

考虑销售努力与退货行为的制造商直播渠道策略研究

柯礼敏

长沙理工大学数学与统计学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年10月4日; 发布日期: 2025年10月13日

摘要

本文构建由制造商、零售商和网红主播组成的三方供应链博弈模型, 研究存在网红主播销售努力和消费者退货行为的情形下, 制造商在单一传统渠道(B)、单一直播渠道(E)和混合双渠道(S)三种模式下的最优策略选择。通过建立Stackelberg博弈模型, 使用逆向归纳法推导出各模式下价格、努力水平、退货量及其利润的均衡解。研究发现: 直播销售价并不总是低于传统零售价, 其关系受消费者敏感系数影响; 混合双渠道模式下制造商的利润、市场需求和退货量均最高; 当消费者对网红销售努力敏感且佣金率较低时制造商才会选择直播渠道。

关键词

渠道策略, 销售努力, 消费者退货, Stackelberg博弈

Research on Manufacturer's Live Streaming Channel Strategy Considering Sales Effort and Return Behavior

Limin Ke

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

Received: September 11, 2025; accepted: October 4, 2025; published: October 13, 2025

Abstract

This paper constructs a tripartite supply chain game model involving manufacturer, retailer and live streamer. It investigates the optimal strategy selection for the manufacturer under three modes: single traditional channel (B), single livestream channel (E), and hybrid dual-channel (S), in the con-

text of consumer returns and the sales effort behavior of the influencer. By establishing a Stackelberg game model and using backward induction, the equilibrium solutions for price, effort level, return quantity, and profit under each mode are derived. The study finds that the livestream selling price is not always lower than the traditional retail price; their relationship depends on the consumer sensitivity coefficient. Under the hybrid dual-channel mode, the manufacturer's profit, market demand, and return quantity are the highest. The manufacturer will only choose the livestream channel when consumers are sensitive to the influencer's sales effort and the commission rate is low.

Keywords

Channel Strategy, Sales Effort, Consumer Returns, Stackelberg Game

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

在互联网科技突飞猛进的赋能下，电商业态的发展达到了一个新的历史高度。其中，网红直播带货作为一种新兴的营销方式，因其直观、互动性强和能够快速建立消费者信任的特点，迅速成为众多制造商和线上零售商的重要销售渠道。与传统电商相比，网红直播销售最显著的特征在于引入了“主播”这一关键角色。优点在于直播带货的“社交”及互动性更强，所以主播的销售努力也很重要。其商业模式与传统零售存在显著差异，主要体现在复杂的多方利益分配机制上。制造商在引入直播销售渠道时，不仅需要支付一定比例的佣金和固定坑位费，还可能产生与传统电商销售渠道的冲突。并且消费者在直播间冲动购买导致的高退货量问题也不容忽视，因此，直播渠道的兴起为制造商带来机遇也伴随着挑战，是否引入直播渠道以及引入直播渠道后如何协调供应链成员之间的决策，是迫切需要研究的问题。

2. 文献综述

2.1. 直播销售

直播销售(LS)代表了一种新颖的模式，其特征是卖家和客户之间的实时交互，使消费者能够同时下单。现场直播使卖家能够刺激冲动购买，以扩大市场。与传统研究相比，直播销售表现出更倾向于煽动消费者的冲动购买[1]。直播电商中，主播凭借其影响力引导并重塑消费者的注意力，进而重塑其消费需求，这一过程使得流量数据的配置效率产生了显著的经济价值[2]。具体来说，Chen等[3]证明了流量、娱乐、社交互动和认可可以诱导消费者对直播的使用意愿。Sun等[4]认为，实时互动通过其信息传递与说服机制，能够有效提升线上销售转化率，而这种积极影响的强度受到卖家属性与产品特质的共同调节。欣欣向荣的直播销售得到了越来越多企业关注，但是如何将直播销售发挥到关键处，不少学者开始研究直播销售对消费者购买意愿的影响[5]。陈海权等[6]以网红主播为研究对象，基于感知价值理论，探讨了直播平台中网红个人特质对粉丝购买意愿的作用机理。张昊等[7]认为网红吸引力主要受到知名度、话题度、点击率和活跃度等因素的影响。

