

# 供应链联动下企业数字化的绿色创新外溢效应

卜伟,王雅婧,闫中意

(北京交通大学 经济管理学院,北京 100044)

**摘要:**企业数字化转型是推动经济高质量发展的重要举措,供应链上下游企业数字化联动能否推动企业绿色发展值得深入探究。基于供应链联动效应,研究了供应链上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的外溢效应及作用机制。研究发现:上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新存在显著正向影响,且该结论在安慰剂、工具变量等一系列稳健性检验后依然显著成立;其中,上游供应商数字化转型对于焦点企业绿色创新的影响更加显著,供应链企业数字化转型的绿色创新外溢效应主要体现为上游企业的技术推动。机制检验表明,上下游企业数字化转型通过供应链内部企业学习、供应链外部主体关注提升了焦点企业绿色创新水平。异质性检验表明,当焦点企业与上下游企业所属行业不同、地理距离较近时,上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新发挥的外溢效应更显著。最后,研究发现上下游企业数字化转型在促进焦点企业绿色创新产出中发挥了“杠杆效应”,刺激企业要素投入增加的同时还提升了绿色创新效率。研究结论为推动数字化绿色供应链建设提供了启示。

**关键词:**供应链联动;数字化转型;绿色创新;外溢效应

**中图分类号:**F272 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)02-0078-11

## 一、引言

严峻的环境问题为企业和社会带来诸多挑战,创造价值的同时减少对环境的不良影响成为企业高质量发展的重要体现。党的二十大报告提出“推动绿色发展”,强调需要“完善科技创新体系”“加快节能降碳先进技术研发和推广应用”。企业是我国环境污染的主体,绿色创新是企业实现技术创新与节能环保的双赢选择,也是我国实现降碳减排与绿色转型的关键动力。然而,企业绿色创新存在创新收益外溢与环境收益外溢的双重外部性,面临投资风险高、内部激励不足等难题,受资源禀赋条件与环境监督水平的影响较强<sup>[1]</sup>。因而,企业的绿色创新过程需要内外部多主体互动、参与,其中供应链关联对企业绿色创新实践起到了关键作用<sup>[2]</sup>。当企业与上下游伙伴进行合作并整合其资源时,供应链网络中节点企业绿色创新的机会就会增加。

近年来,越来越多的企业数字化转型实践推动传统供应链向互联互通现代化数字供应链转型升级。企业通过将数字计划与供应链目标相结合,增加供应链网络中企业间信息共享与联结协作,并采用数字方法激发现有资源和能力的未开发潜力,从而产生更高水平的产品或技术性能<sup>[3]</sup>。党的十九大报告明确指出,要在现代供应链等领域培育新增长点。2020年商务部等八部门发布《关于进一步

收稿日期:2023-10-11;修回日期:2024-02-09

**基金项目:**国家社会科学基金重点项目“以四链融合提升国家创新体系整体效能研究”(23AJY001);中央高校基本科研业务费专项资金项目“民营企业创新政策演进、评估与优化研究”(2021JBWB002)

**作者简介:**卜伟(1968—),男,河南安阳人,经济学博士,北京交通大学经济管理学院教授,博士生导师,研究方向为产业经济;王雅婧(1999—),女,山西原平人,通讯作者,北京交通大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为产业经济;闫中意(1992—),男,河南驻马店人,北京交通大学经济管理学院博士研究生,研究方向为产业经济。

做好供应链创新与应用试点工作的通知》,明确提出加快推进供应链数字化和智能化发展,提高供应链整体应变能力和协同能力。

伴随全球数字化浪潮,数字技术开始紧密地融入供应链企业绿色转型中。企业应用数字技术能够实现绿色创新“提质增量”<sup>[4]</sup>,凸显企业竞争优势<sup>[5]</sup>。后有文献对数字化影响绿色创新的作用机制进行了分析:宋德勇等<sup>[6]</sup>、靳毓等<sup>[7]</sup>发现数字化转型能够缓解融资约束、增强知识整合、提升成长能力,进而促进企业绿色创新。现有研究聚焦于数字化转型对企业自身绿色创新的影响,却忽略了数字化可能通过供应链链条产生的溢出效应。在碳减排政策背景下,探究供应链上下游企业数字化转型能否促进焦点企业绿色发展具有重要的现实意义。

目前,关于数字化转型溢出效应的研究多集中在同行业、同地区以及第三方联结等网络中。而以上企业间实质联结点的缺乏导致信息壁垒问题仍然存在,影响模仿学习效率<sup>[8]</sup>。供应链网络中的企业关系具有一定的独特性:一方面,供应链企业间存在密切的业务往来与利益关系,企业的信息与知识在供应链上的传递更直接更全面;另一方面,供应链节点企业在实现价值创造过程中同样面临动态竞争<sup>[9]</sup>,企业基于自身利益与供应链稳定会密切关注并学习模仿上下游企业。在数字化情境下,信息与资源通过供应链网络实现高效流动,为供应链企业之间的环境监督与绿色合作创造条件。节点企业响应供应链上下游企业进行绿色创新,并通过智能互联生态圈和供应链数字平台的延伸,强化外部主体关注企业绿色创新活动的程度<sup>[10]</sup>。然而,关于供应链企业的现有研究大多侧重于数字化同群效应<sup>[11-12]</sup>,鲜有文献提供关于上下游企业数字化转型的绿色创新外溢效应的经验证据。绿色创新的双重外部性特征导致企业内生动力不足,考虑数字化如何通过供应链关联驱动企业绿色创新非常重要。基于以上分析,本文从供应链上下游企业联动出发,以2008—2021年中国A股上市企业为样本,研究了供应链上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的外溢效应。

本文的边际贡献如下:第一,丰富了供应链网络下企业数字化转型外部性的研究。基于供应链企业联动视角,研究了上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的外溢效应,拓展了社会学习理论的应用情景。第二,从供应链内部企业学习与供应链外部主体关注方面,揭示了供应链上下游企业数字化转型影响焦点企业绿色创新的作用机制,深化了对供应链网络中企业数字化外溢效应的内在理解。第三,区分数字化外溢方式为上游推动与下游倒逼,实证检验发现我国供应链数字化绿色联动主要表现为上游推动,为相关理论提供了更为细致的中国证据。第四,探究了上下游企业数字化转型对绿色创新产生的“杠杆效应”来源。与以往研究不同,本文考虑绿色创新产出源于要素投入的同时也探究了创新效率提升的作用,这对于高质量发展背景下企业绿色转型具有重要借鉴意义。

