

公共数据开放与突破式绿色创新

王梅玲 张文武

摘要:数据作为一种新型生产要素,成为推动企业创新、增强竞争力的关键资源。探究公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响,不仅有助于解释数据资源的潜在价值,也为企业实现高质量发展提供新的战略思路。本文以2010—2023年沪深A股上市公司为研究样本,将城市开放公共数据视为准自然实验,使用多期双重差分模型评估公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响及作用机制。研究发现,公共数据开放促进了企业突破式绿色创新。机制分析表明,公共数据开放通过提升绿色知识搜索深度和增进绿色协同创新两条途径促进企业突破式绿色创新。异质性分析结果显示,公共数据开放对成长期企业、融入全球创新网络的企业以及城市气候政策稳定性较低的企业突破式绿色创新的提升作用更为明显。本文的研究结论为制定更加精准有效的数据开放政策和企业绿色创新战略提供了理论与实践支撑,有助于推动数据资源的高效利用和价值的深度挖掘。

关键词:公共数据开放 突破式绿色创新 绿色知识搜索深度 绿色协同创新 数据要素

中图分类号:F208; F273.1

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2026)06-0036-13

一、问题提出

随着全球气候变化加剧和国际绿色竞争的日益深化,实现“双碳”目标不仅是我国履行全球减排责任的战略要求,也是推动经济高质量发展、塑造新竞争优势的重要抓手^[1]。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》提出,要“加快经济社会发展全面绿色转型 建设美丽中国”。绿色创新作为驱动绿色转型的关键引擎,对促进绿色产业升级、提升资源配置效率和增强国际竞争力具有重要意义^[2]。国家知识产权局发布的《绿色低碳专利统计分析报告(2025)》显示,2024年中国绿色低碳专利申请公开量达11.2万件,同比增长15.5%,但在有效发明专利中绿色低碳发明专利仅占5.0%。这反映出绿色创新处于“量大质优”的困境^[3]。此外,在新能源、节能环保等关键绿色产业领域,技术优势和核心专利往往集中于少数领先企业,对其他企业突破高端技术形成一定约束^[4]。因此,探索企业突破式绿色创新的影响因素及其触发机制具有重要的现实意义。

在突破式绿色创新实践中,企业面临研发周期长、投入风险高、技术路径不确定性较大以及跨领域知识整合等挑战^[5]。因此,高质量的信息资源和良好的外部创新环境成为企业开展突破式绿色创新的重要保

收稿日期:2025-12-11;修回日期:2026-05-22

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目“政府补贴对制造业绿色创新韧性的影响机理、效果评估与政策优化研究”(72304141);江苏省社会科学基金一般项目“数字化赋能江苏制造业绿色创新韧性的机制与路径研究”(23EYB002)

作者简介:王梅玲 南京林业大学经济管理学院副教授、硕士生导师,南京,210037;

张文武 南京林业大学经济管理学院教授、博士生导师,通信作者。

作者感谢审稿快线专家的评审意见。

障。在此背景下,公共数据开放作为数字政府建设和数据要素市场化配置的重要制度安排,为赋能经济高质量发展提供重要支撑^[6],对企业创新的重要性日益凸显。近年来,国家围绕环境信息披露、生态环境数据共享以及数据要素赋能绿色低碳发展等领域,持续完善相关制度安排,推动公共数据开放由制度探索逐步走向共享开放和绿色创新应用,具体的政策实施情况如表 1 所示。随着政策的持续推进和地方实践的不断深化,各城市公共数据开放进程显著加快。自 2012 年上海、北京以及湛江开放公共数据平台以来,截至 2024 年 7 月,全国已有 219 个城市实现了公共数据平台开放^①。公共数据开放通过提供高质量的生态、能源、产业等数据资源,能够降低企业获取和整合跨领域绿色信息的成本,提高绿色知识融合效率,使企业更容易识别技术空白和潜在突破点,从而提升绿色创新突破既有技术路径的可能性^[7]。同时,公共数据开放缓解企业与市场之间的信息不对称、降低企业创新的不确定性与潜在风险^[8],为企业突破既有技术路径、实现高价值绿色创新提供了制度和数据基础。

表 1 公共数据开放与绿色创新相关政策实施情况

出台时间	政策文件	相关政策内容
2007 年 4 月	《环境信息公开办法(试行)》(国家环境保护总局令第 35 号)	初步确立环境信息公开制度,为生态环境数据开放奠定制度基础
2016 年 3 月	《生态环境大数据建设总体方案》(环办厅[2016]23 号)	推动生态环境数据互联互通和开放共享,强化数据资源整合应用
2019 年 4 月	《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》(发改环资[2019]689 号)	强调建设绿色技术创新平台和数据中心,推动数据开放共享
2022 年 12 月	《关于进一步完善市场导向的绿色技术创新体系实施方案(2023—2025 年)》(发改环资[2022]1885 号)	进一步完善绿色技术资源共享服务体系,优化绿色创新支撑条件
2024 年 1 月	《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026 年)》(国数政策[2023]11 号)	加强生态环境公共数据融合创新,推动企业绿色低碳发展

然而,公共数据开放的政策效应并非自动生成,其实际效果受到数据开放程度、数据质量、法律制度保障水平以及企业自身能力等多重因素的制约。一方面,部分数据因主管部门不敢或不愿开放而未能被充分利用,造成资源浪费^[9];另一方面,现有法律体系尚不完善,过度开放可能带来数据隐私和安全风险^[10]。这些制约因素直接影响企业获取和整合高质量绿色信息的能力,进而削弱突破式绿色创新的成效。