2.2. 渠道战略

渠道策略一直是制造商和零售商关注的主要问题，近年来在在线零售的背景下得到了进一步的强调。

在过去的几十年里,有大量的研究记录了这个问题。主要集中在渠道的引入与选择,Wang等[8]以电商平台双渠道供应链为背景,探讨制造商在转售、代销和直销三种模式下的最优均衡策略选择问题。张梦颖等[9]通过建立引入平台渠道前后的供应链决策模型,探讨了制造商渠道设计策略及其对传统零售商利润的影响。李宗活等[10]在双渠道供应链中考虑消费者的策略行为,分别建立了分散与集中决策环境下包含短视型和策略型消费者的双渠道动态定价模型。之前的一些工作主要集中在研究制造商或零售商在原来的销售渠道之外,是否应该增加在线渠道或直接渠道,他们确认新渠道的引入并不总是对公司有利。Chiang [11]和 Yan [12]研究表明引入直销渠道有利于制造商,但并不一定对零售商不利。Yan [13]研究表明制造商引入代销渠道的意愿随渠道间溢出程度的增加而增加,在适度溢出的情况下制造商和电子零售商可以达成双赢。

现有研究多聚焦于直播带货的收益,却相对忽略了制造商采纳该渠道所需承担的成本与潜在风险。此外,在“网红直播”与传统电商平台并存的双渠道情境下的相关探讨也较为匮乏。基于上述研究背景,本文以制造商、零售商和网红主播组成的供应链系统,运用博弈论构建了单一传统渠道、单一直播渠道、混合双渠道三种销售渠道策略模型,通过引入消费者对网红主播销售努力水平敏感系数、佣金率、网红主播的流量效应以及消费者偏好程度等参数,求解并分析不同模型下的定价决策和制造商的渠道选择策略,丰富了双渠道供应链的研究理论。

3. 模式描述与假设

3.1. 模型描述

本文从网红销售努力水平角度考虑消费者退货,建立由制造商、零售商、主播及消费者组成的供应链模型,制造商制造产品,存在两种不同的销售渠道,即传统电商和网红直播模式。具体模型结构如下图 1 所示:

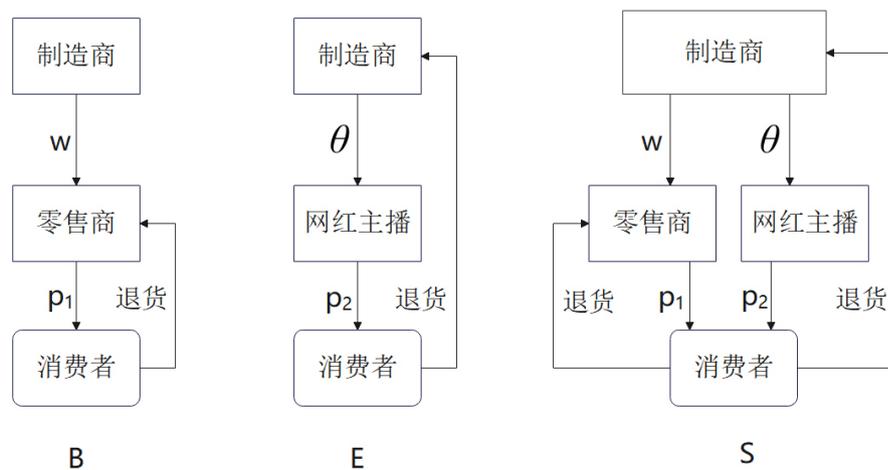


Figure 1. Three types of channel structures

图 1. 三种渠道结构图

3.2. 相关假设

(1) 为了便于分析,参照郭晓龙等[14]的研究思路,假设制造商的单位生产成本为零,成本为零时不影响结论。

(2) 制造商通过网红主播渠道销售产品时,需要向网红主播支付一定比例 θ 的佣金和固定坑位费 f ,

以行业标杆案例为例，知名直播机构如三只羊网络、董洁直播间等，其佣金比例通常设定在销售额 10% 至 50% 之间。

(3) 退货假设。不考虑退货造成的损失，即 $s = 0$ ；消费者以购买价格 p 将产品退给供应商。参考赵晓敏、李明芳等[15]-[17]的退货函数设置，将退货分为“缺陷退货”和“无缺陷退货”两种。“缺陷退货”代表因产品质量问题而产生的退货需求，假设缺陷退货量为固定值，表示为 $R_1 = z$ ；“无缺陷退货”代表产品质量不存在问题，后面简称为退货量，消费者由于其他原因产生的退货需求，设无缺陷退货量为

$R_2 = h(\rho) = \frac{\delta}{\rho}$ ，其中 ρ ($\rho \geq 1$) 为网红主播努力成本，当 $\rho = 1$ 时，表示网红的最低努力水平，即保障产品正常销售的努力水平。 δ 表示网红主播维持最低努力水平时，供应链系统中的最大退货量，该假设模拟了网红主播努力的规模收益递减模型。总退货量为 $R = R_1 + R_2$ 。

(4) 主播的努力成本是关于其努力行为的递增凹函数[18]，因此借鉴文献可知网红主播的努力成本为 $g(\rho) = \frac{\rho^2}{2}$ 。

(5) 在混合双渠道模式下，网红主播通过其自身所具有的粉丝流量以及在直播中的努力水平，吸引了更多的消费者，使得网红主播对传统电商渠道的销售量产生了正向影响 $u\rho$ ($0 < u < 1$) [19]，另外考虑到消费者偏好，使用 r ($0 < r < 1$) 表示消费者对传统电商渠道的偏好程度， r 越大，表示有更多的消费者倾向于传统电商渠道购买。

本研究涉及的相关符号说明如表 1 所示。

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
a	市场需求
b	交叉价格敏感系数
w	批发价格
k	消费者对于网红主播努力水平的敏感系数
z	缺陷退货量，为固定值
u	流量效应
r	消费者对于传统电商渠道的偏好程度
ρ	网红主播的努力水平
θ	网红主播的佣金率
f	网红主播的固定坑位费
h^j	j 模型的无缺陷退货量

4. 均衡分析

4.1. 模式 B

在 B 模型中，制造商只通过传统电商渠道销售产品，以批发价格 w 批发给零售商进行销售，此时的市场需求为：

$$D_1 = a - p_1 \quad (1)$$

利润函数为：

$$\pi_m = w(D_1 - R_1) \quad (2)$$

$$\pi_r = (p_1 - w)(D_1 - w) \quad (3)$$

决策时先由制造商决定批发价格 w ，零售商再决定销售价格 p_1 ，根据逆向归纳法求出最优决策和利润为：

$$p_1^{B*} = \frac{3(a-z)}{4}, \quad w^{B*} = \frac{a-z}{2}, \quad D_1^{B*} = \frac{a+3z}{4}, \quad \pi_r^{B*} = \frac{(a-z)^2}{16}, \quad \pi_m^{B*} = \frac{(a-z)^2}{8},$$

