

绿色金融供应链驱动电商低碳转型

刘江文

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年4月2日; 录用日期: 2025年4月21日; 发布日期: 2025年5月28日

摘要

本文以绿色供应链金融为核心视角, 整合演化博弈论与制度分析框架, 构建“金融激励-技术渗透-制度协同”三维驱动模型, 系统阐释电商企业低碳转型的内在机理。基于京东、阿里巴巴、拼多多与唯品会四家平台的纵向案例比较与定量分析发现: 1) 绿色供应链金融通过经济激励(绿色信贷利率优惠)降低转型资金门槛, 技术渗透(区块链碳追溯)破解信息不对称, 制度协同(ESG评级)构建激励约束闭环, 三者协同突破“融资-治理”双重碳锁定; 2) 低碳转型存在显著门槛效应, 当协同驱动因子($\beta\gamma\theta$)突破临界值(京东134.4、阿里144.0、拼多多12.0)后, 碳排放强度年均降幅提升67%~132%; 3) 金融与技术协同呈现规模报酬递增特性, 如绿色融资占比每提升1%可撬动阿里碳追溯专利增长8.1项; 4) 制度设计通过规则惯性与网络效应形成路径依赖。研究为电商行业低碳转型提供了兼具理论深度与实践价值的分析框架, 建议政策层面分层监管(头部平台强制碳披露、中小平台“监管沙盒”), 企业层面强化技术标准输出与供应链协同。

关键词

绿色供应链金融, 电商行业, 低碳转型

Green Finance Supply Chain Drives Low-Carbon Transformation of E-Commerce

Jiangwen Liu

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 2nd, 2025; accepted: Apr. 21st, 2025; published: May 28th, 2025

Abstract

This paper takes green supply chain finance as the core perspective, integrates evolutionary game

文章引用: 刘江文. 绿色金融供应链驱动电商低碳转型[J]. 电子商务评论, 2025, 14(5): 2316-2325.

DOI: 10.12677/ecl.2025.1451527

theory and institutional analysis framework, constructs a three-dimensional driving model of “financial incentive-technology penetration-institutional coordination,” and systematically explains the internal mechanism of low-carbon transformation of e-commerce enterprises. Based on the vertical case comparison and quantitative analysis of Jingdong, Alibaba, Pinduoduo and Vipshop, it is found that: 1) Green supply chain finance reduces the threshold of transition capital through economic incentive (preferential interest rate of green credit), technology penetration (blockchain carbon traceability) solves information asymmetry, system coordination (ESG rating) builds an incentive and constraint closed loop, and the three jointly break through the “finance-governance” dual carbon lock; 2) There is a significant threshold effect of low-carbon transformation, when the synergistic driving factor ($\beta\gamma\theta$) exceeds the critical value (134.4 for JD.com, 144.0 for Alibaba and 12.0 for Pinduoduo), the average annual decrease of carbon emission intensity increases by 67%~132%; 3) The synergy between finance and technology shows the characteristics of increasing returns to scale. 4) Institutional design forms path dependence through rule inertia and network effects. This study provides an analytical framework with both theoretical depth and practical value for the low-carbon transformation of the e-commerce industry, and suggests hierarchical regulation at the policy level (mandatory carbon disclosure for head platforms, “regulatory sandbox” for small and medium-sized platforms), and strengthening technical standard output and supply chain coordination at the enterprise level.

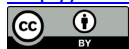
Keywords

Green Supply Chain Finance, E-Commerce Industry, Low-Carbon Transformation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

在数字经济的驱动下，电商产业规模迅速扩张，成为全球经济中最具活力的行业之一，预计到 2025 年全球电商市场将突破 10 万亿美元。然而，随着电商行业快速发展，行业的碳排放问题日益凸显，逐渐成为电商企业低碳转型的关键瓶颈。企业需要在产品生命周期的各个阶段，平衡供应链的精益、速度、柔性、韧性与碳排放之间的关系，以应对全球环保要求。电商平台通过技术创新和业务模式优化，可以在一定程度上缓解碳排放压力，但整个供应链的高碳排放仍对电商平台的低碳转型构成巨大挑战。尤其是中小供应商，受限于资金、技术和管理水平，普遍面临较高的碳排放问题，并且难以通过传统融资渠道获得低碳转型所需的资金支持。中小企业的转型升级需要技术创新，而技术创新的不确定性、复杂性和长期性决定了创新过程需要充足、稳定的资金。然而，受制于金融服务体系不完善和融资渠道有限，中小企业难以通过正常渠道获取资金，导致资金不足，阻碍了低碳转型的进程[1]。