本文以 2010—2023 年沪深 A 股上市公司为研究样本,采用多期双重差分模型系统评估公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响及其作用机制。本文的边际贡献主要有两点。第一,将绿色创新纳入突破式创新的理论研究中。借鉴学者们对突破式创新的测度方法^[11],依托企业绿色专利前后向引用的复杂网络,构建整合-颠覆(CD)指数衡量突破式绿色创新,界定突破式绿色创新的准确内涵,完善和拓展了突破式绿色创新的理论体系。第二,构建并检验了公共数据开放影响企业突破式绿色创新的作用框架。本文不仅检验了公共数据开放对触发企业突破式绿色创新的有效性,还从绿色知识搜索深度和绿色协同创新两方面,深入识别公共数据开放影响企业突破式绿色创新的作用路径,为企业有效挖掘和利用公共数据资源,开展突破式绿色创新实践提供实证支持。

二、文献综述

(一)突破式绿色创新

突破式绿色创新指超越传统界限,为企业带来根本性变革和新机遇的创新形式^[12]。本文将其界定为在

① 具体数据参见复旦大学数字与移动治理实验室发布的《中国地方公共数据开放利用报告——城市(2024 年度)》。

节能减排、清洁生产、环境治理等特定领域,突破既有绿色技术边界,并推动企业实现实质性绿色技术跃迁的创新形式。现有研究主要聚焦于其测度和影响因素两方面。在测度方面,由于突破式绿色创新涉及创新过程的多阶段复杂性,其测度方法尚未形成统一的标准。部分学者通过问卷调查的方式衡量突破式绿色创新^[13],该方法虽具有一定的广泛性,但可能存在主观性偏差。另有学者基于专利间引用网络构建CD指数,将CD指数大于0的绿色专利界定为颠覆性绿色专利,并用企业层面的颠覆性绿色专利数量加以衡量^[14],为突破式绿色创新的测度提供了有益思路。在影响因素方面,现有研究主要从外部市场环境和内部资源整合两个角度展开讨论。从外部市场环境角度,环境监管压力和绿色市场压力^[15]、对“双碳”目标的关注^[16]等均对企业突破式绿色创新产生积极影响。从内部资源整合角度,环境资源协同配置^[17]、跨界知识搜索能力提升^[18]等均能提升企业实现突破式绿色创新的可能性。

(二) 公共数据开放的经济效果

政府公共数据开放对新技术、新应用以及新业务模式的发展具有重要推动作用,促进社会创新与经济增长。作为释放数据要素价值的重要政策工具,近年来公共数据开放带来的经济效应受到学术界广泛关注^[19]。在资源配置方面,公共数据开放通过降低企业信息获取成本,优化产能利用率并提升投资水平^[20]。在区域发展方面,公共数据开放有助于打破区域间的信息壁垒,缩小区域发展差距^[21],并降低企业跨区域投资成本。同时,公共数据开放还能够改善整体信息环境,降低投资者的信息搜集成本^[22]。在企业创新方面,公共数据开放能够通过缓解外部环境不确定性、增强环境识别能力以及降低创新协同成本等途径,对企业创新产生积极影响^[23]。

综上所述,虽然已有文献对突破式绿色创新和公共数据开放的经济效果展开了大量研究,但仍存在以下有待进一步拓展的研究空间。第一,现有研究在突破式绿色创新测度方法上未形成统一标准,企业的突破式绿色创新亟须更加深入的测度研究。第二,既有文献多集中于公共数据开放对企业技术创新的影响,但鲜有研究关注公共数据开放与企业突破式绿色创新之间的关系,更缺乏对其潜在作用路径的系统研究。随着政府公共数据平台的持续建设,平台信息的范围、质量和披露方式均可能影响企业开展突破式绿色创新的积极性。因此,研究公共数据开放在提升企业突破式绿色创新中的作用路径,不仅为企业开展突破式绿色创新提供实证依据,也为优化和完善公共数据开放政策提供重要理论支持。

三、理论分析与研究假设

(一) 公共数据开放对企业突破式绿色创新的直接影响

突破式绿色创新源自双元创新理论,与渐进式绿色创新相对应。相比渐进式创新,突破式绿色创新强调技术的新颖性与颠覆性,并兼具明确的环境目标,通过引入新绿色技术或重组既有知识,实现环境绩效与经济绩效协同提升。由于突破式绿色创新伴随高资本占用、长研发周期及强不确定性,企业在缺乏信息支持时往往倾向于低风险的渐进式绿色创新,因此,缓解信息约束和稳定收益预期是推动突破式绿色创新的关键。

公共数据开放为企业持续提供多源、低成本、可获取的数据资源,有助于优化企业的内部研发条件和外部制度环境,激励企业开展高风险的突破式绿色创新。从企业内部来看,突破式绿色创新更依赖跨领域知识的耦合与重组^[24]。公共数据开放为企业提供了涵盖环境监测、能源使用、排污治理、气候变化等

绿色创新领域的多维信息,有助于企业整合分散于不同部门和技术领域的知识资源,增强对潜在绿色技术机会的识别能力,推动内部知识结构由单一化、封闭化向多元化、开放化转变,提升突破原有技术路径从而实现绿色技术跃迁的可能性。从企业外部来看,由于突破式绿色创新投入大、周期长^[25],因而更依赖稳定透明的制度环境。公共数据中包含的宏观政策和市场信息有助于降低企业面临的政策识别偏差和制度不确定性,使企业能够更清晰地把握绿色规制方向、政策支持重点和市场需求变化,形成稳定的前瞻性预期。制度预期的稳定能够增强企业对高风险绿色研发项目未来收益的信心,从而推动企业开展具有技术跃迁特征的突破式绿色创新。

