

# 考虑不同权力结构下的双渠道供应链定价和绿色水平决策

张 婷

长沙理工大学数学与统计学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月10日

## 摘 要

在数字经济时代, 供应链渠道多元化趋势与绿色发展需求同步推进, 企业也在双渠道竞争中面临价格与环境责任的双重决策挑战。本文聚焦于由单一供应商与单一电子零售商构成的双渠道供应链, 在研究框架中纳入三种不同的权力结构(垂直纳什、电子零售商主导的Stackelberg和供应商主导的Stackelberg), 并将绿色水平决策纳入双渠道竞争分析体系, 深入探讨供应链成员价格决策和绿色水平决策问题。利用Stackelberg博弈, 本文确定了三种模型下的均衡解。研究发现: 权力结构不仅决定了利润分配格局, 更深刻影响着绿色创新动力和整体渠道效率, 其中电子零售商主导的结构(ES)最有利于实现供应链总利润最大化。

## 关键词

双渠道供应链, 权力结构, 绿色水平决策, Stackelberg博弈

# Pricing and Green Level Decisions in Dual-Channel Supply Chains under Different Power Structures

Ting Zhang

School of Mathematics and Statistics, Changsha University of Science and Technology, Changsha Hunan

Received: March 8, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 10, 2026

## Abstract

In the era of the digital economy, the trend toward diversified supply chain channels is advancing

in tandem with the demand for green development, and firms face the dual decision-making challenge of pricing and environmental responsibility in the context of dual-channel competition. This paper focuses on a dual-channel supply chain consisting of a single supplier and a single e-retailer, incorporating three distinct power structures—Vertical Nash, E-retailer-led Stackelberg, and Supplier-led Stackelberg—into the analytical framework, and integrates green level decisions into the analysis of dual-channel competition. The study delves into the pricing decisions and green level decisions of supply chain members. Using Stackelberg game theory, the equilibrium solutions under the three models are derived. The findings reveal that the power structure not only determines the distribution pattern of profits but also profoundly influences green innovation incentives and overall channel efficiency, with the e-retailer-led structure (ES) being the most conducive to maximizing total supply chain profit.

## Keywords

Dual-Channel Supply Chains, Power Structures, Green Level Decisions, Stackelberg Game

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

在数字经济浪潮的推动下，电子商务持续高速发展，2023年全国线上交易额达46.83万亿元，同比增长9.4%。企业加速拓展线上渠道的同时，线下零售仍保持65万亿元规模，实体店在消费体验与即时服务领域优势显著。当前商业生态呈现双轨并行特征：企业既借力电商平台扩大市场覆盖面，又通过实体渠道深化品牌价值传递，形成线上线下协同发展的战略布局。

现有研究表明，需要直面将环境可持续性纳入战略决策框架的问题。在绿色经济转型背景下，消费者的环保意识的觉醒正重塑市场格局。如今的消费者在保证产品的使用价值的基础更偏向于选择更环保的产品，例如节能减排的电器、可降解包装的产品、绿色食品等。一项针对27个欧盟委员会成员国的调查发现，75%的消费者愿意为绿色产品支付更高的价格，这推动着供应链绿色化进程加速。因此，众多企业为满足消费者需求，纷纷加入绿色市场通过绿色投资创建可持续供应链。这种变革使得双渠道供应链决策复杂度显著增加，企业不仅需要平衡线上线下渠道竞争，还需将绿色投入等要素纳入决策框架。

除此之外，供应商可能是像义乌商铺这样的小企业，也可以是像新华书店这样的中小企业，也可能像华为这样的巨头企业。本研究认为双渠道供应链成员之间存在权力不平衡，我们关注由电子零售商和供应商组成的双渠道绿色供应链，其中电子零售商掌控线上零售渠道，供应商则掌握线下零售渠道，双渠道绿色供应链成员处于同一个市场竞争，那么每个成员都可能是市场的领导者，则存在三种可能的权力结构：(i) 垂直纳什(VN)，即供应商和电子零售商同时决策；(ii) 电子零售商主导的Stackelberg模型(ES)，即电子零售商为领导者；(iii) 供应商主导的Stackelberg模型(SS)，即供应商为领导者。

综上所述，本研究提出由一个供应商和一个电子零售商组成的双渠道供应链，研究VN、ES、SS三种不同的权力结构，创新性地将绿色水平决策纳入双渠道竞争分析框架。建立相应的模型，推导在不同权力结构下双渠道绿色供应链成员的最优决策和事前利润。通过数值模拟，深入研究权力结构偏好对双渠道供应链的影响，为企业的供应链管理提供理论支持和实践指导，填补该领域研究的空白。

## 2. 文献综述

### 2.1. 双渠道供应链定价决策与绿色水平决策

随着电子商务的快速发展,供应链管理领域对双渠道结构的研究日益深入,尤其关注制造商自有渠道与中介渠道之间的冲突与协调问题,以及双渠道供应链在管理中的动态与面临的挑战[1]。Chiang等[2]分析了制造商在采用双渠道供应链设计中的战略行为,直销渠道作为战略工具从而减少供应链中的双重边际化问题,并且直销渠道的有效性取决于消费者从直销渠道购买的接受度。Cai等[3]的研究表明,供应商开通在线直销渠道会引发渠道冲突,且传统合同面临高昂的管理复杂度,通过价格折扣合同和一致性定价方案能有效减少双渠道供应链中的渠道冲突。Jabarzare等[4]表明,在双渠道供应链竞争的环境下,包装公司通过合作博弈能更有效地提升质量敏感型消费者的福利和供应链整体效益。

值得注意的是,全球变暖加剧促使各国出台环保法规政策,驱动企业实践绿色供应链管理,提升产品绿色水平,进而催生绿色供应链研究新维度。Liu等[5]研究了渠道竞争和消费者环境意识对供应链中制造商和零售商的影响,研究发现随着消费者环境意识的增强,具有卓越环保运营能力的零售商和制造商的盈利能力将得到提高。Lou等[6]研究了竞争与合作在实现碳减排目标中的作用,通过建模分析不同碳效率水平的制造商在定价和减排策略方面的互动,研究发现竞合模式在低碳制造中的优势在于通过合作减少总碳排放并增加利润。Zhu和He[7]主要关注供应链决策中的绿色水平如何受到供应链结构、产品类型和竞争类型的影响,价格竞争和绿色水平竞争的综合影响取决于二者的相对强度:如果价格竞争较强,促进绿色水平提升,如果绿色水平竞争占主导,对绿色投资产生抑制作用。Wang等[8]研究了竞争环境下绿色供应链中的生产决策问题,发现跨供应链竞争对产品绿色水平的影响因决策情境而异,供应链之间的竞争强度决定了绿色产品的投资收益。

