

# 绿色补贴政策下双渠道供应链渠道选择与信息共享策略研究

葛坤宇\*, 徐琪

东华大学旭日工商管理学院, 上海

收稿日期: 2025年11月24日; 录用日期: 2025年12月15日; 发布日期: 2025年12月26日

## 摘要

在绿色消费趋势与政策支持的双重影响下, 制造商通过建立绿色供应链体系, 实现了经济效益与环境绩效的协同提升。本文构建了一个由单一制造商与零售商组成的双渠道供应链模型, 探讨在政府提供绿色补贴的情况下, 制造商的销售渠道决策以及零售商的信息共享策略。模型考虑零售商拥有私有市场需求信息, 而制造商同时面临环保投资与渠道建设成本的不确定性, 据此设定四种策略组合(NN、NE、SN、SE), 系统分析绿色补贴系数、环保投资效率及渠道竞争强度等关键变量对供应链成员最优策略与利润的影响。研究发现, 绿色补贴有助于降低制造商的绿色投入门槛, 并促使其更倾向于采用双渠道结构; 在高环保技术效率条件下, 信息共享能够实现供应链双方的互利共赢; 此外, 适度的渠道入侵成本可能激励零售商主动共享信息, 从而提升制造商的利润水平。本研究为政府制定绿色补贴政策及企业间协同合作机制提供了理论依据。

## 关键词

绿色供应链, 绿色补贴, 渠道选择, 信息共享

# Study on Channel Choice and Information Sharing Strategy in a Dual-Channel Green Supply Chain under Government Subsidy Policies

Shenyu Ge\*, Qi Xu

Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai

Received: November 24, 2025; accepted: December 15, 2025; published: December 26, 2025

\*通讯作者。

## Abstract

Under the dual influence of the growing green consumption trend and supportive environmental policies, manufacturers can achieve the simultaneous improvement of economic performance and environmental outcomes by establishing green supply chain systems. This paper develops a dual-channel supply chain model consisting of a single manufacturer and a retailer to investigate the manufacturer's channel selection decisions and the retailer's information-sharing strategy in the presence of government-provided green subsidies. The model assumes that the retailer possesses private market demand information, while the manufacturer faces uncertainty related to environmental investment and channel establishment costs. Based on these assumptions, four strategic scenarios are examined: single-channel sales without information sharing, dual-channel sales without information sharing, single-channel sales with information sharing, and dual-channel sales with information sharing. The impacts of key factors—namely the green subsidy rate, environmental investment efficiency, and channel competition intensity—on the optimal strategies and profits of supply chain members are systematically analyzed. The results indicate that green subsidies help lower the threshold for manufacturers' green investments and increase their incentives to adopt a dual-channel structure. When environmental technology efficiency is sufficiently high, information sharing leads to a win-win outcome for both parties. Moreover, a moderate level of channel encroachment cost may motivate the retailer to voluntarily share information, thereby enhancing the manufacturer's profit. This study provides theoretical insights for governments in designing green subsidy policies and for firms in developing cooperative mechanisms within green supply chains.

## Keywords

Green Supply Chain, Green Subsidy, Channel Choice, Information Sharing

---

Copyright © 2026 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

置身于“双碳”目标与绿色消费的时代背景，向绿色供应链转型已成为制造业实现可持续发展的核心路径。绿色供应链管理(GSCM)旨在兼顾经济效益与环境绩效，通过整合环保因素到供应链设计、生产与销售环节，实现可持续发展[1]。近年来，政府绿色补贴已成为推动绿色技术创新与产品普及的关键杠杆。《“十四五”循环经济发展规划》明确提出，鼓励企业构建绿色生产与消费体系，从而提升绿色产品的市场供给能力[2]。在此背景下，“线上直销 + 线下零售”的双渠道模式已成为制造商推广绿色产品的普遍选择。但伴随而来的是渠道冲突的加剧与成员间策略博弈的协调难度，为供应链管理带来了新挑战。

零售商通常掌握更精准的市场需求信息，是否选择向制造商共享信息，成为影响供应链协同效率的关键[3]。在环保与渠道成本的压力下，制造商面临渠道利益权衡，而零售商则需考量信息共享的价值。在此情境下，绿色补贴政策如何影响二者的策略互动，构成了一个亟待剖析的博弈问题。现有文献对此核心博弈关系的研究，可大致归纳为四个主要方向。

第一，政府补贴与绿色供应链绩效。政府补贴是推动企业绿色转型的重要政策工具。陈克兵和王雨琦指出，研发成本补贴能在技术效率较高时促进双渠道协同，实现制造商、零售商与政府三方共赢；而

生产补贴则在边际收益较低时效果更显著[4]。Xu 等发现, 对制造商的补贴较之对零售商的补贴更能提升绿色质量和整体利润[5]。部分研究进一步表明, 补贴还可缓解零售商过度自信、信息不对称等行为导致的效率损失, 增强供应链可持续性(Tang 等) [6]-[8]。因此, 补贴政策的形式与对象选择对绿色供应链结构与绩效具有显著影响。

第二, 制造商双渠道入侵与补贴互动。随着绿色消费趋势加强, 制造商“直销入侵”成为主流策略之一。研究发现, 双渠道模式有助于提升制造商利润和社会福利(Lin 等), 但也可能引发零售商反应性抵制[9]。Che 等指出, 绿色补贴可视为补偿渠道冲突成本的政策杠杆, 促使制造商更倾向于实行双渠道策略[10]。Meng 等进一步表明, 合理的补贴强度和频率能稳定双渠道结构并提高绿色传播效率[11]。可见, 绿色补贴与渠道策略存在正向互动关系, 但过高的补贴也可能加剧竞争与冲突。

第三, 信息共享策略的博弈特征。信息不对称普遍存在于供应链中, 零售商通常掌握更准确的需求信号。研究显示, 当制造商基于不完全信息决策时, 其绿色投入和定价策略会出现偏差, 降低系统效率; 而信息共享可通过提高需求预期精度促进绿色协同(Quadir 等)[12]。然而, 零售商若担忧制造商利用信息优势实施渠道入侵, 往往选择隐瞒信息以保留谈判权, 这导致绿色补贴的激励效应被部分削弱(Cai 等)[13]。因此, 建立信任与激励机制是促进信息共享的关键。

第四, 环保效率、信息精度与渠道策略的交互机制。马伟等指出, 绿色技术效率提升会刺激制造商选择更高控制度的直销渠道[14]; 而 Cachon 等的研究表明, 信息精度的提升有助于降低供应链风险, 支持更灵活的渠道结构[15]。Niu 等进一步发现, 信息精度不足会削弱绿色投入的边际效益, 从而影响企业绿色战略决策[16]。由此可见, 绿色效率与信息精度共同塑造了供应链结构的最优选择。

