

# 公共服务信息化与区域绿色创新

## ——基于正式和非正式环境监管的调节作用分析

郝宇 李志超\*

**摘要:**公共服务信息化是数字化技术与公共服务的有机结合,其能否促进城市绿色技术创新有待检验。文章使用2007—2019年城市面板数据,基于信息惠民国家试点政策构建双重差分模型探究公共服务信息化对区域绿色创新的影响效应和作用机制。实证结果表明:公共服务信息化对区域绿色创新有显著的促进作用,且通过了稳健性检验。在中西部、人口规模大和行政等级低的城市,公共服务信息化对区域绿色创新的影响更加显著。正式和非正式型环境监管均在公共服务信息化对区域绿色创新的影响中起到正向调节的作用。公共服务信息化通过人才集聚和经济集聚对区域绿色创新起到显著的促进作用。因此,建议全方位推进数字化治理,加强治理数字化的力度;重点支持中西部规模大城市,加快中西部地区数字化治理转型;支持、引导人才集聚和经济集聚,形成创新生态系统;建立健全环境监管体系,加强环境监管力度。

**关键词:**区域绿色创新;公共服务信息化;环境监管;人才集聚

### 一、引言

改革开放之后,中国经济持续高速增长,人民物质生活水平显著提高,但长期粗放型经济增长方式带来严重的资源消耗、环境污染和生态破坏(郝宇、颜杰,2020),长此以往将严重制约经济的持续增长。习近平总书记提出“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,强调要促进经济高质量发展。绿色发展是经济高质量发展的必然要求。党的二十大报告中强调“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”。绿色技术创新是促进城市

\*郝宇,北京理工大学经济学院,邮政编码:100081,电子信箱:haoyuking@163.com;李志超(通讯作者),北京理工大学经济学院,邮政编码:100081,电子信箱:lizhichao12593@163.com。

本研究受到国家社会科学基金重大项目“数字经济推动社会主义生产、生活以及生态和谐共生研究”(22ZDA107)的资助。感谢匿名审稿人提出的宝贵意见。文责自负。

绿色转型和可持续发展的动力(Liu et al., 2023)。一方面,绿色技术创新可以通过污染控制技术封存、净化或分解污染物,从而减少环境污染(Dong et al., 2023);另一方面,绿色技术创新有助于优化自然资源的利用和配置,提高原材料和能源的利用效率,减少污染的产生,实现可持续发展(Dabbous & Barakat, 2023; Sun et al., 2023),从而带动企业技术进步,增强企业竞争力,促进企业高质量发展(Dou & Gao, 2023; Luo et al., 2023)。加快推进绿色技术创新成为新一轮绿色产业发展和城市经济高质量发展的关键。实际上,绿色技术创新往往需要大量的资源保障、政策支持以及创新创业环境。政府是政策的制定者,更是引导创新的环境塑造者(何雨可等, 2024)。而传统政府管理体制不够灵活、决策机制不够高效,创新主体和政府之间缺乏足够的信息获取和共享机制,导致政府引导社会主体绿色创新失效,一定程度上影响了区域绿色创新的持续发展。因此,推动绿色技术创新,既需要激发创新主体的积极性,又要提高政府公共服务效率和能力,优化治理环境,有效发挥政府的引导作用,激发绿色创新活力(伦晓波、刘颜, 2022)。

随着互联网等信息技术的快速发展,数字技术对经济社会生产和生活方式产生重大的变革性影响。因其在数据收集和分析决策上拥有支持行为者“智能”决策的潜力(Kloppenburger et al., 2022),各国加快推进公共服务信息化,并广泛应用在经济社会环境领域(施炳展、游安南, 2021)。公共服务信息化实质是信息化技术手段的驱动下公共治理和服务数字化的动态变化过程(贺晓宇、储德银, 2023)。中国也高度重视公共治理的数字化转型进程,“十四五”规划中明确提出要加快政府的数字化应用,推动各级政府利用数字技术优化公共治理流程,提升政府服务效率。实践表明,数字技术通过嵌入城市治理过程与要素“互构”助推效能输出(宋晔琴、甘甜, 2023),可以提高地方公共治理的效率和公平性(Wang & Guo, 2024)。在此背景下,源于数字技术应用的公共治理效率提升,能否促进区域绿色创新,其作用机理是什么?对上述问题的回答有利于理解公共服务信息化对区域绿色创新的推动作用,为实现城市可持续发展和绿色转型提供经验证据。

现有较少研究将公共服务信息化和绿色技术创新联系起来,主要包括以下两个方面。一是探究公共治理信息化对绿色技术创新的干预影响。如姚战琪(2023)基于国家服务业综合改革事实探究产业优化升级对于绿色创新的影响;王营和冯佳浩(2023)从政府环境信息公开角度分析多元参与的环境监管对绿色创新的作用。二是以互联网、大数据为基础的新兴技术嵌入治理,探究治理数字化转型如何影响经济社会的诸多方面。学者认为数字化能够迅速与原有治理模式相融合,进而重构政府、市场和社会之间的关系,推动治理现代化转型和变革,极大提高治理效能(孟天广, 2021)。同时,已有研究基于公共治理数字化,对环境污染(Zhao et al., 2023)、地方治理绩效(刘飞、王欣亮, 2021)、城市空间塑造(王英伟, 2022)等方面进行理论和实证研究。

尽管已有研究探究公共治理对绿色创新的影响,但往往只利用政府环境治理偏向性政策或关注度作为核心变量,忽视了公共治理效能提高带来的绿色发展优势。伦晓波和刘颜(2022)从数字政府角度出发探究其对于绿色技术创新的影响,但与相关研究相似(Zhao et al., 2023),主要采用电子政务发展指数作为公共服务信息化的表征变量,从而可能会在影响效应中混杂数字经济发展的作用,致使结果发生偏差;而基于数字绩效评估体系构建指标则过分关注数字政府成功因素,也有一定的局限性(Zhao et al., 2023)。同时,如Yang等(2024)提出,学者注意力大多集中私营部门和经济部门的信息化、数字化转型对绿色创新的影响,而相对忽略了公共治理数字化转型后的创新普惠功能。现有研究没有完全解释公共治理信息化后对区域绿色创新的影响效应。因此,本文将公共治理信息化与区域绿色创新结合,从公共治理视角创新性地探究信息化、数字化带来的公共服务模式能否有绿色创新的区域效应。并基于不同城市的特征探究公共服务信息化影响区域绿色创新的异质性,且从人才集聚和经济集聚两个方面探究政策冲击的中介效应,分别以正式和非正式两种环境监管,探究其对于影响效应的调节作用,为推进区域绿色创新提供参考证据。