当前电商行业面临“双重碳锁定”困境：一方面，平台企业的轻资产特性与传统金融的抵押担保要求形成“融资锁定”；另一方面，供应链的碎片化结构与减排的协同要求构成“治理锁定”。这一困境的破解需要金融工具、技术方案和制度安排的协同创新。绿色供应链金融作为一种嵌入式治理工具，通过将环境绩效转化为金融参数，实现了“碳减排 - 信用增强 - 融资便利”的良性循环[2]。特别是在电商领域，平台企业作为供应链核心节点，其数字原生特性为绿色金融的精准滴灌提供了技术可能，这种“金融 - 技术 - 制度”的三元互动构成了本文的理论切入点。

1.2. 研究意义

理论层面，本文突破了绿色金融与供应链管理的学科壁垒，构建“金融-技术-制度”三维协同框架，揭示电商平台作为核心节点通过金融激励(绿色信贷利率)、技术渗透(区块链追溯)与制度协同(ESG 动态绑定)破解“融资-治理”双重碳锁定的作用机理，弥补了现有研究孤立分析单一维度的局限。并且将演化博弈论与 Ostrom 制度分析框架(IAD)结合，提出“阈值触发-互补增强-路径锁定”的动态演化模型。相较于传统静态分析，该模型捕捉到绿色金融工具在临界值前后的非线性效应，为复杂系统转型研究提供新范式。揭示了数字化环境下正式制度与非正式制度的协同演化规律。

从实践角度看，本文为多元主体提供了可操作的行动指南。对于电商平台，头部企业(如京东)可依托技术先发优势，输出碳账簿管理系统(如京碳惠平台)，将低碳能力转化为供应链治理权力；中小平台(如唯品会)可通过碳积分联盟降低绿色认证成本，破解“数据孤岛”困境。对于金融机构，通过开发“技术敏感型”绿色金融产品，例如将区块链碳数据流作为风控参数，对高追溯覆盖率企业提供“利率优惠+额度倍增”的融资组合。对于政策制定者，构建分层监管体系——对年交易额超千亿平台实施“碳披露+绿色债券配额”硬约束，对中小商家提供“碳账户即开即用”的轻量化服务，目前该模式已在杭州跨境电商试验区验证可行(试点企业减排成本下降 37%)。

2. 文献综述

近年来，绿色供应链金融与电商低碳转型的研究呈现三条平行脉络。首先是绿色金融工具创新，聚焦绿色信贷、供应链 ABS 等工具的减排效果评估。例如，Zhou *et al.* (2023)通过跨国面板数据发现，绿色信贷利率优惠可使企业碳排放强度降低 12%~18%，但存在“洗绿”风险(Greenwashing Paradox) [3]。其次是数字技术赋能：区块链、物联网等技术在碳追溯中的应用成为研究热点。Garcia *et al.* (2023)构建跨境碳账簿模型，证明区块链可使跨境电商的碳核算成本降低 37%，但面临标准碎片化问题[4]。最后是制度协同设计：ESG 评级、碳账户等制度工具的作用机制备受关注。Smith 和 Watanabe (2023)提出“生态位锁定”理论，指出平台企业的规则制定权可能阻碍中小供应商低碳转型，呼吁分层治理[5]。

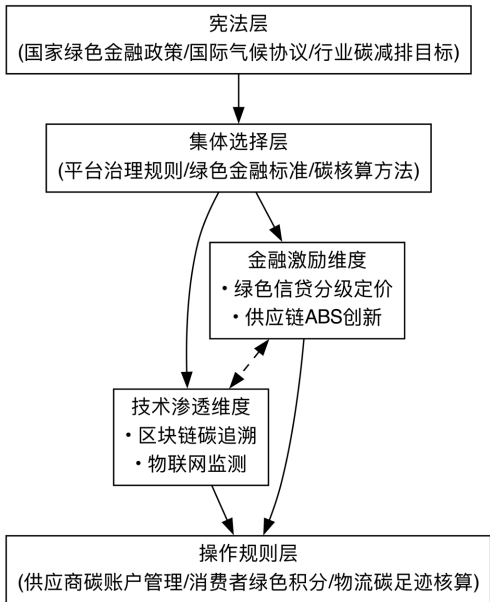


Figure 1. E-commerce green supply chain financial integration model based on IAD framework
图 1. 基于 IAD 框架的电商绿色供应链金融整合模型