### 2.2. 权力结构

权力结构反映了企业在供应链中的相对地位或谈判优势,这种结构可能显著影响供应链各成员的决策过程[9]。垂直纳什、零售商主导的stackelberg博弈和供应商主导的Stackelberg博弈是三种具有不同权力结构的典型博弈[10]。一方面考虑权力结构对供应链绩效的影响。Esmaceli等[11]研究考察了在不同权力结构下,大数据投资对供应商、制造商和零售商的决策和利润的影响,发现在Nash博弈情境下对供应链所有成员和客户最有利。Hu等[12]从三种权力结构和信息透明度分析双渠道供应链的定价决策,利用信号博弈以及筛选模型的机制提升由供应链的绩效。Lee和Minner[13]揭示了不同权力结构在不同需求条件下对供应链利润的影响,强调了在需求不确定性较高的情境下,本地制造商能够为零售商带来更多的优势。Lu和Menezes[14]分析了供应链中由制造商主导向零售商主导权力结构变化的影响,发现滥用权力对强势方造成负面影响,而弱势方可以通过合作机制提升供应链绩效。

总之,尽管已有研究对双渠道供应链定价策略与权力结构进行了探讨,但存在关键局限:首先,现有研究多孤立探讨单一维度,缺乏对权力结构与绿色水平决策的耦合分析,其次,需求函数构建仍局限于传统价格弹性模型,未能充分纳入全球气候治理政策下日益显著的绿色偏好,导致决策模型与现实情境存在偏差。鉴于此,本文将不同的权力结构整合,揭示双渠道供应链成员的最优定价策略与绿色水平均衡解。

## 3. 模型描述与假设

考虑一个由电子零售商和一个供应商组成的双渠道供应链,供应商以绿色水平 $\lambda$ 生产产品并以线下零售价格 $p_s$ 向直营实体店的顾客销售产品,与此同时供应商以批发价格 $w$ 向电子零售商销售产品,电子零售商以线上零售价格 $p_r$ 向顾客销售产品。具体模型结构如下图1所示。

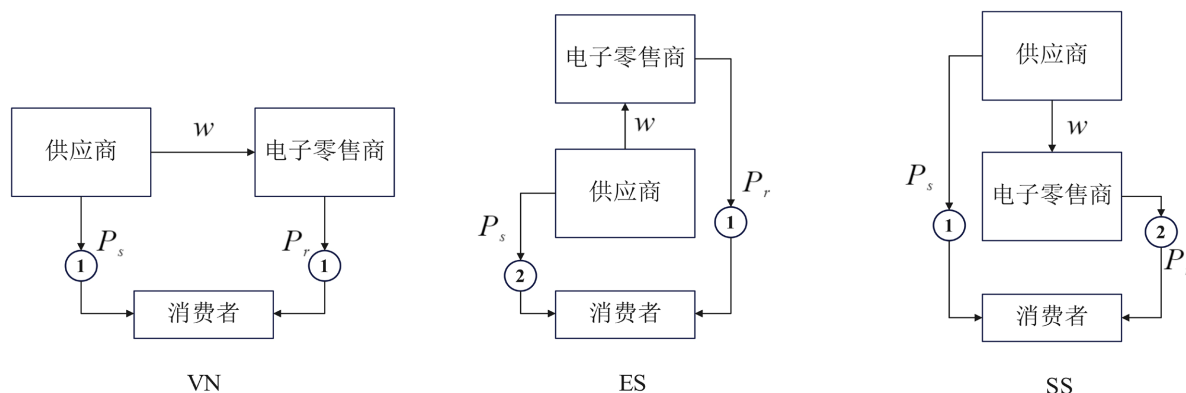


Figure 1. Three power structures

图 1. 三种权力结构

参考研究[15], 定义线下渠道的需求函数  $D_s = (1-\beta)a - p_s + bp_r + c\lambda$  和线上渠道的需求函数  $D_r = \beta a - p_r + bp_s + c\lambda$ 。其中  $a$  表示初始市场潜力,  $\beta (0 < \beta < 1)$  表示线上渠道的市场份额,  $b$  表示两个渠道之间相对于零售价格的交叉价格敏感系数, 从经济意义上看,  $b$  也表示渠道冲突,  $b$  值越大, 表明两个渠道之间的价格竞争越激烈。 $c$  表示消费者的低碳或绿色产品偏好系数。从需求的设置上可以发现, 需求是价格和绿色水平的线性函数, 需求量与自身渠道价格负相关, 与对手渠道价格正相关, 即需求量随自身价格的增加而减少, 对手价格的增加而增加。市场需求对产品的绿色水平也是正敏感的, 表示消费者对绿色产品的偏好。此外, 各个渠道的需求受自身价格的影响大于竞争对手的价格[12] [16] [17]。

在本文中, 我们假设两个成员就批发价格谈判, 即  $w$  不是决策变量, 而是外生变量, 换句话说,  $w$  可以看作是线上零售价格的比率, 具体取值取决于两个成员的谈判能力[12]。假设  $\theta$  为电子零售商的议价能力,  $\theta \in (0, 1)$ , 在此基础上  $w = (1-\theta)p_r$ 。最后不失一般性地将边际生产成本归一化为零[12], 本文相关符号及说明如表 1。

Table 1. Explanation of variables and symbols

表 1. 变量及符号说明

符号	符号名称及含义
$p_s$	线下零售价格
$p_r$	线上零售价格
$\lambda$	单位产品绿色水平
$w$	批发价格
$a$	初始市场潜力
$\tilde{a}$	预期市场潜力
$\beta$	线上渠道的市场份额
$b$	双渠道下交叉价格的敏感系数
$\theta$	电子零售商的议价能力
$k$	绿色投资成本系数
$c$	消费者的绿色偏好系数
$D_s$	线下需求函数
$D_r$	线上需求函数

