治理协同,但现阶段对非城市群污染治理作用较弱。文章的研究为构建“制度—市场—社会”多元协同的绿色低碳治理体系、推动生态环境治理现代化提供了有益启示。

关键词:环境大数据监管;绿色低碳治理;强度双重差分法

中图分类号:X321 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2026)04-0139-15

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20260125.402

一、引 言

“十五五”规划提出,要以碳达峰碳中和为牵引,以健全生态文明制度体系为保障,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,改善生态环境质量,筑牢生态安全屏障,增强绿色发展动能。绿色增长背景下的污染治理与碳减排已成为高质量发展无法规避的重要命题。当前,我国经济发展仍面临比较严峻的资源环境与能源约束,重点区域、重点行业污染和能源消耗的总量问题比较突出,实现碳达峰碳中和的任务较重。随着工业化与城镇化的持续推进,区域间能源供需矛盾可能加剧生态环境失衡,形成对粗放增长模式的路径依赖(魏楚和郑新业, 2017)。在此背景下,构建减污降碳协同的绿色治理长效机制是推动绿色高质量发展、建设美丽中国的关键。随着数字科技革命的兴起,以数字技术为驱动的大数据监管颠覆了传统的环境治理模式,成为推进生态环境治理能力现代化的重要引擎。新时期加快推动政府数字化转型,建立一体化生态环境智能感知体系、数字监测体系和动态核算体系,整合跨部门、跨区域环境治理资源对构建循环高效、智慧管控的绿色低碳协同治理体系具有重要作用(余敏江, 2020)。在“双碳”目标引领下,弄清

收稿日期: 2025-08-14

基金项目: 国家社会科学基金项目(25XJY010)

作者简介: 付 奎(1994—), 男, 河南信阳人, 石河子大学经济与管理学院副教授, 硕士生导师;

刘炳荣(1994—)(通讯作者), 女, 新疆阿勒泰人, 石河子大学经济与管理学院副教授, 博士生导师;

张 杰(1977—), 男, 河南濮阳人, 石河子大学经济与管理学院教授, 博士生导师;

王文强(1994—), 男, 山西汾阳人, 中南大学商学院博士研究生。

生态环境领域大数据监管的内在逻辑,科学评估其在减污降碳协同治理中的政策效果,对加快推动政府数字治理和发展绿色生产力具有重要理论和现实价值。

从理论上来看,由于存在信息不对称,监管者难以精准掌握污染排放信息,从而导致污染税、补贴等环境政策工具失灵(Xepapadeas, 1991)。因而,在传统监管模式下,监管部门往往难以了解企业污染排放的真实情况,无法准确核算环境治理成本(Fernández 和 Wu, 2018)。在数字化监管下,政府运用大数据等数字技术能够有效提高环境监测和治理能力,实现对污染的全过程治理(余敏江, 2020)。一方面,依托大数据平台和智能监测设备,可对企业排污实施全天候监控,精准识别违规排放源,及时查处企业“偷排、漏排”行为,增强监管部门的环境执法能力。例如,环保无人机的应用可快速发现污染原因,其“夜间巡航”能有效遏制企业违规行为(张凡, 2021)。另一方面,大数据监管能够促进环境治理中多元主体协同参与,进而提升政府环境治理能力与环境绩效(庞瑞芝等, 2021)。

从国内外研究动态来看,与本文密切相关的文献主要有两类:一是从环境监管工具视角,有学者探究排污权交易、碳排放权交易等市场激励型监管工具的作用(吴茵茵等, 2021),也有学者研究了环境立法、环保督察等命令控制型监管工具(余澜等, 2022)以及公众环保参与等自愿型监管工具对地方环境治理的影响(吴力波等, 2022)。二是从技术赋能视角,有学者分析数字技术在不同领域渗透与融合所带来的影响。研究表明,数字技术有助于推动企业生产过程的自动化和智能化,提高企业的运营效率和资源利用率,降低企业能源消耗(付奎, 2024)。同时,数字技术的应用能够加快上下游企业之间信息扩散,促进分工协作,推动供应商优化资源配置,通过产业链关联效应促使制造业绿色转型(戴翔和杨双至, 2022)。然而,这些研究仍存在一些不足:一方面,较多文献从数字技术赋能角度探讨数字化对环境治理的影响,忽视了数字时代政府信息型监管工具在环境治理中的重要作用;另一方面,既有研究通常将数字技术能够提高环境监管效能作为前提,缺乏对政府数字化治理赋能环境监管治理机制的深入探讨,且大数据监管数据获取较难,有关环境大数据监管协同治理效果的实证研究较少。

本文以各城市设立大数据局为外生冲击,构造基于环境大数据监管的强度双重差分模型,探究其绿色低碳治理效应及作用机制。研究发现:环境大数据监管显著降低了城市二氧化硫排放强度和碳排放强度,产生了减污降碳的协同治理效应。机制分析表明,数字化驱动的环境大数据监管改变了传统的环境监管模式,其通过提升政府环境治理能力和促进绿色技术创新等机制推动区域绿色低碳治理。环保法治约束和公众环境关注提高了环境大数据监管的减污效应,碳市场交易强化了大数据监管的碳治理效应。进一步分析发现,环境大数据监管有助于促进边界地区污染治理,推动区域污染治理协同,但现阶段对非城市群污染治理作用较弱。

本文可能的边际贡献在于:首先,本文识别了环境大数据监管作为政府数字化治理工具的绿色低碳治理效应。已有研究侧重于探究传统环境监测下的治理效应,本文从数字监管的视角,系统评估了环境大数据监管的减污降碳治理效应,丰富了政府监管下环境治理的相关研究。其次,本文将政府大数据监管纳入生态环境领域“制度—市场—社会”协同治理的分析框架,深入分析了环境大数据监管这种新治理手段,本文研究发现其有效性受到环保法治制度、碳市场交易和社会公众力量的影响,这为理解数字时代环境治理的复杂性提供了新的思考。最后,本文立足于区域协同和边界污染治理问题,深入探讨了环境大数据监管政策效果的边界条件约束,并且揭示了其减污降碳的异质性效应,丰富了对污染问题治理的研究文献,为促进区域绿色低碳协同治理提供一定的政策参考。