## 二、理论分析与研究假说

节点企业与供应链上下游伙伴的环境治理合作,通过企业内外部全流程的系统管理与主体整合,能够共同降低对环境造成的不良影响<sup>[13]</sup>。但是,目前配套制度建设及社会监督组织仍未健全,供应链关联企业传递的信息可能存在一定程度的失真,大幅提高了企业绿色供应链管理与创新实践活动的难度<sup>[14]</sup>。而企业数字化转型为解决供应链网络下企业间信息壁垒难题提供了方向。数字技术的发展使供应链与互联网、物联网实现深度融合,促进多元主体之间的信息共享与协调决策<sup>[11]</sup>。一方面,绿色创新相较于传统创新更需要来自其他企业的知识溢出。焦点企业将从上游供应商和下游客户处获取的绿色知识与企业员工现有知识开发相整合,通过知识内化形成绿色创新成果。供应链关联企业的数字化转型使企业更准确地获得上游绿色原料信息和下游绿色需求信息,企业依据上下游及供应链外部环境要求,有方向地制定绿色创新的具体行动计划<sup>[13]</sup>,降低绿色创新过程中存在的不确定性。另一方面,供应链上下游企业的数字化运营管理极大地推动了信息和压力的传导速度,企业间能够形成高透明度的“数据”信息链条,对焦点企业的非环境伦理行为实现及时有效监督<sup>[15]</sup>。同时,区块链技术使供应链信息传递具有不可篡改和可追溯特性,驱动企业基于信任网络与上下游企业合作解决环境问题<sup>[16]</sup>。由此,本文提出假说1。

假说1:上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新存在显著正向影响。

组织学习是企业获取并重组资源、实现转型发展的重要方式<sup>[17]</sup>。焦点企业与上下游企业之间的同群规范压力与合作竞争关系,为供应链内部企业之间的学习模仿提供了动力和机会。

首先,上下游企业的数字化转型驱动焦点企业数字化学习,以响应上下游关联企业的效率追求<sup>[18]</sup>。上下游企业数字化转型带来的高效性和便利性对焦点企业提出更多要求。企业为维持供应链中的相对竞争地位,有必要运用数字化系统与上下游企业建立更加开放的供应网络,从而适应上下游企业协同需求,有效延伸企业创新技术边界。而上下游企业数字化转型中呈现的先进技术与变革经验,通过供应链业务关联持续地为焦点企业数字化提供借鉴,促使其数字技术与应用能力不断提升。进一步,焦点企业数字化水平提升能够显著促进自身绿色产品与流程创新水平<sup>[4-7]</sup>,并获得更高的市场议价能力<sup>[19]</sup>。因此,焦点企业会模仿学习供应链上下游企业进行数字化转型,继而提升自身绿色创新水平。

其次,供应链上下游企业进行数字化转型时,上下游企业的绿色创新水平随之提高<sup>[4-7]</sup>,从而刺激焦点企业原有的软硬件系统与上下游企业绿色创新需求不断耦合。随着终端消费者与供应链伙伴对绿色环保产品的偏好更加突出,来自上下游的环保压力促使企业在环境管理方面采取自律措施。焦点企业需紧密配合上下游企业的数字化流程和绿色管理需求,提升自身的供应链适应性<sup>[20]</sup>。供应链链条上的企业间会发生要素流动与知识溢出<sup>[21]</sup>,焦点企业通过业务交易、合作研发等途径能够吸收上下游企业的异质性知识与创新实践经验,进而实现自身绿色创新水平提升。因此,数字化情境下供应链关联企业绿色创新水平的共同提升,给焦点企业绿色创新的模仿学习决策施加了压力、提供了机会,驱动焦点企业优化开放式绿色创新。因此,本文提出假说2。

假说2:上下游企业数字化转型通过供应链内部企业学习机制影响焦点企业绿色创新。

除了供应链内部企业,供应链外部主体如政府、公众及市场投资者等也会对供应链节点企业行为决策产生监督与制约<sup>[22]</sup>。企业为满足社会期待、获得存在合法性需要表现出环境友好行为。政府层面的环境关注与政策支持是供应链企业进行绿色创新和实现可持续发展的重要驱动力<sup>[23]</sup>。分析师作为资本市场的重要信息中介,其关注跟踪能够向外界传递企业环保信息,给供应链节点企业绿色创新施加压力<sup>[24]</sup>。媒体的宣传与曝光拓展了企业环境保护信息的获取渠道,公众环境关注度逐渐提高。因此,企业处于“政府负责、市场引导、公众参与”的供应链外部主体环境监督体系中。

上下游企业数字化转型会吸引更多外部关注,并提高供应链信息透明度与可利用度,为企业绿色经营与环境管理活动的外部监督提供了便利<sup>[25]</sup>。一方面,上下游企业数字化转型顺应了国家政策导向和微观主体变革需求,沿供应链链条产生深远影响,外部主体对其供应链未来发展更容易持有正面预期,供应链企业会得到更多分析师、公众等外部主体关注<sup>[26]</sup>。另一方面,供应链网络中更多企业积极实施数字化转型,将促进供应链与外部多主体协同的生态系统搭建,外部主体能够通过大数据互联共享平台获取企业环境管理信息<sup>[10]</sup>。焦点企业为适应数字化趋势下复杂多变的外部环境,也更需大数据赋能生态模式构建,利用数字平台向供应链外部延伸<sup>[27]</sup>。这会赋予更多社会主体关注并监督企业的便利,驱使企业不断提升自身环境合法性,积极开展绿色创新实践。因此,本文提出假说3。