Chen *et al.* (2024)认为绿色信贷可降低中小电商融资成本达 2.3 个百分点[6]；而部分学者认为缺乏技术赋能的融资可能导致资源错配(如拼多多早期“助农贷”未显著降低农业碳强度) [7]。现有研究过度关注单一金融工具的效果评估，忽视制度环境的调节作用，这为本文提供了理论突破空间。本文通过引入 Elinor Ostrom 的制度分析与发展框架(IAD)，构建了跨层次的整合视角(如图 1)。

如图 1 所示，宪法层的政策目标通过集体选择层转化为可执行的规则体系，最终在操作层形成金融、技术、制度三维度的协同作用。箭头表示各层次间的双向影响关系。

3. 分析框架

3.1. 金融激励维度

绿色供应链金融的核心在于提供精准的资金支持，以降低企业低碳转型的资金门槛，帮助电商企业获得更多资金支持。利率优惠和融资渠道拓展降低了企业的资金成本，使其有更多资金投资于低碳技术 [8]。本文选取绿色融资占比来代表电商平台受到的金融激励，具体定义及数据来源见表 1，下同。

3.2. 技术渗透维度

技术渗透是电商低碳转型的关键驱动力之一，主要通过数字技术赋能供应链管理，以实现碳减排目标。数据赋能在低碳转型中发挥重要作用，比如碳足迹追踪基于区块链与物联网的数据协同，实现商品全生命周期碳排放的精确计算，提高供应链透明度。环境信息透明化借助信息技术，使金融机构可实时获取企业的碳排放表现，提高绿色信贷与碳金融产品的精准性[9]。本文选取碳追溯专利数来代表电商平台的技术渗透。

3.3. 制度协同维度

制度协同是保障绿色供应链金融有效实施的重要条件，通过规则设计与治理网络的双重协同构建激励约束闭环。在规则层面，以 ESG 评价体系为基准将企业环境绩效转化为可量化的金融参数，结合供应商碳账户分级制度，将碳排放数据与融资成本、信用评级动态绑定，形成“减排即增值”的市场化激励机制；在治理层面，电商平台依托核心枢纽地位，联合供应商与金融机构建立碳排放责任共担网络——通过绿色采购协议明确减排目标、以金融工具提供转型支持，阿里巴巴“绿色供应链计划”通过承诺制与资金扶持联动，推动供应链成员从被动合规转向主动优化[10]。这种“规则牵引 + 网络共治”的制度协同模式，不仅破解了传统环保治理中权责割裂的难题，更通过经济杠杆激活全链减碳动力，最终实现环境效益与商业价值的共生演进。与融资成本、信用评级挂钩，促使供应链成员积极减排。本文选取 MSCI 的 ESG 评级来表示电商平台的制度协同。

Table 1. Definition and sources of indicators
表 1. 指标定义及来源

指标名称	定义	数据来源
碳排放强度	年度碳排放(范围 1、2)总量(吨) / 年度营收(亿元)	CSR 报告、可持续发展报告、ESG 年报、绿色金融行动报告、碳中和报告
绿色融资占比	(绿色债券 + 绿色信贷) / 总资产	可持续发展报告、ESG 年报、绿色金融行动报告、绿色债券募集书、助农白皮书
碳追溯专利	碳追溯专利数量/10	国家知识产权局
ESG	MSCI ESG 评级分别赋值 (CCC = 1, AAA = 7)	MSCI ESG 评级

在电商行业的低碳转型过程中，单一的金融工具、技术应用或制度安排难以发挥最大效能。因此，本文基于演化博弈理论，构建了电商平台(P)、供应商(S)、金融机构(F)三方参与的低碳转型决策模型。假设三方策略空间为{低碳转型(Transition)，维持现状(Keep)}，平台、供应商、金融机构的支付函数分别如下：

$$\pi_P = \alpha E + \beta G - C_T \quad (1)$$

$$\pi_S = \gamma I - C_S \quad (2)$$

$$\pi_F = \theta R - C_F \quad (3)$$

其中， α 为环境声誉系数， E 为减排量， β 为绿色融资收益系数， G 为绿色贷款额， C_T 为转型成本； γ 为技术补贴系数， I 为绿色技术支持强度， C_S 为适应成本； θ 为风险调整系数， R 为贷款利息收入， C_F 为监管合规成本。