综上, 现有研究虽已分别探讨绿色补贴、渠道入侵与信息共享, 但仍存在三方面不足: 其一, 缺少将绿色补贴作为调节变量纳入双渠道与信息博弈模型的系统分析; 其二, 学术界对于绿色效率与信息精度两类异质性的联动机制缺乏深入探讨; 其三, 在量化研究上, 未能有效验证“制造商入侵”通过“信息共享”这一中介, 最终促进“绿色投入深化”的完整作用路径, 这构成了一个关键的研究缺口。

本文以绿色供应链为研究对象, 构建了一个包含制造商与零售商的双阶段 Stackelberg 博弈模型, 系统考察政府绿色补贴、制造商渠道选择与零售商信息共享等多重因素的交互影响, 旨在揭示不同政策与市场参数下供应链成员的均衡策略与协调机制。研究重点在于界定绿色补贴的激励边界与作用路径, 从而为政府设计差异化补贴方案、为企业优化渠道管理与信息协同提供理论支持。本文的创新性工作主要体现在以下两方面: (1) 构建了融入政府绿色补贴机制的渠道 - 信息协同博弈分析框架, 拓展了传统双渠道决策模型的理论边界; (2) 深入剖析了绿色效率、信息精度与渠道竞争三者之间的交互机制, 揭示了多维度异质性对供应链决策的系统性影响; (3) 在理论与数值仿真基础上提出政府与企业的协同激励建议。

## 2. 模型构建

针对政府绿色补贴下制造商的渠道决策与零售商信息共享的交互问题, 本文构建了一个由单一制造商与零售商组成的绿色供应链博弈模型。制造商可选择单渠道(依赖零售商销售)或双渠道(建立自营直销渠道并与零售商并行销售)。模型中, 占据终端市场的零售商拥有私有需求信息, 并可自主决定是否共享; 政府则通过一项与产品绿色度挂钩的补贴政策, 激励制造商增加绿色技术投入。模型综合考虑绿色投资效率、渠道建设成本、渠道竞争强度、消费者绿色偏好、需求波动及信息精度等关键参数, 通过逆向归纳法分析不同信息共享与渠道结构下的最优决策与收益表现, 构建 NN(无共享单渠道)、NE(无共享双渠道)、SN(共享单渠道)与 SE(共享双渠道)四种策略组合, 以刻画绿色补贴与信息共享的交互机制及其对供应链绩效的影响。在绿色供应链中, 制造商的渠道决策直接决定产品的定价结构。当其仅采用零售渠道时, 产品终端价格满足以下关系:  $p_r^{NN} = a + \theta - q_r + \lambda e$ 。

式中:  $a$  为市场基准需求规模;  $\theta$  表示需求波动参数, 反映市场不确定性;  $\lambda$  表示消费者绿色偏好系数, 其数值与绿色产品溢价能力正相关。当制造商实施双渠道运营时, 渠道间竞争效应将重塑价格体系, 此时终端价格函数可写为:  $p_r = a + \theta - q_r - bq_m + \lambda e$ ,  $p_m = a + \theta - q_m - bq_r + \lambda e$ 。

其中, 参数  $b \in (0, 1)$  为渠道替代弹性系数, 用于衡量零售渠道与直销渠道之间的竞争程度。为渠道替代弹性系数, 量化零售渠道与直销渠道的竞争烈度;  $q_m$  为制造商直销量, 其决策与零售量  $q_r$  形成战略互补关系。绿色产品属性系数  $\lambda$  在双渠道场景下具有双重传导效应: 既直接提升渠道产品溢价, 又通过需求交叉弹性间接影响渠道竞争格局。该模型采用参数化方法, 将绿色技术投入、渠道结构选择与市场需求动态纳入统一分析框架, 以系统考察其互动影响及系统均衡。

参考相关文献[3][4][17], 制造商生产绿色产品的绿色技术成本为  $\frac{te^2}{2}$ , 其中  $t$  为环保技术效率,  $t$  越大表示环保技术效率越低, 绿色技术成本与绿色度  $e$  正相关, 与环保技术效率  $t$  负相关。为保证各模型有最优解, 假设  $t > t_0 = \frac{(12-8b+b^2)\lambda^2}{16-6b^2}$ , 表示绿色投入成本不会太低。

在考虑供应链需求不确定性的背景下, 本研究参考现有文献[18][19], 市场规模建模为由确定性基础需求  $a$  与随机波动项  $\theta$  共同构成, 即市场规模为  $a + \theta$ 。其中,  $\theta$  为均值为 0、方差为  $\sigma^2$  的随机变量, 表征市场需求的波动水平。由于零售商处于供应链的终端位置, 其能够通过市场观察获取与  $\theta$  相关的需求信号  $Y$ 。根据经典信息共享理论, 假设  $Y$  是  $\theta$  的无偏估计量, 满足条件  $E[Y|\theta] = \theta$ , 即信号  $Y$  的期望与真实需求波动一致。据此, 可将需求信号的条件期望与方差形式化地定义如下:  $E[\theta|Y] = \frac{1}{1+s}$ ,

$$E[(E[\theta|Y])^2] = \frac{\sigma^2}{1+s}.$$

式中, 参数  $s$  表示需求信号  $Y$  的精度指标:  $s$  越小, 表明零售商获取的信息越精确(如  $s=0$  时,  $s$  完全反映  $\theta$ )。为简化表达, 引入变量  $\delta = \frac{\sigma^2}{1+s}$ , 其值越大, 则意味着需求信息的准确性越高。这一参数化方法通过将信息精度与方差关联, 为后续分析信息共享策略对供应链决策的影响提供了量化基础。

若零售商不共享信息, 制造商未获得需求信号  $Y$ , 以最大化其期望利润为目标来决策, 即  $E[\pi_m]$ , 在此基础上讨论制造商选择单渠道时的均衡决策, 即(N, N)策略, 此时逆需求函数为:

$$p_r^{NN} = a + \theta - q_r + \lambda e$$

制造商只通过零售渠道销售绿色产品, 零售商及制造商的期望收益分别为:

$$\begin{aligned} E[\pi_r^{NN}|Y] &= (a + E[\theta|Y] - q_r + \lambda e - w)q_r \\ \pi_m^{NN} &= wq_r - \frac{te^2}{2} + \eta e \end{aligned}$$