假说3:上下游企业数字化转型通过供应链外部主体关注机制影响焦点企业绿色创新。

### 三、研究设计

#### (一) 样本选择与数据来源

本文以2008—2021年中国A股上市企业的前五大供应商和前五大客户数据为研究样本。企业数字化转型的相关变量来自对企业年报的文本分析,所用上市企业供应链数据、财务数据来自国泰安(CSMAR)数据库。基于原始数据,本文处理如下:①剔除属于金融类及信息传输、软件和信息技术服务业的上市企业;②剔除ST、\*ST和退市的焦点企业样本;③由于非上市企业的数字化转型信息难以获得,故保留至少一家上下游企业为上市企业的焦点企业样本。最终,共计得到1805个企业-供应商(客户)-年份观测值。

(二) 变量定义与测度

1. 被解释变量:企业绿色创新

相比于专利授予量,专利申请量能够更加稳定、及时地反映企业的绿色创新水平,因为专利授予存在滞后期且受缴纳年费等不确定性影响<sup>[28]</sup>。从绿色专利分类来看,绿色实用新型专利申请可能是企业为迎合政策采取的“寻扶持”行为,而绿色发明专利申请的技术门槛与创新含量较高,更能体现企业的实质性创新水平。因此,参考刘海建等<sup>[29]</sup>的研究,企业绿色创新的衡量指标选取绿色发明专利申请数量加1后的自然对数( $Ginv$ )。此外,本文还对比性地分析了上下游企业数字化转型对企业绿色实用新型专利( $Guma$ )和绿色专利总量( $GPTotal$ )的影响。

2. 解释变量:供应链上下游企业数字化转型

参照现有研究采用文本分析法构造企业数字化转型变量<sup>[18,30]</sup>。本文首先利用 Python 软件从上交所、深交所和巨潮资讯网获取沪深 A 股上市企业年报,然后对年报进行文本分析并统计数字化转型关键词词频,以上游(下游)企业年报数字化转型关键词的总词频加1后的自然对数作为上下游企业数字化转型的代理变量( $Chain\_DIGI$ )。本文数字化转型关键词的选取参照杨金玉等<sup>[18]</sup>、吴非等<sup>[30]</sup>的研究(见图1)。

3. 控制变量

参考范合君等<sup>[12]</sup>的研究,控制其他可能影响企业绿色创新的因素,具体包括企业研发投入( $RDSpendSum$ )、企业年龄( $Age$ )、企业规模( $Size$ )、资产负债率( $Lev$ )、资产收益率( $ROA$ )、净现金流量( $Cashflow$ )、托宾 Q 值( $TobinQ$ )、供应链集中度( $Concentration$ )、供应链共同股东虚拟变量( $Dumy\_CoOwner$ )以及行业数字化转型水平( $Ind\_DIGI$ )。

(三) 模型设定

本文设定以下模型以检验供应链上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新产生的外溢效应,如式(1)所示:

$$Ginv_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \times Chain\_DIGI_{i,t} + \alpha_2 \times Ind\_DIGI_{i,t} + \alpha_3 \times Control_{i,t} + Pair_i + Year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式(1)中,被解释变量为焦点企业*i*在*t*年的绿色发明型创新( $Ginv_{i,t}$ ),解释变量为对应上下游企业*i*在*t*年的数字化转型程度( $Chain\_DIGI_{i,t}$ ),控制变量包括焦点企业所属行业数字化转型水平均值( $Ind\_DIGI_{i,t}$ )、焦点企业特征变量及供应链特征变量。若供应链上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新有显著正向外溢效应,则 $\alpha_1$ 应当显著为正。同时,模型中还控制了个体( $Pair_i$ )和年份( $Year_t$ )固定效应。

(四) 描述性统计

本文主要变量的描述性统计结果见表1,焦点企业绿色发明专利( $Ginv$ )的均值和标准差分别为0.2236和0.5978,焦点企业绿色专利总量( $GPTotal$ )和绿色实用新型专利( $Guma$ )的均值为0.3500和0.2187,企业绿色发明专利与绿色实用新型专利数量平均而言相差不大。上下游企业数字化转型( $Chain\_DIGI$ )均值为1.0990,标准差为1.2564。由以上结果可以看出,样本中焦点企业的绿色创新水平与上下游企业数字化转型程度的离散程度均较高。

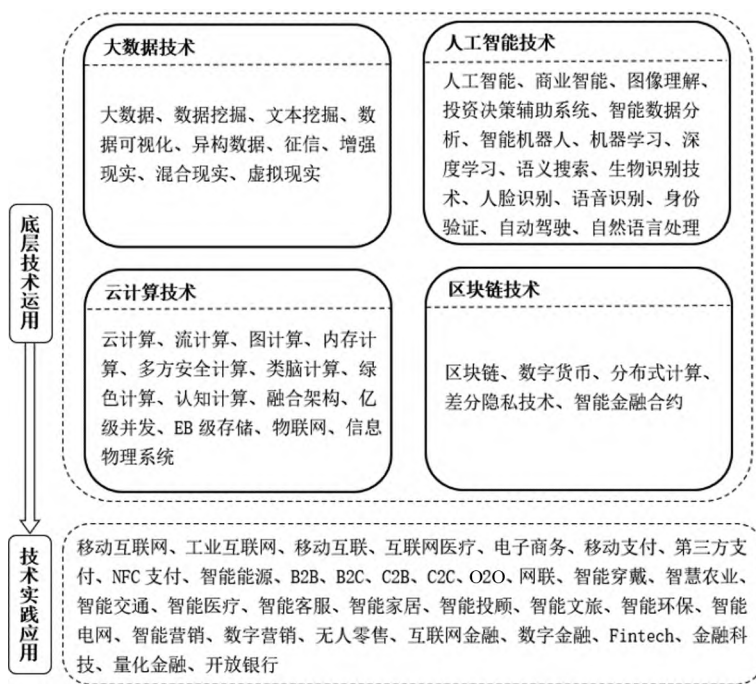


图1 企业数字化转型关键词词群

#### 四、实证结果与分析

##### (一) 基准回归

表2展示了基准回归的结果。由列(1)未加入控制变量的结果来看,上下游企业数字化转型(*Chain\_DIGI*)的系数在5%的水平下显著。列(2)加入了控制变量后上下游企业数字化转型的系数在1%的水平下显著。因此,上下游企业数字化转型能够显著提升焦点企业绿色创新,假说1得到验证。同时,替换被解释变量为企业绿色专利申请总量和绿色实用新型专利申请数量进行对比。列(3)表明,上下游企业数字化转型使焦点企业绿色专利申请总量显著增加。而列(4)表明,上下游企业数字化转型未显著提升焦点企业的绿色实用新型专利申请数量。基于以上结果可以看出,企业更倾向于借助供应链关联企业数字化转型的契机突破技术难题,通过与上下游企业交流协作进行实质性绿色创新,解决供应链的突出环境问题。