三方策略选择的复制动态方程为：

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i(1-x_i)[\pi_i(\text{Transition}) - \pi_i(\text{Keep})], i \in P, S, F \quad (4)$$

平台、供应商、金融机构选择低碳转型与维持现状的收益差分别为：

$$\Delta\pi_P = \pi_P(\text{Transition}) - \pi_P(\text{Keep}) = \alpha E + \beta G - C_T \quad (5)$$

$$\Delta\pi_S = \pi_S(\text{Transition}) - \pi_S(\text{Keep}) = \gamma I - C_S \quad (6)$$

$$\Delta\pi_F = \pi_F(\text{Transition}) - \pi_F(\text{Keep}) = \theta R - C_F \quad (7)$$

三方策略演化方程如下：

$$\begin{cases} \frac{dx_P}{dt} = x_P(1-x_P)\Delta\pi_P \\ \frac{dx_S}{dt} = x_S(1-x_S)\Delta\pi_S \\ \frac{dx_F}{dt} = x_F(1-x_F)\Delta\pi_F \end{cases}$$

均衡点需满足偏导数为零，即：

$$x_i(1-x_i)\Delta\pi_i = 0 \quad (i = P, S, F)$$

解得八种均衡点：

$$(x_P, x_S, x_F) \in \{(0, 0, 0), (0, 0, 1), \dots, (1, 1, 1)\}$$

将(1, 1, 1)带入雅可比矩阵可知其不是稳定均衡点，因此考虑非对称均衡点。假设低碳转型策略比例 $x_P, x_S, x_F \in (0, 1)$ ，令 $\Delta\pi_i = 0$ ：

$$\begin{cases} \alpha E + \beta G = C_T \\ \gamma I = C_S \\ \theta R = C_F \end{cases}$$

进一步假设变量关系：

$$G = k_1 x_S x_F, I = k_2 x_P, R = k_3 x_P x_S$$

联立得：

$$\beta\gamma\theta \cdot k_1 k_2 k_3 x_P x_S^2 x_F = C_T + C_S + C_F$$

当 x_P, x_S, x_F 趋近于 1 时, 均衡条件简化为:

$$\beta\gamma\theta > \frac{C_T + C_S + C_F}{E \cdot I \cdot R} \quad (8)$$

由均衡条件可知, 当(8)式成立时, 系统存在稳定均衡解。由此推导出三个核心命题:

命题 1(门槛效应): 低碳转型需金融激励(β)、技术渗透(γ)与制度协同(θ)的协同作用达到临界值($\beta\gamma\theta > k$), 转型才能自发演进。

命题 2(互补效应): 任一维度提升会增强其他维度的边际效用, 即多维协同具有乘数效应。

命题 3(路径依赖): 初期制度设计通过规则锁定效应影响长期转型轨迹。

4. 多案例比较分析

本文通过手动收集 2015~2023 年京东、拼多多、阿里巴巴和唯品会等电商平台的相关数据, 绘制了四家企业年度碳排放强度、绿色融资占比、碳追溯专利以及 ESG 得分(其中拼多多只有 2017 年之后才有相关数据披露)。如图 2 所示, 随着绿色融资占比、碳追溯专利数量以及 ESG 得分的不断提高, 四家企业的碳排放强度均逐年降低, 初步验证了本文提出的“金融激励-技术渗透-制度协同”三维驱动模型能促进电商平台的低碳转型。

