

供应链数字化的绿色创新效应

刘海建¹, 胡化广¹, 张树山², 孙磊²

(1. 南京大学商学院, 江苏南京 210008; 2. 东北师范大学经济与管理学院, 吉林长春 130117)

摘要: 供应链是碳排放的主要来源, 供应链数字化能否推动绿色发展? 文章将供应链创新与应用试点工作视为准自然实验, 以2012—2020年A股上市公司数据为研究样本, 考察了供应链数字化对企业绿色创新的影响。研究发现, 供应链数字化提高了企业的绿色创新水平。经过稳健性检验和排除替代性解释后, 上述结论依然成立。异质性分析表明, 供应链数字化的绿色创新效应主要存在于国有企业、产业链两端以及市场化程度较低的地区。机制检验表明, 供应链数字化通过促进绿色供应链集成和强化外部治理效力, 提高了企业的绿色创新水平。进一步研究发现, 从过程视角来看, 在促进绿色创新产出的同时, 供应链数字化还降低了企业的绿色创新成本, 表明供应链数字化的绿色创新效应由效率驱动而非要素驱动。从结果视角来看, 供应链数字化的绿色创新效应实现了环境绩效与经济绩效的统一。文章的结论对于促进经济社会绿色发展和加快构建双循环新发展格局具有重要的启示。

关键词: 供应链数字化; 绿色创新; 绿色供应链集成; 外部治理; 效率驱动

中图分类号: F272; F205 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2023)03-0004-15

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20230115.303

一、引言

绿色创新是降污减碳和促进绿色发展的关键驱动力, “十四五”规划明确指出要通过“实施绿色技术创新攻关行动”来推动绿色转型发展。作为微观经济的支点和环境污染的主体, 企业承担了推进绿色创新的时代任务。而与企业其他创新相比, 绿色创新具有知识与环境的双重外部性, 这意味着企业的绿色创新活动同时受到资源禀赋和环境监督的影响(Song等, 2020; 王馨和王莹, 2021b)。因此, 企业绿色创新实际上是一个多主体的参与过程, 其中供应链网络在企业绿色创新实践中扮演了重要角色(Junaid等, 2022)。

近年来, 数字技术的迅猛发展重塑了供应链节点企业间的价值创造逻辑, 推动了传统供应链向更高水平的现代化数字供应链转型升级(Büyükoçkan和Göçer, 2018)。党的十九大报告明确指出, 要在现代供应链上培育新的增长点。作为现代供应链的典型表征, 数字供应链建设不仅有助于完善现代流通体系, 推动供给侧结构性改革, 还能构建双循环新发展格局提供有力支撑。为了加快推进现代数字供应链建设, 商务部等八部门于2018年联合开展了供应链创新与应用试点工作, 力求在现代供应链上培育新的增长点。

收稿日期: 2022-08-14

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71972099); 国家社会科学基金项目(18BJY180)

作者简介: 刘海建(1975—), 男, 山东寿光人, 南京大学商学院教授, 博士生导师;

胡化广(1997—), 男, 江西南康人, 南京大学商学院博士研究生;

张树山(1972—)(通讯作者), 男, 吉林洮南人, 东北师范大学经济与管理学院教授, 博士生导师;

孙磊(1993—), 男, 吉林九台人, 东北师范大学经济与管理学院博士研究生。

现有研究强调了供应链上下游资源网络对企业绿色创新的价值(Wu, 2013; Kong 等, 2020)。而在数字化浪潮下, 供应链影响企业绿色创新的逻辑已发生改变(Sarkis 等, 2021)。Blanco(2021)指出, 企业大部分的碳排量存在于供应链中。因此, 探究供应链数字化能否促进绿色发展具有重要的现实意义。但遗憾的是, 关于供应链数字化的现有研究大多侧重于理论模型建构或转型的经济绩效评估(Balakrishnan 和 Ramanathan, 2021; Hallikas 等, 2021), 鲜有文献提供供应链数字化绿色创新效应的经验证据。理论上, 供应链数字化能够推动企业绿色创新。一方面, 供应链数字化能够促进供应链可视化和互联化(Yang 等, 2021), 这使各节点企业相互进行环境监督成为可能, 也能为上下游企业就环境问题开展合作创造条件(Sarkis 等, 2021)。另一方面, 供应链数字化能够吸引更多外部治理主体的关注, 并通过扩展生态圈和搭建智慧供应链平台等方式, 增加外部主体与供应链的融合度(陈剑和刘运辉, 2021), 从而有助于强化外部监督效力。

本文借鉴张树山等(2021)的做法, 将供应链创新与应用试点工作视为企业建设现代数字供应链的一项准自然实验, 利用 2012—2020 年 A 股上市公司数据, 考察了供应链数字化对企业绿色创新的影响。研究发现: 第一, 供应链数字化提高了企业的绿色创新水平, 这一影响主要存在于国有企业、产业链两端以及市场化程度较低的地区。第二, 供应链数字化通过促进绿色供应链集成和强化外部治理效力, 提高了企业的绿色创新水平。第三, 从过程视角来看, 在促进绿色创新产出的同时, 供应链数字化还降低了企业的绿色创新成本, 表明供应链数字化的绿色创新效应由效率驱动而非要素驱动。第四, 从结果视角来看, 供应链数字化通过促进绿色创新, 提升了企业长期价值, 实现了环境绩效与经济绩效的统一。

本文的研究贡献体现在: 第一, 丰富了供应链数字化效果的研究。现有研究以理论模型构建或转型的经济绩效评估为主(Balakrishnan 和 Ramanathan, 2021; Hallikas 等, 2021), 且研究方法大多局限于规范研究(Garay-Rondero 等, 2020; Bhattacharya 和 Chatterjee, 2022)。而本文实证检验了供应链数字化对企业绿色创新的影响。第二, 本文从绿色供应链集成和外部治理两个方面, 揭示了供应链数字化影响企业绿色创新的机制, 深化了对供应链数字化赋能效果的理解。同时, 本文基于企业、行业和地区特征的差异, 探究了供应链数字化对企业绿色创新的异质性影响, 研究结果有助于形成具体的政策靶向。第三, 本文回答了供应链数字化的绿色创新效应是由效率驱动还是要素驱动的问题。有关绿色创新的现有研究往往默认创新产出增加源于投入增加这一假定, 大多数文献仅考虑了绿色创新要素投入的作用, 而忽视了绿色创新效率。例如, 关于绿色信贷 and 环境保护税的研究大多强调对绿色创新投入的倒逼作用。本文研究发现, 在降低绿色创新成本的同时, 供应链数字化还促进了绿色创新产出, 这对于实现高质量的企业绿色转型具有重要的借鉴意义。第四, 本文丰富了绿色创新影响因素的研究。关于绿色创新影响因素的现有研究大多聚焦于企业内部特征(席龙胜和赵辉, 2022)、外部资源(Song 等, 2020; 王旭和王非, 2019; 王馨和王营, 2021b)、外部治理机制(王馨和王营, 2021a; 张玉明等, 2021)和环境规制(李青原和肖泽华, 2020; 刘金科和肖翊阳, 2022)。有少数文献考察了数字经济与企业绿色创新的关系, 但研究视角局限于企业或区域层面(宋德勇等, 2022), 尚无文献从供应链视角考察数字经济对企业绿色创新的影响。