## 4. 均衡分析

研究由一个电子零售商和一个供应商组成的双渠道供应链，考察双渠道供应链成员的最优决策，研究三种权力结构：VN(垂直纳什)、ES(电子零售商主导的 Stackelberg 模型)、SS(供应商主导的 Stackelberg 模型)，构建三个模型。其中，供应商以绿色水平  $\lambda$  生产产品并以线下零售价格  $p_s$  向直营实体店的顾客销售产品，与此同时供应商以批发价格  $w$  向电子零售商销售产品，电子零售商以线上零售价格  $p_r$  向顾客销售产品。

### 4.1. 垂直纳什结构下的最优决策

在 VN 下，供应商和电子零售商同时决策，供应商决策线下零售价格  $p_s$  和绿色水平  $\lambda$ ，电子零售商决策线上零售价格  $p_r$ 。

在 VN 下，线下需求函数为：

$$D_s^{VN} = (1-\beta)a - p_s^{VN*} + bp_r^{VN*} + c\lambda^{VN*} \quad (1)$$

线上需求函数为：

$$D_r^{VN*} = \beta a - p_r^{VN*} + bp_s^{VN*} + c\lambda^{VN*} \quad (2)$$

供应商的利润函数为：

$$\Pi_s^{VN*}(p_s^{VN*}, \lambda^{VN*}) = (1-\theta)p_r^{VN*}D_r^{VN*} + p_s^{VN*}D_s^{VN*} - \frac{1}{2}k(\lambda^{VN*})^2 \quad (3)$$

电子零售商的利润函数为：

$$\Pi_r^{VN*}(p_r^{VN*}) = \theta p_r^{VN*}D_r^{VN*} \quad (4)$$

求得最优决策为：

$$p_r^{VN*} = \frac{\beta a(2k - c^2) + (1-\beta)a(bk + c^2)}{A_1};$$

$$p_s^{VN*} = \frac{a[(2-\theta)bk + c^2(1-\theta)][\beta(2k - c^2) + (1-\beta)(bk + c^2)] + (1-\beta)akA_1}{(2k - c^2)A_1};$$

$$\lambda^{VN*} = \frac{[2(1-\theta) + (2-\theta)b][\beta(2k - c^2) + (1-\beta)(bk + c^2)]ca + (1-\beta)acA_1}{(2k - c^2)A_1};$$

$$\text{其中 } A_1 = 2(2k - c^2) - (2-\theta)b^2k - c^2(3-2\theta)b - 2(1-\theta)c^2。$$

求得供应商、电子零售商以及双渠道供应链的最优利润为： $\Pi_s^{VN*}(p_s^{VN*}, \lambda^{VN*})$ ； $\Pi_r(p_r^{VN*})$ ； $\Pi_t^{VN*} = \Pi_s^{VN*}(p_s^{VN*}, \lambda^{VN*}) + \Pi_r(p_r^{VN*})$ 。

### 4.2. 电子零售商主导的 Stackelberg 模型

在 ES 下，首先电子零售商决定线上零售价格  $p_r$ ，再由供应商决定线下零售价格  $p_s$ 、单位产品绿色水平  $\lambda$ 。

在 ES 下，线下需求函数为：

$$D_s^{ES} = (1-\beta)a - p_s^{ES*} + bp_r^{ES*} + c\lambda^{ES*} \quad (5)$$

线上需求函数为:

$$D_r^{ES*} = \beta a - p_r^{ES*} + b p_s^{ES*} + c \lambda^{ES*} \quad (6)$$

供应商的利润函数为:

$$\Pi_s^{ES*}(p_s^{ES*}, \lambda^{ES*}) = (1-\theta) p_r^{ES*} D_r^{ES*} + p_s^{ES*} D_s^{ES*} - \frac{1}{2} k (\lambda^{ES*})^2 \quad (7)$$

电子零售商的利润函数为:

$$\Pi_r^{ES*}(p_r^{ES*}) = \theta p_r^{ES*} D_r^{ES*} \quad (8)$$

求得最优决策为:

$$p_r^{ES*} = \frac{\beta a (2k - c^2) + (1-\beta) a (bk + c^2)}{2A_2};$$

$$p_s^{ES*} = \frac{a \left\{ [(2-\theta)bk + c^2(1-\theta)] [\beta(2k - c^2) + (1-\beta)(bk + c^2)] + 2(1-\beta)kA_2 \right\}}{2(2k - c^2)A_2};$$

$$\lambda^{ES*} = \frac{ac \left\{ [2(1-\theta) + (2-\theta)b] [\beta(2k - c^2) + (1-\beta)(bk + c^2)] + 2(1-\beta)A_2 \right\}}{2(2k - c^2)A_2};$$

$$\text{其中 } A_2 = 2k - c^2 - (2-\theta)b^2k - c^2(3-2\theta)b - 2(1-\theta)c^2.$$

求得供应商、电子零售商以及双渠道供应链的最优利润为:  $\Pi_s^{ES*}(p_s^{ES*}, \lambda^{ES*})$ ;  $\Pi_r(p_r^{ES*})$ ;  
 $\Pi_t^{ES*} = \Pi_s^{ES*}(p_s^{ES*}, \lambda^{ES*}) + \Pi_r(p_r^{ES*})$ 。

### 4.3. 供应商主导的 Stackelberg 模型

在 SS 下, 首先供应商决定线下零售价格  $p_s$ 、单位产品绿色水平  $\lambda$ , 再由电子零售商决定线上零售价格  $p_r$ 。

在 SS 下, 线下需求函数为:

$$D_s^{SS} = (1-\beta)a - p_s^{SS*} + b p_r^{SS*} + c \lambda^{SS*} \quad (9)$$

线上需求函数为:

$$D_r^{SS*} = \beta a - p_r^{SS*} + b p_s^{SS*} + c \lambda^{SS*} \quad (10)$$

供应商的利润函数为:

$$\Pi_s^{SS*}(p_s^{SS*}, \lambda^{SS*}) = (1-\theta) p_r^{SS*} D_r^{SS*} + p_s^{SS*} D_s^{SS*} - \frac{1}{2} k (\lambda^{SS*})^2 \quad (11)$$