本文利用“互联网+政务服务”国家信息惠民试点工程构建公共服务信息化的代理变量。作为公共服务信息化的典型事实,2014年国家发展改革委员会等十二部门联合开展信息惠民国家试点,实质是在试点城市通过“互联网+政务服务”的方式,深入实施信息惠民服务体系,广泛运用大数据、信息化和数字技术简政优政,整合部门分散资源,畅通业务服务渠道,推动实现公共治理现代化,提高治理效率和质量。同时,在信息惠民示范城市的工作方案中,着重突出建设方式、发展环境、基础设施建设等方面的创新,积极围绕提高公共服务、创新社会管理、促进数据开发以及培育经济增长点等方面开展工作。这表明国家信息惠民试点工程是推进公共服务信息化的基点,是以提高公共服务水平为基础,促进多部门、多领域、多方位的治理数字化转型过程。相关研究也以“信息惠民国家试点”政策作为政府数字化转型的典型事实,构建差分模型对城市创业活力(贺晓宇、储德银,2023;何雨可等,2024)、城市创新(徐霞等,2021)、基本公共服务(黄寿峰、赵岩,2023)等进行实证分析,为我们分析公共服务信息化后的绿色效能提供了参考。

本文可能的贡献在于:第一,补充完善公共服务信息化与区域绿色创新的影响效应和作用机制,丰富了相关绿色技术创新的研究文献。本文将公共服务信息化作为核心解释变量,基于典型政策事实构建双重差分模型,有效地保证结果的科学性,有助于丰富和补充现有相关文献。第二,关注区域层面绿色创新的因素、作用机制和异质性,对于完善地区绿色创新体系,加快当地发展方式绿色转型和经济高质量发展具有一定价值,并从公共治理角度为加快绿色技术创新提供新的发展思路和实践方案。本文余下结构安排:第二部分阐述政策背景和公共服务信息化与区域绿色创新的理论机制;第三部分描述基准模型设定、变量选取和数据

来源;第四部分对实证结果进行分析和机制检验;第五部分探讨环境监管发挥的调节作用;第六部分是全文的结论和政策建议。

## 二、制度背景与理论分析

### (一)制度背景

为破解传统政府公共服务体制机制突出问题,“十二五”期间着力全面深化纵向改革,转变公共服务模式,提倡简政放权,推动“互联网+”政府治理。2014年国家发展改革委员会协同财政部、教育部等十二部门联合发布《关于加快实施信息惠民工程有关工作的通知》(发改高技[2014]46号)<sup>①</sup>,提出加快公共服务信息化,通过政务服务信息技术的运用,优化和提高公共服务水平,使公共服务更加便捷、高效,并促使政府更科学地配置公共资源,及时获取社会反馈,采取更智能、有效的管理和服务机制。随后在深圳市等80个城市进行信息惠民国家试点<sup>②</sup>,基于数字化公共服务平台逐步实现部门协同和政务“一站式”办理,优化政府治理机制。2016年在城市试点基本实现公共服务信息化和政务流程优化。2017年后试点城市80%的基本公共服务事项可以在互联网上办理,并形成试点经验逐步向全国推广<sup>③</sup>。

### (二)理论分析

#### 1. 公共服务信息化对区域绿色创新的直接影响

公共服务信息化对区域绿色创新的直接效应涉及资源配置、信息交流和监督渠道三方面。第一,公共服务信息化通过优化政务办事流程,建立数字化、网络化管理平台,实现跨区域、跨层级和跨部门协同办理,提高政府治理水平(黄寿峰、赵岩,2023)。绿色技术创新不仅仅依靠社会企业责任主体,公共投资和科学投入均会显著影响技术创新。在数字化治理平台的基础上,政府可以协调统筹各部门的资源,有助于优化公共资源配置,进而将更多资源配置到绿色技术创新的进程中。第二,绿色技术创新具有经济和环保的双重外部性(Arfi et al., 2018),政府往往设立激励机制,如税收减免、补贴和奖励计划,来鼓励企业绿色技术创新,这些信息的获取对于提高投资者、创新者和消费者对绿色技术的认知,促使更多的投资和创新流向绿色领域具有重要作用。依托新兴信息技术构建数字化处理平台,可以为城市治理提供更多数据和信息,减少信息不对称,市场参与者也更容易获取和分享信息,进而引导绿色技术

<sup>①</sup>十二部门关于加快实施信息惠民工程有关工作通知, [https://www.gov.cn/gzdt/2014-01/15/content\\_2567048.htm](https://www.gov.cn/gzdt/2014-01/15/content_2567048.htm)。

<sup>②</sup>关于同意深圳市等80个城市建设信息惠民国家试点城市的通知, [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201406/t20140623\\_964160.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201406/t20140623_964160.html?code=&state=123)。

<sup>③</sup>国务院办公厅关于转发国家发展改革委等部门推进“互联网+政务服务”开展信息惠民试点实施方案的通知, [https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-04/26/content\\_5068058.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-04/26/content_5068058.htm)。



创新。第三,公共服务信息化也在环境监管和可持续发展中具有明显作用(Kloppenburger et al., 2022)。政府可以通过构建数字化的城市资源数据集和监测系统,实时跟踪空气和水质等环境指标,将环境问题转化为有效的法规和举措,对严重污染性企业给予制裁,从而倒逼市场主体进行绿色技术创新(Wang et al., 2024)。基于以上理论分析,提出如下假说:

H1:公共服务信息化促进区域绿色创新。

## 2. 公共服务信息化对区域绿色创新的间接影响

公共服务信息化的过程实质就是本地制度环境优化的过程。理论上,产业转移的驱动力源于不同地区禀赋差异的比较优势,其中地区制度环境就是重要的驱动因素(孙晓华等, 2018)。如前所述,公共服务信息化能够促使当地政务“信息化、数字化和网络化”,提高城市的政府治理效能。数字技术在政府层面的广泛应用也能扩大政策信息范围,降低市场主体的交易成本。这些优势有助于降低多元主体与政府之间的信息不透明度,促使多元主体理解政策偏向和优惠,从而带来产业转移。而相比于第一产业和重工业依赖于地区禀赋,轻工业和服务业更加容易随着地区禀赋差异而转移。同时,产业服务化和数字化恰是绿色技术创新的主要组成部分。产业转移的本质是人才和经济要素的转移,最后形成要素的集聚效应,从而提升绿色技术创新效率,促进绿色技术创新。从市场主体角度来看,企业与政府之间的办事效率提升,也有利于降低营商环境的制度性约束和交易成本,有助于提高当地多元主体的创新创业活力(徐霞等, 2021;贺晓宇、储德银, 2023;何雨可等, 2024)。基于以上理论分析,提出如下假说:

H2:公共服务信息化通过人才集聚和经济集聚促进区域绿色创新。

## 3. 环境监管对公共服务信息化影响区域绿色创新的调节作用

为保护自然环境、预防环境污染以及促进可持续发展,政府等主体通过法律法规、制定行业标准等手段,对环境进行管理和监管。一方面,基于政府正式的环境监管可以强制市场主体采用更清洁、环保的技术,以减少污染物的产生,促使企业加快绿色技术创新(Liu et al., 2021;Guo et al., 2023)。数字技术与环境监管相结合,可以帮助政府主体更好地遵循环保法规,监测市场主体排放,从而加快推动城市绿色技术的创新。另一方面,随着社会各界知识水平提高,居民的环保意识逐渐提升,企业的污染排放同样受到来自于公众监督的非正式环境监管(Zhao et al., 2023)。舆论监督同样会影响政府加强正式性的环境监管(Chai et al., 2023)。而公共服务信息化也使公众更加便捷地联系政府,促使政府环境治理反应的滞后期缩短,加强非正式环境监管的效果,规范企业污染行为,进而影响市场主体加强绿色技术创新。同时,消费者对环境的关注也会促使企业偏向追求绿色技术创新决策(Aghion et al., 2023)。基于以上理论分析,提出研究假说3:

H3:环境监管在公共服务信息化对区域绿色创新的影响中发挥调节作用。

综上所述,公共服务信息化影响区域绿色创新的理论机制如图1所示。

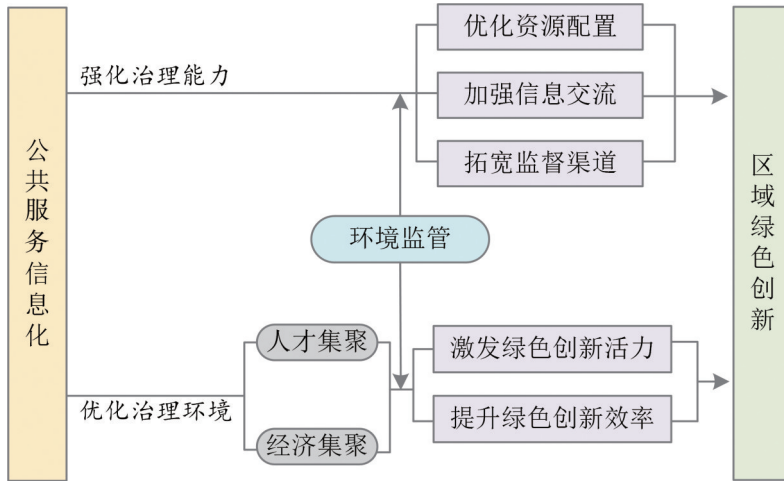


图1 公共服务信息化影响区域绿色创新的理论机制

### 三、研究设计

#### (一)模型设定

本文主要关注公共服务信息化是否以及怎样影响区域绿色创新。基于上述理论分析,以2014年由国家发展改革委等十二部门推进的“互联网+政务服务”信息惠民国家试点工程为准自然实验,构建双重差分模型验证公共服务信息化如何影响区域绿色创新。具体模型如下:

$$GTI_{i,t} = \alpha + \beta Treated_{i,t} + \gamma Control_{i,t} + \mu_t + \delta_i + \theta_{i,t} \quad (1)$$

(1)式中:  $GTI_{i,t}$  表示  $i$  城市第  $t$  年的绿色创新;  $Treated_{i,t}$  表示信息惠民试点城市与政策发生时间的交互项,  $i$  城市若在2014年之后是信息惠民试点,则为1,否则为0;  $Control_{i,t}$  表示其他控制变量;  $\alpha$  表示模型常数项;  $\beta$  是本文关注的核心估计系数,表示试点政策对城市绿色创新的影响效应;  $\gamma$  是各控制变量的回归系数;  $\mu_t$  表示年份固定效应;  $\delta_i$  表示城市固定效应;  $\theta_{i,t}$  表示模型的随机误差项。

#### (二)变量选取

##### 1. 区域绿色创新

绿色技术创新代表城市可持续发展的潜在能力。已有研究针对区域绿色创新进行多种指标测度,普遍认同绿色专利是直接显示区域绿色创新的结果。而由于专利审批等原因,专利授权有着滞后效应。因此,参考相关研究(李豫新等,2023;Dian et al.,2024),本文选取城市每万人绿色专利申请量作为核心被解释变量,并利用城市每万人绿色专利授权量作为替换变量进行稳健性检验。

## 2. 公共服务信息化

公共服务信息化以“互联网+政务”对原有治理模式进行改造来衡量,启动于2014年的信息惠民国家试点工程为此提供了良好的准自然实验。具体地,选取试点城市作为实验组,非试点城市为对照组,试点城市赋值为1,非试点城市赋值为0;将2014年作为政策施行的年限,赋值政策时间变量2014年之前年份为0,2014年之后为1;并将分组变量与政策时间变量进行相乘得到交互项,即为公共服务信息化的代理变量。