二、制度背景、文献回顾与研究假设

(一)制度背景。为了加快发展现代数字供应链, 进一步激发供应链推动供给侧结构性改革的潜力, 2017 年 10 月国务院发布了首份供应链政策文件《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》(下称《意见》)。《意见》明确指出, “随着信息技术的发展, 供应链已发展到……智慧供

供应链新阶段”，提出到2020年形成智慧供应链体系的发展目标，而开展供应链创新与应用试点示范工作是实现这一目标的六大保障措施之一。根据《意见》的要求，商务部等部门于2018年4月发布了《关于开展供应链创新与应用试点的通知》（下称《通知》）。《通知》指出，试点工作分为城市试点和企业试点两部分，在为期两年的试点期内，试点城市的主要任务包括出台支持性政策、优化供应链运营环境和创新政府供应链治理模式等，试点企业则需通过应用现代数字技术来推动产业链、供应链转型升级。2018年10月，经过遴选后，55座城市和266家企业被确立为试点对象。2020年4月，商务部等部门表示各企业积极应用新技术取得了明显成效，并公布了一批试点单位的典型经验做法。本文将供应链创新与应用试点工作视为企业建设现代数字供应链的一次有益尝试，借此考察供应链数字化转型对企业绿色创新的影响。

（二）文献回顾。供应链数字化是构建智能互联技术系统的过程，其基于大数据处理能力以及先进的软硬件智能设施，通过增加服务的价值和可获性，以更加灵活、有效和一体化的方式来促进组织之间的交互（Büyükoçkan 和 Göçer, 2018）。纵观现有研究，由于数字供应链尚属前沿领域，大多数文献聚焦于数字供应链的概念性框架构建。例如，Garay-Rondero 等（2020）将现代数字技术与供应链流程、网络结构和要素流相整合，形成了一个系统性的数字供应链演化模型。Bhattacharya 和 Chatterjee（2022）通过访谈专家和业内专业人士，提出了数字化项目驱动的供应链集成框架。随着供应链数字化实践的推进，越来越多的学者呼吁加强对数字供应链的实证研究（Hallikas 等, 2021），目前已有部分学者利用问卷调查数据检验了供应链数字化转型的微观效应。例如，Zouari 等（2021）基于对300名管理者的问卷调查，发现供应链数字化提高了供应链弹性。Balakrishnan 和 Ramanathan（2021）研究发现，供应链数字化改善了供应链绩效，且这种效应在遭受疫情影响后更加明显。

关于企业绿色创新的影响因素，根据性质的不同，本文将其归纳为四类：第一类是企业内部特征。例如，席龙胜和赵辉（2022）发现，高管的环保意识越强，企业的绿色创新水平越高。第二类是企业外部资源。企业往往难以仅靠内部资源来支撑绿色创新活动，现有研究考察了政府补贴（王旭和王非, 2019）、供应链上下游资源（Song 等, 2020）和银行绿色信贷（王馨和王营, 2021b）等外部资源对企业绿色创新的影响。第三类是企业外部治理因素。外部利益相关者的环保需求增加了企业的绿色发展压力，现有研究表明媒体监督（张玉明等, 2021）和公众关注（王馨和王营, 2021a）等是企业绿色创新的重要驱动因素。第四类是环境规制。学者系统研究了命令型和市场型环境规制影响企业绿色创新的机制，取得了比较丰富的成果（李青原和肖泽华, 2020；刘金科和肖翊阳, 2022）。近年来，随着数字经济的兴起，也有学者考察了数字科技与企业绿色创新的关系。例如，宋德勇等（2022）以重污染行业企业为研究对象，发现企业数字化提高了绿色创新水平。

现有研究仍存在一些不足。从研究内容来看，尚未有文献深入分析供应链数字化与企业绿色创新之间的关系。从研究方法来看，供应链数字化的实证研究还十分匮乏，相关实证研究主要基于问卷调查数据，结果的主观性较强且缺乏透明度（Hallikas 等, 2021）。

（三）研究假设

1. 绿色供应链集成效应。绿色供应链集成反映了企业与其他供应链节点企业协同管理组织内外的流程以减少环境问题的程度（Kong 等, 2020）。企业具有协同上下游开展供应链环境治理的动机。一方面，供应链是碳排放的主阵地，政府环保法规以及来自利益相关者的环保压力促使企业将环境因素纳入供应链管理的考虑范畴（Wu, 2013）；另一方面，自然资源基础观指出，随着自然和社会环境挑战的加剧，对环境负责的能力将是组织竞争优势的重要来源（Hart, 1995）。基

于此,为了获得绿色供应链实践所创造的社会复杂资源,企业会主动寻求与供应链中的节点企业开展环境治理合作(Shi等,2012)。《绿色供应链协同减污降碳(CITI指数2021)》显示,^①我国企业的绿色供应链平均得分仅为5.33(满分100),因此绿色供应链集成的作用空间巨大。然而,传统供应链中绿色供应链集成的实现面临一系列现实挑战。具体而言,由于缺乏有效的信息治理机制,传统供应链节点企业之间的“信息孤岛”现象严重。这增加了供应链协同的难度(Bhattacharya和Chatterjee,2022),也使节点企业出于私利而采取的非环境伦理行为难以得到有效监督(Yang等,2021)。

供应链数字化为破除绿色供应链集成的障碍提供了解决方案。一方面,企业通过将智能技术深度嵌入供应链运营的底层框架中,能够对供应链中的商流和信息流等进行实时识别、监控、跟踪和管理,推动形成可视化的供应链管理范式(Stank等,2019)。在此基础上,节点企业间能突破信息藩篱,通过高效集成供应链内外部要素来开展供应链环境治理(Büyükožkan和Göçer,2018;Yang等,2021)。另一方面,大数据和云计算等技术增加了数据的可用性,通过挖掘和分析供应链中的海量非结构化数据,上下游间能够形成基于“数据”的监督链,有效抑制节点企业出于私利的非环境伦理行为(Chen等,2015)。此外,区块链技术的不可篡改特性能够提高供应链中的信息质量,进一步完善基于“数据”的监督链,为规避环境违规行为和增强供应链协同提供支撑(Queiroz等,2020)。Benzidia等(2021)基于对法国医院的问卷调查,发现大数据和人工智能等智能技术的使用促进了绿色供应链协作的实现。