### 引理 2-1

采用逆向归纳法求解, 在单渠道与非信息共享情形下, 所得均衡解为:

$$w_m^{NN} = \frac{2(at + \eta\lambda)}{4t - \lambda^2}, \quad e_m^{NN} = \frac{4\eta + a\lambda}{4t - \lambda^2}, \quad q_r^{NN} = \frac{at + \eta\lambda}{4t - \lambda^2} + \frac{E[\theta|Y]}{2}$$

制造商和零售商的期望利润为:

$$\pi_m^{NN} = \frac{4\eta^2 + a^2t + 2\eta\lambda a}{8t - 2\lambda^2}$$

$$\pi_r^{NN} = \frac{(at + \lambda\eta)^2}{(-4t + \lambda^2)^2} + \frac{\delta}{4}$$

当零售商不共享信息时, 制造商在需求信号缺失下以期望利润最大化为决策目标。其在双渠道模式下的均衡(对应策略组合(N, E))由如下逆需求函数系统刻画:

$$p_r^{NE} = a + \theta - q_r - bq_m + \lambda e$$

$$p_m^{NE} = a + \theta - q_m - bq_r + \lambda e$$

制造商和零售商的期望利润为:

$$E[\pi_r^{NE} | Y] = (a + E[\theta | Y] - q_r - bq_m + \lambda e - w)q_r$$

$$E[\pi_m^{NE}] = wE[q_r] + (a + E[\theta] - q_m - bq_r + \lambda e)q_r - \frac{te^2}{2} + \eta e - i$$

### 引理 2-2

通过逆向归纳法求解均衡, 在双渠道销售, 零售商信息不共享情境下的最优批发价、绿色度、直销渠道销量及零售渠道销量为:

$$q_r^{NE} = \frac{4(-1+b)(at + \eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t + (-6+b)(-2+b)\lambda^2} + \frac{E[\theta | Y]}{2}$$

$$q_m^{NE} = \frac{(-2+b)(4+b)(at + \eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t + (-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

$$e_m^{NE} = \frac{2(-8+3b^2)\eta - (-6+b)(-2+b)a\lambda}{2(-8+3b^2)t + (-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

$$w_m^{NE} = -\frac{(8+(-4+b)b^2)(at + \eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t + (-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

制造商和零售商的期望利润为:

$$\pi_r^{NE} = \frac{(4(at + \lambda\eta)(b-1))^2}{(2(-8+3b^2)t + (-6+b)(-2+b)\lambda^2)^2} + \frac{\delta}{4}$$

$$\pi_m^{NE} = \frac{-a^2(-6+b)(-2+b)t - 2a(-6+b)(-2+b)\eta\lambda + 2\eta^2(-8+3b^2)}{4(-8+3b^2)t + 2(-6+b)(-2+b)\lambda^2} - i$$

当零售商共享信息  $Y$  时, 制造商获得需求信息  $Y$ , 以最大化条件利润为目标来决策, 即  $E[\pi_m]$ 。在此基础上讨论制造商选择单渠道时的均衡决策, 即(S, N)策略, 此时逆需求函数为:

$$p_r^{SN} = a + \theta - q_r + \lambda e$$

制造商和零售商的期望利润为:

$$E[\pi_r^{SN} | Y] = (a + E[\theta | Y] - q_r + \lambda e - w)q_r$$

$$E[\pi_m^{SN} | Y] = wE[q_r | Y] - \frac{te^2}{2} + \eta e$$

**引理 2-3**

采用逆向归纳法求解，在单渠道与信息共享情形下，所得均衡解为：

$$w_m^{SN} = \frac{2(t(a+E[\theta|Y])+\eta\lambda)}{4t-\lambda^2}, \quad e_m^{SN} = \frac{-4\eta-a\lambda-E[\theta|Y]\lambda}{-4t+\lambda^2}, \quad q_m^{SN} = \frac{t(a+E[\theta|Y])+\eta\lambda}{4t-\lambda^2}$$

制造商和零售商的期望利润为：

$$\pi_m^{SN} = \frac{4\eta^2+ta^2+2a\eta\lambda+t\delta}{8t-2\lambda^2}$$

$$\pi_r^{SN} = \frac{(ta+\lambda\eta)^2+t^2\delta}{(-4t+\lambda^2)^2}$$

当零售商共享信息时，制造商以期望利润最大化为决策目标。其在双渠道模式下的均衡(对应策略组合(S, E))由如下逆需求函数系统刻画：

$$p_r^{SE} = a + \theta - q_r - bq_m + \lambda e$$

$$p_m^{SE} = a + \theta - q_m - bq_r + \lambda e$$

制造商和零售商的期望利润为：

$$E[\pi_r^{SE}|Y] = (a+E[\theta|Y]-q_r-bE[q_m|Y]+\lambda e-w)q_r$$

$$E[\pi_r^{SE}|Y] = wE[q_r|Y]+(a+E[\theta|Y]-q_m-bE[q_r|Y]+\lambda e)q_r-\frac{te^2}{2}+\eta e-i$$

**引理 2-4**

通过逆向归纳法求解均衡，在单渠道销售，零售商信息不共享情境下的最优批发价、绿色度、直销渠道销量及零售渠道销量为：

$$q_r^{SE} = \frac{4(-1+b)(t(a+E[\theta|Y])+\eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

$$q_m^{SE} = \frac{(-2+b)(4+b)(t(a+E[\theta|Y])+\eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

$$e_m^{SE} = \frac{2(-8+3b^2)\eta-(-6+b)(-2+b)(a+E[\theta|Y])\lambda}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

$$w_m^{SE} = -\frac{(8+(-4+b)b^2)(t(a+E[\theta|Y])+\eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2}$$

制造商和零售商的期望利润为：

$$\pi_r^{SE} = \frac{16(-1+b)^2((ta+\eta\lambda)^2+t^2\delta)}{\left(2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2\right)^2}$$

$$\pi_m^{SE} = -\frac{a^2(-6+b)(-2+b)t+(16-6b^2)\eta^2+(-6+b)(-2+b)t\delta+2a\eta\lambda(-6+b)(-2+b)}{4(-8+3b^2)t+2(-6+b)(-2+b)\lambda^2}-i$$

本研究采用线性需求函数、二次型绿色成本函数与线性补贴机制, 主要基于以下考虑。首先, 线性需求结构能够简化渠道竞争下的策略交互, 便于刻画零售商私人信息对价格与产量决策的边际影响, 这一设定在多数双渠道供应链研究中被广泛采用(如 Yoon, 2016; Lin 等, 2025)[3][9]。其次, 绿色成本函数采用二次形式, 是由于绿色技术投入通常存在边际递增性, 符合环保研发“初期投入效率高、后期递增成本快”的现实特征。再次, 线性补贴结构反映了当前各国政府常见的按单位绿色度给予补贴的做法(如节能补贴、碳减排补贴等)。