二、理论分析与研究假设

在传统的环境治理中，信息流通不畅导致边际治理成本增加，不同治理主体间往往因缺乏有效沟通而难以实现高效协同(关婷等, 2019)。在数字时代，政府通过数字化整合分散的信息系统来优化治理结构，产生信息整合和治理赋能效应(米加宁等, 2020)。根据数字治理理论，大数据平台具有强大的数据整合能力，能够缓解环境治理中的信息不对称，降低环境监管部门的信息搜寻和监管成本，进而提高环境治理效率和监管质量，推动实现生态环境决策科学化、监管精准化和公共服务便捷化(赵云辉等, 2019)。一是转变政府环境监管与治理理念。在数字化时代，数字化治理正推动政府监管理念“从分散到协同，从重点到全面，从静态到动态，从人工到智慧，从粗放到精确”转变(刘建义, 2019)，为环境治理科学决策提供依据。二是丰富政府环境监管与治理手段。基于遥感卫星、监测站等多维环境数据的整合与智能分析，大数据平台能够实现对企业环境活动的全流程监控，提升污染治理能力。三是重塑政府环境监管与治理模式。通过跨系统、跨部门数据共享，环境大数据有助于打破“信息孤岛”，强化环境治理的多元主体协同，推动治理模式转变(庞瑞芝等, 2021)。基于上述分析，本文提出以下假设：

假设 1：环境大数据监管能够促进绿色低碳发展。

(一)环境大数据监管实现减污降碳的作用机制

在数字化时代，环境大数据监管主要通过以下传导机制实现减污降碳：一是基于数据整合与智能监管增强政府环境治理能力，形成治理效应；二是通过精准化的环境规制促进企业绿色技术创新，形成创新效应。

环境大数据监管能够产生治理效应，其通过提升地方政府环境治理能力推动绿色低碳发展。首先，环境大数据监管有助于强化中央对地方政府环境治理能力的监管。在传统情景下，中央和地方政府之间往往存在信息不对称、委托代理等问题(Guan 和 Delman, 2017)，难以精准掌握地方政府环境政策的执行情况，环境大数据监管有助于提高环境规制的执行力度。其次，环境大数据监管有助于加大政府环境监管力度。地方政府依托大数据平台能够实现污染源与重点企业碳排放的智能化与全流程监控，加大对超标排放企业的监管与处罚。最后，环境大数据平台促进了跨部门、跨地区环境信息的整合与共享，有助于克服政府监管的“距离衰减效应”，优化环境治理效能(金浩和陈诗一, 2022; 付奎, 2024)。基于上述分析，本文提出以下假设：

假设 2：环境大数据监管通过提高政府环境治理能力促进绿色低碳发展。

环境大数据监管能够产生创新效应，其通过推动绿色技术创新促进绿色低碳治理。在外部监管压力与内部治理要求下，企业绿色转型的关键因素是成本和收益。波特假说认为，适度的环境规制能够激发“创新补偿效应”，弥补企业的“遵循成本”(Wang 等, 2019)。作为信息型管理工具，环境大数据监管提升了污染监测精度与环境执法准确性，促使排污企业的环境违法成本不断增加。在现代化生态环境监测体系下，污染监测数据被操纵和篡改的可能性大大降低，高污染企业的“漂绿”动力和“偷排、漏排”行为得到有效抑制(郭家堂, 2025)，这势必会增加环境违规成本，激发企业开展绿色研发与生产革新的动力。同时，绿色技术创新有助于提升企业生产技术和能源利用效率。因此，本文提出以下假设：

假设 3：环境大数据监管通过推动绿色技术创新促进绿色低碳发展。

(二)“制度—市场—社会”协同下的调节效应

我国环境治理体系正逐渐转向法治、市场和社会多元协同的治理机制。接下来，本文基于新技术范式引领下“制度—市场—社会”协同治理的内在逻辑，研究环境大数据监管的调节机制。

第一, 环保法治约束的调节机制。法治是环境治理的基础。法治越完善, 企业违法成本越高, “偷排、漏排”行为越受到抑制; 反之则不利于绿色低碳治理。健全的环保法治体系有助于提升环境司法的专业化和审判效率, 减少污染侵权纠纷, 形成对违法排放的有力震慑(Edwards, 2013)。既有研究表明, 环保法庭的设立能够改善污染纠纷司法处理水平, 降低环保诉讼成本, 增加受规制企业面临的环境诉讼风险(范子英和赵仁杰, 2019; Chan 和 Zhou, 2021)。同时, 环境大数据也为环境公益诉讼和生态环境损害赔偿诉讼提供依据, 从而提高企业违法成本, 促使企业绿色低碳转型。因此, 环境司法与政府大数据监管的良性互动有助于强化环境治理效能。基于上述分析, 本文提出以下假设:

假设 4: 在环保法治的调节作用下, 环境大数据监管的绿色低碳治理作用更强。

第二, 碳交易市场协同的调节机制。碳市场交易通过市场激励机制将碳排放外部成本“内部化”, 这有助于促进企业低碳投资和节能减排, 产生环境效益和经济效益(Hong 等, 2022; 付奎, 2024)。然而, 当前我国碳市场仍存在数据管理体系不完善等问题, 从而影响碳市场交易规模和流动性。在人工智能驱动下, 大数据监管可依托统一数字交易平台, 支持碳核算、交易等环节的数据分类与管理, 为碳数据管理与市场运行提供技术支撑(Jiang 等, 2023)。大数据监管平台与全国碳交易中心的数据共享能够实现对碳排放权发行和分配一级市场、碳排放权流通二级市场以及碳金融衍生品市场等多层次碳交易市场的监管治理, 通过价格机制提高碳市场交易的流动性和活跃度, 激励企业绿色低碳转型。基于上述分析, 本文提出:

假设 5: 在碳市场交易的调节作用下, 环境大数据监管的绿色低碳治理作用更强。

第三, 公众环境关注度的调节机制。作为一种非正式的环境规制, 公众参与能够形成对环境监管部门执法的有效监督(涂正革等, 2018)。公众可通过信访、投诉举报的方式参与环境治理, 也能通过“随手拍”等信息化手段将污染情况实时上传至互联网平台(芮国强和张京唐, 2022), 形成对企业违规排放的有力约束。Buntaine 等(2024)发现, 公众通过社交媒体曝光违法行为强化监管机构的环境执法, 遏制企业超标排放。同时, 数字媒介传播能够加快环境信息传播, 引发政府部门等利益相关者关注, 形成对违规排放企业的声誉惩罚和信息反馈机制(涂正革等, 2018)。大数据平台进一步提高了环境信息透明度与传播效率, 畅通公众环保诉求渠道, 有利于政府及时获取环保信息与政策反馈(李津和赵静, 2023)。因此, 在公众环境关注度更高的地区, 环境大数据监管能够提供更高效的环境反馈渠道和平台, 强化环境大数据监管的绿色低碳治理效应。基于上述分析, 本文提出以下假设:

假设 6: 在公众环境关注度调节作用下, 环境大数据监管的绿色低碳治理作用更强。

三、模型设定、变量选取和数据来源

(一)模型设定

本文参考 Nunn 和 Qian(2011)、孟元和杨蓉(2024)的思路, 以各城市设立大数据局为外生冲击, 采用智慧环保指数刻画环境大数据监管强度, 构造强度双重差分模型来考察环境大数据监管的低碳治理效应。其合理性在于: 一方面, 在政府机构改革进程中, 各省份和城市开始实施大数据管理机构改革并设立大数据局, 推进数字技术与政府治理深度融合(米加宁等, 2020), 地方大数据局的设立为环境大数据平台运行提供了关键支撑, 能够较好地反映地方政府机构改革和数字化治理进程; 另一方面, 智慧环保指数以公开环境信息为基础, 关注智慧环境质量监测、智慧污染源监管、智慧环境公共服务等, 通过主要污染物自动监测、自动监控设备安装及数据应

用、环境质量预警以及污染监督举报响应等方式能够较好地反映各城市环境大数据监管水平。因此，本文构建如下强度双重差分模型：

$$envir_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， i 和 t 为城市和年份；被解释变量为绿色低碳发展水平，以城市二氧化硫和二氧化碳排放强度衡量； X_{it} 为控制变量； μ_i 和 γ_t 表示城市和年份固定效应； ε_{it} 为误差项； $bigdata_{it}$ 为是否设立大数据局政策虚拟变量，若 i 城市 t 年设立大数据局则赋值为 1，否则为 0； $smart_t$ 为智慧环保指数，表示各城市运用大数据等数字技术治理环境的处理强度； $bigdata_{it} \times smart_t$ 则表示环境大数据监管对绿色低碳发展的影响。

本文结合前文理论分析，为探究环境大数据监管影响绿色低碳发展的治理效应和创新效应机制，构建如下模型：

$$regul_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$inno_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

本文为探究“制度—市场—社会”协同下环境大数据监管影响绿色低碳发展的调节机制，构建如下模型：

$$envir_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t \times law_{it} + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$envir_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t \times market_{it} + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$envir_{it} = \alpha + \beta bigdata_{it} \times smart_t \times concern_{it} + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中， $regul$ 和 $inno$ 为地方政府规制治理能力和绿色技术创新水平； law 为环保法治水平； $market$ 为碳市场交易程度； $concern$ 为公众环境关注度，其他变量与公式(1)一致。公式(4)至(6)中 β 系数依次反映环境大数据监管与环保法治约束、碳市场交易协同作用和公众环境关注度的绿色低碳治理效应。

(二)变量选取

1. 被解释变量：城市绿色低碳发展水平($envir$)。本文采用单位 GDP 的二氧化碳(CO_2)和二氧化硫(SO_2)排放量的对数值作为城市绿色低碳发展水平衡量指标。

2. 核心解释变量：环境大数据监管($bigdata \times smart$)。考虑到我国几乎所有的地区都采用了大数据进行环境治理，因而并无严格意义上的对照组。借鉴孟元和杨蓉(2024)的思路，将 2018 年《深化党和国家机构改革方案》实施后各地区设立的大数据局作为外生政策冲击，以各城市智慧环保指数为处理强度指标， $bigdata \times smart$ 为强度双重差分的交乘项，即在每一个分位上，处理强度指标大于该分位的样本都为该分位所属样本的相对处理组。其中， $bigdata$ 为各地级市设立大数据局的政策虚拟变量，若该城市该年度设立大数据局则为 1，否则为 0。智慧环保指数($smart$)表示各城市环境大数据监管治理的处理强度。^①

3. 控制变量。首先，本文基于 STIRPAT 模型控制财富和人口等因素。其中，人口密度(pop)采用单位面积城市年末平均人口数衡量；经济发展程度($pgdp$)采用城市人均实际 GDP 对数衡量。其次，考虑到财政和金融支持、产业结构优化是推动地区绿色低碳发展的重要方式，因而本文控制上述变量。其中，产业结构(ind)采用第三产业产值与第二产业产值之比衡量；政府财政科技支出($tech$)采用政府财政科技和教育支出占城市财政一般预算内支出之比衡量；金融发展

① 智慧环保指数数据来自《城市智慧环保指数研究报告(2019)》。改报告由公众环境研究中心根据环境质量、环境排放和污染源监管记录，对 2019 年度空气质量监测、地表水环境质量监测等指标进行综合评估后得出。

(*fin*)采用金融存贷款余额之和占 GDP 比重衡量。最后,考虑到外商直接投资既会带来绿色技术溢出效应,这可能导致碳转移和碳泄漏,并且良好的信息基础设施有助于降低信息、技术等要素资源流动的壁垒,促进绿色技术进步,因此本文控制上述变量。其中,外商直接投资(*fdi*)采用外商直接投资额占 GDP 比重衡量;基础设施(*infra*)采用人均电信业务总量对数衡量。为了消除价格因素的影响,本文采用以 2011 年为基期的 GDP 平减指数对全文中所有涉及 GDP 和人均 GDP 的变量进行价格平减。描述性统计见表 1。

表 1 变量描述性统计

变量名称	变量符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
二氧化碳排放强度	CO_2	1 440	0.0177	0.0106	0.0024	0.0926
二氧化硫排放强度	SO_2	1 440	26.6034	48.6287	0.0370	736.6425
环境大数据监管	<i>bigdata</i> × <i>smart</i>	1 440	0.1317	0.2355	0	0.7400
经济发展程度	<i>pgdp</i>	1 440	10.6657	0.4864	9.3206	12.8560
产业结构	<i>ind</i>	1 440	1.0985	0.6126	0.1136	5.6503
人口密度	<i>pop</i>	1 440	6.0732	0.7054	3.4002	8.1362
金融发展	<i>fin</i>	1 440	2.0694	1.5070	0.1322	9.7825
外商直接投资	<i>fdi</i>	1 440	0.0351	0.0564	0	0.7444
财政科技支出	<i>tech</i>	1 440	0.1989	0.0415	0.0853	0.3492
基础设施	<i>infra</i>	1 440	6.9719	0.7493	3.2520	9.9874