$$\text{通过整理可得：} p_1^{B*} = \frac{w^{B*}}{2} + \frac{a-z}{2}.$$

4.2. 模式 E

在 E 模型中，制造商普遍采用“固定坑位费加佣金”的支付方式，来与在直播平台进行带货的网红主播开展合作。此时的市场需求为：

$$D_2 = a - p_2 + k\rho \quad (4)$$

利润函数为：

$$\pi_m = (1-\theta)p_2(D_2 - R_1) - p_2R_2 - f \quad (5)$$

$$\pi_s = \theta p_2(D_2 - R_1) - \frac{\rho^2}{2} + f \quad (6)$$

决策时，由制造商先决定直播销售价格 p_2 ，网红主播再根据销售价格决定自身努力水平 ρ 。求出最优决策和利润为：

$$p_2^{E*} = \frac{a-z}{2(1-\theta k^2)}, \quad \rho^{E*} = \frac{\theta k(a-z)}{2(1-\theta k^2)}, \quad D_2^{E*} = \frac{a+z}{2}, \quad h^{E*} = \frac{2\delta(1-\theta k^2)}{\theta k(a-z)},$$

$$\pi_m^{E*} = \frac{(a-z)^2(1-2\theta)}{4(1-\theta k^2)} - \frac{\delta}{\theta k} - f,$$

$$\pi_s^{E*} = \frac{\theta(a-z)^2(2-3\theta k^2)}{8(1-\theta k^2)^2} + f,$$

通过结果可知 $\rho^{E*} = \theta k p_2^{E*}$ ，即网红主播的均衡销售努力水平 ρ^{E*} 与直播销售价 p_2^{E*} 成正向关系，按照模型设置可得无缺陷退货量与直播销售价成负向关系。

命题 1：

$$\frac{\partial p_2^{E*}}{\partial k} > 0; \quad \frac{\partial p_2^{E*}}{\partial \theta} > 0;$$

$$\frac{\partial \pi_m^{E*}}{\partial k} > 0; \quad \text{当 } \theta \in (0, \theta_1) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_m^{E*}}{\partial \theta} > 0; \quad \text{当 } \theta \in (\theta_1, 1) \text{ 时, } \frac{\partial \pi_m^{E*}}{\partial \theta} < 0,$$

在单一直播模式中销售努力水平与直播价格成正向关系。随着消费者敏感系数的增加，不仅激发了网红主播提升努力水平的积极动能，还促使网红直播销售价的增加。制造商通过单一直播渠道销售产品时，存在一个最优的佣金比例区间，当佣金比例低于临界值 θ_1 时，适当提高佣金率带来的边际收益大于成本增加，从而推动制造商利润增长。然而，当佣金比例超过最优阈值后，继续提高佣金率将导致成本增速超过收益增速，反而会侵蚀制造商的利润空间。

4.3. 模式 S

在 S 模型中, 制造商同时采用两种模式进行销售, 会存在消费者偏好, 由于网红主播的流量效应对传统电商渠道的市场需求产生了正向影响 $u\rho$ 。另外考虑到渠道间的交叉价格效应, 此时制造商批发给零售商的市場需求为:

$$D_1 = ra - p_1 + bp_2 + u\rho \quad (7)$$

通过委托网红主播销售的市場需求为:

$$D_2 = (1-r)a - p_2 + bp_1 + k\rho \quad (8)$$

S 模型中总市場需求 $D = D_1 + D_2$ 。

利润函数为:

$$\pi_m = w(D_1 - R_1) + (1-\theta)p_2(D_2 - R_1) - p_2R_2 - f \quad (9)$$

$$\pi_r = (p_1 - w)(D_1 - w) \quad (10)$$

$$\pi_s = \theta p_2(D_2 - R_1) - \frac{\rho^2}{2} + f \quad (11)$$

决策过程中, 处于主导地位的制造商先确定批发价格 w , 零售商再根据批发价格决定传统电商模式销售价 p_1 , 网红主播在知晓传统电商零售商的销售价格后, 通过调整直播销售价格 p_2 和网红销售努力水平 ρ 使得自身利润最大化。采用逆向归纳法求得渠道成员的最优决策和利润为:

$$p_1^{S*} = \frac{a(2-\theta k^2)(2r(2-\theta k^2) + b(1-r)(1-\theta))}{4((2-\theta k^2 - bD)(2-\theta k^2) - (1-\theta)b^2)}, \text{ 其中 } D = b + \theta ku,$$