基于以上分析,本文提出假设 1:公共数据开放能促进企业突破式绿色创新。

(二) 公共数据开放对企业突破式绿色创新的间接影响

公共数据开放并非直接作用于企业创新结果,而是通过降低技术搜索成本和协作成本,推动企业绿色知识边界在纵深维度与横向维度分别拓展,进而增强企业开展突破式绿色创新的能力。基于信息不对称理论,本文从绿色知识搜索深度和绿色协同创新两个方面分析公共数据开放对企业突破式绿色创新的间接影响机制。

一方面,创新活动本质上是持续进行知识获取、吸收与重构的动态过程,对信息的有效探索与利用是企业突破既有技术路径的重要基础。突破式绿色创新的实现不仅依赖企业既有知识存量,更依赖对前沿性、异质性和复杂性知识的持续挖掘与深度整合^[26]。政府公共数据开放通过提供标准化、可获取且可重复利用的环境信息、绿色技术信息以及产业发展数据,能够改善企业获取外部绿色知识的条件^[27]。具体而言,公共数据开放一方面可以降低企业搜寻绿色技术信息的时间成本、识别成本和使用成本,缓解企业与外部在技术知识方面的信息不对称^[28];另一方面,公共数据的系统性、连续性与可整合性使企业能够围绕特定绿色技术领域开展持续、深入的知识搜索,从而推动绿色知识边界由浅层获取向深度挖掘延伸。此外,深层次的绿色知识搜索能够帮助企业突破既有技术路径依赖,拓展其对绿色技术演进路径的认知边界,进而发现具有颠覆潜力的新技术方向,增强探索性研发能力^[29],从而促进企业突破式绿色创新。

基于以上分析,本文提出假设 2:公共数据开放通过提升企业绿色知识搜索深度促进突破式绿色创新。

另一方面,突破式绿色创新通常涉及跨领域知识融合和复杂技术系统重构,单个企业往往难以独立承担全部研发投入与技术风险,更依赖与高校、科研机构及产业链主体开展协同攻关。然而,企业在选择合作伙伴时往往面临较高的信息搜寻成本与合作风险。公共数据开放凭借非排他性和共享性特征,减少跨主体、跨机构的数据信息交互活动的障碍^[30],为不同创新主体提供了统一的信息基础。一方面,这有助于企业更有效地识别潜在合作伙伴,降低信息搜寻成本,缓解企业与潜在合作伙伴之间的信息不对称。另一方面,公共数据开放也有助于创新主体间互相评估技术能力和资源条件,增强合作信任和绿色协同创新意愿,推动企业绿色知识边界的横向拓展^[31]。而绿色协同创新的增强有助于提升突破式绿色创新的成功概率。不同创新主体在绿色技术研发过程中往往拥有差异化的知识基础与技术专长,通过协同创新能够实现互补性资源整合与研发风险共担^[32]。同时,跨组织合作也能够促进不同技术领域之间的知识交叉与融合,为复杂绿色技术问题的解决提供新的思路和方法,增强企业突破既有技术路径约束的能力,进而推动突破式绿色创新的实现。

基于以上分析,本文提出假设 3:公共数据开放通过增进企业绿色协同创新促进突破式绿色创新。

四、研究设计

(一) 样本选取与数据来源

本文选取 2010—2023 年沪深 A 股上市公司为研究样本。城市公共数据开放的数据根据《2023 中国地方公共数据开放利用报告(城市)》手工整理得出,并在百度等搜索引擎中对关键词检索加以验证。企业突破式绿色创新测度的数据中,企业绿色专利数据源自深圳希施玛数据科技有限公司 CSMAR 中国经济金融研究数据库,绿色专利引用关系数据源自上海经禾信息技术有限公司中国研究数据服务平台(CNRDS)。其余变量数据源自 CSMAR、CNRDS、国家知识产权局以及《中国城市统计年鉴》。为确保数据的可靠性,本文对金融类、ST、*ST 以及数据缺失过多的企业样本进行剔除。为了克服极端值干扰,本文对连续变量进行了上下 1%水平的缩尾处理。

(二) 模型设定

为评估城市公共数据开放前后实验组和对照组企业突破式绿色创新的差异,本文设定多期双重差分模型如模型(1)所示:

$$CD_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 ODP_{ijt} + \mathbf{X}'_{ijt} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \theta_j + \eta_t + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中, i 表示企业, j 表示城市, t 表示年份。 CD_{ijt} 表示城市 j 的企业 i 在 t 年的突破式绿色创新; ODP_{ijt} 表示城市公共数据开放的虚拟变量; \mathbf{X}'_{ijt} 表示控制变量向量。为控制企业和城市层面的不可观测因素,进一步添加企业固定效应(μ_i)、城市固定效应(θ_j)和年份固定效应(η_t)。 ε_{ijt} 表示随机扰动项。

在基准回归的基础上,本文设定模型(2)进行机制检验:

$$M_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 ODP_{ijt} + \mathbf{X}'_{ijt} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \theta_j + \eta_t + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

其中, M 表示机制变量。其余变量含义与模型(1)相同。

(三) 变量说明

1. 被解释变量

本文被解释变量突破式绿色创新(CD)。借鉴王雄元和秦江缘^[11]、帕克等(Park et al.)^[32]的相关研究,依托专利前后向引用的复杂网络,采用企业年度各项绿色专利 CD 指数的平均值来测度企业突破式绿色创新,其中前向引用是指专利被后续的专利引用,后向引用是指专利引用现有的专利,测算方法如公式(3)所示。首先,计算企业某项绿色专利的 CD_1 指数。当绿色专利 i 引用了目标专利 m 时, f 取 1,否则为 0;当绿色专利 i 引用了目标专利的后向引用专利时, b 取 1,否则取 0。其次, CD_2 指数为目标专利 CD_1 指数按被引用数量加权平均。最后, CD 指数为所有绿色专利 CD_2 指数按专利数量加权平均。突破式绿色创新(CD)的取值范围是 $[-1, 1]$,指标越大说明企业的突破式绿色创新水平越高,当指标取值为负时,说明企业绿色专利中具有突破性特征的绿色专利占比较低。

$$CD_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (-2f_u b_u + f_u) \quad (3)$$