绿色供应链集成有助于提高企业的绿色创新水平。从不确定性视角来看,绿色创新具有高度的不确定性(李青原和肖泽华,2020),而绿色供应链集成有助于降低绿色创新的不确定性。具体而言,绿色供应链集成能使企业协同上下游设立共同的环保目标和项目,企业通过与上下游进行联合决策和信息共享,能够获得上游的绿色原材料信息和下游的绿色需求信息,从而增加绿色创新的靶向性(Wu,2013)。Wong等(2020)基于组织信息处理理论的研究表明,绿色供应链集成降低了绿色创新的不确定性,提高了企业的绿色创新水平。从知识基础观视角来看,企业往往难以仅依托内部知识实现绿色创新(Song等,2020)。绿色供应链集成能够拓宽企业绿色知识的获取渠道,从而驱动绿色创新。具体而言,绿色供应链集成构造了一个信任网络,嵌入于网络中的上下游企业在环境项目上开展合作,并共享和交换关于环境问题的关键知识和信息,从而发挥知识创造的协同效应。企业通过高效重组和利用外部绿色知识和内部互补知识,能够迅速提高自身的绿色创新能力(Kong等,2020)。

2. 外部治理效应。绿色创新的驱动力并非完全内生,大量研究表明组织外部的利益相关者对企业绿色发展发挥了治理作用。根据现有研究,本文主要关注政府、媒体、公众和分析师等外部主体的治理作用。具体而言,政府既可以通过环境规制将污染排放的负外部性内部化,增加企业的排污成本,也可以通过补贴激励企业采取对环境负责的行为(叶陈刚等,2015)。媒体监督能够增加环境污染行为的曝光压力,增强管理者的环境危机意识(张玉明等,2021)。公众可以采取抵制和投诉等措施给企业管理者施加环保压力,使企业保持对绿色创新实践的持续关注(王馨和王莹,2021a)。分析师跟踪提高了企业信息透明度(刘笑霞和李明辉,2018),增加了环境不负责任行为败露的可能,这有助于抑制管理者短视对绿色创新的负面影响。

理论上,供应链数字化可能从以下几个方面强化外部治理效力:首先,数字化转型是时代发展的潮头,党的二十大报告和国家“十四五”规划提出建设“数字中国”的战略构想,因而企业开

^① 资料来源: <https://www.ipe.org.cn/Upload/202110260245047637.pdf>。

展数字化建设倍受外界关注。吴非等(2021)的研究表明,数字化转型能使企业吸引更多分析师和媒体的关注。与企业内部的数字化转型相比,供应链数字化涉及的主体更多、影响更广,因而外部利益相关者可能对此更加关注,这有助于提高外部治理效力。其次,供应链数字化将孤立单一的企业应用程序沿供应链外扩,改变供应链节点的交互结构,推动供应链由线性到网络再到生态系统的转变(Wu 等, 2019)。在供应链生态系统中,外部环境主体如政府和公众等与内部核心群落协同演化,成为生态系统治理中不可忽视的重要力量(陈剑和刘运辉, 2021)。最后,供应链数字化通过搭建以物联网、大数据为底层框架的智能互联平台,能够提高供应链的透明度。外部治理主体能更加方便地获取供应链运营信息,提高监督效力。特别是数字供应链平台还具有向外延伸的能力,能够不断对接新的外部主体,进一步提高外部主体的融入程度(Ivanov 等, 2022)。

根据上述分析,本文提出以下假设:供应链数字化提高了企业绿色创新水平。

三、研究设计

(一)模型设定与变量定义。本文将供应链创新与应用企业试点工作视为一项准自然实验,采用双重差分方法估计供应链数字化对企业绿色创新的净效应,^①模型设定如下:

$$\text{LnGPAT}_{it} = \alpha + \beta \text{Treat}_i \times \text{Time}_t + \lambda X_{it} + \sum \text{Year} + \sum \text{Firm} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, LnGPAT_{it} 表示企业的绿色创新水平。与绿色实用新型专利相比,绿色发明专利更能反映企业创新的水平和质量。因此,本文参考姜军等(2020)的做法,采用绿色发明专利申请数量加 1 后的自然对数来衡量企业绿色创新水平。同时,本文还分别考察了供应链数字化对绿色实用新型专利申请量(LnGUm)和绿色专利申请总量(LnGTotal)的影响。 Treat_i 为处理组虚拟变量, Treat_i 取值为 1 表示企业为试点企业,反之取值为 0。 Time_t 为区分供应链创新与应用试点工作实施前后的虚拟变量,实施后(2018 年及以后)取值为 1,实施前赋值为 0。交乘项 $\text{Treat}_i \times \text{Time}_t$ 的系数 β 反映了供应链数字化对企业绿色创新的平均影响效应,若 β 显著为正,则说明供应链数字化提高了企业的绿色创新水平。 X_{it} 为控制变量,控制其他可能影响企业绿色创新的因素,具体包括资产负债率(Lev)、企业规模(Size)、资产报酬率(ROA)、现金流(Cash)、股权集中度(Own10)、股权制衡度(Balance)、独董比例(Indep)以及研发投入(R\&D)。同时,模型中还控制了年份和企业固定效应。

(二)样本选择与数据来源。为了获得企业的绿色创新数据,本文首先从国家知识产权局手工整理了各企业的专利申请信息,然后根据世界知识产权组织(WIPO)在 2010 推出的“国际专利分类绿色清单”中的绿色专利 ICP 分类号,进一步识别企业的绿色专利申请情况。企业人员结构数据来自 Wind 数据库,地市层面数据来自 EPS 数据库,新闻报道数据来自 CNRDS 数据库,其他变量数据来自 CSMAR 数据库。本文对主要连续变量进行上下 1% 的 Winsorize 处理。

本文将 2012—2020 年 A 股上市公司数据作为初始研究样本,在剔除 ST 和 PT 企业、金融类企业以及关键变量数据缺失的样本后,得到 27 624 个企业一年度观测值。供应链创新与应用试点企业的确立并非随机,而是由商务部等部门从 1 359 家申报企业中筛选产生,且评选标准之一是企业的供应链相关专利情况,因而不能排除本文的估计结果存在反向因果问题。为此,本文在基准估计之前采用 PSM 方法对样本进行筛选。具体而言,本文将式(1)中的控制变量作为匹配

^① 本文并不认为试点企业在入选试点之前或者非试点企业未尝试开展供应链数字化转型。事实上,一些智能程度较低的数字技术如 ERP 等与供应链的融合由来已久。而本文认为,作为国家级的试点企业,处理组在试点期间会投入更多的资源和精力去发展数字供应链,即数字化转型程度会高于非试点企业或者入选试点之前的水平,从而为观察供应链数字化的影响创造了绝佳的条件。

变量, ①将 *Treat* 作为因变量, 利用 *Logit* 模型估算倾向得分, 在此基础上采用核匹配原则分年度分行业(一级行业)进行样本匹配。在剔除未实现配对的样本后, 本文最终得到 12 247 个企业一年度观测值。

(三)描述性统计。②*LnGPAT* 的均值为 0.340, 标准差为 0.760; *LnGTotal* 的均值为 0.486, 标准差为 0.923; *LnGUm* 的均值为 0.290, 标准差为 0.673。这说明不同企业的绿色创新水平存在较大差异, 绿色发明专利申请量平均而言略微大于绿色实用新型专利。*Treat* 的均值为 0.032, 说明样本中处理组企业观测值仅占 3.2%, 因而有必要检验实证结果是否由小样本偶然所致。