##### (二) 稳健性检验

###### 1. 安慰剂检验

考虑到供应链企业间的数字化绿色联动可能受到不可观测的共同因素影响(如相关国家政策共同导向),本文使用安慰剂检验方法,将供应链上下游企业数字化转型指标随机分配给所有焦点企业,进行500次回归模拟。如图2所示,模拟所得回归系数估计值及*t*值均分布在0附近,即上下游企业数字化转型对随机选取焦点企业的绿色创新不具有显著性影响。本文的上下游企业数字化转型的真实回归系数0.0647为明显异常值,因而研究结果稳健。

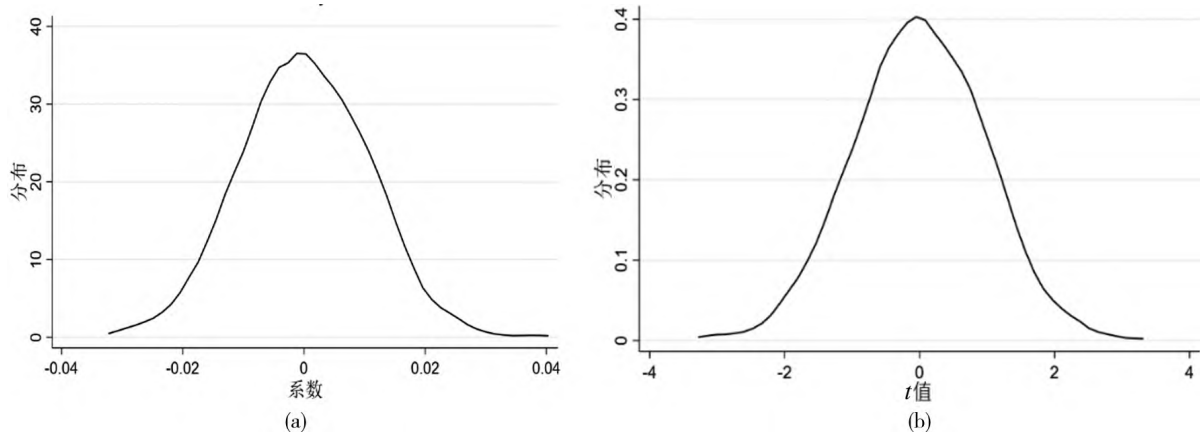


图2 随机处理后的系数与*t*值分布

表1 主要变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Ginv</i>	1 805	0.223 6	0.597 8	0.000 0	5.513 4
<i>GPTotal</i>	1 805	0.350 0	0.762 7	0.000 0	6.037 9
<i>Guma</i>	1 805	0.218 7	0.574 5	0.000 0	5.587 2
<i>Chain_DIGI</i>	1 805	1.099 0	1.256 4	0.000 0	5.783 8
<i>RDSpendSum</i>	1 805	17.472 8	1.451 3	13.008 5	21.205 1
<i>Age</i>	1 805	1.837 0	1.018 7	0.000 0	3.295 8
<i>Size</i>	1 805	21.994 6	1.325 1	19.713 2	25.795 7
<i>Lev</i>	1 805	0.418 8	0.206 5	0.046 2	0.954 4
<i>ROA</i>	1 805	0.043 5	0.053 4	-0.201 7	0.189 7
<i>Cashflow</i>	1 805	0.039 8	0.062 5	-0.168 5	0.217 5
<i>TobinQ</i>	1 805	1.866 5	1.163 1	0.855 8	8.011 8
<i>Concentration</i>	1 805	0.210 0	0.149 6	0.001 9	1.000 0
<i>Dumy_CoOwner</i>	1 805	0.124 7	0.330 4	0.000 0	1.000 0
<i>Ind_DIGI</i>	1 805	1.045 8	0.163 5	0.000 0	1.807 6

表2 基准回归

变量	(1) <i>Ginv</i>	(2) <i>Ginv</i>	(3) <i>GPTotal</i>	(4) <i>Guma</i>
<i>Chain_DIGI</i>	0.056 8 ** (0.026 5)	0.064 7 *** (0.024 1)	0.071 6 ** (0.030 8)	0.026 6 (0.023 7)
<i>Controls</i>	No	Yes	Yes	Yes
<i>Pair/Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
N	1 805	1 805	1 805	1 805
R <sup>2</sup>	0.041 7	0.118 0	0.137 7	0.106 7

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

2. 工具变量法

参考杨金玉等<sup>[18]</sup>的研究,使用上下游企业数字化转型(*Chain\_DIGI*)与按行业二级编码和省份分类的数字化转型程度均值之差的三次方来构建工具变量(*IV*)。表3列(1)显示,工具变量对上下游企业数字化转型的影响显著,满足“相关性”要求。同时,工具变量对焦点企业绿色创新的影响不显著,满足“排他性”要求。列(2)表明,在缓解内生性问题后供应链上下游企业数字化转型的回归系数仍然显著,本文研究结果稳健。

3. 替换变量衡量指标

首先,被解释变量测度方法替换为企业是否实施绿色发明型创新的0-1虚拟变量,使用Logit模型进行重新回归;其次,考虑到不同上市公司年报的长度差异可能干扰企业数字化转型测度,解释变量测度方法替换为数字化转型关键词占年报总关键词比例进行回归;同时,本文还构造了上下游企业数字化转型的分类变量,将上下游企业数字化转型关键词词频数量由小到大排序的前“1/3”赋值为1,中间“1/3”赋值为2,后“1/3”赋值为3,然后重新回归。回归结果表明,前文研究结果稳健。相关回归结果省略,备索。