$$p_2^{S*} = \frac{(1-r)a - z}{2-\theta k^2} + \frac{ab(2-\theta k^2)(2r(2-\theta k^2) + b(1-r)(1-\theta))}{4(2-\theta k^2)((2-\theta k^2 - bD)(2-\theta k^2) - (1-\theta)b^2)},$$

$$\rho^{S*} = \theta k \left[\frac{(1-r)a - z}{2-\theta k^2} + \frac{ab(2-\theta k^2)(2r(2-\theta k^2) + b(1-r)(1-\theta))}{4(2-\theta k^2)((2-\theta k^2 - bD)(2-\theta k^2) - (1-\theta)b^2)} \right],$$

$$w^{S*} = \frac{(ra - z)(2-\theta k^2) + ((1-r)a - z)D}{bD - 2 + \theta k^2} - \frac{a(2-\theta k^2)(2r(2-\theta k^2) + b(1-r)(1-\theta))}{2((bD - 2 + \theta k^2)(2-\theta k^2) + (1-\theta)b^2)},$$

跟上述两个模型一样, 制造商每提升一个单位的批发价 w , 零售商的销售价格增加 $1/2$ 个单位。并且网红主播的销售努力水平与直播销售价成正向关系即无缺陷退货量与直播销售价格成负向关系。

命题 2:

$$\frac{\partial p_1^{S*}}{\partial u} > 0; \quad \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial u} > 0; \quad \text{且} \quad \frac{\partial p_1^{S*}}{\partial u} > \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial u};$$

$$\frac{\partial p_1^{S*}}{\partial r} > 0; \quad \text{当 } b \in (0, b_1) \text{ 时, } \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial r} < 0, \quad \text{当 } b \in (b_1, 1) \text{ 时, } \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial r} > 0;$$

网红主播的流量效应在两个不同的销售渠道中均展现出了显著的影响力。这种效应不仅对产品价格产生了正向的推动作用, 还激励着网红在销售过程中付出更大的努力, 并且有效地减少了消费者的退货量。相较于网红直播模式, 流量效应对传统电商模式的产品价格影响更大, 当网红的流量效应日益增强

时，它能为产品吸引更多的关注和潜在消费群体。

传统电商模式的价格受消费者对其偏好程度的正向影响，偏好加深则价格上扬。然而偏好程度对网红直播模式的价格影响取决于双渠道间的价格竞争强度，当竞争强度小时，网红直播模式的价格会随着消费者对传统电商模式的偏好程度的增加而降低；当竞争强度较大时，网红直播模式的价格会随着消费者对传统电商模式的偏好程度的增加而增加。

5. 均衡结果的比较分析

5.1. 产品定价和市场需求的比较

(1) B 和 E 模型中的价格对比：当 $k \in (0, k_1)$ 时， $p_1^{B*} > p_2^{E*}$ ；当 $k \in (k_1, 1)$ 时， $p_1^{B*} < p_2^{E*}$ ，其中 $k_1 = \sqrt{\frac{1}{3\theta}}$ ；

(2) S 模型中的两个价格对比：当 $r \in (0, r_1)$ 时， $p_1^{S*} < p_2^{S*}$ ；当 $r \in (r_1, 1)$ 时， $p_1^{S*} > p_2^{S*}$ ，其中

$$r_1 = \frac{4A(a-z) + ab(1-\theta)J}{GJ - 4Aa}；$$

(3) B、E 和 S 模式中的市场需求对比： $D_S^* > D_E^* > D_B^*$ ；

常规思想认为，网红直播模式因其独特的互动性和即时性，通常被认为应设定较低的价格。然而，现实情况却与这一常规思想大相径庭。对于混合双渠道，网红主播凭借其独特的销售魅力和努力，激发了消费者的即时购买欲望，加剧了与传统电商渠道的竞争程度。因此当消费者对传统电商渠道的偏好程度较小时（即 $r < r_1$ ），零售商为吸引消费者应以低于网红直播的销售价格出售产品。旨在确保传统电商渠道在激烈的市场竞争中保持强劲的市场占有率和盈利能力；当消费者对传统电商渠道的偏好程度大于 r_1 时，相较于网红直播消费者更忠于品牌本身，此时零售商制定的价格应高于网红直播间，从而获得更多的盈利。