## 3. 其他控制变量

参考现有研究(Zhang et al., 2023; 贺晓宇、储德银, 2023; 郭丰、任毅, 2023), 本文采用经济发展水平、政府干预、金融发展、外商投资、产业结构和科技投入作为回归模型的控制变量。此外,从技术效应视角解释环境库兹涅茨曲线(EKC),高收入地区与更优质的绿色技术紧密联系,地区经济在发展过程中可能通过不断开发清洁技术,实现资源的循环利用,从而降低单位产出的污染,转变经济发展与环境污染的负向关系。因此,本文考虑经济发展水平与绿色创新之间的“U型”关系,且基于相关研究的做法(朱平辉等, 2010),添加地区经济发展水平的平方项作为控制变量,验证上述理论。各变量具体计算方法和符号如表1所示。

表1 变量定义及符号

变量类型	变量符号	变量名称	变量计算方法
被解释变量	<i>GTI</i>	区域绿色创新	城市每万人绿色专利申请量(件/万人)
解释变量	<i>Treated</i>	公共服务信息化	信息惠民试点政策虚拟变量
控制变量	<i>lnGdp</i>	经济发展水平	城市人均经济发展水平的对数值(元)
	<i>Gov</i>	政府干预	当年财政支出占地区生产总值的比重(%)
	<i>Fin</i>	金融发展	年末金融机构各项贷款余额与地区生产总值的比重(%)
	<i>lnFdi</i>	外商投资	当年实际使用外资金额的对数值(万美元)
	<i>Str</i>	产业结构	第三产业产值占地区生产总值的比重(%)
	<i>Sci</i>	科技投入	城市用于科学技术事业的财政支出(亿元)

### (三)数据来源

本文的被解释变量的原始数据来源于国家知识产权官网中的绿色技术创新申请数和授权数;核心解释变量信息惠民试点城市来自于国家发展和改革委员会发布的《关于同意深圳市等80个城市建设信息惠民国家试点城市的通知》;其他城市控制变量均来自于《中国城市统计年鉴》。本文的样本时间范围为2007—2019年,并对严重缺失数据的城市样本予以剔除,最终保留279个城市样本,形成3627个观测值。

## 四、实证结果与分析

### (一)平行趋势检验

双重差分模型的关键假设就是要满足平行趋势检验,即实验组和控制组在外生变量作用之前的被解释变量没有显著差距。因此,构建模型检验试点城市和非试点城市在公共服务信

息化前后的区域绿色创新变化。借鉴 Jacobson 等(1993)的做法,构建模型检验公共服务信息化事件对区域绿色创新的影响。具体模型如下:

$$GTI_{i,t} = \alpha + \sum_{j=-2}^{j=-7} \beta_j pre + \beta_{-1} Current + \sum_{k=0}^{k=5} \beta_k post + \gamma Control_{i,t} + \mu_t + \delta_i + \theta_{i,t} \quad (2)$$

式(2)中:  $GTI_{i,t}$  表示  $i$  城市第  $t$  年的绿色技术创新;  $pre$  表示信息惠民政策发生前的虚拟变量;  $Current$  表示以政策发生的前一年作为事件分析的基期;  $post$  表示政策发生后的虚拟变量;其他变量均与(1)式相同。

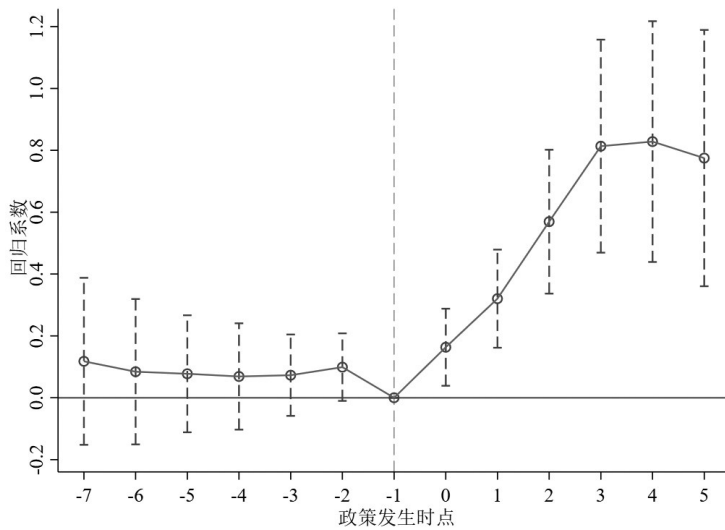


图2 平行趋势检验

根据图2平行趋势检验结果,发现在试点政策未施行前,模型的回归系数均未通过显著性检验,其上下置信区间均不同号,说明本文的双重差分模型通过了事前平行趋势检验。而在政策发生后,其回归系数均显著大于0,说明信息惠民国家试点政策显著促进区域绿色创新,通过事后平行趋势检验,整体满足双重差分模型的基本假设。再从政策发生后模型的回归系数看,政策效应在第3期之后逐步平缓下降,这一结果与相似研究主题相同(贺晓宇、储德银,2023;何雨可等,2024),间接证明在2017年之后逐步在全国推广公共服务信息化,致使回归系数平缓下降。

### (二)基准回归

表2展示了公共服务信息化对区域绿色创新的逐步回归结果。根据表2的回归结果,我们发现随着加入不同的控制变量,核心解释变量均会在1%的显著性水平上正向影响被解释变量,表明公共服务信息化能够显著促进区域绿色创新,假说1得证。实证结果验证了本文的理论分析假说,即随着政府治理数字化的转型,能够有利于提升区域绿色创新,因此,有必



要加快公共服务信息化步伐,拓宽数字化治理范围,充分发挥数字治理对绿色技术创新的促进作用。观察其他控制变量对被解释变量的影响系数,发现科学技术投入对绿色技术创新有显著正向的影响,表明投资于科学研究、技术开发和工程设计等方面的资源对于推动绿色技术创新具有重要的作用。地区经济发展水平对区域绿色创新的一次项为负,二次项为正,说明经济发展水平对区域绿色创新的影响为先下降后上升的“U型”趋势,表明符合环境库兹涅兹曲线(EKC)的技术效应假说,考察期内区域绿色创新水平先随着经济发展水平的提高而下降,达到拐点后,绿色技术创新水平随着经济发展水平的提高而提高。政府干预对区域绿色创新是显著负向影响,原因是考察期内样本政府更可能将资金等资源施加于其他领域,在有限的资源情景下可能导致对推动绿色技术创新资源的挤出。金融发展、外商投资和产业结构对区域绿色创新没有显著影响,原因可能是金融发展、外商投资和产业结构对区域绿色创新有促进和抑制的交互影响,导致相互抵消。