(三)数据来源

本文使用 2011—2022 年中国 120 个地级市平衡面板数据评估环境大数据监管的减污降碳治理效应。数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、各省市统计年鉴、EPS 数据库。各省份的能源消耗数据来自历年《中国能源统计年鉴》。碳排放量数据来源于中国碳排放数据库(CEADs)。①部分缺失数据采用均值法进行填补。

四、实证分析结果

(一)基准回归检验

本文采用强度双重差分模型实证检验了环境大数据监管对绿色低碳发展的影响,估计结果如表 2 所示。表 2 展示了被解释变量为二氧化硫和二氧化碳排放强度的估计结果。可以发现,无论是否加入控制变量,核心解释变量环境大数据监管的系数均在 1% 水平上显著为负。这表明环境大数据监管能够有效促进城市减污降碳,推动区域绿色低碳发展。

表 2 基准回归结果

	(1) SO_2	(2) SO_2	(3) CO_2	(4) CO_2
<i>bigdata</i> × <i>smart</i>	-0.6106*** (-2.7832)	-0.4849*** (-2.7373)	-0.2969*** (-3.7537)	-0.1880*** (-3.7180)
<i>pgdp</i>		-0.8967*** (-4.3560)		-0.6788*** (-7.0130)
<i>ind</i>		-0.3148 (-1.6089)		-0.0102 (-0.2815)

① 2020—2022 年数据补充方法如下:本文参照张兵兵等(2021)的做法,利用夜间灯光数据与人类活动高度相关性的特性来估算城市碳排放量。

续表 2 基准回归结果

	(1) SO_2	(2) SO_2	(3) CO_2	(4) CO_2
<i>pop</i>		-1.2809* (-1.7173)		-1.0335*** (-6.9018)
<i>fin</i>		0.0231 (0.4253)		0.0114 (0.5490)
<i>fdi</i>		-0.7897 (-1.4811)		-0.2739*** (-3.4774)
<i>tech</i>		-0.2195 (-0.1515)		0.3011 (0.8588)
<i>infra</i>		0.0160 (0.2418)		-0.0157 (-0.9211)
<i>_cons</i>	0.2167*** (4.9892)	20.7770*** (3.4956)	-5.6013*** (-280.1328)	9.6628*** (5.3944)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
R^2	0.9178	0.9250	0.9238	0.9526
N	1440	1440	1440	1440

注：括号内为*t*值，***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著，以上回归均采用以地级市为聚类变量的稳健标准误，下表同。

(二)稳健性检验

1. 共同趋势检验

使用 DID 需要满足共同趋势假设，即政策干预前处理组和控制组城市污染排放的变化趋势一致。同时，环境大数据监管可能受政策实施强度和制度环境等因素影响，从而产生政策效果滞后的动态变化趋势。因此，本文基于事件分析法构建如下模型：

$$envir_{it} = \alpha + \sum_{t=-6}^4 \beta_t bigdata_{it} \times smart_i + X_{it}\varphi + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中， i 和 t 为城市和年份； $envir_{it}$ 为二氧化硫和碳排放强度； β_t 为不同动态窗口期估计系数，表示政策实施前六年及政策实施后四年的时间虚拟变量与政策执行变量的交互项系数；为避免多重共线性，本文以政策实施前七年及之前为基期。图 1 汇报了 β_t 估计结果及其 95% 置信区间。可以发现，在政策实施前交互项系数均不显著，且置信区间包括零值，满足共同趋势假设。在政策实施后，交互项系数显著为负，这说明随着政策不断推行，环境大数据监管能够有效促进城市减污降碳，其具有持续的绿色低碳治理效应。

2. 内生性问题的讨论

考虑到地方环境污染程度可能会影响政府大数据监管手段的运用，从而导致反向因果等内生性问题。为此，本文采用工具变量法。参照 Nunn 和 Qian(2011)工具变量的设定思路，本文将地形起伏度与各城市互联网宽带接入用户数倒数的交乘项作为环境大数据监管的工具变量。其合理性在于：大数据监管平台的建设和运营离不开良好的网络基础设施，同时网络基础设施减少不会直接对地方环境污染产生影响。地形起伏度不仅与网络基站和环境监测站点的选址以及建设成本有关，还会对网络数据传输和数据信号的质量产生影响，进而影响大数据环境监测的质量，且地形起伏度作为地理变量是外生的，因此满足工具变量的相关性和外生性条件。^①

① 限于篇幅，省略工具变量的排他性约束检验，留存备索。感谢审稿专家提出的宝贵建议。

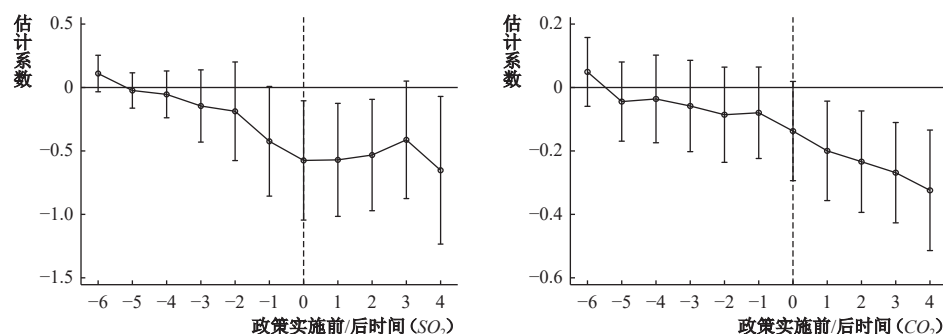


图 1 平行趋势与动态效应图

表 3 中列(1)至列(4)为工具变量估计结果。第一阶段结果显示,工具变量与大数据监管显著负相关,表明在地形起伏度越高、信息网络基础设施越薄弱的地区,政府大数据监管的能力越低,满足相关性假设。第二阶段结果表明,政策虚拟变量估计系数依然在 5% 水平下显著为负,且系数与基准结果相比有所增大,这表明采用工具变量估计后,政府大数据监管依然显著降低了城市单位 GDP 碳排放强度和二氧化硫排放强度。工具变量有效性的检验结果表明,Anderson canon. corr. LM 统计量和 Cragg-Donald Wald F 统计量大于 10% 显著性水平上的临界值,因此通过了弱工具变量检验与可识别检验,实证结果较为稳健。