2. 核心解释变量

本文核心解释变量为城市公共数据开放(ODP)。将城市开放公共数据作为一项准自然实验,城市公共数据开放(ODP)为企业虚拟变量(企业所在城市开放公共数据,取值为 1;否则取值为 0)和时间虚拟变量

(城市开放公共数据前,取值为0;开放后取值为1)的交互项($Group \times Time$)以表征这项政策的处理效应。其中,实验组样本量为1168个。

3. 控制变量

企业层面的控制变量包括:账面市值比(PB),用企业资产总计与企业市值的比值衡量;净资产收益率(ROE),用企业净利润与股东权益平均余额的比值衡量;息税前盈余($\ln EBIT$),用企业息税前盈余的自然对数表征;主营业务利润($\ln OP$),用企业主营业务利润的自然对数表征;员工人数($\ln EMP$),用企业员工人数的自然对数表征。

地区层面的控制变量包括:数字经济发展水平(DE),用城市当年申请的数字经济专利数量表征;知识产权保护力度(IPP),用国家知识产权局发布的《全国知识产权发展状况报告》中的地区知识产权保护指数表征;地区生产总值($\ln GDP$),用城市生产总值的自然对数表征。

(四) 变量描述性统计

变量定义和描述性统计结果如表2所示。结果显示,企业突破式绿色创新的均值和标准差分别为0.7107和0.3534,说明不同企业的突破式绿色创新水平存在较大差异。控制变量的描述性统计结果与已有研究结果基本一致。

表2 变量描述性统计结果

变量类型	变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	CD	2 699	0.710 7	0.353 4	-0.666 7	1.000 0
核心解释变量	ODP	2 699	0.432 8	0.495 5	0	1
控制变量	PB	2 699	0.705 3	0.256 7	0.060 1	1.346 0
	ROE	2 699	0.103 8	0.091 1	-0.301 4	1.613 4
	$EBIT$	2 699	$4.610 0 \times 10^9$	$1.520 0 \times 10^{10}$	$6.110 0 \times 10^5$	$2.330 0 \times 10^{11}$
	OP	2 699	$8.940 0 \times 10^9$	$2.880 0 \times 10^{10}$	$9.610 0 \times 10^6$	$4.430 0 \times 10^{11}$
	EMP	2 699	$2.520 0 \times 10^4$	$6.140 0 \times 10^4$	$1.090 0 \times 10^2$	$7.040 0 \times 10^5$
	DE	2 699	1.505 1	2.028 3	0.000 0	9.456 6
	IPP	2 699	0.779 1	0.109 2	0.453 1	0.937 5
	GDP	2 699	$1.450 0 \times 10^8$	$1.080 0 \times 10^8$	$1.530 0 \times 10^6$	$4.470 0 \times 10^8$

五、实证结果与分析

(一) 基准回归

表3报告了公共数据开放对企业突破式绿色创新影响的基准回归结果。其中,列(1)是仅控制企业和年份固定效应的回归结果,列(2)是进一步控制了城市固定效应的回归结果,公共数据开放(ODP)的回归系数均显著为正。列(2)的回归结果显示,相较于未开放公共数据城市的企业,开放公共数据城市的企业突破式绿色创新提高了4.04%,初步表明公共数据开放促进了企业突破式绿色创新。原因在于,公共数据涵盖环境、能源及资源信息,企业可利用其开展前期研究,降低研发成本、规避风险并把握行业需求与技术趋势。同时,多元化的信息资源还有助于打破信息孤岛,推动企业在绿色创新领域开展前沿技术探索,加速绿色产品和服务的创新与升级,从而促进企业突破式绿色创新,假设1得到支持。

表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)
ODP	0.036 0* (0.019 6)	0.040 4** (0.019 7)
PB	0.117 2** (0.046 8)	0.119 2** (0.047 0)
ROE	0.370 4*** (0.143 6)	0.393 0*** (0.144 2)
lnEBIT	-0.041 9*** (0.015 9)	-0.043 3*** (0.015 9)
lnOP	0.019 1 (0.021 8)	0.018 4 (0.021 8)
lnEMP	0.008 9 (0.018 8)	0.008 6 (0.018 8)
DE	0.013 2** (0.006 3)	0.015 8** (0.006 5)
IPP	0.052 8 (0.149 7)	0.068 2 (0.151 6)
lnGDP	-0.041 3 (0.037 4)	-0.070 5 (0.050 2)
常数项	1.648 8** (0.739 9)	2.210 5** (0.971 3)
城市固定效应	未控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
\bar{R}^2	0.381 1	0.383 6
观测值	2 699	2 699

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%水平下显著，小括号内为标准误，后表同。

构建与平行趋势的最大偏离程度(Mbar)对其进行敏感性分析。图2为公共数据开放后四期加权平均后的敏感性分析结果,表明在相对偏离程度限制下,公共数据开放促进企业突破式绿色创新的结论是稳健的。