表2 公共服务信息化对区域绿色创新的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>
<i>Treated</i>	1.322*** (0.261)	0.628*** (0.176)	0.549*** (0.177)	0.508*** (0.172)	0.501*** (0.173)	0.501*** (0.173)	0.491*** (0.176)
<i>Sci</i>		0.040*** (0.007)	0.037*** (0.006)	0.037*** (0.006)	0.037*** (0.006)	0.037*** (0.006)	0.037*** (0.006)
<i>lnGdp</i>			-6.324* (3.241)	-6.061** (3.068)	-6.113** (3.036)	-6.114** (3.029)	-6.166* (3.146)
<i>lnGdp</i> <sup>2</sup>			0.325** (0.151)	0.303** (0.144)	0.307** (0.143)	0.307** (0.142)	0.306** (0.145)
<i>Gov</i>				-2.294** (0.963)	-2.530*** (0.865)	-2.527*** (0.862)	-2.516*** (0.866)
<i>Fin</i>					0.124 (0.089)	0.123 (0.089)	0.124 (0.090)
<i>lnFdi</i>						-0.003 (0.021)	-0.003 (0.021)
<i>Str</i>							0.005 (0.006)
常数项	0.139** (0.060)	0.044 (0.055)	30.642* (17.249)	30.542* (16.173)	30.629* (16.014)	30.648* (15.933)	30.930* (16.568)
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是
样本量	3627	3627	3627	3627	3627	3627	3627
R <sup>2</sup>	0.388	0.629	0.655	0.660	0.661	0.661	0.661

注:括号内为聚类到城市层面的标准误,\*代表 p<0.10,\*\*代表 p<0.05,\*\*\*代表 p<0.01,下表同。

### (三)稳健性检验

为保持结果的稳健,本文进行一系列稳健性检验。首先,表3的模型(1)表示替换被解释变量后的回归结果,将被解释变量替换为城市每万人绿色技术创新授权数。结果表明公共服务信息化显著正向促进区域绿色创新。其次,在控制年份固定效应和城市固定效应之后,将省份与时间的交互固定效应进行控制,结果依然显著。然后,仔细挖掘城市层面的其他政策,发现宽带中国战略(*Broadband*)和智慧城市试点(*Smart*)分别从数字化和城市管理模式两方面可能对区域绿色创新产生影响,我们基于两项试点政策生成虚拟变量,纳入回归模型进行分析。模型(3)结果发现,在控制其他政策后,公共服务信息化依然显著影响区域绿色创新,且宽带中国战略试点政策也显著正向影响城市绿色创新,而智慧城市试点政策的系数不显著。再次,对城市中的直辖市进行删除,回归结果依然显著。最后,鉴于2017年后全国推广公共治理数字化转型的特征事实,将研究样本进行调整,剔除2017年之后的城市样本,再次进行回归分析。结果如表3的模型(5)所示,可以发现在5%的显著性水平下公共服务信息化对区域绿色创新有促进作用,回归结果稳健。

表3 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换被解释变量	控制省份-时间固定效应	控制城市其他政策	剔除直辖市	调整样本
<i>Treated</i>	0.251*** (0.087)	0.490*** (0.178)	0.400** (0.171)	0.497*** (0.178)	0.285** (0.121)
<i>Broadband</i>			0.396*** (0.141)		
<i>Smart</i>			-0.114 (0.113)		
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是
省份-时间固定效应	否	是	否	否	否
样本量	3627	3627	3627	3575	2232
R <sup>2</sup>	0.651	0.664	0.667	0.652	0.636

### (四)异质性分析

基于上述结果,本文进一步检验公共服务信息化显著促进区域绿色创新的城市异质性。基于此,本文基于城市地理位置、城市人口规模以及城市行政级别划分不同组别,进行分组回归。首先是根据国家统计局经济地带划分标准,将各城市按照省份所在地区,依次划分为东中西部,并进行分组回归,结果如表4前三列所示。可以发现,在东部城市样本中,公共服务信息化对区域绿色创新不显著,而在中部和西部样本中,公共服务信息化显著促进区域绿色

创新,可能是东部地区在制度环境和政府能效方面已经领先于中西部,治理数字化转型过程中带来的政府能效提升和制度环境释放效应对区域绿色创新的促进作用不足。然后,根据2014年国务院调整城市规模划分标准,将特大城市及超大城市的人口下限调整为500万人。本文以500万人为划分线,将城市样本划分为规模大和规模小两个样本,进行回归。

结果如表4第(4)和(5)列所示,可以发现相对于小规模城市,城市规模大的地区公共服务信息化对区域绿色创新的影响显著且效应更大,说明在人口规模更大的城市,公共服务信息化赋能绿色技术创新的效果更好。此外,根据中国城市行政等级,本文将省会城市和直辖市划分为行政等级高的城市,将其他城市划分为行政等级低的城市样本,并进行分组回归。结果如表4第(6)和(7)列所示,相比于行政等级高的城市,行政等级低的城市样本中,公共服务信息化显著促进区域绿色创新,说明公共服务信息化更能推动低行政等级城市进行绿色技术创新。

表4 异质性回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	东部	中部	西部	规模小	规模大	行政等级低	行政等级高
<i>Treated</i>	0.237 (0.356)	0.325* (0.174)	0.492*** (0.146)	-0.020 (0.129)	0.800** (0.332)	0.390** (0.183)	-0.451 (0.758)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是
样本量	1300	1300	1027	2484	1143	3237	390
R <sup>2</sup>	0.742	0.754	0.658	0.660	0.793	0.593	0.848