四、实证结果分析

(一)基准回归。表 1 展示了基准回归的结果。其中, 列(1)未加入控制变量, 列(2)未引入企业和年份固定效应, 列(3)加入了控制变量及企业和年份固定效应。列(1)至列(3)中交乘项 *Treat*×*Time* 的系数均在 5% 的水平上显著为正, 说明供应链数字化提高了企业的绿色创新水平。以列(3)为例, 就经济显著性而言, 由于处理组企业的绿色创新水平均值为 0.690, 供应链数字化使企业的绿色创新水平提高了 26.09%(0.180/0.690)。列(4)结果显示, 供应链数字化对企业绿色实用新型专利不存在显著影响。这可能是因为, 供应链是企业污染排放的主阵地(Blanco, 2021), 企业更可能借助供应链数字化的契机, 与上下游企业合作解决实质性的供应链环境问题, 从而主要表现为绿色发明专利增加。列(5)结果表明, 供应链数字化使企业的绿色专利申请总量增加了 20.94%(0.178/0.850)。上述结果验证了本文的研究假设。

表 1 基准回归

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>LnGPAT</i>	<i>LnGPAT</i>	<i>LnGPAT</i>	<i>LnGUm</i>	<i>LnGTotal</i>
<i>Treat</i> × <i>Time</i>	0.171** (0.072)	0.181** (0.075)	0.180** (0.072)	0.040 (0.066)	0.178** (0.079)
<i>Controls</i>	未控制	控制	控制	控制	控制
企业和年份固定效应	控制	未控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	12 247	12 247	12 247	12 247	12 247
<i>R</i> ²	0.022	0.012	0.025	0.036	0.034

注: **、*和'分别表示在1%、5%和10%的水平上显著, 括号内为经过企业层面*cluster*调整的稳健标准误。受篇幅限制, 控制变量和常数项结果未列示。下表同。

(二)稳健性检验^③

1. 事件冲击的外生性检验。本文通过考察在评选通告发布和入选名单公示两个时点, 处理组与对照组的反应差异来判断事件的外生性。在发布通告时, 若处理组企业(此时尚未确定入选)相对于对照组企业获得了更积极的市场反应, 则说明在评审结果公布之前, 市场已经能够判断处理组企业入选试点的可能性更高, 从而拒绝了事件外生性的假设。在评审结果公布时, 若处理组企业相对于对照组企业并未获得更积极的市场反应, 则说明本文选取的事件冲击不具有有效性(曹春方和张超, 2020)。对于通告发布, 本文将《通知》发布日期即 2018 年 4 月 10 日确定

① 匹配变量不包含研发投入, 这是因为下文还将讨论供应链数字化对绿色创新投入和产出的影响, 在逐年匹配的前提下, 加入创新投入或产出变量可能导致冲击后处理组与对照组在创新方面比较接近, 从而掩盖冲击的影响。在稳健性检验中, 本文尝试根据冲击前的企业特征进行匹配, 并新增研发投入强度和创新产出作为匹配变量, 研究结论不变。

② 受篇幅限制, 描述性统计结果在文中未列示, 详见本文的工作论文版本。

③ 受篇幅限制, 稳健性检验结果在文中未列示, 详见本文的工作论文版本。

为事件日。^①对于结果公示,由于 2018 年 9 月 21 日发布评审结果时股市已闭市,本文将事件日顺延到下一个交易日,即 2018 年 9 月 25 日。本文选择的估算模型为市场模型,估计期为[-200, -21],共计 180 个交易日,事件窗口期为[-2, 2]和[-3, 3]。回归模型如下:

$$CAR[t_1, t_2] = \alpha_1 + \alpha_2 Treat + \alpha_3 Controls + \sum Industry + \varepsilon \quad (2)$$

其中, CAR 为累积超额回报率, $Treat$ 的定义与式(1)中保持一致, $Controls$ 为控制变量,包括资产报酬率(ROA)、现金流($Cash$)、企业规模($Size$)和资本结构(Lev),计算方法与上文一致,并取 2017 年年末值,模型中还包含行业虚拟变量。结果显示,在通告发布时, $Treat$ 的系数不显著;而在结果公示时, $Treat$ 的系数显著为正。这说明试点工作相对外生,是有效的冲击事件。

2. 平行趋势检验。平行趋势是双重差分估计无偏的前提,为了检验这一前提假定是否成立,本文设定了如下模型:

$$\ln GPAT_{it} = \alpha + \sum_{k=2013}^{2020} \beta_k Treat_i \times Year_t^k + \lambda X_{it} + \sum Year + \sum Firm + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $Year^k$ 为时间虚拟变量,当样本在 k 年时, $Year^k$ 取值为 1, 否则为 0。2012 年被确定为估计的基准期,系数 β_k 反映在 k 年处理组企业与对照组企业的绿色创新水平差异。结果显示,在 2018 年之前, β_k 的 95% 置信区间内包含 0。这说明在冲击前,处理组与对照组在绿色创新水平上不存在显著差异,平行趋势检验通过。

3. 安慰剂检验。本文采用以下方法进行安慰剂检验:第一,在剔除 2018 年及以后的处理期样本后,将冲击时点分别前移一年、两年和三年,交乘项均不显著,说明基准回归结果不能被组间的固有差异所解释。第二,从全样本中随机抽取 53 家企业作为试点单位,保持冲击时点不变,在此基础上估计式(1),重复上述过程 2000 次。 $Treat \times Time$ 的系数集中在 0 附近,95% 分位数为 0.148, 小于真实估计系数(0.180)。可见,非观测因素并没有对本文的估计结果造成实质影响。

4. 小样本估计偏差。本文从供应链创新与应用试点企业(共 53 家)中随机抽取 45 家形成新的处理组,并与对照组进行回归,重复上述过程 2000 次。 $Treat \times Time$ 的系数主要分布在 0.179 附近,与真实值基本一致。 t 值则集中在 2.305 附近,说明大部分的系数都显著。可见,本文结果并非由小样本估计偏误所致。

5. 匹配方法的敏感性测试。本文对匹配方法进行了以下调整:一是将匹配方法更换为 1:4 的近邻匹配。二是仅在冲击的前一年(2017 年)采用 PSM 以核匹配的方式分行业筛选对照组企业。三是在冲击的前一年将基准回归中的控制变量以及企业绿色创新水平作为匹配变量,采用 PSM 以核匹配的方式分行业进行样本筛选。四是根据商务部等部门公布的试点企业申报表中的项目确定匹配变量,具体包括供应链集中度、企业规模、库存周转率、市场占有率、现金周转期、总资产周转率、专利申请量的自然对数以及成本费用利润率,在冲击的前一年采用 PSM 以核匹配的方式分行业进行样本筛选。经过上述处理后,研究结论不变。

6. 排除替代性解释。第一,在回归中引入城市与年份固定效应的交互项,以排除城市层面一些同质化程度较高的试点政策的影响。^②第二,引入重污染行业与年份的联合固定效应,以吸收 2018 年新出台的环保税的影响。排除上述事件干扰后,结论依然稳健。此外,对本文研究结果的