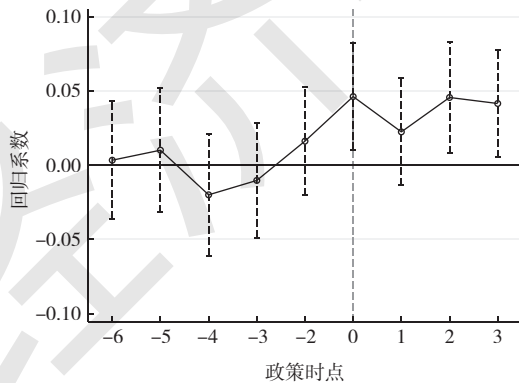


图1 平行趋势假设评估结果

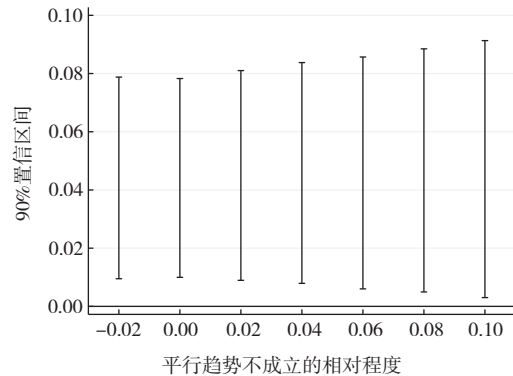


图2 敏感性检验结果

(二) 平行趋势假设评估与敏感性分析

本文采用事件研究法评估平行趋势假设,同时分析公共数据开放对企业突破式绿色创新的动态影响效应,具体模型设定如模型(4)所示:

$$CD_{ijt} = \alpha_0 + \sum_{i=-6}^3 \gamma TD_{ijk} + X'_{ijt} \boldsymbol{\lambda} + \mu_i + \theta_j + \eta_t + \varepsilon_{ijt} \quad (4)$$

其中,TD是企业所处年份相对于城市公共数据首次开放年份的时间距离变量,k表示城市首次开放公共数据的第k年。γ是重点关注的回归系数,反映城市公共数据开放的第k年,开放城市和未开放城市企业突破式绿色创新水平的差异。本文将公共数据开放前6年的数据汇总到第-6期,开放后3年的数据汇总到第3期,以第-1期为基期以规避多重共线性。图1展示了平行趋势检验结果。公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响在开放前均在零轴附近波动且未出现显著情况,表明模型满足平行趋势假设。由于企业需适应数据收集和处理的,公共数据开放在第二年才能持续稳定地促进突破式绿色创新。此外,为了进一步检验平行趋势的稳健性,本文通过

(三) 内生性分析

1. 采用倾向得分匹配-双重差分(PSM-DID)法估计

本文通过PSM-DID法控制样本的组间特征差异,并进一步检验公共数据开放对企业突破式绿色创新的

影响。具体地,将主效应中的控制变量作为协方差量,运用 Logit 模型进行 1 : 2 最近相邻匹配和卡尺匹配。由表 4 第一列和第二列回归结果可知,公共数据开放(*ODP*)的回归系数均在 5%水平下显著为正,与基准回归的结果保持一致。因此,基准回归结果不存在选择性偏差。

2. 两阶段最小二乘法

公共数据开放与企业突破式绿色创新之间可能存在反向因果关系,从而引发内生性问题。本文借鉴方锦程等^[20]的做法,采用 2010 年前各城市市委书记籍贯所在地距离海岸线距离均值的倒数与各城市互联网宽带接入用户数的交互项作为工具变量(*IV*),利用两阶段最小二乘法进行回归检验。在工具变量有效性方面,既有研究表明,距离海岸线越近的地区通常具有更高的对外开放水平和经济发展水平^[34]。因此,当市委书记籍贯所在地距离海岸线越近时,其在认知与政策偏好上可能更倾向于支持公共数据开放,满足相关性条件。同时,2010 年以前的市委书记籍贯特征本身并不会直接影响当期企业的突破式绿色创新决策,满足外生性条件。表 4 后两列分别报告了第一阶段和第二阶段的回归结果。第一阶段结果显示,工具变量(*IV*)的回归系数在 1%水平下显著为正。此外,Anderson *LM* 统计量在 1%水平下显著,Cragg-Donald Wald *F* 统计量高于经验阈值 16.38,说明不存在不可识别和弱工具变量问题,工具变量的选取具有有效性。第二阶段回归结果显示,公共数据开放(*ODP*)的回归系数在 10%水平下显著为正,说明基准回归的结果是可靠的。

表 4 内生性分析回归结果

变量	PSM-DID		两阶段最小二乘法	
	最近相邻匹配	卡尺匹配	<i>ODP</i>	<i>CD</i>
<i>ODP</i>	0.039 1** (0.019 8)	0.038 9** (0.019 8)		0.260 5* (0.138 6)
<i>IV</i>			0.002 8*** (0.000 4)	
常数项	1.496 4 (0.972 5)	1.432 6 (0.950 2)	-2.926 9*** (0.311 5)	1.405 8** (0.583 1)
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
Anderson <i>LM</i>			45.298 0*** [0.000 0]	
Cragg-Donald Wald <i>F</i>			46.186 0 {16.380 0}	
\bar{R}^2	0.382 6	0.382 2		
观测值	2 688	2 681	1 846	1 846

注:中括号内为不可识别检验的 *P* 值,大括号内为弱工具变量检验的临界值。

(四) 稳健性检验

1. 安慰剂检验

为了避免其他不可观测因素对研究结果的影响,本文通过随机抽取位于开放公共数据城市的企业并随机分配开放时间的方法进行安慰剂检验。按照模型(1)进行回归,重复随机抽样 500 次后生成公共数据开放的回归系数分布情况如图 3 所示。公共数据开放的回归系数都集中分布在 0 附近,且大多数回归系数的 *P* 值均大于 0.05,真实估计值表现为安慰剂检验中的异常值。因此,随机抽样后的样本组合对企业突破式绿色创新没有产生影响,基准回归的结果是稳健的。

2. 其他稳健性检验

为进一步验证研究结果的准确性与可靠性,本文还采用更换变量测度方式、更换模型估计、控制被解释变量滞后期、异质性处理效应以及排除其他政策干扰等方法进行稳健性检验。检验结果均表明公共数据开放可以促进企业突破式绿色创新水平,证实了基准回归结果的稳健性^①。