### (五)影响机制分析

根据理论分析,考虑政府治理数字化推动区域绿色创新的作用机制,本文参考Baron和Kenny(1986)采用逐步回归的方式对中介变量进行检验,具体模型如下:

$$M_{i,t} = \alpha + \beta Treated_{i,t} + \gamma Control_{i,t} + \mu_t + \delta_i + \theta_{i,t} \quad (3)$$

$$GTI_{i,t} = \alpha + \beta Treated_{i,t} + \tau M + \gamma Control_{i,t} + \mu_t + \delta_i + \theta_{i,t} \quad (4)$$

上式中,  $M_{i,t}$  表示中介变量,  $\tau$  表示中介变量对被解释变量的估计系数;若公式(3)中核心解释变量显著影响中介变量,且公式(4)中的中介变量显著影响被解释变量,则表示存在中介效应,在此之上,若公式(4)中的核心解释变量显著,则表示存在部分中介,若不显著,则表示存在完全中介。其他变量含义与公式(1)相同。

党的二十大报告提出,人才是创新创业的关键。公共服务信息化可以通过提高信息透明度和效率、优化政商环境以及搭建平台和机会,从而提高城市的整体发展水平和生活质量,吸

引人才集聚(Lab)和经济集聚(Eco),从而提高区域绿色创新。基于此,本文利用城市普通本专科及以上人口数(万人)/城市行政面积总和(平方公里)代表人才集聚,以城镇就业人员作为要素,采用区位熵指数法衡量城市的经济集聚,引入中介模型进行检验。根据表5机制分析结果,公共服务信息化均显著促进城市人才集聚和经济集聚,同时根据表5中的模型(2)和模型(4),在基准模型中加入中介变量后,中介变量均显著影响被解释变量,说明人才集聚和经济集聚在公共服务信息化对区域绿色创新中发挥了部分中介作用,假说2得证。

表5 机制分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Lab	GTI	Eco	GTI
Treated	0.019*** (0.007)	0.362** (0.170)	0.159** (0.079)	0.159** (0.079)
Lab		6.702*** (1.683)		
Eco				0.023* (0.013)
控制变量	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
样本量	3627	3627	3614	3614
R <sup>2</sup>	0.279	0.683	0.151	0.662

### 五、环境监管的调节作用分析

环境监管是以保护环境、绿色发展为主题对环境污染、资源利用和生态保护等方面的管理和监管措施。根据波特假说,环境监管能够加大企业之间的竞争压力,适当的环境监管有益于企业的绿色技术创新。同时,已有研究从实证角度认为环境监管促进绿色技术创新(Chen et al., 2022; Yin et al., 2023)。基于此,本文构造环境监管变量,并与核心解释变量交互,进而探讨地区环境监管对政府治理数字化影响区域绿色创新的调节作用。具体模型设置如下:

$$GTI_{i,t} = \alpha + \beta Treated_{i,t} + \rho T + \omega Treated_{i,t} \times T + \gamma Control_{i,t} + \mu_t + \delta_i + \theta_{i,t} \quad (5)$$

式(5)中:  $T$  为环境监管变量,  $\rho$  为特征变量的估计系数;  $\omega$  表示交互项  $Treated \times T$  的估计系数,是调节分析的主要观察对象,若其显著大于0表示正向调节公共服务信息化对区域绿色创新的作用,若显著小于0表示负向调节;其他变量含义均与公式(1)相同。

另外,本文将环境监管分为正式型和非正式型。正式型环境监管往往从保护环境的角度



实施直接强制性的规范措施,如环境保护税等。借鉴林伯强和谭睿鹏(2019)做法,利用工业固体废物综合利用率来表示,其含义是环境监管越强,企业污染物排放越少,则废弃物综合利用率就越高。非正式型环境监管往往是非政府主体对周边环境的监督、举报等一系列行为规制。相比于正式型的环境监管,非正式型环境监管更加偏向于“弱约束”。我们利用公众环保举报信代表非正式型环境监管变量。为避免多重共线,将调节变量进行中心化处理并引入交互项模型,得出分析结果如表6的模型(1)和(2)所示。根据模型(1)结果,可以发现交互项系数为1.091,且通过1%的显著性检验水平,表明正式型环境规制在公共服务信息化对区域绿色创新的影响中发挥明显的正向调节作用。模型(2)展示了非正式环境监管的调节作用结果,可以发现其交互项系数为0.377。尽管非正式环境监管的调节作用相对小于正式环境监管的调节作用系数,但两者均在1%的水平上显著正向调节公共服务信息化对区域绿色创新的影响,说明环境监管一定程度上有益于区域绿色创新,假说3得证。

表6 调节作用分析结果

变量	(1)	(2)
	<i>GTI</i>	<i>GTI</i>
<i>Treated</i>	0.498*** (0.170)	0.662*** (0.215)
<i>Envir</i>	-0.084 (0.099)	
<i>Treated×Envir</i>	1.091*** (0.319)	
<i>Aware</i>		-0.051 (0.032)
<i>Treated×Aware</i>		0.377*** (0.132)
控制变量	是	是
年份固定效应	是	是
城市固定效应	是	是
样本量	3614	3591
R <sup>2</sup>	0.665	0.644

接下来,参考Yang等(2024),通过绘制环境监管对公共服务信息化影响区域绿色创新的调节效应图,进一步理解这种关系。如图3所示,其中左边图(a)表示正式型环境监管的调节作用,右边图(b)表示非正式型环境监管的调节作用,两条线表示公共服务信息化对区域绿色创新影响的斜率。可以直观地看出,无论是正式或是非正式的环境监管,高层次的环境监管均会增加公共治理信息化影响区域绿色创新的斜率。这表明环境监管越强,公共服务信息化对区域绿色创新的促进作用越大。同时,相比于正式型环境监管,非正式型环境监管由低层次到高层次所造成的影响更大,说明非正式环境监管的调节作用实质上更强。这也与Zhao