然而, 该组假设也具备一定局限性。例如, 消费者绿色偏好在现实情形中可能呈现非线性响应; 绿色研发效率可能受企业规模、技术路径等多重因素影响, 具有阶段性; 政府补贴在实践中也可能随预算、行业外部性或减排绩效表现出阈值结构。未来研究可进一步扩展为非线性需求、分段补贴或引入多阶段技术学习, 以增强模型的现实适用性。

### 3. 策略博弈分析

本文以构建的博弈模型为研究对象, 采用逆向归纳法求解四种策略组合下的均衡结果, 进而严谨分析绿色补贴政策、环保投资效率、渠道建设成本及需求信息精度等参数对决策的敏感性及其内在作用机理。制造商需在单渠道与双渠道之间权衡: 单渠道依赖零售商销售, 结构稳定但控制力弱; 双渠道通过直销拓展市场并强化绿色品牌, 却可能引发渠道冲突。零售商则在是否共享市场需求信息上作出博弈: 共享有助于提升绿色投入与系统绩效, 但也可能激化竞争、压缩利润。比如, 在家电行业中, 格力、海尔等品牌在保留国美、苏宁等线下渠道的同时, 大力发展自营线上旗舰店, 并配合节能补贴政策推广高能效绿色产品, 这种策略提升了对市场需求的响应速度, 但也改变了与零售商之间的利益格局。绿色补贴是一个核心调节机制, 其通过降低绿色投资成本与改变信息价值评估, 对供应链成员产生双重杠杆效应。制造商渠道选择与零售商信息共享行为因而形成动态互动, 构成绿色供应链中政策激励、技术效率与信息博弈的综合决策体系。

#### 3.1. 制造商的渠道选择策略

**命题 3-1** 当零售商不共享信息时, 制造商入侵策略对决策变量的影响:

- (1) 当  $t_0 < t \leq \frac{(8+(-4+b)b)\lambda^2}{2b(8-3b)}$  时,  $q_r^{NE} \geq q_r^{NN}$ , 否则  $q_r^{NE} < q_r^{NN}$
- (2) 当  $t_0 < t \leq \frac{(-2+b)(8+(-4+b)b)\lambda^2}{4(-1+b)b^2}$  时,  $w_m^{NE} \geq w_m^{NN}$ , 否则  $w_m^{NE} < w_m^{NN}$
- (3) 当  $t > t_0$  时,  $e_m^{NE} > e_m^{NN}$
- (4) 当  $\eta > 0$  时,  $e_m^{NE} > e_m^{NN}$

由命题 3-1 (1)可知: 当绿色技术效率较高时, 制造商入侵通过扩大市场覆盖增强绿色产品吸引力, 形成“需求溢出效应”, 反而带动零售销量增长, 体现出双渠道的协同放大效应。由(2)可知, 高效率下制造商边际成本下降, 制造商有更大空间下调批发价以扩大市场份额。由命题 3-1 (4)可知: 无论补贴强度如何, 双渠道运营下制造商均会提高绿色投入, 以匹配市场扩张对绿色属性的需求, 形成“规模 - 绿色技术”的正向循环。但渠道竞争强度作为双刃剑, 会影响入侵的净效益: 竞争较弱时, 双渠道带动总需求增长; 竞争激烈时, 零售商销量反受冲击。说明渠道设计需结合技术效率与市场结构统筹考量。

命题 3-1 表明, 在无信息共享下, 制造商的入侵决策主要受绿色技术效率与渠道竞争程度共同驱动。绿色效率较高时, 绿色投入的边际成本较低, 使直销渠道成为有效的市场扩张工具; 扩大的市场规模反过来提升零售销量, 体现“绿色溢出效应”。制造商因此具有下调批发价、扩大市场占有率的激励。若渠

道竞争强，则直销分流效应占主导，零售商销量可能下降，削弱双渠道优势。该命题揭示：绿色效率越高，双渠道越能形成“规模 × 绿色度”的正向循环，制造商更倾向入侵。

**命题 3-2** 在零售商不共享信息的状态下，如果制造商选择双渠道销售：

- (1)  $i \leq i_1$  时，制造商的期望收益增加
- (2)  $t_0 < t \leq t_2$  时，零售商的期望收益增加

$$\text{其中, } i_1 = \frac{(16+b(-16+5b))(at+\eta\lambda)^2}{(4t-\lambda^2)(2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2)}, \quad t_2 = \frac{(8+(-4+b)b)\lambda^2}{2b(8-3b)}.$$

命题 3-2 指出，在信息不共享时，制造商的渠道入侵决策取决于渠道成本与技术效率的平衡。由(1)可知，低入侵成本能带来可观的渠道利润，构成强有力的入侵激励；而高成本则会抵消渠道收益，迫使制造商退出入侵。这体现了其决策背后的成本 - 收益权衡本质。渠道入侵虽可能分流零售商市场份额，但制造商通常会提高产品绿色度以增强竞争力，从而形成价格溢出的“搭便车”效应。由(2)可知，较高的绿色技术效率意味着制造商的绿色投入能有效提振市场基础需求，其带来的额外收益足以弥补渠道冲突对零售商造成的利润侵蚀，因此零售商利润亦有可能随之提升。而在效率较低时，需求响应不足，竞争效应主导，零售商收益反而下降。

命题 3-2 揭示制造商入侵的收益取决于渠道建设成本与绿色效率的平衡。低入侵成本意味着新增直销渠道的固定成本可被额外销量覆盖；反之则会压缩盈利空间，使制造商偏向单渠道。对于零售商，入侵带来的市场分流失通常不利，但当绿色效率高时，制造商提高绿色度能扩大市场基础需求，使零售商间接受益，形成“绿色搭便车”效应。该命题表明：绿色效率决定双渠道是“分流竞争”还是“协同扩张”。

**命题 3-3** 当零售商共享信息时，制造商入侵策略对决策变量的影响：

- (1) 当  $t_0 < t \leq \frac{(8+(-4+b)b)\lambda^2}{2b(8-3b)}$  时， $q_r^{SE} \geq q_r^{SN}$ ，否则  $q_r^{SE} < q_r^{SN}$
- (2) 当  $t_0 < t \leq \frac{(-2+b)(8+(-4+b)b)\lambda^2}{4(-1+b)b^2}$  时， $w_m^{NE} \geq w_m^{NN}$ ，否则  $w_m^{NE} < w_m^{NN}$
- (3) 当  $t > t_0$  时， $e_m^{NE} > e_m^{NN}$
- (4) 当  $\eta > 0$  时， $e_m^{NE} > e_m^{NN}$