表 3 工具变量回归结果

	SO ₂		CO ₂	
	(1)第一阶段	(2)第二阶段	(3)第一阶段	(4)第二阶段
<i>bigdata×smart</i>		-1.4036** (-2.0318)		-0.4512** (-2.3579)
<i>IV</i>	1.1726*** (4.9570)		1.1726*** (4.9570)	
<i>_cons</i>	-4.3798*** (-6.1112)	16.5497*** (4.1239)	-4.3798*** (-6.1112)	8.4516*** (7.6024)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
Anderson canon corr LM statistic	26.6940			
Cragg-Donald Wald F statistic	24.5720			
<i>R</i> ²	0.9197		0.9490	
<i>N</i>	1 440	1 440	1 440	1 440

3. 其他稳健性检验^①

(1) 更换识别策略。为增强稳健性,本文将环境大数据监管分为智慧环境监测、智慧污染源监管和重点排污企业自动监控三类,手工整理公众环境研究中心“蔚蓝地图”数据库中收录的 120 个城市政府部门网站中环境质量、污染源监管等信息,依次生成三类环境大数据监管政策虚拟变量,并与大数据局设立时间交叉相乘后纳入实证模型。第一类为智慧空气环境监测(*air*),若各城市生态环境局官网中有“环境空气质量联网管理平台”“空气质量实时发布系统”等,则赋值为 1,否则为 0;第二类为智慧污染源监管(*source*),若生态环境局官网中有“重点污

^① 限于篇幅,省略图表回归分析,留存备案。

污染源在线监控系统”“污染源自动监控平台”等，则赋值为 1，否则为 0；第三类为重点排污企业自动监控(*enterp*)，若生态环境局官网中有“重点监控企业自动监控系统”“重点排污单位监督性监测信息公开平台”等，则赋值为 1，否则为 0。根据回归结果，智慧环境监测平台、智慧污染源监管和重点排污企业自动监控平台这三类环境大数据监管政策的实施显著降低了城市二氧化硫排放强度和碳排放强度，因此基准结论较为稳健。

(2)调整为传统差分模型。为增强稳健性，本文将强度双重差分模型调整为传统双重差分模型，按照智慧环保指数的均值将样本划分为环境大数据监管较强城市与较弱城市，分别赋值为 1 和 0，并与各城市设立大数据局的虚拟变量交叉相乘，纳入基准模型重新估计。根据回归结果，在调整识别策略后，环境大数据监管依然显著促进了区域绿色低碳发展，因此结果较为稳健。

(3)改变强度变量。考虑到智慧污染源监管是政府在生态环境领域运用大数据等技术手段进行监管的典型应用，为增强基准结论的稳健性，本文将智慧环保分维度指数和智慧污染源监管指数作为强度变量，构建强度双重差分模型并纳入实证模型。根据回归结果，大数据监管的环境治理效应依然显著。

(4)剔除副省级以上城市样本。相较于一般地级市，直辖市、省会城市及其他副省级城市在经济发展和环境治理等方面具有较强的优势，因而剔除该部分样本重新检验。根据回归结果，在剔除副省级以上城市样本后，政策差分项系数仍然显著为负。

(5)改变政策实施前后时间窗口。为考察环境大数据监管实施前后的动态政策效果，本文选取前后 2 年和 3 年为政策实施窗口，检验不同时间段内大数据监管环境治理效应的差异。根据回归结果，改变观测窗口并不会影响政策效果，基准结论仍稳健成立。

(6)排除其他政策干扰。考虑到样本区间内的区域环境治理会受到同期所实施的其他环境类政策的影响，本文参照张兵兵等(2021)、吴茵茵等(2021)的做法，在基准模型中纳入低碳城市试点、排污权交易试点、新能源示范城市、绿色金融改革创新试验区等政策虚拟变量。根据回归结果，在排除同时期其他政策的干扰后，结论依然稳健。

(7)考虑“五年”规划中约束性减排目标影响。考虑到“十一五”规划中政府提出了降低能源强度的约束性指标，而后在“十二五”和“十三五”规划中均进一步设定各地区降低能源和碳排放强度的约束性指标，这些环境目标约束对地区环境治理具有重要影响。为进一步排除政府“五年”规划中节能减排约束性指标的影响，本文在估计中纳入各地区单位 GDP 能耗减排目标。根据回归结果，在考虑地区节能减排目标约束后，环境大数据监管的绿色低碳治理效应依然稳健。

五、机制检验

(一)作用机制检验

本文研究表明，环境大数据监管有助于推动地区减污降碳。这主要通过优化地方政府环境治理能力和促进绿色技术创新等传导机制实现。

为了验证环境大数据监管对地方政府环境治理能力的作用，借鉴甘行琼等(2022)的做法，采用地方政府对环境的处罚力度和执行力度衡量。其中，环境规制处罚力度(*punish*)采用北大法宝司法案例检索系统公布的地级市环保处罚案件数与二氧化硫排放量比值的对数衡量；地方政府环境执行力度(*enforce*)采用各城市环境违法企业数占工业企业数比重的对数衡量，数据来源于公众环境研究中心公布的全国企业环境监管信息数据库。表 4 列(1)列和列(2)结果显示，环境大数据监管在 1% 水平下显著提高了地方政府对环境的处罚力度和执行力度，强化了地方政府的规制治理能力。既有研究表明，环境处罚和执行力度的提高会增加环境监管下受规制企

业的环境成本,促进企业节能减排(Shapiro 和 Walker, 2018)。因而,环境大数据监管能够通过强化政府环境治理能力促进地区绿色低碳发展。

表 4 作用机制检验结果

	环境治理能力		绿色技术创新	
	(1) <i>punish</i>	(2) <i>enforce</i>	(3) <i>empower</i>	(4) <i>direction</i>
<i>bigdata</i> × <i>smart</i>	0.5018** (2.5644)	0.3354*** (3.1251)	0.1757** (2.5343)	0.5349*** (2.9301)
<i>_cons</i>	-9.4674 (-1.6437)	3.3010 (0.9375)	-0.2596 (-0.1277)	3.5753 (1.0306)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
R^2	0.8713	0.8778	0.9494	0.6722
N	1 440	1 440	1 440	1 440