电子零售商的利润函数为:

$$\Pi_r^{SS*}(p_r^{SS*}) = \theta p_r^{SS*} D_r^{SS*} \quad (12)$$

求得最优决策为:

$$p_s^{SS*} = \frac{A_4 + (1-\vartheta)c\beta a [(2-\vartheta)bc + 2c]}{A_3};$$

$$\lambda^{SS*} = \frac{A_5 + a [(2-\vartheta)b\beta + 2(1-\beta)] [(2-\vartheta)bc + 2c]}{A_3};$$

$$p_r^{SS*} = \frac{\beta a}{2} + \frac{bA_4 + cA_5 + ca[(3-2\vartheta)b\beta + 2(1-\beta)][(2-\vartheta)bc + 2c]}{2A_3};$$

$$\text{其中 } A_3 = [4 - b^2(3 - \vartheta)][2k - (1 - \vartheta)c^2] - [(2 - \vartheta)bc + 2c]^2、$$

$$A_4 = a[(2 - \vartheta)b\beta + 2(1 - \beta)][2k - (1 - \vartheta)c^2]、$$

$$A_5 = (1 - \vartheta)c\beta a[4 - b^2(3 - \vartheta)]。$$

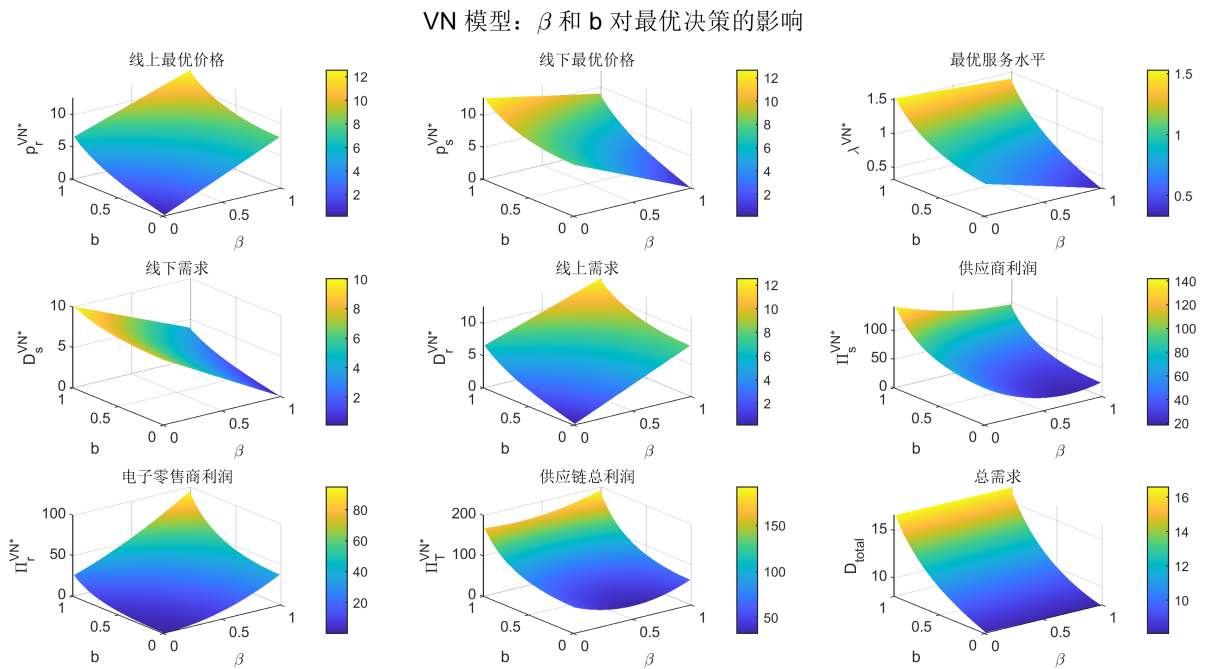
求得供应商、电子零售商以及双渠道供应链的最优利润为： $\Pi_s^{SS*}(p_s^{SS*}, \lambda^{SS*})$ ； $\Pi_r(p_r^{SS*})$ ； $\Pi_t^{SS*} = \Pi_s^{SS*}(p_s^{SS*}, \lambda^{SS*}) + \Pi_r(p_r^{SS*})$ 。

### 5. 权力偏好

在信息对称下，比较双渠道供应链成员在三种权力结构 VN、ES、SS 下的最优决策，对绿色水平  $\lambda$ 、线下零售价格  $p_s$  和线上零售价格  $p_r$  进行比较。为了进一步研究信息对称下权力结构对双渠道成员事前利润的影响，该部分重点考察线上渠道的市场份额  $\beta$  和渠道冲突  $b$  对事前利润的影响。设置如下参数进行数值分析：

$$a = 16, \vartheta = 0.6, k = 2, c = 0.2。$$

#### 5.1. 最优决策与利润



**Figure 2.** Effects of market share and channel conflict on optimal decisions under the VN model

**图 2.** VN 模型下市场份额和渠道冲突对最优决策的影响

在 VN 模型下，见图 2，以上数值结果说明，随着线上渠道市场份额和渠道冲突的增加，线上零售价格升高，首先， $\beta$  的增加意味着线上渠道在总市场中的相对重要性上升，电子零售商拥有更强的市场势力和议价能力，因此倾向于设定更高的线上价格以获取超额利润。与此同时，由于渠道间存在替代性（即交叉价格弹性  $b > 0$ ）线上价格的上涨会驱动部分消费者转向线下渠道，从而扩大线下需求，供应商因

而具备提高线下价格的空间。因此, 市场份额向线上倾斜不仅直接推高线上价格, 还通过需求转移效应间接带动线下价格上升。其次,  $b$  的增加加剧了渠道间的竞争, 但在此情境下, 供应商并未陷入低价竞争的陷阱, 反而通过提升绿色水平来增强产品差异化, 以缓解价格竞争并吸引环保意识较强的消费者。绿色水平的提高直接增加了产品的感知价值, 为双方提高零售价格提供了合理性, 除此之外, 线上需求与  $\beta$  和  $b$  成正比, 线下需求与  $\beta$  成反比, 与  $b$  成正比, 供应链需求与  $b$  成正比。对于最优利润, 线上最优利润与  $\beta$  和  $b$  成正比, 线下最优利润与  $\beta$  成反比, 与  $b$  成正比。对于垂直纳什模型下, 给到供应商的建议是: 同步决策, 关注绿色投入和成本控制; 对于电子零售商的建议: 同步决策, 关注线上价格与服务的平衡。