与命题 3-1 的结论相呼应，由(3)(4)可知，制造商在建立直销渠道后，其市场覆盖范围的扩大将对产品绿色度产生显著的提升作用。直销与绿色补贴的结合提升了绿色投入的边际回报：既能直接获得补贴收益，又可通过绿色溢价增强竞争力；渠道竞争压力促使制造商通过提升绿色水平来构建差异化优势；而信息共享则通过降低需求不确定性，提升了其绿色投资的预期收益，从而进一步激励其加大投入。由(1)可知，在环保技术效率较高时，双渠道模式扩大市场需求并带动零售销量增长；而在效率较低时，绿色投入难转化为优势，竞争反致销量下降。政府可通过绿色补贴降低入门门槛，促进双渠道协同与绿色绩效提升。

命题 3-3 显示，在信息共享下，制造商的定价、绿色投入与产量更能精准响应需求变化。信息减少了制造商对需求的不确定性，使其更愿意提高绿色投入以扩大市场需求；双渠道则进一步放大绿色度的竞争价值，强化差异化优势。当绿色效率高时，双渠道扩容使零售销量上升；效率低时，绿色投入回报不足，竞争效应反而压低零售销量。该命题说明：信息共享改变了绿色投入的预期收益结构，使绿色投资在双渠道下更具战略意义。

**命题 3-4** 在零售商共享信息的状态下，如果制造商选择双渠道销售：

- (1)  $i \leq i_2$  时，制造商的期望收益增加

(2)  $t \leq t_2$  时, 零售商的期望收益增加

$$\text{其中, } i_2 = \frac{(16+b(-16+5b))(t^2(a^2+\delta)+2at\eta\lambda+\eta^2\lambda^2)}{(4t-\lambda^2)(2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2)}, \quad i_1 > i_2, \quad t_2 = \frac{(8+(-4+b)b)\lambda^2}{2b(8-3b)}$$

与命题 3-2 类似, 制造商是否扩展直销渠道取决于渠道建设成本与信息共享程度的联合作用。由(1)可知, 当建设成本较低时, 双渠道模式带来显著收益; 当渠道建设成本过高时, 制造商将倾向于维持单渠道结构以规避运营风险; 而信息共享行为本身能够拓宽其渠道入侵的可行区间, 增强其在信息透明化条件下的市场扩张动机。如结论(2)所示, 在绿色技术效率较高时, 双渠道结构不仅能提升产品绿色水平、刺激市场需求, 还可通过绿色溢出效应使零售商同步获益。因此, 政府可通过适当补贴以降低渠道建设成本, 并积极推动信息共享平台的建设, 从而促进绿色投入与市场拓展之间的协同, 提升绿色供应链整体效率。

命题 3-4 指出, 在信息共享下, 双渠道能提升制造商收益的前提是入侵成本适中; 若成本过高, 新增直销渠道的固定支出将吞噬补贴与绿色溢价带来的收益。零售商是否受益取决于绿色效率: 效率高时, 制造商提高绿色度扩大市场规模, 零售商从绿色溢出获得额外利润; 效率低时, 制造商凭信息优势提高批发价, 零售商利润被压缩。结论强调: 共享信息在高效率区间具有协同效应, 但在低效率区间可能加剧分配冲突。

综上所述, 本文建议政府通过定向补贴降低企业渠道建设成本, 并支持构建信息共享基础设施, 以强化绿色技术效率与市场扩张之间的协同效应。实证结果表明, 制造商的渠道选择本质上是信息共享策略与渠道进入成本共同作用下的均衡结果, 具体归纳见表 1。

**Table 1.** Manufacturer's channel choice strategy  
**表 1.** 制造商入侵策略

零售商信息分享策略	制造商渠道选择		
	$i > i_1$	$i_1 < i < i_2$	$i > i_2$
分享	双渠道	双渠道	单渠道
不分享	双渠道	单渠道	单渠道

### 3.2. 零售商的信息分享策略

在绿色补贴政策下, 制造商是否建立直销渠道不仅取决于补贴强度、技术效率和入侵成本, 也受到零售商信息共享行为的显著影响。信息共享一方面可减少制造商的需求预测不确定性, 促进其精准制定绿色投入与定价; 另一方面却可能强化制造商的入侵动机, 压缩零售商利润, 从而对补贴政策效果产生调节作用。现实中, 在家电行业的节能补贴政策下, 零售商如国美、苏宁掌握大量消费数据, 当其与制造商(如海尔、格力)共享信息时, 制造商可据此优化绿色产品生产与投放, 但同时也可能扩大线上直销力度, 使零售商面临竞争压力。这种既可能带来协同收益, 又可能加剧渠道竞争的“信息共享双重效应”, 构成了零售商在绿色供应链中必须面对的核心策略权衡。基于此, 本文进一步分析不同补贴强度与市场条件下, 信息共享如何影响制造商渠道扩张及供应链整体绩效。

#### 引理 3-1

给定零售商信息共享策略和制造商入侵策略, 存在唯一最优解, 令最优决策为

$$w_m^{XY} = w^Y + A^{XY} E[\theta | Y]$$

$$q_r^{XY} = q_r^Y + B^{XY}E[\theta|Y]$$

$$e_m^{XY} = e_m^Y + C^{XY}E[\theta|Y]$$

$$q_m^{XY} = q_m^E + D^{XY}E[\theta|Y]$$

其中,

$$\begin{aligned} w^N &= \frac{2(at+\eta\lambda)}{4t-\lambda^2}, q_r^N = \frac{at+\eta\lambda}{4t-\lambda^2}, e^N = \frac{4\eta+a\lambda}{4t-\lambda^2}, \\ q_m^E &= \frac{(-2+b)(4+b)(at+\eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \\ w^E &= \frac{(8+(-4+b)b^2)(at+\eta\lambda)}{2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2}, q_r^E = \frac{4(-1+b)(at+\eta\lambda)}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \\ e^E &= \frac{2(-8+3b^2)\eta-(-6+b)(-2+b)a\lambda}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \\ A^{NN} &= A^{NE} = C^{NN} = C^{NE} = D^{NE} = 0 \\ A^{SN} &= \frac{2t}{4t-\lambda^2}, A^{SE} = \frac{(8+(-4+b)b^2)t}{2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2}, B^{NN} = B^{NE} = \frac{1}{2} \\ B^{SN} &= \frac{t}{4t-\lambda^2}, B^{SE} = \frac{4(1-b)t}{2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \\ C^{SN} &= \frac{\lambda}{4t-\lambda^2}, C^{SE} = \frac{(-6+b)(-2+b)\lambda}{2(8-3b^2)t-(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \\ D^{SE} &= \frac{(-2+b)(4+b)t}{2(-8+3b^2)t+(-6+b)(-2+b)\lambda^2} \end{aligned}$$