为了验证环境大数据监管对绿色技术创新的作用,本文借鉴董直庆和王辉(2021)的思路,以绿色发明专利占全部专利的比值表示绿色技术进步方向(*direction*),同时采用每万人绿色发明专利授权数量衡量绿色技术创新水平(*empower*)。表 4 列(3)和列(4)结果显示,环境大数据监管在 1% 水平上促进地区绿色技术创新。这表明环境大数据监管有助于促进企业开展绿色技术创新。

(二)调节机制检验

根据前文理论分析,本文进一步探究大数据监管影响地区绿色低碳治理的环保法治约束、公众环境关注和碳市场交易协同的调节机制。

1. 环保法治约束机制

为检验环保法治约束的调节机制,本文采用地方生态环境厅执法人数的对数值衡量地区环保法治建设与执法力度(*law*),与环境大数据监管形成三重差分交互项进行估计。表 5 列(1)和列(2)结果显示,环境大数据监管与地方环保执法力度的交互作用显著降低了城市二氧化硫和二氧化碳排放强度,其中降碳效应较弱。这一结果表明,在环保执法力度较强的地区,大数据监管的减污效应更强。可能的原因是:环保执法力度较弱的地区污染企业往往缺乏将环境外部性成本“内部化”的强制力量,容易导致污染企业“偷排、漏排”,大数据监管能够在环保法治约束的协同作用下产生更强的减污治理效果。但现阶段环保执法多集中在空气、水体、土壤等污染整治,对碳排放规制力度相对较小,致使环境大数据监管的降碳效应较弱。

2. 公众环境关注度调节机制

考虑到公众参与环境治理的数字化程度有所提高,本文借鉴吴力波等(2022)的做法,采用百度雾霾搜索指数衡量公众环境关注度(*attention*),并与环境大数据监管构造三重差分模型进行估计。表 5 列(3)和列(4)结果显示,环境大数据监管与公众环境关注度的协同作用显著降低了城市二氧化硫排放强度,但并未降低碳排放强度。这一结果表明,微博等网络社交媒体平台提供了公众参与环境互动的交流空间,畅通了社会公众表达环境利益诉求的路径,能够促使政府加大对环境治理的执行力度,促进地区污染治理(Buntaine 等, 2024)。相较于二氧化碳,公众通常对雾霾、硫氧化物类可见污染的关注程度更高,再加上现阶段碳信息披露、低碳行为激励等机制尚不健全,公众参与碳减排的渠道仍不完善,这使得公众环境关注在政府大数据监管治理中的降碳效果并不明显。

表 5 调节机制检验结果

	环保执法力度		公众环境关注	
	(1) SO_2	(2) CO_2	(3) SO_2	(4) CO_2
$bigdata \times smart$	2.8175*** (3.3244)	0.4438* (1.7841)	0.0437 (0.1651)	-0.2046** (-2.6105)
$bigdata \times smart \times law$	-0.7524*** (-3.9809)	-0.1449*** (-2.6361)		
law	0.2645** (2.2019)	0.0337 (0.9280)		
$bigdata \times smart \times attention$			-0.0033*** (-3.1823)	0.0001 (0.3585)
$attention$			-0.0001 (-0.0982)	-0.0001 (-0.1581)
$_cons$	19.8686*** (3.3785)	9.4975*** (5.4604)	20.7204*** (3.4794)	9.6648*** (5.3928)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
R^2	0.9275	0.9533	0.9261	0.9526
N	1440	1440	1440	1440

3. 碳市场交易协同机制

参照 Hong 等(2022)的做法,本文构造大数据监管与碳市场交易试点政策的三重差分交互项,其中碳市场交易试点设置如下:若该省市入选碳排放权交易试点($point$),且开启了碳市场建设,则试点开始当年及之后设置为 1,否则为 0。同时,本文参照吴茵茵等(2021)的做法,从碳市场交易价格($price$)、市场流动性($flow$)和相对市场交易规模($scale$)等方面,进一步识别大数据监管与碳市场交易机制的协同作用。其中,碳价为日收盘价年均值的对数值,市场流动性为非零交易天数的对数值,相对市场交易规模为年交易总量占地区碳排放的比重。

表 6 列(1)结果显示,碳市场交易试点与强度差分项交互项的估计系数在 1% 水平上显著为负,这表明在碳市场交易试点地区,大数据监管的低碳治理效应更强。列(2)至列(4)结果进一步显示,碳市场交易价格、流动性和市场交易规模与强度差分项交互项系数均显著为负。上述结果表明,在碳交易试点和市场机制完善的地区,大数据监管的低碳治理效应更显著,说明政府大数据环境监管与碳市场建设在推动地方绿色低碳治理中发挥了协同作用。进一步比较系数后发现,我国碳市场整体运行效率可能并不高,碳市场交易活跃度较低(吴茵茵等,2021),由此导致大数据监管与碳市场交易的协同作用相对较小。

表 6 碳市场交易的调节机制检验结果

	碳交易试点	碳交易价格	碳市场流动性	碳市场规模
	(1) CO_2	(2) CO_2	(3) CO_2	(4) CO_2
$bigdata \times smart$	-0.1574*** (-3.1092)	-0.1535*** (-3.0366)	-0.1632*** (-3.2366)	-0.1616*** (-3.2100)
$bigdata \times smart \times point$	-0.1617*** (-3.2559)			

续表 6 碳市场交易的调节机制检验结果

	碳交易试点	碳交易价格	碳市场流动性	碳市场规模
	(1) CO_2	(2) CO_2	(3) CO_2	(4) CO_2
<i>point</i>	-0.0285 (-1.1224)			
<i>bigdata</i> × <i>smart</i> × <i>price</i>		-0.0519*** (-3.8215)		
<i>price</i>		-0.0029 (-0.3221)		
<i>bigdata</i> × <i>smart</i> × <i>flow</i>			-0.0263*** (-2.8251)	
<i>flow</i>			-0.0137** (-2.5428)	
<i>bigdata</i> × <i>smart</i> × <i>scale</i>				-0.0130*** (-3.0918)
<i>scale</i>				-0.0024 (-1.1499)
<i>_cons</i>	8.6849*** (4.6396)	8.7047*** (4.7017)	8.5581*** (4.5213)	8.6917*** (4.5918)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
R^2	0.9535	0.9536	0.9538	0.9534
N	1440	1440	1440	1440