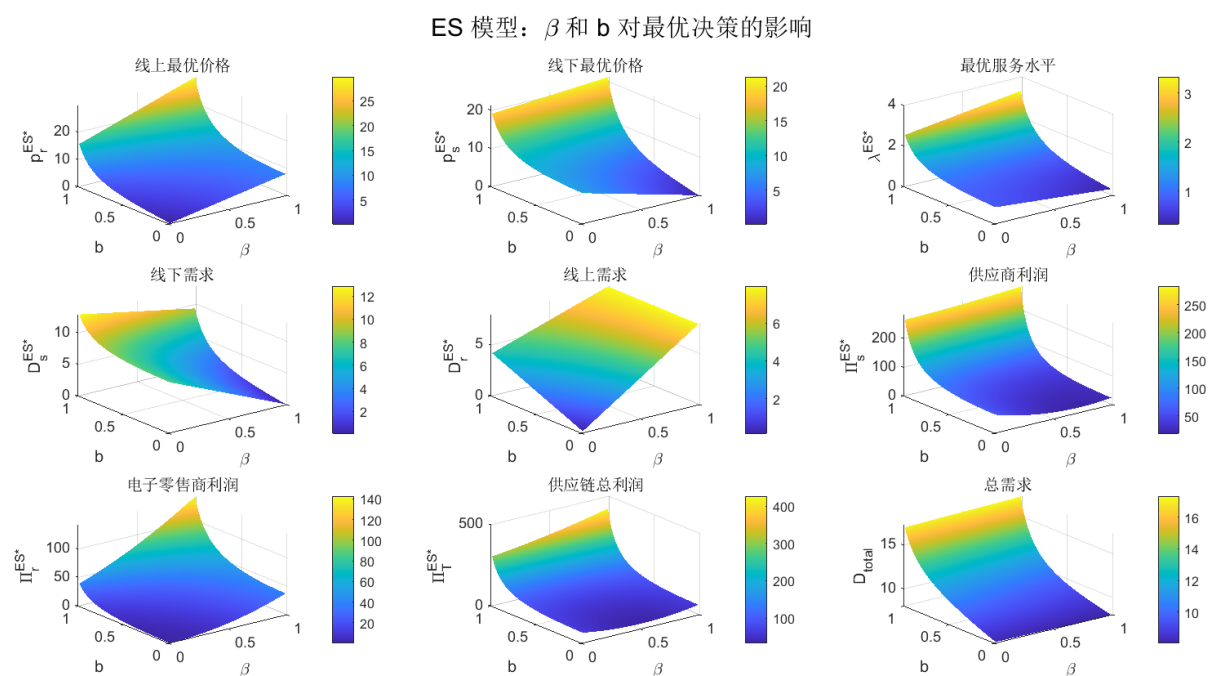
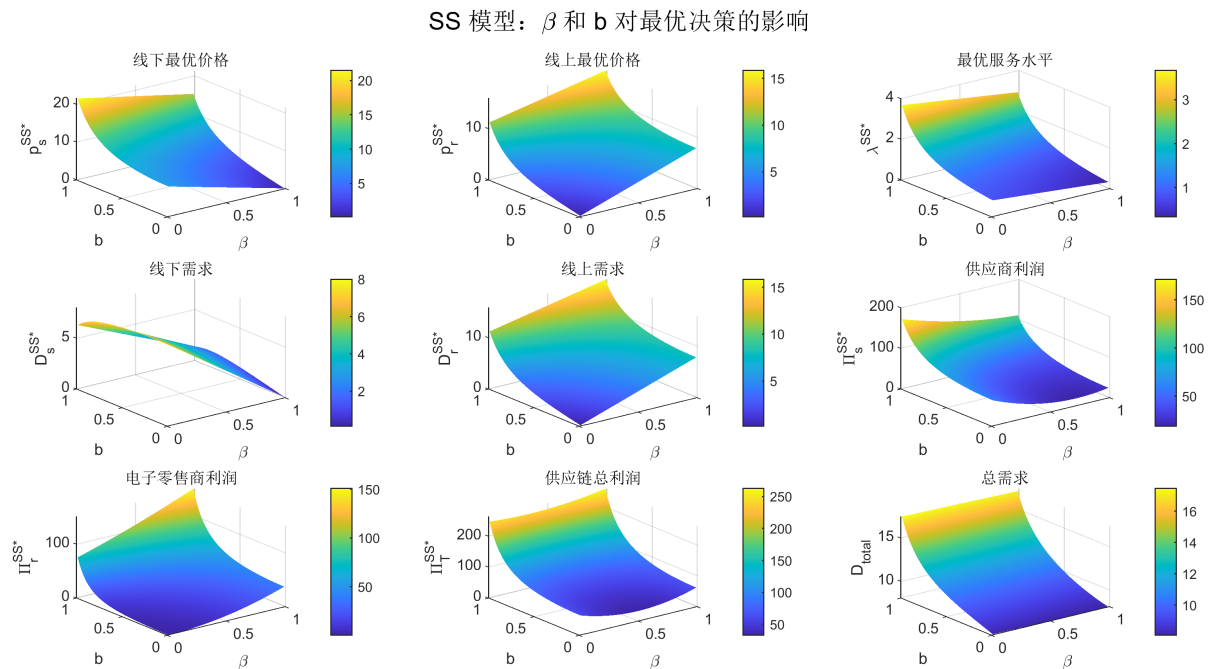


Figure 3. Effects of market share and channel conflict on optimal decisions under the ES model