(五) 机制检验

根据理论分析可知,公共数据开放可能通过提升企业绿色知识搜索深度和增进企业间绿色协同创新来促进企业突破式绿色创新。

1. 绿色知识搜索深度

本文借鉴周源等^[14]的研究,以企业绿色专利后向引用专利的申请年份与当年时间差均值的倒数衡量绿色知识搜索深度,时间差越短,知识搜索深度越高。表5第一列回归结果显示,公共数据开放(*ODP*)的回归系数在1%水平下显著为正,表明公共数据开放提供标准化、结构化且可重复使用的环境与能源数据,有效降低了企业获取绿色技术信息的不确定性和试错成本,推动企业加深绿色知识搜索,增强对现有创新要素的重组能力,从而促进企业突破式绿色创新,假设2得到支持。

2. 绿色协同创新

本文采用企业当年联合申请的绿色专利总数衡量企业绿色协同创新水平。表5第二列回归结果显示,公共数据开放(*ODP*)的回归系数在10%水平下显著为正,表明公共数据开放为不同创新主体提供统一、可共享的环境信息,缓解信息不对称,降低沟通与协作成本,增进各创新主体之间的绿色协同创新,帮助企业分散研发风险,从而促进企业突破式绿色创新,假设3得到支持。

表5 机制检验回归结果

变量	知识搜索深度	绿色协同创新
<i>ODP</i>	0.1021*** (0.0352)	5.4842* (2.9952)
常数项	0.2656 (2.2565)	18.7724 (31.2050)
控制变量	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
\bar{R}^2	0.1430	0.7936
观测值	1296	2146

① 限于篇幅,具体结果备案。

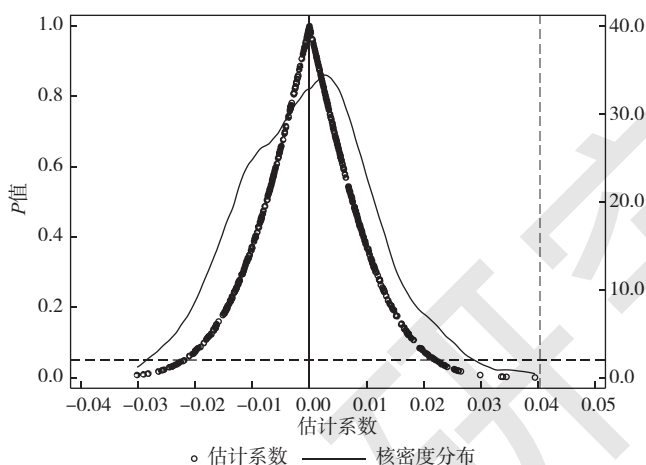


图3 安慰剂检验结果

(六) 异质性分析

1. 企业生命周期

鉴于企业在不同生命周期阶段的战略目标与风险偏好存在显著差异,公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响可能具有明显的阶段异质性。本文借鉴迪金森(Dickinson)^[34]的现金流组合法对企业生命周期进行划分,将企业划分为成长期企业、非成长期企业并进行异质性分析。表6前两列回归结果显示,成长期企业组别公共数据开放(*ODP*)的回归系数在5%水平下显著为正,而非成长期企业组别公共数

据开放 (*ODP*) 的回归系数则不显著。结果表明,公共数据开放对成长期企业突破式绿色创新的促进作用更明显。原因在于,成长期企业正处于技术积累与能力扩张的关键阶段,更倾向于通过突破式绿色创新构建竞争优势;而非成长期企业通常已形成相对稳定的绿色技术路径,其创新活动更侧重于渐进式改进,对高风险、长周期的突破式绿色创新投入相对谨慎,因此促进作用有限。

2. 融入全球创新网络

企业融入全球创新网络有助于提升创新视野和公共数据整合能力,从而影响突破式绿色创新水平。本文以企业是否在海外设立子公司作为融入全球创新网络的代理变量,将企业划分为融入企业和未融入企业并进行异质性分析。表 6 中间两列回归结果显示,融入企业组别公共数据开放 (*ODP*) 的回归系数在 5% 水平下显著为正,而未融入企业组别公共数据开放 (*ODP*) 的回归系数则不显著。结果表明,公共数据开放对突破式绿色创新的提升作用在融入全球创新网络的企业中更为明显。原因在于,融入企业具备更开放的创新视野,注重长期技术战略布局且知识整合能力较强,更有可能实现绿色技术突破;而未融入企业跨领域知识整合能力相对较弱,因此促进作用有限。

3. 城市气候政策稳定性

企业突破式绿色创新决策也受城市气候政策稳定性的影响。本文以马等人 (Ma et al.)^[35] 开发的气候政策指数衡量城市气候政策稳定性,按照城市均值的中位数将全部企业划分为城市气候政策稳定性低的企业和城市气候政策稳定性高的企业并进行异质性分析。表 6 后两列回归结果显示,城市气候政策稳定性低的企业组别公共数据开放 (*ODP*) 的回归系数在 5% 水平下显著为正,而城市气候政策稳定性高的企业组别公共数据开放 (*ODP*) 的回归系数则不显著。结果表明,公共数据开放对突破式绿色创新的促进作用在城市气候政策稳定性低的企业中更为明显。原因在于,城市气候政策稳定性低的企业需通过突破式绿色创新重塑技术路径,以应对未来政策变化带来的风险;而城市气候政策稳定性高的企业政策风险相对可控,因此促进作用较弱。