六、拓展性分析^①

(一) 区域协同治理

环境大数据监管能否推动跨区域污染协同治理?从理论上来看,基于卫星遥感、自动监控云平台的大数据监测可实时反映污染情况,实现污染源精准监管,环境数据的互通共享有助于推动区域协同治理,促使环境大数据监管在提高本地环境治理效能的同时,也会产生较强的环境技术扩散溢出效应,从而增强区域整体的环境治理能力。

为探究政府大数据监管对跨区域城市群内部大气污染联防联控的影响,本文按照《中共中央 国务院关于建立更加有效的区域协调发展新机制的意见》中十大国家级城市群的划分标准,将其划分为位属城市群和非位属城市群样本,分别赋值为 1 和 0,进行分组回归。根据回归结果,位属十大城市群的核心解释变量系数均在 5% 水平上显著为负,非十大城市群系数为负,但并不显著。组间差异检验的结果显示,两组间并不存在显著差异。上述结果表明,大数据赋能下的政府环境监管促进了城市群内部样本城市的减污降碳,但现阶段对非城市群的绿色低碳治理作用较弱。

(二) 边界污染治理

边界地区污染治理难度大。传统环境监管的属地管理可能导致权责不清问题,地方环保部门往往难以协调跨界污染治理,这使得边界区域成为环境监管的薄弱环节(余典范等,2023)。

^① 限于篇幅,省略图表回归分析,留存备索。

大数据、人工智能等技术应用使得企业污染排放的精准定位、数据分析与实时监测得以实现,降低跨边界污染联防联控治理成本(金浩和陈诗一, 2022)。那么,数字化驱动的环境大数据监管能否有效促进边界地区污染治理?

为检验上述理论分析,本文基于中国行政区划图层,手动整理数据并识别样本城市是否位于两省或多省边界,将其划分为边界地区城市和非边界地区城市,分别赋值为1和0,并进行分组回归。被解释变量为污染排放强度的分组估计结果显示,边界地区城市组和非边界地区城市组的环境大数据监管系数均在10%水平上显著为负。被解释变量为碳排放强度的分组结果显示,边界地区城市组的核心解释变量系数在1%水平上显著为负,非边界地区城市组系数在5%水平上显著为负。组间差异检验结果显示,两组间并不存在显著差异。这表明环境大数据监管在促进非边界地区减污降碳的同时,推动了边界地区绿色低碳转型。

七、结论与政策启示

作为生态环境治理现代化的重要改革,环境大数据监管为推动实现绿色低碳发展提供了关键支撑。本文从数字监管视角切入,采用强度双重差分模型评估环境大数据监管的绿色低碳治理效应。研究结论如下:(1)环境大数据监管显著降低了城市二氧化硫排放强度和碳排放强度,其能够发挥减污降碳的绿色治理效应。(2)环境大数据监管通过提升政府环境治理能力和促进绿色技术创新等机制推动区域绿色低碳发展。(3)环境大数据监管在环保法治约束的协同作用下产生更强的治理效果。公众环保诉求能够促进环境治理的多元主体参与,增强大数据监管的污染治理效应,但对政府大数据监管的减碳效果并不明显。进一步研究发现,碳交易价格、流动性和市场交易规模正向调节了大数据监管的碳治理效应。

根据研究结论,本文提出如下政策启示:第一,建立减污降碳协同数字化监管体系。加快大数据等数字化监管工具在环境治理中的应用,推动环境监管部门数字化转型,构建以信息公开、数据共享、数字协同为导向的环境治理体系,推动区域减污降碳协同和生态环境治理现代化。第二,完善大数据与环保法治协同监管机制。环境问题的解决不能仅依靠大数据等监管手段,更需要健全的法治保障。因此,要加大对违规排放的处罚力度,形成对企业污染和碳排放的有力约束,提高监管治理水平。第三,搭建数字碳交易平台。加快推动全国统一碳交易平台和碳市场建设,完善数字化碳排放监测、计量标准和核算体系,强化碳交易价格、碳市场流动性和交易规模对市场主体碳减排行为的激励作用,通过环境大数据监管发挥碳市场机制与政府大数据监管的协同减排作用。第四,构建互联网媒体与公众绿色低碳治理互动机制。发挥互联网媒体的监督功能,畅通公众表达环境利益诉求的路径和政府工作监督机制,搭建更高效的环境反馈渠道和平台,形成政府大数据监管与公众环保参与的良性互动,推动企业主动践行环境责任。第五,健全区域间政府大数据环境协调治理机制。应打造跨区域联动的一体化数字监管智慧服务平台,实现城市群与非城市群之间的环境数据共享,建立跨区域污染协同治理沟通机制,加大联合环境执法监管力度,从而推动绿色低碳发展。

主要参考文献:

- [1]戴翔,杨双至. 数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J]. 中国工业经济, 2022, (9): 83-101.
- [2]董直庆,王辉. 城市财富与绿色技术选择[J]. 经济研究, 2021, (4): 143-159.
- [3]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.
- [4]甘行琼,许启凡,袁一杰. 区域工业绿色转型试点、财政压力与制造业低碳发展[J]. 财政研究, 2022, (9): 104-119.
- [5]关婷,薛澜,赵静. 技术赋能的治理创新:基于中国环境领域的实践案例[J]. 中国行政管理, 2019, (4): 58-65.