4. 其他稳健性检验

首先,加入上下游企业特征变量。上下游企业个体特征也是焦点企业决定是否协同上下游企业决策的重要参考因素。为排除上述干扰,本文首先将上下游企业年龄、资产负债率、企业规模、资产收益率、净现金流量、托宾Q值纳入控制变量。其次,在回归中进一步引入行业-年份固定效应和省份-年份固定效应,以有效控制省份层面的时变宏观环境和异质性时变行业环境,以缓解宏观政策等可能的遗漏影响因素的干扰。回归结果表明,研究结果依然稳健。相关回归结果省略,备索。

五、机制检验

(一) 供应链内部企业学习机制

前文分析表明,供应链是企业间信息流动的桥梁,焦点企业通过学习模仿上下游企业的数字化与绿色创新战略决策,来维持供应链稳定与竞争优势。从表4供应链内部企业学习机制检验结果来看,列(1)表明上下游企业数字化转型提升了焦点企业数字化转型水平(*DIGI*),列(2)加入中介变量的回归显示,上下游企业数字化转型通过提高焦点企业数字化转型水平促进焦点企业绿色创新(*Ginv*),列(3)表明上下游企业数字化转型提升了上下游企业绿色创新水平(*Chain\_GP*)<sup>①</sup>,列(4)加入中介变量的回归显示,上下游企业数字化转型通过提高上下游企业绿色创新水平促进焦点企业绿色创新(*Ginv*)。因此,供应链内部企业学习机制成立,假说2得到验证。

①考虑到供应链企业间绿色创新活动的联动性与绿色供应链管理整体性,以除焦点企业外的上下游企业绿色创新专利总量的年度平均度量上下游企业绿色创新水平。

表3 工具变量法与进一步控制

变量	2SLS_1	2SLS_2
	(1)	(2)
	<i>Chain_DIGI</i>	<i>Ginv</i>
<i>Chain_DIGI</i>		0.0681*
		(0.0360)
<i>IV</i>	0.1247***	
	(0.0150)	
<i>Controls</i>	Yes	Yes
<i>Pair/Year</i>	Yes	Yes
N	1412	1412
R <sup>2</sup>	0.4111	0.0925

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

表4 供应链内部企业学习机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>DIGI</i>	<i>Ginv</i>	<i>Chain_GP</i>	<i>Ginv</i>
<i>Chain_DIGI</i>	0.2259***	0.0506**	0.2188***	0.0533**
	(0.0444)	(0.0242)	(0.0564)	(0.0246)
<i>DIGI</i>		0.0487*		
		(0.0279)		
<i>Chain_GP</i>				0.0357*
				(0.0215)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Pair/Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
N	1747	1747	1799	1799
R <sup>2</sup>	0.2228	0.1249	0.0860	0.1211

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

## (二) 供应链外部主体关注机制

前文分析表明,上下游企业数字化转型会吸引更多外部主体关注,为供应链网络中企业行为外部监督提供便利,驱动焦点企业绿色创新。为检验供应链外部主体关注机制,参考叶陈刚等<sup>[31]</sup>、刘海建等<sup>[29]</sup>的研究,按照主成分分析法合成外部主体关注度的综合指标。对企业环境友好行为的外部关注与监督主要来自政府、市场和公众三大主体。其中,政府关注度选取企业所获政府补助资金(*Subsidies*)衡量;外部市场关注度选取分析师关注度(*AnaAttention*)衡量;公众关注度选取企业网络搜索指数(*SVI*)衡量。将对以上三个指标分析所得的第一主成分作为焦点企业的外部主体关注度综合得分(*Ext\_Gov*),第一主成分计算公式为  $Comp1 = Subsidies \times 0.6653 + AnaAttention \times 0.6483 + SVI \times 0.3702$ ,第一主成分得分越高代表企业受外部主体关注程度越高。从表5供应链外部主体关注机制检验结果来看,列(1)表明上下游企业数字化转型提升了焦点企业受外部主体的关注程度,列(2)加入中介变量的结果显示,上下游企业数字化转型通过提高焦点企业受外部主体关注程度进而提升企业绿色创新水平。因此,供应链外部主体关注机制成立,假说3得到验证。

## 六、进一步分析

### (一) 上下游企业数字化外溢方式界定:供应商推动还是客户倒逼

从前向供应链外溢效应来看,上游企业数字技术的应用,会通过向焦点企业提供中间投入品,直接影响焦点企业的能源消耗与污染排放<sup>[32]</sup>。此外,上游企业数字化转型优化了自身生产效率以及产品质量,通过供应链匹配推动焦点企业进行技术创新与生产变革。因此,上游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的外溢效应主要体现在直接的技术层面。同时,从后向供应链外溢效应来看,下游企业的数字化转型有助于准确及时地获取消费者的环保需求信息,进而沿供应链向上传递。同时,下游企业借助数字化技术实现绿色转型后,其对中间投入品的质量与绿色要求也更高,倒逼焦点企业提供更为环保的中间品<sup>[32]</sup>。因而,下游企业数字化转型会通过需求倒逼效应,驱使焦点企业通过清洁技术或是设备更新等路径实现绿色创新实践目标。

本文进一步考察上下游企业数字化转型驱动焦点企业绿色创新的方式。将样本划分为焦点企业-客户组与焦点企业-供应商组,分组回归结果如表6所示。列(1)客户组的回归结果表明,下游客户数字化转型对焦点企业绿色创新的影响不显著。列(2)供应商组的回归结果显示,上游供应商数字化转型显著提升了焦点企业的绿色创新水平。因此,上下游企业数字化转型的绿色创新外溢方式主要表现为供应商发挥的上游技术推动。从样本数据来看,供应商企业的平均数字化转型水平(1.0124)低于客户企业平均数字化转型水平(1.1653)。通常来说,上游企业的资本与技术密集度更高,数字化软硬件应用所需技术定制性与复杂度较高<sup>[33]</sup>,在信息不对称情况下,供应商可能出于自身利益隐瞒原材料真实质量信息<sup>[34]</sup>。而供应商数字化转型提升了上游产品成本与技术信息透明度,为改善原材料的质量和绿色化程度提供保障。如果供应商企业数字化水平较低,那么沟通和协调成本将大大提高。由此可见,上游企业数字化水平的显著提升对于焦点企业实现供应链绿色管理目标、提升绿色创新水平具有关键作用。