等(2023)结论相似,公共服务信息化有利于以公众代表的非正式环境监管与之相结合,增强环保监督力量,刺激区域绿色创新。

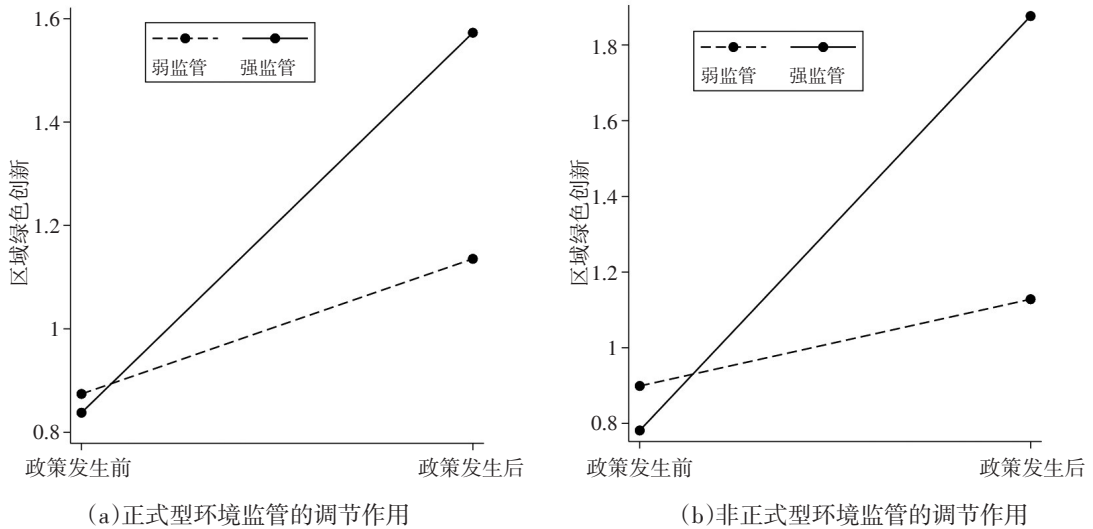


图3 环境监管的调节作用

## 六、结论与启示

本文将公共治理与绿色创新相结合,基于2007—2019年279个城市的面板数据,以信息惠民国家试点政策作为外生冲击变量,构建双重差分模型实证分析公共服务信息化对城市绿色创新的作用和机制。研究发现:(1)公共服务信息化能对城市绿色创新产生显著的提升作用,且这一结果能够通过平行趋势检验和稳健性检验。(2)公共服务信息化能对城市绿色创新的影响在不同城市有明显的异质性。相对于东部城市,在中部和西部公共服务信息化对区域绿色创新的影响更显著;相对于小规模城市,城市规模大的地区公共服务信息化对区域绿色创新的影响显著且效应更大;相比于行政等级高的城市,公共服务信息化对区域绿色创新促进作用在行政等级低的城市样本中更显著。(3)公共服务信息化通过地区人才集聚和经济集聚提升城市绿色创新。(4)正式和非正式的环境监管都会正向调节公共服务信息化对城市绿色创新的促进作用。且相比于正式型环境监管,非正式型环境监管的调节作用实质上更强。本文为优化政商关系,促进政府治理数字化和绿色创新协同发展,加快实现城市绿色转型提供了经验证据。基于此,本文提出以下四点政策启示:

第一,全方位推进政府数字化治理,政府应加强数字化治理的力度,通过推动数字化技术在治理中的应用,建设智慧城市基础设施,提高政府信息化水平,进而促进区域绿色创新的发展。第二,重点支持中西部规模大城市,通过政策、资金和技术等方面的支持,加快中西部地区数字化治理转型,提升地方政府工作人员数字技能,提高政府治理质量,促进区域绿色创新

的发展。第三,利用数字化转型平台积极支持、引导人才集聚和经济集聚,优化制度环境和政商关系,以公共服务信息化为依托,简政易从,吸引和集聚绿色创新相关人才,形成创新生态系统,提高城市的绿色创新能力。第四,建立健全的环境监管体系,加强环境监管力度,包括正式和非正式的环境监管,增强其对政府数字化治理对城市绿色创新的正向调节,提高社会各界对绿色技术创新的积极性和投入。

## 参考文献:

- [1] 郭丰,任毅.数字经济如何赋能城市绿色全要素生产率?——基于数字技术创新与产业结构升级视角[J].环境经济研究,2023,8(4):74-94.
- [2] 郝宇,颜杰.绿色信贷政策对高污染高耗能企业财务绩效和经营风险的影响[J].环境经济研究,2020(2):34-49.
- [3] 贺晓宇,储德银.政府治理数字化转型与城市创业活跃度提升[J].上海经济研究,2023(9):41-53.
- [4] 何雨可,牛耕,逯建,等.数字治理与城市创业活力——来自“信息惠民国家试点”政策的证据[J].数量经济技术经济研究,2024,41(1):47-66.
- [5] 黄寿峰,赵岩.政务服务信息化与基本公共服务水平[J].世界经济,2023(8):32-54.
- [6] 李豫新,程洪飞,倪超军.能源转型政策与城市绿色创新活力——基于新能源示范城市政策的准自然实验[J].中国人口·资源与环境,2023(1):137-149.
- [7] 林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019(2):119-132.
- [8] 刘飞,王欣亮.政府数字化转型与地方治理绩效:治理环境作用下的异质性分析[J].中国行政管理,2021(11):75-84.
- [9] 伦晓波,刘颜.数字政府、数字经济与绿色技术创新[J].山西财经大学学报,2022(4):1-13.
- [10] 施炳展,游安南.数字化政府与国际贸易[J].财贸经济,2021(7):145-160.
- [11] 孟天广.政府数字化转型的要素、机制与路径——兼论“技术赋能”与“技术赋权”的双向驱动[J].治理研究,2021(1):5-14+2.
- [12] 宋晔琴,甘甜.结构嵌入与行为吸纳:数字技术助推城市基层治理的机制——兼论困境与超越[J].城市问题,2023(9):14-21+33.
- [13] 孙晓华,郭旭,王昀.产业转移、要素集聚与地区经济发展[J].管理世界,2018,34(5):47-62+179-180.
- [14] 王营,冯佳浩.政府环境信息公开的绿色创新效应研究[J].科研管理,2023(6):117-125.
- [15] 王英伟.政府治理数字化转型对城市空间的塑造逻辑[J].城市发展研究,2022(6):85-91.
- [16] 徐霞,吴福象,王兵.政府大数据赋能城市创新:理论机制与经验证据[J].经济理论与经济管理,2021(12):42-56.
- [17] 姚战琪.国家服务业综合改革试点是否促进绿色创新[J].学习与探索,2023(9):106-117.
- [18] 朱平辉,袁加军,曾五一.中国工业环境库兹涅茨曲线分析——基于空间面板模型的经验研究[J].中国工业经济,2010(6):65-74.
- [19] Aghion, P., R. Bénabou, R. Martin, A. Roulet. Environmental Preferences and Technological Choices: Is Market Competition Clean or Dirty?[J]. American Economic Review: Insights, 2023, 5(1): 1-19.
- [20] Arfi, W. B., L. Hikkerova, J. M. Sahut. External Knowledge Sources, Green Innovation and Performance[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 129: 210-220.
- [21] Baron, R. M., D. A. Kenny. The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1986, 51

(6): 1173.