^① 根据百度资讯指数,在《通知》发布的后一天即 11 日,“供应链”百度资讯指数由前一天的 2 万剧增到 135 万。这说明《通知》的发布引发了极大关注,事件日的选取是合理的。本文还将 4 月 11 日作为事件日,研究结论不变。

^② 包括 2014 年开始实施的物流标准化城市试点工作、2017 年开始实施的供应链体系建设试点工作以及 2018 年实施的供应链创新与应用城市试点工作。

一种替代性解释是, 试点企业中存在部分具有较强绿色化导向的企业, 绿色创新水平的提高完全源于试点企业中“绿色成分”的影响, 而与供应链数字化无关。本文采用以下方法来排除这种替代性解释: 首先, 根据商务部发布的《关于复制推广供应链创新与应用试点第一批典型经验做法的通知》, 识别重点发展绿色供应链的试点企业并加以控制,^①此时结果依然显著。其次, 排除绿色供应链管理示范企业的影响。工信部从2016年到2020年末遴选了共189家企业作为绿色供应链管理示范企业。本文在回归中引入变量 $Green_ori$ (当年已是示范企业则取值为1, 否则为0), 分离出绿色供应链管理示范工作的影响, 此时结果依然显著。最后, 考察供应链数字化对绿色供应链相关度不同的企业的异质影响。与非重污染行业相比, 重污染行业企业对绿色供应链的重视程度会更高。本文根据试点企业是否属于重污染行业, 定义了 $Treat_Yes$ 和 $Treat_No$ 这两个变量。 $Treat_Yes \times Time$ 和 $Treat_No \times Time$ 的系数均显著为正, 说明供应链数字化的绿色创新效应并非完全源于试点企业中与绿色供应链相关的企业的影响。根据上述结果, 可以排除供应链数字化的绿色创新效应被试点企业中“绿色成分”所解释的可能。

7. 其他稳健性检验。本文还做了以下稳健性检验: 第一, 更换被解释变量。将被解释变量更换为前置一期的绿色发明专利申请量、前置一期的绿色发明专利授权量以及当年申请的绿色专利在未来两年的被引用总量。第二, 剔除2020年观测值以排除新冠肺炎疫情的影响。第三, 测试变量 $Time$ 的敏感性, 包括剔除转型当年的观测值以及将2018年样本的 $Time$ 赋值为0。第四, 考虑遗漏变量问题。在回归中进一步引入区域层面控制变量、滞后一期的绿色发明专利申请量以及行业-年份固定效应。经过上述处理后, 检验结果与基准回归基本一致, 研究结论不变。

(三) 异质性分析。企业、行业和地区层面因素的差异可能导致供应链数字化效果的异质性, 本文将基于三重差分模型, 从上述维度对供应链数字化的影响进行解构, 以形成具体的政策靶向。三重差分模型设定如下:

$$\begin{aligned} \ln GPAT_{it} = & \alpha + \beta_1 Treat_{it} \times Time_{it} \times M_{it} + \beta_2 Treat_{it} \times Time_{it} + \beta_3 Treat_{it} \times M_{it} \\ & + \beta_4 Time_{it} \times M_{it} + \beta_5 M_{it} + \lambda X_{it} + \sum Year + \sum Firm + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

其中, M 为表示企业、行业或区域特征的虚拟变量, 其他变量定义与式(1)一致。

1. 产权性质异质性。根据产权性质的不同, 本文定义虚拟变量 SOE , 若企业为国有企业, 则 SOE 取值为1, 否则为0。本文将 SOE 代入式(4)中的 M 进行估计。表2中列(1)结果表明, 与非国有企业相比, 供应链数字化对国有企业绿色创新的促进作用更加明显。我国国有企业不仅是经济增长的“压舱石”, 还是保证国家政策贯彻落实的主阵地。在我国大力倡导绿色发展和建设生态文明的背景下, 国有企业具有更强的绿色发展自驱力。因此, 开展供应链数字化转型后, 在数字技术使能机制的深度嵌入下, 国有企业会积极主动地联合上下游打造绿色可持续的供应链生态体系, 从而其绿色创新水平得到有效提升。

2. 产业链位置异质性。本文基于世界投入产出数据库(WIOD)的2014年中国投入产出数据, 计算 Antras 等(2012)提出的行业上游度指数($Upstreamness$), 衡量企业所在行业的产业链位置, 其数值越大说明行业越靠近上游位置。根据这一指数的三分位数, 本文将样本分为上游、中游和下游。理论上, 供应链数字化对企业绿色创新的影响在产业链两端更加显著。一方面, Schmidt 等(2017)的研究表明, 下游企业更容易进入消费者和媒体视野, 对绿色供应链管理实践的需求更加强烈; 另一方面, 对上游企业而言, Lee 等(2014)指出供应链存在一种“绿色牛鞭效

^① 该《通知》仅列出了两家在发展绿色供应链方面表现突出的企业, 其中A股上市公司1家(苏宁易购), 本文在回归中加入苏宁易购与年份的联合固定效应进行控制。

应”，即下游的环保需求会沿供应链持续放大并传递给上游企业，使得上游企业更加重视提高开发环境能力的机会。开展供应链数字化转型后，上下游企业更有可能在环保上投入更多精力，促进绿色创新。本文定义虚拟变量 *Mid*，若企业所属行业为中游，则 *Mid* 取值为 1，否则为 0。本文将 *Mid* 代入式(4)中的 *M* 进行估计。表 2 中列(2)结果表明，与产业链中游企业相比，供应链数字化对产业链两端企业的绿色创新水平具有更加显著的促进作用，这与预期一致。

3. 地区市场化水平异质性。根据市场化水平的中位数，本文将样本分为市场化水平高低两组，定义虚拟变量 *Market*，若样本属于市场化水平较高组，则 *Market* 取值为 1，否则为 0。本文将 *Market* 代入式(4)中的 *M* 进行估计。表 2 中列(3)结果表明，在市场化水平较低的地区，开展供应链数字化转型后，企业的绿色创新水平提升更加显著。在市场化水平较低的地区，企业的信息不对称程度往往较高。这导致外部主体难以对企业的环境违规行为进行有效监督，也增加了企业与供应链中其他企业的协同难度。供应链数字化能够通过智能技术赋能来构建高效的信息治理机制，使得联通供应链内外部主体的非线性交互网络得以形成(Büyüközkan 和 Göçer, 2018)。这有助于提高绿色供应链集成程度，增强外部监督效力，从而对企业绿色创新形成更大的推动作用。

表 2 异质性分析

	(1)	(2)	(3)
	产权性质	产业链位置	地区市场化水平
<i>Treat</i> × <i>Time</i> × <i>M</i>	0.324 ^{**} (0.139)	-0.259 [*] (0.139)	-0.388 ^{***} (0.116)
<i>N</i>	11 981	12 247	12 247
<i>R</i> ²	0.027	0.026	0.027