表5 供应链外部主体关注机制检验

变量	(1) <i>Ext_Gov</i>	(2) <i>Ginv</i>
<i>Chain_DIGI</i>	0.0511* (0.0297)	0.0575** (0.0240)
<i>Ext_Gov</i>		0.0612** (0.0271)
<i>Controls</i>	Yes	Yes
<i>Pair/Year</i>	Yes	Yes
N	1783	1783
R <sup>2</sup>	0.5135	0.1243

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

表6 上下游企业数字化外溢方式界定

变量	(1) 客户组 <i>Ginv</i>	(2) 供应商组 <i>Ginv</i>
<i>Chain_DIGI</i>	-0.0018 (0.0345)	0.0575* (0.0321)
<i>Controls</i>	Yes	Yes
<i>Pair/Year</i>	Yes	Yes
N	1022	783
R <sup>2</sup>	0.1805	0.0464

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

## (二) 行业特征: 同行业驱动还是不同行业驱动

本文进一步分析上下游企业数字化转型发挥的绿色创新外溢效应是由同行业驱动还是不同行业驱动。一方面,当焦点企业与上下游企业处于相同行业时,焦点企业更容易吸收学习上下游企业的同质性知识与先进技术经验;另一方面,当焦点企业与上下游企业处于不同行业时,焦点企业能够利用其他行业的异质性资源与自身内在资源形成互补。本文为检验上下游企业数字化转型产生绿色外溢效应的行业特性,依据焦点企业与上下游企业所属行业,将总样本划分为同行业组与不同行业组。表7列(1)同行业组的回归结果显示,上下游企业数字化转型的系数在5%的水平下显著为正。列(2)不同行业组的回归结果表明,上下游企业数字化转型的系数在1%的水平下显著为正。为检验组间系数差异的显著性,本文使用费舍尔组合检验法的 *bdiff* 命令(Bootstrap 抽样 1 000 次),检验所得 *P* 值小于 0.1。因此,对于与上下游企业位于不同行业的焦点企业,其绿色创新受到的外溢效应更显著。焦点企业在与上下游企业的价值共创过程中,跨越企业甚至行业界线的供应链协同能够产生“1 + 1 > 2”的溢出放大效应<sup>[12]</sup>。配套产业的发展对于企业绿色转型升级有着重要影响,供应链企业生产经营的跨行业融合能够激发节点企业之间绿色管理与创新合作活力。

## (三) 地区特征: 近距离驱动还是远距离驱动

本文进一步分析上下游企业数字化转型发挥的绿色创新外溢效应是由近距离驱动还是远距离驱动。一方面,企业对于邻近地区关联企业更容易产生知识与技术的溢出。数字技术的广泛应用有助于供应链关联企业形成空间集聚,进一步激发邻近地区企业间外部溢出效应<sup>[35]</sup>。另一方面,供应链关联企业的空间集聚也可能造成地区环境污染、资源配置效率下降等不利影响。同时,数字化应用有助于空间距离较远的供应链关联企业,加强

技术与经济上的交流与合作。本文为检验上下游企业数字化转型产生的绿色创新外溢效应的地区特征,根据上下游企业和焦点企业注册地址,利用 Stata 中的 *geodist* 来计算双方的地理距离,然后依据中位数将样本划分为距离较近组和距离较远组。表7列(3)是距离较近组的回归结果,上下游企业数字化转型的系数显著;列(4)是距离较远组的回归结果,上下游企业数字化转型的系数不显著。因此,对于距离上下游企业较近的焦点企业,其绿色创新受到的影响更强。这是由于绿色创新发展具有空间集聚特征,地理距离增加了企业间交易合作的难度。虽然数字技术应用有利于供应链企业压缩合作时空距离,但地理距离对于企业间绿色创新溢出的影响仍客观存在。时空距离的缩短会增加绿色创新知识、技术、人才的跨区域溢出,数字化进一步提升了邻近地区绿色创新要素流动速度,推进供应链企业的空间集聚与协同发展,从而降低绿色创新成本、提升污染处理与能源利用效率<sup>[32]</sup>。

## (四) 数字化“杠杆效应”: 要素投入还是效率提升

上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的“杠杆效应”,表现为企业进一步加大研发与人力资本投入,或者提升了技术创新的投入产出比,提高了绿色创新效率<sup>[36]</sup>。一方面,上下游企业数字化转型能够促进企业间绿色知识交流共享和绿色产品联合研发,使焦点企业以较低的创新资源投入实现更高绿色创新产出。另一方面,上下游企业数字化转型能够通过吸引外部主体关注,对企业环境友好表现提出更高要求,企业会增加绿色创新投入以缓解合法性压力。首先探索上下游企业数字化对焦点企业创新要素投入的影响,以创新资本要素投入(*RDSpendSumRatio*, 研发支出与营业收入之比)、创新劳动要素投入(*RDPersonRatio*, 研发人员数量与员工总人数之比)为被解释变量。表8

表7 行业特征与地区特征异质性分析

变量	同行业	不同行业	地理距离近	地理距离远
	(1) <i>Ginv</i>	(2) <i>Ginv</i>	(3) <i>Ginv</i>	(4) <i>Ginv</i>
<i>Chain_DIGI</i>	0.0718** (0.0334)	0.1564*** (0.0591)	0.0602* (0.0362)	-0.0146 (0.0362)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Pair</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	1 201	604	903	902
<i>R<sup>2</sup></i>	0.0927	0.3245	0.1045	0.1752

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。



中列(1)和列(2)结果表明,上下游企业数字化转型增加了焦点企业创新资本要素投入,而劳动要素投入没有显著增加。之后,本文进一步探索上下游企业数字化转型是否提升焦点企业绿色创新效率。参考刘海建等<sup>[29]</sup>的研究,使用以下指标测度企业绿色创新效率:一是采用单位研发投入的绿色创新产出衡量企业绿色创新效率(*Green\_eff1*);二是