表 6 异质性分析回归结果

变量	企业生命周期		融入全球创新网络		城市气候政策稳定性	
	成长期	非成长期	融入	未融入	低	高
<i>ODP</i>	0.063 1** (0.028 1)	0.010 2 (0.032 5)	0.054 4** (0.027 1)	0.025 9 (0.035 8)	0.051 2** (0.028 1)	0.026 7 (0.033 0)
常数项	2.591 3* (1.433 7)	0.737 8 (1.639 2)	3.007 2** (1.472 1)	1.887 5 (1.674 6)	0.535 5 (2.236 3)	2.835 2** (1.423 1)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
组间系数差异检验 <i>P</i> 值	0.059 4		0.037 2		0.006 2	

表6(续)

变量	企业生命周期		融入全球创新网络		城市气候政策稳定性	
	成长期	非成长期	融入	未融入	低	高
\bar{R}^2	0.355 5	0.397 0	0.376 0	0.401 7	0.375 3	0.401 3
观测值	1 415	1 255	1 649	993	1 447	1 104

注:组间系数差异检验的P值采用似无相关检验(suest)计算得到。

六、结论与建议

本文以2010—2023年沪深A股上市公司为研究样本,评估公共数据开放对企业突破式绿色创新的影响及其作用机制。研究结论如下:第一,公共数据开放能促进企业突破式绿色创新;第二,公共数据开放通过提升绿色知识搜索深度和增进绿色协同创新两条途径促进企业突破式绿色创新;第三,公共数据开放对企业突破式绿色创新的促进作用在成长期企业、融入全球创新网络的企业以及城市气候政策稳定性较低的企业中更明显。

基于以上研究结论,本文提出以下政策建议:

第一,国家持续推进公共数据开放进程,为企业开展突破式绿色创新提供数据资源。已开放公共数据的城市应统筹政务数据共享,完善数据目录统一管理,提高数据质量和管理水平,为未开放城市提供经验,从而推动全社会数据开放和政策体系健全。同时,应加强数据安全监管,提升企业知识产权和数据保护意识,确保国家数据和个人信息安全。

第二,各城市实施差异化帮扶政策,因地制宜建立公共数据开放的配套政策。对成长期企业,可通过税收减免、财政补贴、绿色信贷等方式缓解资金约束。对融入全球创新网络的企业,应提升公共数据在跨区域、跨国协作中的可用性和可比性,降低获取国际前沿绿色知识的成本。气候政策稳定性低的城市应建立稳定透明的数据开放制度,提供可预期信息支持,以降低政策波动对企业突破式绿色创新的干扰。

第三,企业要深化公共数据利用,强化绿色知识的深度搜索与协同创新能力。企业将公共数据纳入研发决策,围绕特定绿色技术方向开展深入知识挖掘,同时依托公共数据平台,加强与高校、科研机构及上下游企业的联合研发、信息共享和成果转化,放大知识溢出效应,提高突破式绿色创新的成功率。

参考文献:

[1] DUAN Z Y, ZHU X Q. The carbon paradox in urban China: high-quality development under the dual-control policy[J]. Sustainable Cities and Society, 2025, 130: 106585.

[2] 肖德, 桂田恬. 国家技术转移中心何以促进企业实质性绿色创新? [J]. 经济与管理研究, 2026, 47(1): 150-164.

[3] 刘相锋, 丁俊杰, 金喳喳, 等. 激励性政策能否导致发电企业实施策略性绿色创新——兼论政策协同与内外监管效应[J]. 中国工业经济, 2025(2): 137-155.

[4] WAN Q C, YE J F, ZHENG L, et al. The impact of government support and market competition on China's high-tech industry innovation efficiency as an emerging market[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2023, 192: 122585.

[5] ALI Z, QIN Z H, RAZA-ULLAH T, et al. Leading the way to greening: aligning leadership styles and market learning for radical and incremental