注：受篇幅限制，控制变量、常数项以及企业和年份固定效应结果未列示，下表同。

五、机制分析

(一)绿色供应链集成效应。供应链数字化能够通过智能技术的深度嵌入打破信息壁垒，畅通信息交互渠道，促进供应链的可视化和互联化。在此基础上，节点企业间可以更加有效地开展环境项目合作，并从供应链全局视角监督各节点污染排放，从而提高绿色供应链集成程度(Benzidia 等, 2021)。大量研究还表明，绿色供应链集成既能降低绿色创新的不确定性，还能提高绿色知识存量，是企业绿色创新的重要前因(Wu, 2013)。

为了验证上述机制，首先需要衡量绿色供应链集成情况。绿色供应链集成的度量大多借助问卷(Kong 等, 2020; Wong 等, 2020)，尚无文献采用公开数据进行测度。考虑到绿色供应链集成的理念源于绿色供应链和供应链集成(Wolf, 2011; Wong 等, 2020)，本文将绿色供应链集成划分为供应链集成和绿色供应链导向两个维度。对于供应链集成，本文采用前五大客户销售额占比与前五大供应商采购额占比的均值(取自然对数)进行衡量(李琦等, 2021)。而这一指标更多地反映企业对上下游的依赖程度，比较间接地刻画供应链的协同状态。为此，本文还统计了上市公司年报中“供应链集成”“供应链整合”“供应链协同”“供应链协作”等词语出现的频次，将词频的自然对数作为衡量供应链集成的另一指标。对于绿色供应链导向，本文使用年报中“绿色供应链”一词的词频(取自然对数)进行衡量。而考虑到文本分析的有效性仍存在一定争议(宋德勇等, 2022)，本文还借助工信部开展的绿色制造体系建设工作来衡量绿色供应链导向。为了加快绿色转型，工信部从 2016 年起每年开展绿色制造体系建设工作。截至本文观测期结束，已有五批次共 189 家企业入选绿色供应链管理示范企业。绿色供应链导向强的企业更有可能通过考核并被确立为示范企业，且企业入选后还需接受工信部的随机抽检，因而其绿色供应链导向具有

持续性。本文定义企业当年是否已是绿色供应链管理示范企业的虚拟变量来衡量企业绿色供应链导向。本文对上述四个指标进行主成分分析,将第一主成分作为衡量绿色供应链集成的指标(*GSCI*)。

表3中列(1)和列(2)报告了绿色供应链集成效应的检验结果。列(1)中 $Treat \times Time$ 的系数显著为正,说明供应链数字化能够提高绿色供应链集成程度。^①列(2)中 $Treat \times Time$ 和 *GSCI* 的系数均显著为正,结果支持了绿色供应链集成的中介作用。因此,供应链数字化能够促进企业与上下游协同开展供应链环境治理,从而提高企业绿色创新水平。

(二)外部治理效应。理论上,供应链数字化能够强化外部治理效力。首先,作为时代的潮头,供应链数字化容易受到外部利益相关者的关注。其次,供应链数字化能够实现从线性供应链到供应链生态圈的转变,从而增强外部主体与供应链的融入程度(陈剑和刘运辉,2021)。最后,供应链数字化能够提高供应链透明度(Stank等,2019),增强外部主体的监督效力。而外部主体治理水平的提高可能增加企业的环保压力,推动企业开展绿色创新实践。

为了验证上述机制,本文借鉴叶陈刚等(2015)的思路,通过主成分分析来构造反映外部治理水平的综合指标。具体而言,本文主要考察政府、媒体、分析师和公众等外部利益相关者对企业行为的监督和规范作用。对于政府的治理作用,本文参考叶陈刚等(2015)的研究,从环境规制和政府补贴两个方面进行衡量。本文采用各省当年政府工作报告中的环境相关词频占比来衡量环境规制强度(马永强等,2021),政府补贴则以企业获得的补贴占营业收入的比例进行衡量。媒体监督用企业年化被媒体报道次数加1后的自然对数来衡量,分析师跟踪用当年对企业进行跟踪并发布报告的分析师人数加1后的自然对数来衡量,公众关注则以企业当年在网络上被搜索次数加1后的自然对数来测度。本文对上述五个指标进行主成分分析,第一主成分即为衡量企业外部治理水平的综合指标。表3中列(3)和列(4)报告了外部治理效应的检验结果。列(3)中 $Treat \times Time$ 的系数显著为正,说明供应链数字化能够显著提高企业的外部治理水平;列(4)中 $Treat \times Time$ 和 *OutGov* 的系数均显著为正,这验证了供应链数字化通过提高外部治理水平而促进绿色创新的作用机制。

表3 机制分析

	绿色供应链集成效应		外部治理效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>GSCI</i>	$\ln GPAT$	<i>OutGov</i>	$\ln GPAT$
$Treat \times Time$	1.255*** (0.436)	0.163** (0.070)	0.250** (0.104)	0.161** (0.074)
<i>GSCI</i>		0.012* (0.007)		
<i>OutGov</i>				0.017* (0.009)
<i>N</i>	11 866	11 866	10 953	10 953
R^2	0.041	0.026	0.368	0.025

六、进一步研究

(一)基于过程视角:效率驱动还是要素驱动。当前,我国经济正向高质量发展阶段迈进,这就要求经济发展的动力必须由传统的要素驱动向效率驱动甚至创新驱动转变。正如党的二十大报

^① 在稳健性检验中,本文控制了试点企业中“绿色成分”的影响,发现此时供应链数字化依然能够提高绿色供应链集成水平,这排除了绿色供应链集成效应来自试点企业中“绿色成分”影响的可能。

告所指出,要“着力提高全要素生产率”。因此,考察绿色创新效应是由要素驱动还是效率驱动具有重要的现实意义。而遗憾的是,关于企业绿色创新的现有研究往往隐含一个默认的假定,即绿色创新产出的提高源于投入的增加。这导致现有研究在回答如何促进企业绿色发展这一问题时大多聚焦于投入端,如呼吁完善绿色信贷体系和环保监督体系等(王馨和王莹,2021b)。增加绿色创新要素投入对促进绿色发展固然重要,而企业也可以通过改进绿色创新效率,在不增加绿色创新投入的基础上提高绿色创新产出,从而实现环境保护与经济平衡。本文将要素驱动的绿色创新解释为由绿色创新要素投入增多所引致的创新产出变化,将效率驱动的绿色创新解释为由投入产出效率提高所引致的创新产出变化。

理论上,供应链数字化的绿色创新效应既可能源于要素驱动,也可能源于效率驱动,甚至可能是两者的共同作用。首先,供应链数字化能够通过提高外部治理水平,给企业带来更大的环保压力,企业可能增加绿色创新投入来回应外界压力。其次,供应链数字化能够促进绿色供应链集成,通过联合研发绿色产品和共享绿色知识等方式,企业可能在降低创新成本的同时提高绿色创新产出。最后,企业可能在实现绿色创新效率跃升的同时叠加以更多的绿色创新要素投入,以寻求更多的绿色创新产出。