以绿色发明专利申请量为创新产出,以研发支出和研发人员为创新投入,通过随机前沿模型方法得到企业绿色创新效率(*Green\_eff2*)。列(3)和列(4)结果显示,上下游企业数字化转型显著提升了焦点企业绿色创新效率。基于以上分析可得,上下游企业数字化转型产生的绿色创新“杠杆效应”体现为效率提升与要素叠加的共同作用。

### 七、结论与启示

本文通过对上市企业年报的文本分析,基于供应链联动效应,研究了上下游企业数字化转型对焦点企业绿色创新的外溢效应。本文的结论如下:(1)供应链上下游企业数字化转型显著提升了焦点企业的绿色发明专利和绿色专利总量,但是对焦点企业绿色实用新型专利的影响不显著。(2)供应链上下游企业数字化转型通过供应链内部企业学习、供应链外部主体关注提升了焦点企业绿色创新水平。(3)从供应链数字化的外溢方式来看,上下游企业数字化转型影响焦点企业绿色创新的方式主要体现为供应商驱动的上游技术推动;从行业与地区特征来看,供应链上下游企业数字化转型产生的绿色创新外溢效应主要由不同行业、近距离驱动。(4)在上下游企业数字化转型影响下,焦点企业研发要素投入增加的同时绿色创新效率也得到显著提升,上下游企业数字化转型产生的绿色创新“杠杆效应”同时体现为要素投入增加与创新效率提升。

本文的研究提供了以下启示:

(1) 本文研究发现,上下游企业数字化转型通过供应链内部企业学习和供应链外部主体关注,提升了焦点企业绿色创新水平。首先,企业应在供应链联动过程中,积极学习关联企业先进的数字化技术与绿色创新经验,丰富企业转型升级的动力来源。其次,要着力提升政府、市场和公众等外部主体在供应链数字生态系统中的融合度,并提高社会对企业环境风险和環境成效的关注度,通过供应链内外的交互渠道从外部施压,驱动企业绿色创新、建立环保价值理念。

(2) 供应链上下游企业的数字化转型产生了“杠杆效应”,促进焦点企业绿色创新产出的同时,还能有效降低绿色创新成本。因此,污染排放与能源消耗强度较大的企业,可以借助供应链数字化外溢效应实现环境保护与经济增长的平衡。企业需发挥数字化带来的信息知识流动高效性,推动数字技术与供应链管理的融合,加强供应链网络下群体决策和风险共担等方面的协同管理,这有助于企业在资源优化配置中实现绿色创新,推动经济高质量与可持续发展。

(3) 完善现代供应链网络下企业数字化联动的支撑体系。在行业层面,确认不同行业中数字化转型的短板环节,进行精准帮扶。在地区层面,对于数字技术水平较低地区的企业,建立配套的支持政策,降低企业实现供应链数字化联动与绿色转型的成本。在企业层面,精准帮扶数字化或者绿色转型存在一定困难的企业,建立基于供应链网络的智能资源与数据共享平台,激发中小企业绿色创新活力。同时,发挥试点企业的引领带动作用,打造供应链数字化绿色联动样板工程。

(4) 以供应链上下游联动为抓手,加快推进绿色发展。数字技术的应用有利于增强跨行业的供应链联动,反过来供应链关联又能够放大数字技术的积极作用,形成并发挥企业绿色转型的正向外溢

表8 数字化“杠杆效应”:要素投入还是效率提升

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>RDSpendSumRatio</i>	<i>RDPersonRatio</i>	<i>Green_eff1</i>	<i>Green_eff2</i>
<i>Chain_DIGI</i>	0.4136* (0.2143)	0.6643 (0.4570)	0.0038*** (0.0014)	0.0008* (0.0004)
<i>Controls</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Pair</i>	Yes	Yes	Yes	No
N	1659	675	1805	1290
R <sup>2</sup>	0.1360	0.1805	0.0869	0.0284

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内为稳健标准误。

效应。通过政策引导供应链上下游企业推进数字化绿色联动,充分释放数字化资源与价值外溢,如为供应链节点企业制定税收优惠与财政补贴政策。同时,政府部门需加快推进数字化绿色供应链的配套政策,以引导企业绿色转型、供应链减污降碳。