图 3. ES 模型下市场份额和渠道冲突对最优决策的影响

在 ES 模型下, 见图 3, 以上数值结果说明, 随着线上渠道市场份额和渠道冲突的增加, 线上零售价格升高, 这一现象可从主导企业的战略行为与跟随者的适应性反应两个层面加以解释。首先, 作为市场领导者, 电子零售商拥有定价优先权, 当  $\beta$  增大时, 线上渠道的市场重要性显著提升, 其有更强的动机利用先动优势提高  $p_r$  以攫取更高边际利润, 此即“市场势力效应”。其次, 供应商作为跟随者, 在观察到线上高价后, 最优反应是提升绿色水平  $\lambda$  以增强产品差异化, 从而缓解渠道竞争带来的价格下行压力, 并吸引环保敏感型消费者。绿色水平的提升为线上高价提供了质量支撑, 使得电子零售商能够在渠道冲突加剧时仍维持较高的定价。换言之, 原本可能引发价格战的渠道竞争。这一发现揭示了在零售商主导的双渠道供应链中, 渠道结构变化与绿色策略之间存在正向互动, 主导者可将市场扩张与竞争压力转化为提价动力, 而跟随者的绿色投入则成为这一战略得以实现的关键保障。

除此之外, 在双渠道供应链中, 市场份额向线上转移不是威胁, 而是推动绿色升级的机遇; 渠道竞争加剧也不必然导致价格战, 反而可能通过绿色差异化实现价值提升。供应商和电子零售商应摒弃零和思维, 建立基于绿色协同的新型合作关系。电子零售商要善用先动优势引导绿色投入, 供应商则要将绿色能力建设作为核心战略, 双方共同在渠道变革中实现可持续增长。



**Figure 4.** Effects of market share and channel conflict on optimal decisions under the SS model  
**图 4.** SS 模型下市场份额和渠道冲突对最优决策的影响

在 SS 模型下，见图 4，以上数值结果说明，随着线上渠道市场份额和渠道冲突的增加，线下零售价格升高，线下零售价格与  $\beta$  和  $b$  成正比，线上零售价格与  $\beta$  成反比，与  $b$  成正比，这一现象可归因于供应商作为领导者的战略行为：当  $\beta$  增大时，供应商预见到电子零售商将利用扩大的线上市场设定较高的  $p_r$ ，因此主动提高  $p_s$ ，以维持渠道利润平衡；同时， $b$  的加剧促使供应商提升绿色水平  $\lambda$ ，通过产品差异化  $p_s$  的上涨提供质量支撑。对于  $p_r$ ，其与  $\beta$  成正比源于线上市场扩张带来的需求基础扩大，使其具备提价空间；但与  $b$  成反比则是因为渠道竞争加剧时，电子零售商作为跟随者面临更大的替代压力，被迫在一定程度上降低价格以吸引消费者，从而部分抵消了绿色水平提升带来的正向效应。这种分化反映了供应商主导下渠道权力不对等的内在张力：领导者通过绿色投入巩固线下定价权，而跟随者则在竞争与市场扩张的双重作用下进行折衷定价。

## 5.2. 不同权力结构下的最优决策

见图 5，对于线上零售价格的对比为： $p_r^{VN*} < p_r^{SS*} < p_r^{ES*}$ ；对于线下零售价格：当  $\beta$  为小值， $p_s^{VN*} < p_s^{ES*} < p_s^{SS*}$ ，当  $\beta$  为大值， $p_s^{VN*} < p_s^{SS*} < p_s^{ES*}$ ；对于绿色水平：当  $\beta$  为小值， $\lambda^{VN*} < \lambda^{ES*} < \lambda^{SS*}$ ，当  $\beta$  为大值， $\lambda^{VN*} < \lambda^{SS*} < \lambda^{ES*}$ 。

从线上零售价格结果分析，电子零售商作为领导者拥有定价先动优势，能够直接设定较高的线上价格以最大化自身利润，且供应商的绿色投入为其高价提供了质量支撑，所以 ES 模型最高；供应商主导下，线上价格由电子零售商在观察到供应商决策后决定。供应商通过设定较高的线下价格和绿色水平，间接压缩了线上价格的下行空间，但电子零售商仍保留一定的定价自主权，因此价格低于 ES 模型但高于 VN 模型，所以 SS 模型最高；双方同时决策时，缺乏先动优势，价格竞争较为激烈，导致线上价格处于最低水平，所以 VN 模型最低。

从线下零售价格结果分析，当  $\beta$  较小时，在线下市场占优时，供应商作为线下渠道的直接掌控者在 SS 模型下拥有最强定价权，能够设定最高的线下价格；ES 模型下电子零售商虽主导线上，但线下定价权

仍部分归属供应商，价格次之；VN 模型下双方势均力敌，竞争最激烈，价格最低。当  $\beta$  较大时在线下市场占优时，随着线上市场扩张，电子零售商的主导地位溢出至线下渠道。在 ES 模型下，电子零售商通过线上高价间接推高线下需求，供应商得以提高线下价格；SS 模型下供应商虽仍为领导者，但线上市场的扩张削弱了其线下定价的绝对优势，价格低于 ES 模型；VN 模型仍保持最低。