[22] Chai, S., M. Wei, L. Tang, et al. Can Public Opinion Persuade the Government to Strengthen the Use of Environmental Regulation Policy Tools? Evidence from Policy Texts[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023: 140352.

[23] Chen, Y., Z. Yao, K. Zhong. Do Environmental Regulations of Carbon Emissions and Air Pollution Foster Green Technology Innovation: Evidence from China's Prefecture-Level Cities[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 350: 131537.

[24] Dabbous, A., K. A. Barakat. The Road Towards Environmental Sustainability: Investigating the Role of Information and Communication Technologies and Green Technology Innovations[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 432: 139826.

[25] Dian, J., T. Song, S. Li. Facilitating or Inhibiting? Spatial Effects of the Digital Economy Affecting Urban Green Technology Innovation[J]. *Energy Economics*, 2024, 129: 107223.

[26] Dong, S., G. Ren, Y. Xue, K. Liu. How Does Green Innovation Affect Air Pollution? An Analysis of 282 Chinese Cities[J]. *Atmospheric Pollution Research*, 2023, 14(9): 101863.

[27] Dou, Q., X. Gao. How Does the Digital Transformation of Corporates Affect Green Technology Innovation? An Empirical Article from the Perspective of Asymmetric Effects and Structural Breakpoints[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 428: 139245.

[28] Guo, M., H. Wang, Y. Kuai. Environmental Regulation and Green Innovation: Evidence from Heavily Polluting Firms in China[J]. *Finance Research Letters*, 2023, 53: 103624.

[29] Jacobson, L. S., R. J. LaLonde, D. G. Sullivan. Earnings Losses of Displaced Workers[J]. *The American Economic Review*, 1993: 685-709.

[30] Kloppenburg, S., A. Gupta, S. R. Kruk, et al. Scrutinizing Environmental Governance in a Digital Age: New Ways of Seeing, Participating, and Intervening[J]. *One Earth*, 2022, 5(3): 232-241.

[31] Liu, X., F. Liu, X. Ren. Firms' Digitalization in Manufacturing and the Structure and Direction of Green Innovation[J]. *Journal of Environmental Management*, 2023, 335: 117525.

[32] Liu, Y., A. Wang, Y. Wu. Environmental Regulation and Green Innovation: Evidence from China's New Environmental Protection Law[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 297: 126698.

[33] Luo, G., J. Guo, F. Yang, C. Wang. Environmental Regulation, Green Innovation and High-quality Development of Enterprise: Evidence from China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 418: 138112.

[34] Sun, Y., P. Gao, W. Tian, W. Guan. Green Innovation for Resource Efficiency and Sustainability: Empirical Analysis and Policy[J]. *Resources Policy*, 2023, 81: 103369.

[35] Wang, H., J. Guo. New Way out of Efficiency-Equity Dilemma: Digital Technology Empowerment for Local Government Environmental Governance[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2024, 200: 123184.

[36] Wang, H., W. Deng, Z. Zhang, M. Li. Does Government's Environmental Attention Improve Urban Energy Efficiency?[J]. *International Review of Financial Analysis*, 2024, 91: 103046.

[37] Yang, X., R. Ran, Y. Chen, J. Zhang. Does Digital Government Transformation Drive Regional Green Innovation? Evidence from Cities in China[J]. *Energy Policy*, 2024, 187: 114017.

[38] Yin, X., D. Chen, J. Ji. How Does Environmental Regulation Influence Green Technological Innovation? Moderating Effect of Green Finance[J]. *Journal of Environmental Management*, 2023, 342: 118112.

[39] Zhang, Z., X. Dai, Y. Ding. Government Environmental Governance and Firms' Green Innovation: Evidence from Listed Firms in Heavy Pollution Industries of China[J]. *Finance Research Letters*, 2023: 103848.

[40] Zhao, S., L. Teng, V. E. Arkorful, H. Hu. Impacts of Digital Government on Regional Eco-innovation: Moderating Role of Dual Environmental Regulations[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2023, 196: 122842.



# Public Service Informatization and Regional Green Innovation: Analysis of the Regulatory Role Based on Formal and Informal Environmental Regulation

Hao Yu, Li Zhichao

(School of Economics, Beijing Institute of Technology)

**Abstract:** Public service informatization represents the integration of digital technology with public services, and its potential to foster urban green technological innovation remains to be fully examined. This study utilizes panel data from cities spanning 2007 to 2019 and employs a difference-in-differences model based on the "National Pilot of Information for the People" policy to investigate the impact and mechanisms of public service informatization on regional green innovation. The empirical results indicate that public service informatization significantly promotes regional green innovation, and this finding is robust across various tests. The positive impact is particularly pronounced in cities located in central and western regions, those with larger populations, and those with lower administrative levels. Both formal and informal environmental regulations positively moderate the effect of public service informatization on regional green innovation. The mechanisms through which public service informatization promotes green innovation include talent concentration and economic agglomeration. Consequently, it is recommended to comprehensively promote digital governance and enhance the digitization of governance processes. Government should focus on supporting large cities in central and western regions and expedite the transformation of digital governance in these areas; support and guide talent and economic agglomeration to create an innovation ecosystem; establish a robust environmental regulatory system and strengthen environmental regulations.

**Keywords:** Regional Green Innovation; Public Service Informatization; Environmental Regulation; Talent Pooling

**JEL Classification:** G38, Q55, R11

(责任编辑:卢玲)