- green innovation[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2025, 34(7): 8571-8589.
- [6] 胡金焱,于露,刘茵伟.数据要素资源与企业劳动雇佣——基于公共数据开放的准自然实验[J]. *济南大学学报(社会科学版)*, 2024, 34(4):5-15.
- [7] 程子昂,方齐云,陈梁,等.数据要素开放赋能企业出口产品转换:基于企业内外部视角[J]. *世界经济研究*, 2025(10):76-90.
- [8] 郑子端,乔哈.公共数据开放与制造业企业高质量创新——基于地方政府数据开放平台上线的经验证据[J]. *商业经济与管理*, 2025(9):92-105.
- [9] 郭凯明,王钰冰,杭静.数据要素规模效应、产业结构转型与生产率提升[J]. *中国工业经济*, 2024(8):5-23.
- [10] JANSSEN M, BROUS P, ESTEVEZ E, et al. Data governance: organizing data for trustworthy artificial intelligence[J]. *Government Information Quarterly*, 2020, 37(3): 101493.
- [11] 王雄元,秦江缘.创新竞争与企业高质量创新模式选择——来自专利被无效宣告的经验证据[J]. *经济研究*, 2023, 58(11):80-98.
- [12] JIN Y, SHAO Y F. Power-leveraging paradox and firm innovation: the influence of network power, knowledge integration and breakthrough innovation[J]. *Industrial Marketing Management*, 2022, 102: 205-215.
- [13] 徐建中,李奉书,晏福,等.齐美尔联接对企业颠覆性绿色技术创新的影响——基于知识视角的研究[J]. *管理评论*, 2020, 32(6):93-103.
- [14] 周源,代兴良,许冠南.人工智能如何影响企业颠覆性绿色创新——基于知识重组的视角[J]. *管理评论*, 2025, 37(11):206-218.
- [15] CUI R X, WANG J R. Shaping sustainable development: external environmental pressure, exploratory green learning, and radical green innovation [J]. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2022, 29(3): 481-495.
- [16] 曾经纬,李小红,宋鹏.“双碳”目标下企业突破式绿色创新触发机制研究[J]. *当代财经*, 2024(1):100-111.
- [17] XIN X H, MIAO X M, CUI R X. Enhancing sustainable development: innovation ecosystem cooperation, environmental resource orchestration, and disruptive green innovation[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2023, 32(4): 1388-1402.
- [18] XUE C, WANG J R. Proactive boundary-spanning search, organizational resilience, and radical green innovation[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2024, 33(3): 1834-1852.
- [19] 李聪,郑亚洁,孔东民.以数“聚”力:数据要素共享与企业社保缴费遵从[J]. *江西财经大学学报*, 2025(5):47-60.
- [20] 王海,叶帅,尹俊雅.公共数据开放如何提振企业有效投资——基于产能利用视角[J]. *中国工业经济*, 2024(8):137-153.
- [21] 方锦程,刘颖,高昊宇,等.公共数据开放能否促进区域协调发展?——来自政府数据平台上线的准自然实验[J]. *管理世界*, 2023, 39(9): 124-142.
- [22] 欧阳伊玲,王愉靖,李平,等.数据要素与城投债定价:基于公共数据开放的准自然实验[J]. *世界经济*, 2024, 47(2):174-203.
- [23] ZHONG C B, HUANG R, DUAN Y L, et al. Exploring the impacts of knowledge recombination on firms' breakthrough innovation: the moderating effect of environmental dynamism[J]. *Journal of Knowledge Management*, 2024, 28(3): 698-723.
- [24] 万攀兵,钟雯,成德宁.技术断供风险与企业突破式创新[J]. *中国软科学*, 2025(12):143-154.
- [25] 谢卫红,关千浩,李忠顺.人工智能技术应用赋能企业突破性创新影响机制研究[J]. *首都经济贸易大学学报*, 2026, 28(2):127-144.
- [26] 蔡运坤,周京奎,袁旺平.数据要素共享与城市创业活力——来自公共数据开放的经验证据[J]. *数量经济技术经济研究*, 2024, 41(8):5-25.
- [27] 李成明,顾煌滢,李沛霖,等.加快推进公共数据资产价值释放[J]. *宏观经济管理*, 2026(1):63-71.
- [28] SAHOO S, KUMAR A, UPADHYAY A. How do green knowledge management and green technology innovation impact corporate environmental performance? Understanding the role of green knowledge acquisition[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2023, 32(1): 551-569.
- [29] 张一凡,许宪春.数字经济对居民福利的影响机制研究[J]. *统计研究*, 2026, 43(1):29-40.
- [30] 金环,牛子恒,岳中刚.公共数据开放、产学研合作与关键数字技术突破[J]. *财经论丛*, 2025(9):17-27.
- [31] TIAN J L. The role of entrepreneurship, cooperative innovation, environmental investment in relationship between the Belt and Road Initiative and green innovation upgrading[J]. *Management Decision*, 2024, 62(8): 2510-2531.
- [32] PARK M, LEAHEY E, FUNK R J. Papers and patents are becoming less disruptive over time[J]. *Nature*, 2023, 613: 138-144.
- [33] 朱茜俣,陈康,江嘉骏,等.公共数据开放与企业投资效率——基于投资者信息生产与资本市场信息反馈机制[J]. *金融研究*, 2026(1):132-150.
- [34] DICKINSON V. Cash flow patterns as a proxy for firm life cycle[J]. *The Accounting Review*, 2011, 86(6): 1969-1994.
- [35] MA Y R, LIU Z H, MA D D, et al. A news-based climate policy uncertainty index for China[J]. *Scientific Data*, 2023, 10: 881.

Public Data Openness and Breakthrough Green Innovation

WANG Meiling, ZHANG Wenwu

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: Against the backdrop of the ongoing advancement of dual carbon goals and the deepening of green and low-carbon transformation, breakthrough green innovation has become a critical pathway for enhancing China's green competitive advantage. Given the high knowledge complexity, substantial research and development uncertainty, and elevated coordination costs inherent in green innovation, firms often struggle to achieve key technological breakthroughs with internal resources alone. Public data openness offers a potential solution to this challenge. As a key practice in digital government development and the value realization of data elements, the opening of urban public data platforms can provide firms with insights into green technology opportunities and support the exploration of novel innovation trajectories. This paper aims to evaluate the impact of public data openness on firms' breakthrough green innovation, reveal the potential value of data resources, and offer new strategic insights for firms pursuing high-quality development.

This paper utilizes data from A-share listed companies in China from 2010 to 2023 and treats the opening of urban public data platforms as a quasi-natural experiment. A multi-period difference-in-differences model is employed to systematically examine the impact of public data openness on firms' breakthrough green innovation and the underlying mechanisms. The findings reveal that public data openness can promote firms' breakthrough green innovation. Mechanism tests indicate that this promoting effect operates through two main channels: increasing the depth of green knowledge search and fostering green collaborative innovation. Heterogeneity tests show that the positive effect is particularly pronounced for firms in the growth stage, firms embedded in global innovation networks, and firms located in cities with higher climate policy stability.

The marginal contributions are as follows. First, by integrating forward and backward citations of firms' green patents, this paper constructs a measurement method for breakthrough green innovation based on the CD index, providing a quantitative tool to capture the extent to which firms' green technologies break from existing knowledge bases and technological trajectories. This approach offers a robust measure for micro-level research on breakthrough green innovation. Second, this paper systematically elucidates how public data openness empowers breakthrough green innovation by enhancing the depth of green knowledge search and promoting green collaborative innovation, providing empirical evidence of its positive effect. It also expands the boundaries of research on the economic consequences of public data openness and offers both theoretical insights and practical guidance for firms seeking to leverage public data to achieve high-quality green development.

Keywords: public data openness; breakthrough green innovation; depth of green knowledge search; green collaborative innovation; data element

编校:周 斌;王冬梅