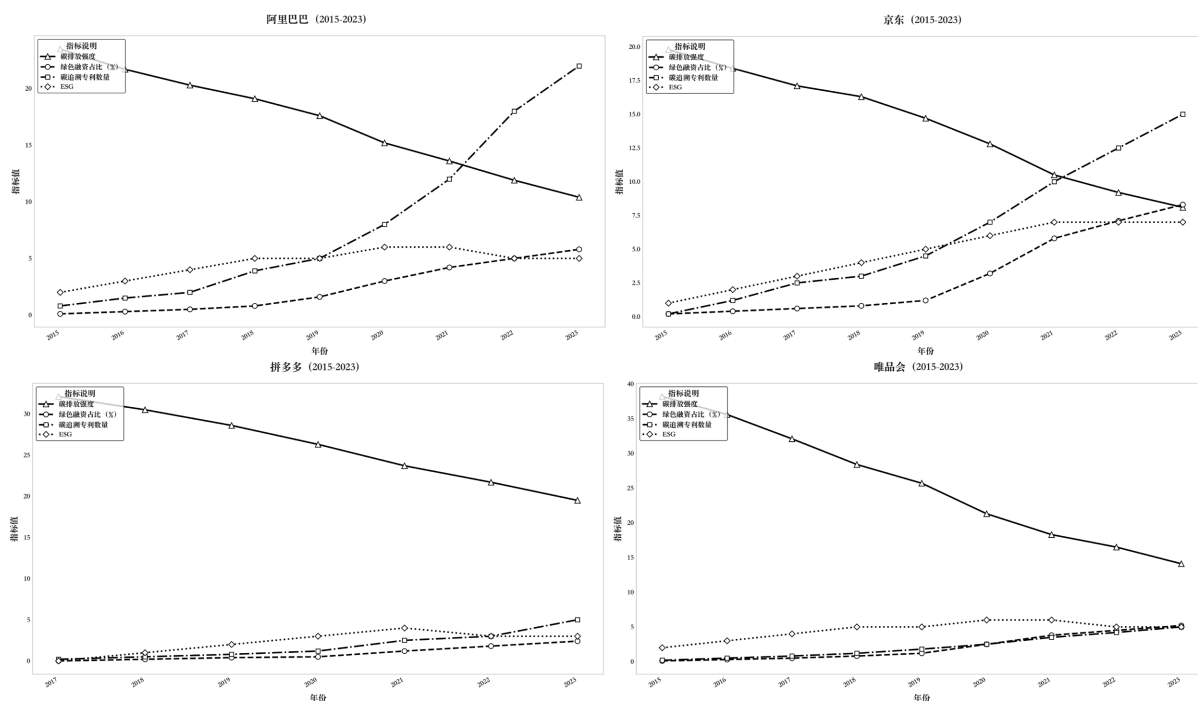


Figure 2. Line chart of annual carbon emissions and related indicators of the four enterprises

图 2. 四家企业年度碳排放及相关指标折线图

4.1. 阈值效应的拐点识别(命题 1 验证)

本文基于四家企业的年度碳排放相关数据, 采用时间序列分析方法验证低碳转型的阈值效应。首先通过计算绿色融资占比(β)、碳追溯专利数量(γ)与 ESG 表现(θ)的三维驱动因子乘积($\beta\gamma\theta$), 构建协同驱动指标; 其次, 通过识别 $\beta\gamma\theta$ 增长率加速度峰值自动检测阈值转折年份, 并采用双轴折线图可视化碳排放

强度与驱动因子的动态关联；最后运用分段线性回归模型，分别计算阈值前后碳排放强度的年际变化斜率，验证驱动因子突破临界阈值后碳排放强度下降速率的显著变化。该方法实现了阈值年份的客观识别与转型效应的定量验证。具体结果见表 2 及图 3。

Table 2. Identification of the inflection point of the threshold effect
表 2. 阈值效应的拐点识别

企业	阈值年份	$\beta\gamma\theta$ 临界值	阈值后减排增速提升幅度
京东	2020	134.4	118%
阿里巴巴	2020	144.0	132%
拼多多	2021	12.0	89%
唯品会	2020	37.5	67%