- [6]郭家堂. 公共数据开放与中国绿色全要素生产率: 数据要素的视角[J]. 经济研究, 2025, (2): 56-72.
- [7]金浩, 陈诗一. 地理距离对政府监管企业污染排放的影响效应研究——兼论数据技术监管的作用[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, (10): 109-128.
- [8]李肆, 赵静. 环境治理中的数字赋能与监管效率提升——基于人工替代的视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, (8): 130-137.
- [9]刘建义. 大数据驱动政府监管方式创新的向度[J]. 行政论坛, 2019, (5): 102-108.
- [10]孟元, 杨蓉. 大数据时代的政府治理: 数字政府与企业研发操纵[J]. 世界经济, 2024, (1): 118-149.
- [11]米加宁, 章昌平, 李大宇, 等. “数字空间”政府及其研究纲领——第四次工业革命引致的政府形态变革[J]. 公共管理学报, 2020, (1): 1-17.
- [12]庞瑞芝, 张帅, 王群勇. 数字化能提升环境治理绩效吗?——来自省际面板数据的经验证据[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2021, (5): 1-10.
- [13]涂正革, 邓辉, 甘天琦. 公众参与中国环境治理的逻辑: 理论、实践和模式[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2018, (3): 49-61.
- [14]魏楚, 郑新业. 能源效率提升的新视角——基于市场分割的检验[J]. 中国社会科学, 2017, (10): 90-111.
- [15]吴力波, 杨眉敏, 孙可哥. 公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, (2): 1-14.
- [16]吴茵茵, 齐杰, 鲜琴, 等. 中国碳市场的碳减排效应研究——基于市场机制与行政干预的协同作用视角[J]. 中国工业经济, 2021, (8): 114-132.
- [17]余典范, 龙睿, 王超. 数字经济与边界地区污染治理[J]. 经济研究, 2023, (11): 172-189.
- [18]余澜, 张兵兵, 闫志俊. 环境立法如何驱动城市低碳转型[J]. 财经研究, 2022, (9): 18-31.
- [19]余敏江. 智慧环境治理: 一个理论分析框架[J]. 经济社会体制比较, 2020, (3): 87-95.
- [20]张兵兵, 周君婷, 闫志俊. 低碳城市试点政策与全要素能源效率提升——来自三批次试点政策实施的准自然实验[J]. 经济评论, 2021, (5): 32-49.
- [21]张凡. “无人机夜间巡航”的隐喻: 论刚性环境治理及其价值向度[J]. 法治研究, 2021, (1): 139-148.
- [22]赵云辉, 张哲, 冯泰文, 等. 大数据发展、制度环境与政府治理效率[J]. 管理世界, 2019, (11): 119-132.
- [23]Buntaine M T, Greenstone M, He G J, et al. Does the squeaky wheel get more grease? The direct and indirect effects of citizen participation on environmental governance in China[J]. American Economic Review, 2024, 114(3): 815-850.
- [24]Chan H R, Zhou Y C. Regulatory spillover and climate co-benefits: Evidence from new source review lawsuits[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2021, 110: 102545.
- [25]Edwards V. A review of the court of justice's case law in relation to waste and environmental impact assessment: 1992-2011[J]. Journal of Environmental Law, 2013, 25(3): 515-530.
- [26]Fernández I C, Wu J G. A GIS-based framework to identify priority areas for urban environmental inequity mitigation and its application in Santiago de Chile[J]. Applied Geography, 2018, 94: 213-222.
- [27]Guan T, Delman J. Energy policy design and China's local climate governance: Energy efficiency and renewable energy policies in Hangzhou[J]. Journal of Chinese Governance, 2017, 2(1): 68-90.
- [28]Hong Q Q, Cui L H, Hong P H. The impact of carbon emissions trading on energy efficiency: Evidence from quasi-experiment in China's carbon emissions trading pilot[J]. Energy Economics, 2022, 110: 106025.
- [29]Jiang H D, Dong K Y, Qing J, et al. The role of technical change in low-carbon transformation and crises in the electricity market: A CGE analysis with R&D investment[J]. Energy Economics, 2023, 125: 106897.
- [30]Nunn N, Qian N. The Potato's contribution to population and urbanization: Evidence from a historical experiment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2011, 126(2): 593-650.
- [31]Shapiro J S, Walker R. Why is pollution from US manufacturing declining? The roles of environmental regulation, productivity, and trade[J]. American Economic Review, 2018, 108(12): 3814-3854.

- [32]Wang H, Chen Z P, Wu X Y, et al. Can a carbon trading system promote the transformation of a low-carbon economy under the framework of the porter hypothesis? Empirical analysis based on the PSM-DID method[J]. *Energy Policy*, 2019, 129: 930–938.
- [33]Xepapadeas A P. Environmental policy under imperfect information: Incentives and moral hazard[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1991, 20(2): 113–126.

Environmental Big Data Supervision and Regional Green and Low-carbon Governance: From the Perspective of Collaborative Governance

Fu Kui¹, Liu Bingrong¹, Zhang Jie¹, Wang Wenqiang²

(1. *School of Economics and Management, Shihezi University, Shihezi 832000, China;*
2. *Business School, Central South University, Changsha 410083, China*)

Summary: Driven by next-generation digital technologies, environmental big data supervision has profoundly disrupted traditional environmental governance models and emerged as a major engine for modernizing ecological and environmental governance capabilities. Guided by the “dual carbon” goals, clarifying the internal logic of environmental big data supervision in the ecological and environmental domain, and scientifically evaluating its policy effect in the collaborative governance of pollution and carbon reduction, are of significant theoretical and practical importance for cultivating and developing green productivity.

Based on panel data from 120 prefecture-level cities in China between 2011 and 2022, this paper employs an intensity DID model. Using the establishment of municipal big data bureaus as an exogenous shock and the smart environmental protection index as the treatment intensity, it empirically examines the green and low-carbon governance effect of environmental big data supervision. The results show that environmental big data supervision significantly reduces both sulfur dioxide emission intensity and carbon emission intensity at the city level. Mechanism testing indicates that digitally-driven environmental big data supervision disrupts conventional environmental regulation models and promotes regional green and low-carbon governance through enhanced government environmental governance capacity and the stimulation of green technology innovation. Further analysis shows that environmental big data supervision helps advance pollution control in border areas and facilitates regional coordination in pollution governance; however, its effect in non-city clusters remains relatively limited at this stage.

This paper makes the following marginal contributions: First, it identifies the green and low-carbon governance effect of environmental big data supervision as a digital governance tool deployed by the government. Second, it integrates environmental big data supervision into the collaborative governance framework of “institution-market-society” in the ecological and environmental domain, illustrating how the effectiveness of this new governance tool is moderated by and dependent upon environmental legal systems, carbon market transactions, and public engagement. Third, it explores the boundary conditions that constrain the policy effect of environmental big data supervision, revealing their heterogeneous impacts on pollution and carbon reduction across border versus non-border areas, and city versus non-city clusters.

Key words: environmental big data supervision; green and low-carbon governance; intensity DID method

(责任编辑 顾 坚)