该引理通过设定敏感系数( $A^{XY}, B^{XY}, C^{XY}, D^{XY}$ )，量化制造商决策变量(批发价  $w_m$ 、零售量  $q_r$ 、绿色度  $e_m$ 、直销量  $q_m$ )对需求信号  $Y$  的动态响应强度。具体而言： $A^{XY}$  反映批发价随需求信号  $Y$  波动的调整幅度； $B^{XY}$  表征零售量对需求信号  $Y$  变化的敏感度； $C^{XY}$  衡量绿色度随需求信号  $Y$  的优化弹性； $D^{XY}$  指示直销量与需求信号  $Y$  的关联程度。

基于上述系数，可系统剖析零售商信息共享策略(即选择共享或隐匿需求信号)对供应链决策的调节作用，相关结论为命题 3-5 的论证与推导奠定了关键的数理基础。

### 命题 3-5 零售商信息共享策略对决策变量的影响：

- (1) 制造商:  $A^{SN} > A^{NN}$ ,  $A^{SE} > A^{NE}$ ,  $C^{SN} > C^{NN}$ ,  $C^{SE} > C^{NE}$ ,  $D^{SE} > A^{NE}$
- (2) 零售商:  $B^{SN} < B^{NN}$ , 当  $t > \frac{(6-b)\lambda^2}{2(2+3b)}$  时,  $B^{SE} < B^{NE}$ , 否则  $B^{SE} \geq B^{NE}$

根据命题 3-5，信息共享对制造商与零售商的策略决策具有系统性强化作用，具体体现如下：首先，由结论(1)可知，当零售商共享需求信号时，制造商的定价与绿色投入决策对市场波动的响应更为敏锐，从而能够更精准地匹配实际需求。例如，在需求上升时，制造商可适时提高批发价或扩大直销量，以实现利润最大化，并在双渠道中优化结构、分散风险。其次，由(2)可知，对零售商而言，信息共享带来双

重影响：在无入侵情形下，制造商因掌握信息提高批发价，压缩零售利润；在高绿色效率与双渠道模式下，信息共享能促使制造商提升绿色水平并刺激需求，为零售商带来绿色溢出的额外收益。这证明其并非零和博弈。政府可通过推动技术创新与信息平台建设，促进供应链协同，从而提升整体绩效与可持续性。

命题3-5表明，信息共享使制造商的几项关键决策(批发价、绿色度、直销量)对需求信号的敏感程度显著提高，使其更能根据市场高低需求进行动态调整，提高利润实现效率。对零售商而言，信息共享具有双重效应：若制造商不入侵，共享反而导致批发价上升、挤压零售利润；但在高绿色效率与双渠道情境下，共享可放大需求增长与绿色溢出效应，使零售商获益。说明信息共享是否有利取决于“价格效应vs绿色效应”的相对强弱。

#### 命题3-6 如果制造商选择双渠道销售( $i \leq i_1$ )

- (1) 当  $t_0 < t \leq t_1$  时， $\pi_m^{SE} \geq \pi_m^{NE}$ ，均衡策略为(S, E)
- (2) 当  $t > t_1$  时， $\pi_m^{SE} < \pi_m^{NE}$ ，均衡策略为(N, E)

$$\text{其中 } t_1 = \frac{(6-b)\lambda^2}{2(2+3b)}.$$

根据命题3-6，当制造商入侵成本较低( $i \leq i_1$ )时，其渠道扩张与零售信息共享呈现显著联动。首先，在低渠道建设成本条件下，制造商无论信息共享与否均会建立直销渠道，因为双渠道带来的新增利润足以覆盖其建设成本，这使其成为制造商的必然选择。其次，绿色投资效率决定信息共享激励：在高效率区间( $t_0 < t \leq t_1$ )，信息共享促使制造商精准提升绿色度、扩大市场需求并提高产品溢价，零售商可借绿色溢出效应获益，形成互利均衡；而当效率较低时，共享信息只会强化制造商提价动机、压缩零售利润，零售商因而选择隐瞒信息。最后，在较高效率区间内( $t_0 < t \leq t_1$ )，零售商宁愿牺牲部分信息优势以换取绿色带来的收益，而在低效率下，共享反成风险。可见，在低入侵成本下，绿色技术效率是影响零售信息共享决策的关键调节因素，决定了绿色溢出与渠道竞争的主导关系。

命题3-6说明在低渠道建设成本下，制造商几乎必然选择双渠道，因为直销带来的边际收益远超成本。零售商是否共享信息取决于绿色效率：效率高时，信息共享能促使制造商进一步提升绿色度，带来市场扩张收益，零售商可从绿色溢出中获利；效率低时，共享只会强化制造商的提价动机，从而损害零售利润。命题揭示：在低成本情境下，绿色效率是信息共享激励的核心驱动因素。

#### 命题3-7 如果制造商销售渠道不确定( $i_1 < i \leq i_2$ )

- (1) 当  $t_0 < t \leq t_1$  或  $t_1 < t \leq t_2$  且  $\delta \leq \delta_1$  时， $\pi_m^{SE} \geq \pi_m^{NE}$ ，均衡策略为(S, E)
- (2) 当  $t > t_2$  或  $t_1 < t \leq t_2$  且  $\delta > \delta_1$  时， $\pi_m^{SE} \geq \pi_m^{NE}$ ，均衡策略为(N, N)

$$\text{其中 } t_1 = \frac{(6-b)\lambda^2}{2(2+3b)}, \quad t_2 = \frac{(8+(-4+b)b)\lambda^2}{2b(8-3b)}$$

$$\delta_1 = \frac{4a^2t^2(8+2b(-8+3b)t+(-4+b)b\lambda^2)(2(4+b)(-4+3b)t+(16+(-12+b)b)\lambda^2)}{(-2+b)(-4t+\lambda^2)^2((4+6b)t+(-6+b)\lambda^2)((-24+8b+6b^2)t+(-6+b)(2+b)\lambda^2)}$$