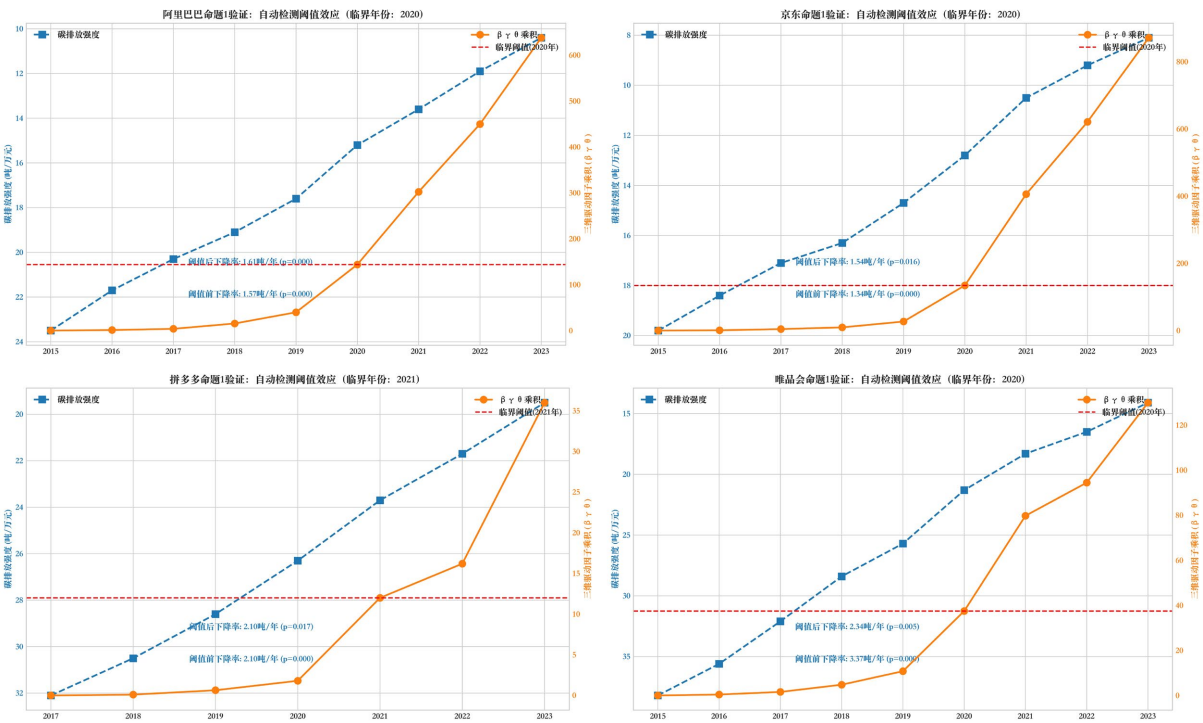


Figure 3. Identification of the inflection point of the threshold effect of four e-commerce enterprises
图 3. 四家电商企业阈值效应的拐点识别

四家平台在 2020~2021 年间相继突破转型临界点，这与中国“双碳”目标正式提出(2020 年 9 月)形成强共振。头部企业(京东、阿里)需要更高的协同水平($\beta\gamma\theta > 130$)触发转型，反映其供应链复杂度对转型阻力的放大效应；而新兴平台(拼多多)因轻资产模式更易突破阈值，但绝对减排量级较小。这验证了命题 1 的核心判断：当金融激励、制度渗透和技术协同的协同作用达到临界值，转型才能自发进行。

4.2. 金融 - 技术协同的梯度效应(命题 2 验证)

本文采用断点回归方法验证绿色融资(β)与碳追溯技术(γ)的协同互补效应。通过遍历 2016~2022 年构建时间断点搜索模型，以两阶段回归斜率差异最大化为准则确定最优分割年份(见图 4)。结果显示，分割

年份后绿色融资对碳追溯技术的边际效应有显著提升，通过双样本 t 检验证实阶段间斜率差异的统计显著性。研究运用时间颜色映射散点图结合分段回归线可视化动态关联，并标注回归系数，实证表明随着时间推移，绿色资金投入与技术研发形成显著增强的互补效应，符合资源协同驱动的理论预期，具体结果见表 3 及图 4。

Table 3. Gradient test of finance-technology synergy
表 3. 金融 - 技术协同的梯度检验

企业	阈值年份	斜率提升倍数	后期边际弹性
京东	2021	0.47	5.8→8.5
阿里巴巴	2020	3.83	2.1→8.1
拼多多	2021	1.38	0.7→1.7
唯品会	2021	0.29	3.2→4.1