为了验证上述逻辑,本文首先考察供应链数字化对企业创新要素投入的影响,分别将创新的资本投入要素($R\&D$,研发投入与营业收入之比)、创新的劳动投入要素($R\&D_P$,研发人员占比)以及技术人员数量($Tech_P$,技术人员数量的自然对数)作为被解释变量对式(1)进行回归。表4中列(1)至列(3)结果表明,供应链数字化总体上减少了企业的创新要素投入。列(4)考察了供应链数字化对创新结构($GreenS$,绿色专利申请量占专利申请总量的比例)的影响,结果表明建设现代数字供应链并没有改变企业的创新结构,从而排除了企业通过挤出非绿色创新资源来保障企业绿色创新活动的可能。综上分析,供应链数字化减少了企业绿色创新的要素投入。列(5)和列(6)进一步考察了供应链数字化对企业绿色创新效率的影响。绿色创新效率采用以下两个衡量指标:一是参考曹春方和张超(2020)以及姜军等(2020)的研究,使用单位研发投入的绿色创新产出来衡量企业的绿色创新效率($GreenE_1$);二是参考孙鲲鹏等(2021)的做法,将绿色专利申请量作为创新产出,将研发资本和研发人员作为创新投入,采用随机前沿模型来估计企业的绿色创新效率($GreenE_2$)。列(5)和列(6)结果表明,供应链数字化提高了企业的绿色创新效率。综上分析,供应链数字化的绿色创新效应完全由效率驱动。

表 4 效率驱动抑或是要素驱动

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	$R\&D$	$R\&D_P$	$Tech_P$	$GreenS$	$GreenE_1$	$GreenE_2$
$Treat \times Time$	-0.005*** (0.001)	-0.000 (0.006)	-0.031 (0.078)	0.007 (0.008)	0.009** (0.004)	0.037* (0.019)
N	12 247	7 350	11 476	12 247	11 381	6 907
R^2	0.077	0.072	0.375	0.005	0.030	0.045

(二)基于结果视角:绿色创新的经济效益。企业通过绿色创新在实现绿色转型发展的同时能否兼顾经济效益?现有文献对此尚无定论,有学者发现绿色创新为企业创造了超额收益(方先明和那晋领,2020),而也有学者提供了企业绿色创新降低企业绩效的证据(Junaid等,2022)。基于此,本文将进一步考察供应链数字化绿色创新效应的经济价值。具体而言,本文采用逐步回归的方式考察了供应链数字化对企业长期价值指标 $Tobin's Q$ 的影响。表5中列(1)结果表明,供应链数字化提高了企业长期价值;列(2)的结果与上文一致;列(3)中 $LnGPAT$ 的系数显著为正,说

明绿色创新提高了企业长期价值,在控制 LnGPAT 后,交乘项系数依然显著为正。上述结果表明,供应链数字化通过促进企业绿色创新,提升了企业长期价值。

表 5 绿色创新的经济效益

	(1)	(2)	(3)
	<i>Tobin's Q</i>	LnGPAT	<i>Tobin's Q</i>
<i>Treat</i> × <i>Time</i>	0.295 ^{**} (0.135)	0.181 ^{**} (0.072)	0.288 ^{**} (0.135)
LnGPAT			0.039 ^{**} (0.016)
<i>N</i>	11 959	11 959	11 959
<i>R</i> ²	0.257	0.026	0.257

七、结论与政策启示

绿色创新是保障“碳达峰、碳中和”目标实现和建设“美丽中国”的关键。供应链是碳排放的主阵地,在数字化浪潮下,新一代信息技术正推动传统供应链向可视化、互联化、智能化的现代数字供应链演进。而供应链数字化能否促进绿色发展,目前尚没有研究为此提供直接的经验证据。本文将供应链创新与应用企业试点工作视为一项准自然实验,基于 2012—2020 年 A 股上市公司数据,利用双重差分模型考察了供应链数字化对企业绿色创新的影响。研究发现,供应链数字化提高了企业的绿色创新水平。经过一系列稳健性检验后,上述结论依然成立。异质性分析表明,供应链数字化对企业绿色创新的影响主要存在于国有企业、产业链两端以及市场化程度较低的地区。机制检验表明,供应链数字化通过促进绿色供应链集成和强化外部治理效力,提高了企业的绿色创新水平。进一步研究发现,从过程视角来看,在促进绿色创新产出的同时,供应链数字化还降低了绿色创新成本,表明供应链数字化的绿色创新效应是由效率驱动而非要素驱动。从结果视角来看,供应链数字化通过促进绿色创新,提升了企业长期价值。

本文的研究具有以下政策启示:第一,以供应链数字化为抓手,加快推进绿色发展。本文研究发现,供应链数字化能够通过促进绿色供应链集成和强化外部治理效力,提高企业的绿色创新水平。首先,要完善现代数字供应链发展的政策支撑体系,鼓励供应链中新一代信息技术的集成应用,加强在信息共享、群体决策和风险共担等方面的协同管理,统筹聚集供应链绿色创新资源。其次,要着力提升数字供应链与外部主体的兼容性,提高外部主体的可接入度,通过搭建智慧供应链平台,畅通供应链内外的交互渠道,强化媒体、公众、分析师和政府等主体在数字供应链生态系统中的参与感。最后,要扩大现代数字供应链的试点规模,发挥试点企业的引领带动作用,定期总结、复制和推广供应链数字化的先进经验,推动形成产业绿色转型的新势能。第二,政府有关部门要分企业、分行业、分地区做到精准施策。要继续发挥好国有企业对绿色发展的引领作用,进一步引导民营企业树立环保导向的价值观念,提高企业对环保问题的重视程度。对于产业链的中游企业,要发挥“有为政府”作用,通过完善相关的环境规制,从外部施加绿色转型压力,从而弥补绿色发展动力不足的问题。对于市场化程度较低地区的企业,要建立配套的支持政策,降低企业建设数字供应链的成本,从而释放供应链数字化推动绿色发展的潜力。第三,本文发现在促进绿色创新产出的同时,供应链数字化还能降低绿色创新成本,并为企业创造长期的经济效益。因此,对于环保压力较大的企业,可以将数字供应链作为平衡环境保护和经济发展的杠杆。同时,政府部门可以将供应链视为减污降碳的一个单元,加快推出绿色数字供应链的法律法规,以引导供应链在数字技术赋能下更好地实现绿色转型发展。

主要参考文献:

- [1]曹春方,张超.产权利束分割与国企创新——基于中央企业分红权激励改革的证据[J].管理世界,2020,(9):155-168.
- [2]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,(11):227-240.
- [3]方先明,那晋领.创业板上市公司绿色创新溢酬研究[J].经济研究,2020,(10):106-123.
- [4]姜军,江轩宇,伊志宏.企业创新效率研究——来自股权质押的影响[J].金融研究,2020,(2):128-146.
- [5]李琦,刘力钢,邵剑兵.数字化转型、供应链集成与企业绩效——企业家精神的调节效应[J].经济管理,2021,(10):5-23.
- [6]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,(9):192-208.
- [7]刘金科,肖翊阳.中国环境保护税与绿色创新:杠杆效应还是挤出效应?[J].经济研究,2022,(1):72-88.
- [8]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.
- [9]马永强,赵良凯,杨华悦,等.空气污染与企业绿色创新——基于我国重污染行业 A 股上市公司的经验证据[J].产业经济研究,2021,(6):116-128.
- [10]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,(4):34-48.
- [11]孙鲲鹏,罗婷,肖星.人才政策、研发人员招聘与企业创新[J].经济研究,2021,(8):143-159.
- [12]王旭,王非.无米下锅抑或激励不足?政府补贴、企业绿色创新与高管激励策略选择[J].科研管理,2019,(7):131-139.
- [13]王馨,王营.环境信息公开的绿色创新效应研究——基于《环境空气质量标准》的准自然实验[J].金融研究,2021a,(10):134-152.
- [14]王馨,王营.绿色信贷政策增进绿色创新研究[J].管理世界,2021b,(6):173-188.
- [15]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,(7):130-144.
- [16]席龙胜,赵辉.高管二元环保认知、绿色创新与企业可持续发展绩效[J].经济管理,2022,(3):139-158.
- [17]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,(5):85-96.
- [18]张树山,胡化广,孙磊,等.供应链数字化与供应链安全稳定——一项准自然实验[J].中国软科学,2021,(12):21-30.
- [19]张玉明,邢超,张瑜.媒体关注对重污染企业绿色技术创新的影响研究[J].管理学报,2021,(4):557-568.
- [20]Balakrishnan A S, Ramanathan U. The role of digital technologies in supply chain resilience for emerging markets' automotive sector[J]. Supply Chain Management: An International Journal, 2021, 26(6): 654-671.
- [21]Benzidia S, Makaoui N, Bentahar O. The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 165: 120557.
- [22]Bhattacharya S, Chatterjee A. Digital project driven supply chains: A new paradigm[J]. Supply Chain Management: An International Journal, 2022, 27(2): 283-294.
- [23]Blanco C C. Supply chain carbon footprinting and climate change disclosures of global firms[J]. Production and Operations Management, 2021, 30(9): 3143-3160.
- [24]Büyükoçkan G, Göçer F. Digital supply chain: Literature review and a proposed framework for future research[J]. Computers in Industry, 2018, 97: 157-177.

- [25]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.
- [26]Garay-Rondero C L, Martinez-Flores J L, Smith N R, et al. Digital supply chain model in industry 4.0[J]. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2020, 31(5): 887–933.
- [27]Hallikas J, Immonen M, Brax S. Digitalizing procurement: The impact of data analytics on supply chain performance[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2021, 26(5): 629–646.
- [28]Hart S L. A natural-resource-based view of the firm[J]. *Academy of Management Review*, 1995, 20(4): 986–1014.
- [29]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.
- [30]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.
- [31]Kong T, Feng T W, Huang Y F, et al. How to convert green supply chain integration efforts into green innovation: A perspective of knowledge-based view[J]. *Sustainable Development*, 2020, 28(5): 1106–1121.
- [32]Lee S Y, Klassen R D, Furlan A, et al. The green bullwhip effect: Transferring environmental requirements along a supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 156: 39–51.
- [33]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.
- [34]Sarkis J, Kouhizadeh M, Zhu Q S. Digitalization and the greening of supply chains[J]. *Industrial Management & Data Systems*, 2021, 121(1): 65–85.
- [35]Schmidt C G, Foerstl K, Schaltenbrand B. The supply chain position paradox: Green practices and firm performance[J]. *Journal of Supply Chain Management*, 2017, 53(1): 3–25.
- [36]Shi V G, Koh S C L, Baldwin J, et al. Natural resource based green supply chain management[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2012, 17(1): 54–67.
- [37]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.
- [38]Stank T, Esper T, Goldsby T J, et al. Toward a digitally dominant paradigm for twenty-first century supply chain scholarship[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2019, 49(10): 956–971.
- [39]Wolf J. Sustainable supply chain management integration: A qualitative analysis of the german manufacturing industry[J]. *Journal of Business Ethics*, 2011, 102(2): 221–235.
- [40]Wong C Y, Wong C W Y, Boon-Itt S. Effects of green supply chain integration and green innovation on environmental and cost performance[J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58(15): 4589–4609.
- [41]Wu C K, Tsang K F, Liu Y C, et al. Supply chain of things: A connected solution to enhance supply chain productivity[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2019, 57(8): 78–83.
- [42]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.
- [43]Yang M Y, Fu M T, Zhang Z H. The adoption of digital technologies in supply chains: Drivers, process and impact[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 169: 120795.
- [44]Zouari D, Ruel S, Viale L. Does digitalising the supply chain contribute to its resilience?[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2021, 51(2): 149–180.

The Green Innovation Effect of Supply Chain Digitization

Liu Haijian¹, Hu Huaguang¹, Zhang Shushan², Sun Lei²

(1. Business School, Nanjing University, Nanjing 210008, China;

2. Business School, Northeast Normal University, Changchun 130117, China)

Summary: Under the wave of digitalization, the new generation of information technology is pushing the traditional supply chain to evolve into a modern digital supply chain. However, there is no research to answer whether supply chain digitalization can promote the green development of enterprises and supply chains. With the help of the quasi-natural experimental environment constructed by the pilot work of supply chain innovation and application enterprises, based on the data of A-share listed companies from 2012 to 2020, this paper examines the impact of supply chain digitalization on enterprise green innovation through the DID model. It is found that supply chain digitalization improves the level of enterprise green innovation by 26.09%. This impact mainly exists in state-owned enterprises, both ends of industrial chain, and low market-oriented areas. The mechanism test shows that supply chain digitalization can promote the integration of green supply chain, strengthen the effectiveness of external governance, and then improve the level of enterprise green innovation. Further research shows that from the perspective of process, supply chain digitalization improves the output of green innovation and reduces the cost of green innovation, so the green innovation effect of supply chain digitalization is driven by efficiency rather than factors. From the perspective of results, supply chain digitalization promotes the long-term value of enterprises by promoting green innovation.

This paper has the following implications: First, take supply chain digitalization as the starting point to speed up green development. It is necessary to encourage the deep integration of supply chain and digital technology, make overall plans to gather green innovation resources of supply chain, improve the compatibility between digital supply chain and external subjects, and strengthen the sense of participation of external subjects. Second, consider the heterogeneity of the green innovation effect of digital supply chain in different enterprises, industries and regions when formulating relevant policies. Third, regard the supply chain as a unit to reduce pollution and carbon, and speed up the introduction of laws and regulations on green digital supply chain.

The main contributions of this paper are as follows: First, it enriches the research on the effect of supply chain digitalization. At present, the research on supply chain digitalization is mainly limited to the construction of theoretical models or the evaluation of transformation economic benefits. Second, from the two aspects of green supply chain integration and external governance, it reveals the influence mechanism of supply chain digitalization on enterprise green innovation, and deepens the understanding of the empowerment effect of supply chain digitalization. Third, it answers the question whether the green innovation effect of supply chain digitalization is driven by efficiency or factors. Fourth, it enriches the research on the influencing factors of green innovation.

Key words: supply chain digitization; green innovation; green supply chain integration; external governance; efficiency-driven

(责任编辑 石头)