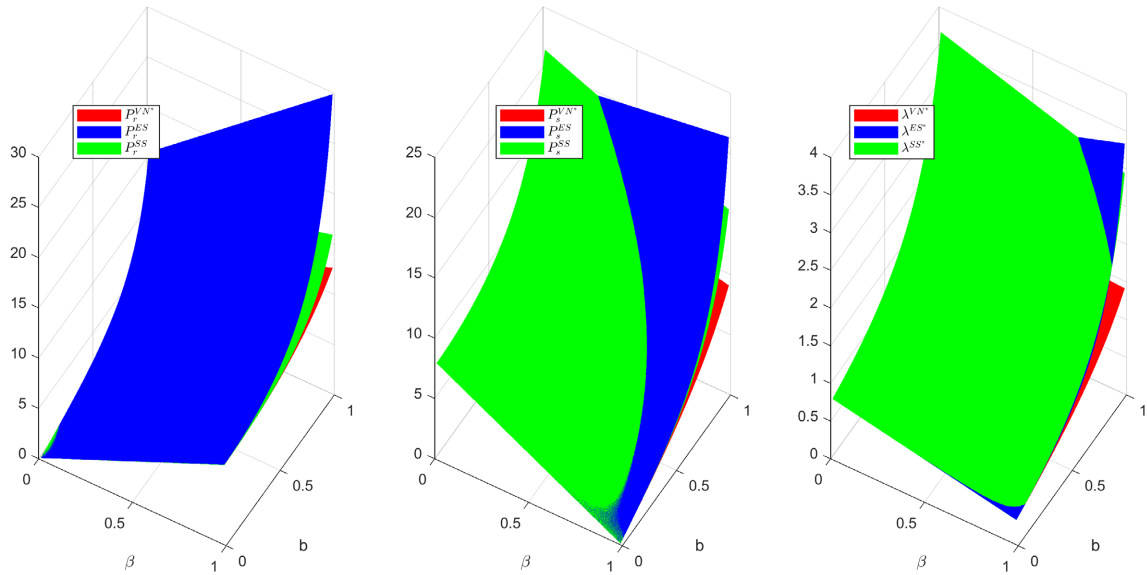
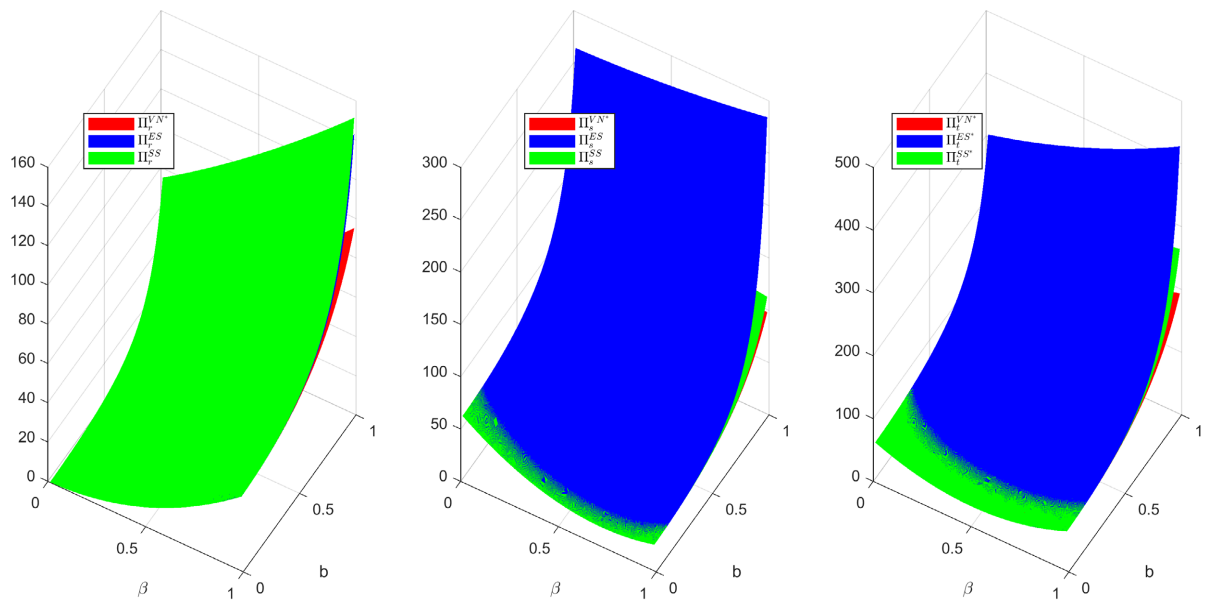


Figure 5. Comparison of optimal decisions under different power structures  
图 5. 不同权力结构下最优决策对比

从绿色水平结果分析，当  $\beta$  较小时，线下市场主导时，供应商在 SS 模型下作为领导者有最强动力投资绿色，以增强线下产品差异化并支撑高价；ES 模型下供应商虽为跟随者，但电子零售商的高价策略激励其提升绿色水平；VN 模型下双方同时决策，绿色投入的协同效应最弱。当  $\beta$  较大时，线上市场主导时，电子零售商在 ES 模型下的领导者地位使其能够通过定价策略强烈激励供应商提升绿色水平，以配合其高价策略；SS 模型下供应商虽仍投资绿色，但线上市场的扩张使其绿色投入的边际收益相对下降；VN 模型仍处于最低水平。

### 5.3. 不同权力结构下的最优利润

见图 6，对于电子零售商的不同权力结构下的最优利润结果对比，可得  $\Pi_r^{VN*} < \Pi_r^{ES*} < \Pi_r^{SS*}$ ；对于供应商结果对比，可得  $\Pi_s^{VN*} < \Pi_s^{SS*} < \Pi_s^{ES*}$ ；对于供应链结果对比可得  $\Pi_t^{VN*} < \Pi_t^{SS*} < \Pi_t^{ES*}$ 。处于 VN 模型下，双方同时决策时，缺乏协调导致双重边际效应加剧，绿色投入不足且价格竞争激烈，利润被严重侵蚀；在 SS 模型中，供应商作为领导者率先设定较高的绿色水平  $\lambda$  和线下价格  $p_s$ 。绿色投入提升了产品整体吸引力，电子零售商无需分担绿色成本即可享受需求外溢，同时作为跟随者可以灵活设定线上价格  $p_r$ ，在供应商构建的高质量基础上实现较高利润，所以在 SS 模型下电子零售商利润最高；在 ES 模型中，电子零售商的高价策略为供应商的绿色投入创造了广阔的市场空间。供应商虽承担全部绿色成本，但较高的线上价格  $p_r$  和扩大的市场需求  $D_r$  使其能够通过批发收入和线下销售获得超额回报，所以在 ES 模型下供应商利润最高；而供应链利润在 ES 模型下最高，表明零售商主导的结构最有利于实现渠道整体效率。最优利润比较中的“反直觉”现象揭示了供应链权力博弈的复杂性：主导权带来的不一定是利润最大化，而是策略灵活性与风险控制的权衡。



**Figure 6.** Comparative analysis of optimal profits under different power structures  
**图 6.** 不同权力结构下最优利润对比分析

## 6. 总结

综合而言，本研究表明，双渠道供应链的权力结构不仅决定了利润在成员间的分配格局，更深刻影响着利润创造的总规模和绿色创新的动力机制。市场份额向线上转移并非零和博弈，渠道竞争加剧也未必带来损害，关键在于如何设计合理的权力结构与协调机制。对于企业管理者而言，应根据自身在渠道中的权力地位动态调整策略：主导者应善用先动优势引导绿色投入，跟随者则需灵活适应并借助绿色差异化获取利润；同时，双方应摒弃零和思维，认识到在 ES 结构下实现“整体最优”的潜力，共同推动供应链向绿色可持续方向转型。