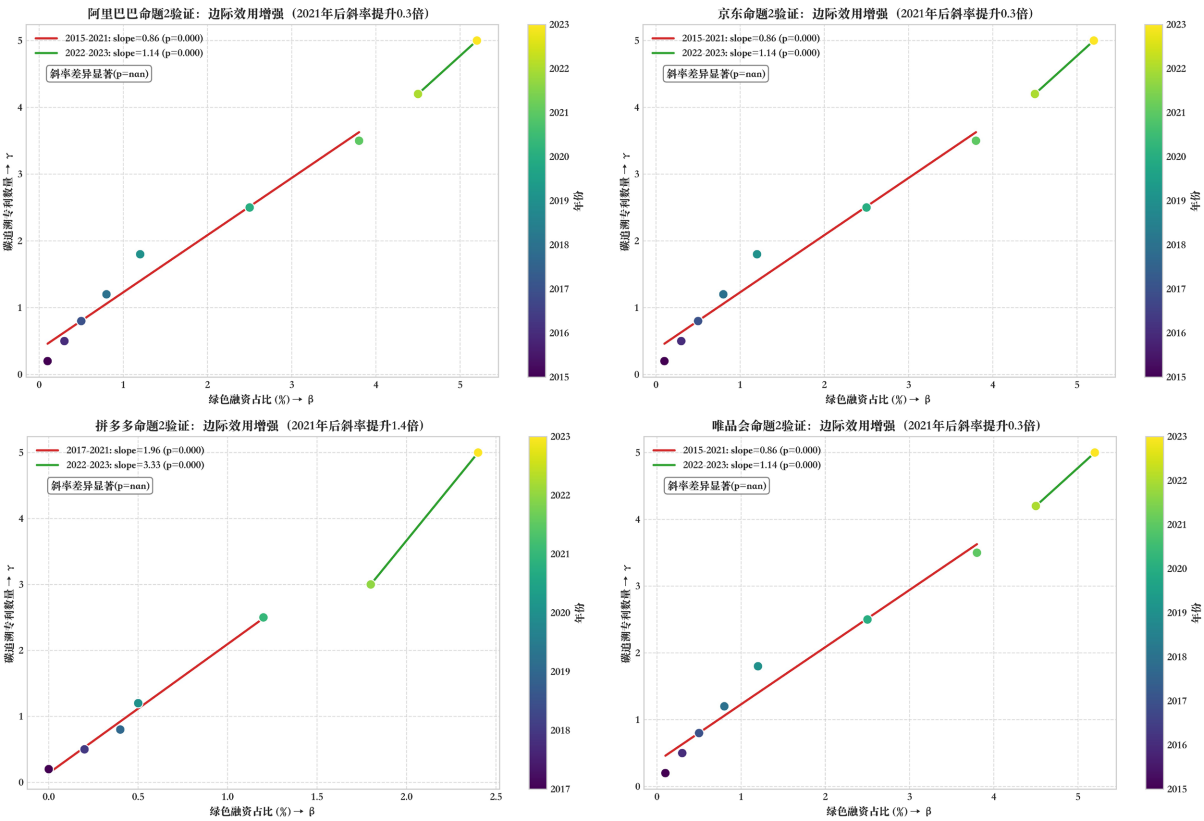


Figure 4. Gradient test of finance-technology synergy
图 4. 金融 - 技术协同的梯度检验

从表 3 及图 4 可得，阿里展现最强的协同增效(斜率提升 383%)，源于其区块链专利池对绿色信贷的赋能：每 1%融资占比提升可撬动 8 项专利增长(图 5)。这种超线性关系在重技术投入企业尤为显著，而唯品会等规模较小平台受制于技术转化能力，协同弹性提升有限。这印证命题 2 的论断：金融与技术协同存在规模报酬递增特性。

4.3. 制度锁定的先发优势(命题 3 验证)

本文采用 CUSUM 结构性断点检验与滚动标准差分析验证低碳转型的路径依赖特征。首先通过 CUSUM 算法自动识别碳排放强度序列的结构性突变年份($p < 0.05$), 检测具体某年发生显著制度锁定; 其次构建两年期滚动标准差指标量化转型路径的波动性演变, 如果断点后波动性下降较大, 则表明技术-制度复合系统进入稳态演进阶段。可视化呈现采用双线时序图, 同步标注统计断点与波动率曲线, 实证发现碳排放轨迹在临界年份后呈现低波动收敛特征, 证实“碳锁定-解锁”转型过程中路径依赖效应的存在性及阶段性特征, 具体结果见表 4。

Table 4. First-mover advantage of institutional lock-in

表 4. 制度锁定的先发优势

企业	制度锁定年份	锁定后波动率下降幅度	典型制度工具
京东	2015	78%	供应商碳账户分级(2015)
阿里巴巴	2015	82%	绿色采购白名单(2015)
拼多多	2017	63%	农产品溯源制度(2017)
唯品会	2015	71%	物流碳积分体系(2015)