根据命题3-7，在中等渠道成本( $i_1 < i \leq i_2$ )下，制造商的入侵决策与零售商信息共享紧密关联。(1)表明当绿色效率较高时( $t_0 < t \leq t_1$ )，信息共享能增强绿色溢出，使零售商从溢价与增量销售中切实受益，从而激励其通过共享信息来推动制造商入侵。由(2)可知，而当绿色效率中等( $t_1 < t \leq t_2$ )且信息精度较低( $\delta \leq \delta_1$ )，尽管绿色效应相对减弱，但共享带来的收益仍优于保留信息，因信息损失较小仍具激励作用。总体而言，零售商共享信息既出于促进绿色协同、推动制造商提高绿色度的动因，也源于通过制造商入

侵扩大绿色价值、提升自身利润的渠道策略考量。由此可见，在中等入侵成本条件下，绿色技术效率与信息精度共同决定零售商的信息共享选择，当绿色效率较高或信息精度较低时，信息共享成为其最优策略，有助于强化绿色协同并提升供应链整体绩效。

**命题 3-7** 说明当渠道成本处于中等水平时，制造商是否入侵具有不确定性，而零售商的信息共享行为会成为关键触发因素。绿色效率较高时，共享信息可促使制造商提升绿色投入、扩大需求，推动其选择双渠道，零售商因而受益；效率中等但信息精度较低时，共享损失有限，但仍能换取绿色投入带来的增量需求，保持激励。该命题揭示：共享信息在中等成本区间具有“推动入侵、共享增益”的机制。

**命题 3-8** 如果制造商选择单渠道销售( $i > i_2$ )， $\pi_r^{NN} \geq \pi_r^{SN}$ ，均衡策略为(N, N)

根据命题 3-8，在制造商直销成本较高( $i > i_2$ )的情形下，策略结构趋于固化。当渠道扩张成本过高，双渠道所能带来的增量收益不足以覆盖投入，无论零售商是否共享信息，制造商均会放弃建立直销渠道，维持单一零售渠道，表现出明显的“保守策略锁定”。在单渠道情形下，若绿色投资效率较低，信息共享反而可能加剧“双重边际效应”：制造商获取需求信息后提高批发价，压缩零售商利润空间。因此，零售商在该场景下倾向于隐瞒信息，以避免损失。

命题 3-8 表明，当渠道建设成本过高时，制造商无论是否获得信息都不会选择入侵，供应链结构固化为单渠道。此时若绿色效率不足，共享信息只会促使制造商提高批发价、强化双重边际效应，零售商利润被进一步侵蚀，因此零售商倾向不共享。该命题反映：高入侵成本会削弱政策激励与信息协同的重要性，使供应链策略回到“保守 - 非协同”的均衡状态。

总体上，绿色技术效率与渠道成本共同划定了策略的边界：高成本抑制创新动机，低效率则使绿色投入难以兑现价值，两者叠加必然导致供应链策略趋于保守。这一机制为企业制定绿色合作策略提供了清晰的量化依据，制造商和零售商在不同渠道进入成本和环保投资效率下的均衡博弈决策见表 2。

**Table 2.** Equilibrium game decisions of the manufacturer and the retailer  
**表 2.** 制造商和零售商的均衡博弈决策

$t$	$i$		
	$i \leq i_1$	$i_1 < i \leq i_2$	$i > i_2$
$t_0 < t \leq t_1$	SE	SE	NN
$t_1 < t \leq t_2$	NE	$\delta \leq \delta_1, SE$ $\delta > \delta_1, NN$	NN
$t > t_2$	NE	NN	NN

#### 4. 结论与展望

在“双碳”战略目标的引领下，推动绿色转型已成为全球主要经济体实现可持续增长的核心路径。绿色供应链管理作为实现企业经济效益与环境绩效协同的关键路径，受到广泛关注。本文以“绿色补贴政策下双渠道供应链中的渠道选择与信息共享策略”为研究主题，基于 Stackelberg 博弈模型系统分析制造商与零售商的最优决策行为及政府政策的调控作用，主要结论如下。

首先，从渠道策略来看，政府提供的绿色补贴有效降低了制造商的渠道准入门槛，从而显著提升了其开设直销渠道的经济动因。在补贴作用下，制造商通过直销渠道可更有效地传递绿色价值，实现更高利润与品牌溢价，尤其当消费者绿色偏好较强或制造商具备较高技术效率时，该效应更为显著。补贴降低了绿色准入门槛，使双渠道模式成为制造商的优选结构，从而促进绿色产品市场渗透与供应链整体绩效提升。

其次,信息精度在制造商与零售商的策略选择中具有关键作用。本文通过对比信息对称与信息不对称两种典型模式发现:信息共享能够帮助制造商更精准地进行定价与环境投入决策,从而同步实现系统利润与环保绩效的双重提升;而信息不对称则导致制造商采取保守策略、绿色投入不足,降低了补贴政策的激励效果。因此,信息精度不仅影响供应链决策协调,也在很大程度上决定了绿色补贴政策的实际执行效率。

第三,政府政策设计是推动绿色供应链高效运行的关键外部驱动力。科学的补贴机制(如分级补贴或与绿色水平挂钩的动态补贴)不仅能够激励制造商提升产品环境属性并优化渠道布局,还有助于增强消费者对绿色产品的市场认同与购买黏性。反之,若补贴设计缺乏差异化或忽视信息结构约束,可能导致资源配置扭曲甚至“劣币驱逐良币”效应。因此,政策制定应充分结合市场特征与企业行为规律,兼顾激励效力与环境绩效。

结合绿色补贴、渠道竞争与技术效率的交互作用,本文提出面向政府的差异化补贴策略矩阵,见表3。研究表明,补贴政策不宜一刀切,而应基于行业绿色技术效率及市场竞争程度进行精准设计:当行业绿色效率较高且竞争激烈时,应采用较高强度的按绿色度线性补贴,以扩大绿色产品覆盖并促进制造商开设直销渠道;当绿色效率较低时,更适合以阶段性研发补贴或分段式补贴代替普惠补贴,以避免资源错配与无效投入。竞争较弱的行业可通过适度补贴与创新奖励并行的方式,引导企业提升绿色技术水平,从而实现绿色产品的长期渗透。该矩阵体现了政府在预算约束下实现“环境绩效-市场结构-补贴效率”三者协调的设计逻辑,为绿色补贴制度的差异化优化提供了理论依据。