## 参考文献

- [1] Tsay, A.A. and Agrawal, N. (2004) Modeling Conflict and Coordination in Multi-Channel Distribution Systems: A Review. In: Simchi-Levi, D., Wu, S.D. and Shen, Z.J., Eds., *International Series in Operations Research & Management Science*, Springer, 557-606. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-7953-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-7953-5_13)
- [2] Chiang, W.K., Chhajed, D. and Hess, J.D. (2003) Direct Marketing, Indirect Profits: A Strategic Analysis of Dual-Channel Supply-Chain Design. *Management Science*, **49**, 1-20. <https://doi.org/10.1287/mnsc.49.1.1.12749>
- [3] Cai, G., Zhang, Z.G. and Zhang, M. (2009) Game Theoretical Perspectives on Dual-Channel Supply Chain Competition with Price Discounts and Pricing Schemes. *International Journal of Production Economics*, **117**, 80-96. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.053>
- [4] Jabarzare, N. and Rasti-Barzoki, M. (2020) A Game Theoretic Approach for Pricing and Determining Quality Level through Coordination Contracts in a Dual-Channel Supply Chain Including Manufacturer and Packaging Company. *International Journal of Production Economics*, **221**, Article 107480. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.09.001>
- [5] Liu, Z., Anderson, T.D. and Cruz, J.M. (2012) Consumer Environmental Awareness and Competition in Two-Stage Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, **218**, 602-613. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.027>
- [6] Luo, Z., Chen, X. and Wang, X. (2016) The Role of Co-Opetition in Low Carbon Manufacturing. *European Journal of Operational Research*, **253**, 392-403. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.02.030>
- [7] Zhu, W. and He, Y. (2017) Green Product Design in Supply Chains under Competition. *European Journal of Operational Research*, **258**, 165-180. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.053>
- [8] Wang, J., Chang, J. and Wu, Y. (2020) The Optimal Production Decision of Competing Supply Chains When Considering

- Green Degree: A Game-Theoretic Approach. *Sustainability*, **12**, Article 7413. <https://doi.org/10.3390/su12187413>
- [9] Luo, Z., Chen, X., Chen, J. and Wang, X. (2017) Optimal Pricing Policies for Differentiated Brands under Different Supply Chain Power Structures. *European Journal of Operational Research*, **259**, 437-451. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.046>
- [10] Choi, S.C. (1991) Price Competition in a Channel Structure with a Common Retailer. *Marketing Science*, **10**, 271-296. <https://doi.org/10.1287/mksc.10.4.271>
- [11] Esmaeeli, Z., Mollaverdi, N. and Safarzadeh, S. (2024) A Game Theoretic Approach for Green Supply Chain Management in a Big Data Environment Considering Cost-Sharing Models. *Expert Systems with Applications*, **257**, Article 124989. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124989>
- [12] Hu, X., Cai, J. and Yue, X. (2024) Power Structure Preferences in a Dual-Channel Supply Chain: Demand Information Symmetry vs. Asymmetry. *European Journal of Operational Research*, **314**, 920-934. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.10.041>
- [13] Lee, E. and Minner, S. (2024) How Power Structure and Markup Schemes Impact Supply Chain Channel Efficiency under Price-Dependent Stochastic Demand. *European Journal of Operational Research*, **318**, 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.05.019>
- [14] Lu, L. and Menezes, M.B.C. (2024) Supply Chain Vertical Competition and Product Proliferation under Different Power Structures. *International Journal of Production Economics*, **267**, Article 109097. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109097>
- [15] Xu, X., He, P., Xu, H. and Zhang, Q. (2017) Supply Chain Coordination with Green Technology under Cap-and-Trade Regulation. *International Journal of Production Economics*, **183**, 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.029>
- [16] Ma, X., Mao, J., Luo, Q. and Bai, Q. (2024) Effects of Information Superiority and Green Optimism on Green Supply Chains under Different Power Structures. *International Journal of Production Economics*, **268**, Article 109105. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109105>
- [17] 陈克兵, 孔颖琪, 雷东. 考虑消费者偏好及渠道权力的可替代产品供应链的定价和绿色投入决策[J]. 中国管理科学, 2023, 31(5): 1-10.

## 附录

(1) VN 模型最优解求解过程：首先，将电子零售商的利润函数

$\Pi_s^{VN*}(p_s^{VN}, \lambda^{VN}) = (1-\theta)p_r^{VN}D_r^{VN} + p_s^{VN}D_s^{VN} - \frac{1}{2}k(\lambda^{VN})^2$  对  $p_s^{VN}$  和  $\lambda^{VN}$  分别求导，而将电子零售商的利润函数  $\Pi_r^{VN}(p_r^{VN}) = \theta p_r^{VN}D_r^{VN}$  对  $p_r^{VN}$  求导，得出三个等式，从而求得  $p_s^{VN*}$ 、 $\lambda^{VN*}$ 、 $p_r^{VN*}$ 。

(2) ES 模型最优解求解过程：将供应商利润函数

$\Pi_s^{ES*}(p_s^{ES}, \lambda^{ES}) = (1-\theta)p_r^{ES}D_r^{ES} + p_s^{ES}D_s^{ES} - \frac{1}{2}k(\lambda^{ES})^2$  对  $p_s^{ES}$  和  $\lambda^{ES}$  分别求导，两个等式得出  $p_s^{ES}$  和  $\lambda^{ES}$  关于  $p_r^{VN}$  的等式，再将电子零售商的利润函数  $\Pi_r^{ES*}(p_r^{ES}) = \theta p_r^{ES}D_r^{ES}$  对  $p_r^{ES}$  求导，得  $p_r^{ES}$  关于  $p_s^{ES}$  和  $\lambda^{ES}$  等式，再将  $p_s^{ES}$  和  $\lambda^{ES}$  关于  $p_r^{VN}$  的等式带入，求得  $p_r^{VN*}$ ，再代入得  $p_s^{ES*}$  和  $\lambda^{ES*}$

(3) SS 模型最优解求解过程：同理利用逆向归纳法。