#### 参考文献:

- [1] SONG M X, YANG M X, ZENG K J, et al. Green knowledge sharing, stakeholder pressure, absorptive capacity, and green innovation: evidence from Chinese manufacturing firms[J]. *Business strategy and the environment*, 2020, 29(3): 1517 – 1531.
- [2] JUNAID M, ZHANG Q Y, SYED M W. Effects of sustainable supply chain integration on green innovation and firm performance[J]. *Sustainable production and consumption*, 2022, 30:145 – 157.
- [3] BÜYÜKÖZKAN G, GÖÇER F. Digital supply chain: literature review and a proposed framework for future research[J]. *Computers in industry*, 2018, 97:157 – 177.
- [4] 肖静,曾萍. 数字化能否实现企业绿色创新的“提质增量”? ——基于资源视角[J]. *科学学研究*, 2023, 41(5): 925 – 935 + 960.
- [5] EL-KASSAR A N, SINGH S K. Green innovation and organizational performance: the influence of big data and the moderating role of management commitment and HR practices[J]. *Technological forecasting and social change*, 2019, 144:483 – 498.
- [6] 宋德勇,朱文博,丁海. 企业数字化能否促进绿色技术创新? ——基于重污染行业上市公司的考察[J]. *财经研究*, 2022, 48(4): 34 – 48.
- [7] 靳毓,文雯,何茵. 数字化转型对企业绿色创新的影响——基于中国制造业上市公司的经验证据[J]. *财贸研究*, 2022, 33(7): 69 – 83.
- [8] 杜勇,黄丹华. “同命相连”:供应链网络中企业数字化转型的同群效应[J]. *财经科学*, 2023(3): 74 – 92.
- [9] 肖旭,戚聿东. 产业数字化转型的价值维度与理论逻辑[J]. *改革*, 2019(8): 61 – 70.
- [10] 陈剑,刘运辉. 数智化使能运营管理变革:从供应链到供应链生态系统[J]. *管理世界*, 2021, 37(11): 227 – 240.
- [11] 杜勇,娄靖,胡红燕. 供应链共同股权网络下企业数字化转型同群效应研究[J]. *中国工业经济*, 2023(4): 136 – 155.
- [12] 范合君,吴婷,何思锦. 企业数字化的产业链联动效应研究[J]. *中国工业经济*, 2023(3): 115 – 132.
- [13] WU G C. The influence of green supply chain integration and environmental uncertainty on green innovation in Taiwan's IT industry[J]. *Supply chain management: an international journal*, 2013, 18(5): 539 – 552.
- [14] FAWCETT S E, MCCARTER M W, FAWCETT A M, et al. Why supply chain collaboration fails: the socio-structural view of resistance to relational strategies[J]. *Supply chain management: an international journal*, 2015, 20(6): 648 – 663.
- [15] CHEN D Q, PRESTON D S, SWINK M. How the use of big data analytics affects value creation in supply chain management [J]. *Journal of management information systems*, 2015, 32(4): 4 – 39.
- [16] QUEIROZ M M, TELLES R, BONILLA S H. Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature[J]. *Supply chain management: an international journal*, 2020, 25(2): 241 – 254.
- [17] LEVITT B, MARCH J G. Organizational learning[J]. *Annual review of sociology*, 1988, 14(1): 319 – 338.
- [18] 杨金玉,彭秋萍,葛震霆. 数字化转型的客户传染效应——供应商创新视角[J]. *中国工业经济*, 2022(8): 156 – 174.
- [19] 王旭坪,樊文平,阮俊虎,等. 考虑纵向持股的现代农业供应链运营决策与协调优化研究[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(10): 165 – 176.
- [20] VACHON S. Green supply chain practices and the selection of environmental technologies[J]. *International journal of production research*, 2007, 45(18/19): 4357 – 4379.
- [21] HSU P H, HUI H P, LEE H H, et al. Supply chain technology spillover, customer concentration, and product invention [J]. *Journal of economics & management strategy*, 2022, 31(2): 393 – 417.
- [22] 解学梅,罗丹,高彦茹. 基于绿色创新的供应链企业协同机理实证研究[J]. *管理工程学报*, 2019, 33(3): 116 – 124.
- [23] 李青原,肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. *经济研究*,

- 2020,55(9):192-208.
- [24]刘笑霞,李明辉. 媒体负面报道、分析师跟踪与税收激进度[J]. 会计研究,2018(9):64-71.
- [25]LIU D Y, CHEN S W, CHOU T C. Resource fit in digital transformation: lessons learned from the CBC Bank global e-banking project[J]. Management decision, 2011, 49(10):1728-1742.
- [26]程博. 分析师关注与企业环境治理——来自中国上市公司的证据[J]. 广东财经大学学报,2019,34(2):74-89.
- [27]IVANOV D, DOLGUI A, SOKOLOV B. Cloud supply chain: integrating industry 4.0 and digital platforms in the “supply chain-as-a-service”[J]. Transportation research part E: logistics and transportation review, 2022, 160:102676.
- [28]张泽南,钱欣钰,曹新伟. 企业数字化转型的绿色创新效应研究:实质性创新还是策略性创新? [J]. 产业经济研究,2023(1):86-100.
- [29]刘海建,胡化广,张树山,等. 供应链数字化的绿色创新效应[J]. 财经研究,2023,49(3):4-18.
- [30]吴非,胡慧芷,林慧妍,等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界,2021, 37(7):130-144.
- [31]叶陈刚,王孜,武剑锋,等. 外部治理、环境信息披露与股权融资成本[J]. 南开管理评论,2015,18(5):85-96.
- [32]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.
- [33]余典范,王超,陈磊. 政府补助、产业链协同与企业数字化[J]. 经济管理,2022,44(5):63-82.
- [34]王丽杰,郑艳丽. 绿色供应链管理中对应激激励机制的构建研究[J]. 管理世界,2014(8):184-185.
- [35]邱志萍,蒋鹏程,刘举胜. 数字基础设施建设赋能商贸流通产业集聚——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 南京财经大学学报,2023(5):13-23.
- [36]HUANG J, HENFRIDSSON O, LIU M J, et al. Growing on steroids: rapidly scaling the user base of digital ventures through digital innovation[J]. MIS quarterly, 2017, 41(1):301-314.

(责任编辑:原小能;英文校对:谈书墨)

## Spillover Effect of Green Innovation from Enterprises Digital Transformation under Supply Chain Linkage

BU Wei, WANG Yajing, YAN Zhongyi

(School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** The digital transformation of enterprises is an important way to promote high-quality economic development. There is a need to explore whether the digital linkage between upstream and downstream enterprises in the supply chain can promote the green development of enterprises. Based on the supply chain linkage effect, this paper studies the spillover effect and the mechanism by which the digitalization of upstream and downstream enterprises in the supply chain impacts focus enterprise's green innovation. We find that the digital transformation of upstream and downstream enterprises has a significant positive impact on the green innovation of focus enterprises, and this conclusion remains significant after a series of robustness tests, including the placebo and instrumental variable methods. The digital transformation of upstream suppliers has a more significant impact on the green innovation of focus enterprises than the digital transformation of those downstream. Further, the spillover of digital green innovation of enterprises in the supply chain is mainly reflected in the technological promotion effect of upstream enterprises. The mechanism test shows that the digital transformation of upstream and downstream enterprises promotes green innovation of focus enterprise through enterprise learning within the supply chain and the attention of stakeholders outside the supply chain. The results of heterogeneity testing show that the spillover effect of the digital transformation of upstream and downstream enterprises on green innovation of focus enterprise is more significant when these are in different industries and geographically close. Finally, this paper finds that upstream and downstream digitalization has had a “leverage effect” in promoting the green innovation output of enterprises, stimulating the input of focus enterprises, and improving the efficiency of green innovation. This paper supports the construction of a digital green supply chain.

**Key words:** supply chain linkage; digital transformation; green innovation; spillover effect