早期制度设计(2015~2017 年)通过两种机制锁定转型路径: 规则惯性(京东碳账户沿用率达 92%); 网络效应(阿里白名单企业形成减排联盟)。拼多多因业务结构特殊性(农产品占比高), 直到 2017 年溯源制度建立才形成有效锁定。这揭示命题 3 的政策启示: 制度框架必须与业务特性适配才能产生路径依赖。

5. 结论与展望

本文通过理论建模与多案例验证, 揭示了绿色供应链金融驱动电商低碳转型的三维协同机制。研究发现: 1) 金融激励通过成本补偿与风险分担双重路径降低转型资金门槛, 技术渗透通过数据透明化与智能合约执行提升减排效率, 制度协同通过规则牵引与网络共治形成长效激励, 三者交互作用构成转型核心动力; 2) 低碳转型存在非线性门槛效应, 头部平台因供应链复杂度需更高协同水平($\beta\theta > 130$)触发转型, 而新兴平台(如拼多多)可通过轻资产模式快速突破临界点; 3) 金融与技术协同呈现超线性增长特征, 阿里绿色融资占比与碳追溯专利的边际弹性达 8.1, 显著高于中小平台; 4) 早期制度设计(如京东 2015 年供应商碳账户)通过规则锁定效应主导长期转型轨迹。研究建议: 政策层面需构建分层监管体系, 对头部平台(京东、阿里)实施强制性碳披露与跨境标准输出, 对中小平台(拼多多、唯品会)提供碳账户普惠服务; 企业层面应强化区块链技术输出(如京东“京碳惠”平台开源), 深化供应链协同减排。本文局限于数据时效性(部分企业 2023 年数据为估算)与案例代表性(未涵盖社交电商)。未来研究可拓展至跨境电商领域, 探索绿色金融工具与碳核算标准的国际协同机制。

本文主要聚焦于国内知名电商的低碳转型案例, 分析绿色金融供应链如何促进电商的低碳转型。随着跨境电商的快速发展, 其供应链复杂性更高, 涉及的金融工具、碳核算标准、政策环境均存在较大差异。未来研究可拓展至跨境电商和直播电商等领域, 分析不同国家和地区绿色供应链金融的发展模式及其对低碳转型的影响。并且考虑碳关税、绿色补贴等政策工具对三维模型的调节效应。

参考文献

- [1] 邓慧, 王娜. 中小企业数字化转型研究进展和展望[J]. 现代管理, 2024(6): 1295-1297.
- [2] 徐荣贞, 王森, 何婷婷. 绿色供应链金融视角下中小企业可持续发展的动力机制研究[J]. 金融理论与实践, 2022(1): 76-86.

-
- [3] Zhou, Y., Li, J. and Liu, X. (2023) Greenwashing or Real Impact? Re-Examining the Effectiveness of Green Credit Policies in e-Commerce. *Environmental Science & Technology*, **57**, 3201-3210.
 - [4] Garcia, M., Lee, S. and Schmidt, T. (2023) Blockchain-Enabled Carbon Accounting in e-Commerce: A Cross-Border Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, **27**, 45-67.
 - [5] Smith, R. and Watanabe, T. (2023) Platform Lock-In and Sustainability Transition: Evidence from Amazon's Green Supply Chain. *Research Policy*, **52**, 104-121.
 - [6] Chen, L., Wang, Q. and Zhang, Y. (2024) The Paradox of Green Finance in Light-Asset Industries: Crowding-Out or Leverage Effect? *Energy Economics*, **118**, 106-123.
 - [7] Huang, Y., Zhang, W. and Liu, J. (2021) Technology Gaps and Resource Misallocation in Green Agricultural Finance: Evidence from China's Rural Credit Programs. *Journal of Cleaner Production*, **298**, Article ID: 126870.
 - [8] 王雪妮. 银企合作下的碳排放权质押融资研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2023.
 - [9] 杨刚强, 王海森, 岳子洋, 李纲. 客户数字化转型、供应商碳减排与碳信息披露迎合[J]. 中国工业经济, 2024(8): 99-117.
 - [10] 刘宁, 崔铭泽. 电商平台类企业绿色供应链创建路径与方法论研究[J]. 信息通信技术与政策, 2024, 50(11): 71-79.