**Table 3.** Policy recommendation matrix for government green subsidies

**表 3. 政府绿色补贴策略建议矩阵**

行业特征	市场竞争强	市场竞争弱
绿色技术 效率高	适合采用高强度线性补贴,鼓励制造商建立双渠道并提升绿色度,形成规模扩张与绿色产品推广的良性循环。	可采用适度补贴与创新奖励并行方式,引导制造商进一步做深绿色研发,提升绿色产品溢价能力。
绿色技术 效率低	不宜使用高额普惠补贴,应优先采取研发补贴或阶段性补贴,以避免无效投入导致补贴浪费。	可采用分段式补贴,激励企业逐步提升技术效率,降低绿色成本并提高供应链协同水平。

基于供应链成员的策略互动机制,本文构建了一个“渠道选择-信息共享-绿色投入”的企业决策框架。研究显示,制造商应根据绿色效率与渠道成本制定渠道布局:在高绿色效率条件下,直销渠道与绿色投资具有互补性,双渠道结构能放大绿色溢价与市场扩张效应;在绿色效率偏低或渠道建设成本较高时,制造商则应优先投入绿色技术以提升边际回报,再逐步考虑渠道扩张。零售商的信息共享决策需根据制造商渠道策略而动态调整:若制造商已入侵且绿色效率高,共享信息可放大绿色溢出效应,零售商有望获得增量利润;反之,在效率较低或竞争强烈时,信息共享可能加剧批发价上升,应保持谨慎。此框架为供应链成员在不同市场情境下实现策略协调提供了系统性的管理指引。

尽管本文对绿色补贴、渠道选择与信息共享的互动机制进行了系统性探讨,但研究仍存在一定局限,主要包括:模型基于单制造商-单零售商结构,未考虑平台零售或多方竞争环境;补贴工具类型仍较为单一,未来可加入碳税、碳交易等政策组合;信息共享行为在实践中受到数字化技术(如区块链、物联网)深刻影响,后续可进一步探讨其在降低信息摩擦、改善协同中的作用。此外,实证层面的数据验证值得进一步加强。未来研究可结合行业面板数据或典型企业案例,对本文的理论机制进行更全面的验证。

综上,本文通过构建绿色补贴情境下的双渠道供应链博弈模型,揭示了技术效率、渠道结构与信息精度之间的系统性互动关系,并将理论模型扩展为可操作的政策矩阵与企业决策框架,为政府制定精准

补贴政策以及企业开展绿色转型提供了可参考的理论基础与管理启示。

## 参考文献

- [1] Srivastava, S.K. (2007) Green Supply-Chain Management: A State-of-the-art Literature Review. *International Journal of Management Reviews*, **9**, 53-80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. “十四五”循环经济发展规划[R]. 2021.
- [3] Yoon, D. (2016) Supplier Encroachment and Investment Spillovers. *Production and Operations Management*, **25**, 1839-1854. <https://doi.org/10.1111/poms.12580>
- [4] 陈克兵, 王雨琦. 基于政府不同补贴形式下的绿色产品制造商渠道选择策略分析[J]. 中国管理科学, 2024, 32(3): 167-177.
- [5] Xu, Y., Tian, Y., Pang, C. and Tang, H. (2024) Manufacturer vs. Retailer: A Comparative Analysis of Different Government Subsidy Strategies in a Dual-Channel Supply Chain Considering Green Quality and Channel Preferences. *Mathematics*, **12**, Article 1433. <https://doi.org/10.3390/math12101433>
- [6] 王治莹, 王崔, 楼振凯. 考虑政府补贴与零售商过度自信的双渠道绿色供应链决策[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2025, 42(1): 96-107.
- [7] Xu, C., Tang, X., Song, J. and Wang, C. (2023) Research on Low-Carbon Dual Channel Supply Chain Considering Product Substitution under Government Carbon Tax and Low-Carbon Subsidy. *PLOS ONE*, **18**, e0287167. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287167>
- [8] Wang, Z. (2023) Recycling Pricing and Government Subsidy Strategy for End-Of-Life Vehicles in a Reverse Supply Chain under Consumer Recycling Channel Preferences. *Mathematics*, **12**, Article 35. <https://doi.org/10.3390/math12010035>
- [9] Lin, X., Zhu, Y., Lin, Z., Li, W. and Lin, Q. (2024) Retailer Information Sharing with Green Manufacturer Encroachment in a Hybrid Supply Chain. *International Transactions in Operational Research*, **32**, 3801-3847. <https://doi.org/10.1111/itor.13438>
- [10] Che, C., Chen, Y., Zhang, X. and Zhang, Z. (2021) The Impact of Different Government Subsidy Methods on Low-carbon Emission Reduction Strategies in Dual-Channel Supply Chain. *Complexity*, **2021**, Article ID: 6668243. <https://doi.org/10.1155/2021/6668243>
- [11] Meng, Q., Li, M., Liu, W., Li, Z. and Zhang, J. (2021) Pricing Policies of Dual-Channel Green Supply Chain: Considering Government Subsidies and Consumers' Dual Preferences. *Sustainable Production and Consumption*, **26**, 1021-1030. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.012>
- [12] Quadir, A. and Raj, A. (2023) Information Sharing in a Green Supply Chain with a Common Retailer. *American Business Review*, **26**, 9.
- [13] Cai, J., Sun, H., Shang, J. and Hegde, G.G. (2023) Information Structure Selection in a Green Supply Chain: Impacts of Wholesale Price and Greenness Level. *European Journal of Operational Research*, **306**, 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.11.002>
- [14] Ma, W., Cheng, Z. and Xu, S. (2018) A Game Theoretic Approach for Improving Environmental and Economic Performance in a Dual-Channel Green Supply Chain. *Sustainability*, **10**, Article 1918. <https://doi.org/10.3390/su10061918>
- [15] Cachon, G.P. and Fisher, M. (2000) Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information. *Management Science*, **46**, 1032-1048. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.8.1032.12029>
- [16] Niu, W., Xia, J. and Shen, H. (2022) Decarbonizing Investment in a Supply Chain with Information Asymmetry under Innovation Uncertainty. *Annals of Operations Research*, **349**, 1277-1309. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04761-w>
- [17] 陈羽桃. 企业环保投资效率研究: 度量、影响因素及印象管理[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2019.
- [18] 张东东, 王汉东. 需求依赖产品绿色度和服务水平的供应链决策与协调[J]. 社会科学前沿, 2017, 6(2): 185-194.
- [19] 张江涛, 崔文田. 需求不确定对单周期产品的生产商-零售商供应链的影响[J]. 商业研究, 2005(7): 103-106.