只采用单一模式时，网红直播的市场需求始终高于传统电商，但低于混合双渠道模式，采取两种模式并存的方式可以带来最高的市场需求，对制造商的品牌宣传是有利的。

5.2. 网红销售努力水平和退货量的比较

(1) E 和 S 模型中的网红销售努力水平对比：当 $r \in (0, r_2)$ 时， $\rho^{E*} < \rho^{S*}$ ；当 $r \in (r_2, 1)$ 时， $\rho^{E*} > \rho^{S*}$ ，

其中 r_2 值很小， $r_2 = \frac{2A(a-z) - ab^2(1-\theta)(2-\theta k^2)(1-\theta k^2)}{(1-\theta k^2)(-2aA + bG(2-\theta k^2))}$ ；

(2) E 和 S 模型中的退货量对比：当 $r \in (0, r_2)$ 时， $h^{E*} > h^{S*}$ ；当 $r \in (r_2, 1)$ 时， $h^{E*} < h^{S*}$ 。

由于网红销售努力水平与直播间价格成正比，退货量与直播间价格成反比，所以网红销售努力水平和退货量比较结果可参考直播销售价，由于在现实生活中消费者对传统电商渠道的偏好程度是有一定基数的，即可认为 $\rho^{E*} > \rho^{S*}$ 和 $h^{E*} < h^{S*}$ 。

5.3. B、E 模式制造商的利润比较

(1) 当 $k \in (0, k_2)$ 时， $\pi_m^{E*} < \pi_m^{B*}$ ，其中 $k_2 = \sqrt{\frac{a-z}{2f}}$ ；

(2) 当 $k \in (k_2, 1)$ 时，需要对佣金率 θ 进行讨论，即 $\theta \in (0, \theta_2)$ 有 $\pi_m^{E*} > \pi_m^{B*}$ ； $\theta \in (\theta_2, 1)$ 有 $\pi_m^{E*} < \pi_m^{B*}$ ，其中 θ_2 满足 $\theta_2^2(8fk^3 - 4k(a-z)^2) + \theta_2(k(8\delta k + 1)(a-z)^2 - 8fk) - 8\delta(a-z)^2 = 0$ ；

该命题介绍相对于模式 B 引入网红直播模式是否能够提高制造商的盈利能力，制造商的选择取决于消费者敏感系数和佣金成本。若消费者敏感系数较低，表示网红直播模式的效果有限，此时制造商应优

先传统电商模式，凭借消费者基础稳固市场地位。然而当消费者敏感系数提高时，意味着网红主播的销售努力能够显著影响消费者的购买决策，面对这一市场变化制造商需要考虑支付给网红主播的佣金成本，我们发现当佣金成本低时制造商引入直播销售渠道利润高，较低的佣金率可以降低制造商的成本压力，加上网红主播推广导致销量的增长，从而带来更高的利润。

6. 数值分析

为了清楚地呈现我们的结果，我们在本节中进行了数值分析，为保证供应链主体利润以及消费者需求和退货量的非负性，将相关参数设定为： $a=100$ ， $R_1=z=5$ ， $f=10$ ， $\delta=5$ 。

6.1. 均衡结果的敏感性分析

通过图 2 可知，当消费者对网红主播销售努力的敏感系数有所提升时，会促使定价提升。由图 3 得出在混合双渠道模式时，传统电商渠道的价格随着佣金率的增加而降低，但两种模式下的直播销售价格是关于网红佣金比例的增函数。并且单一网红直播模式下的定价会高于双渠道。

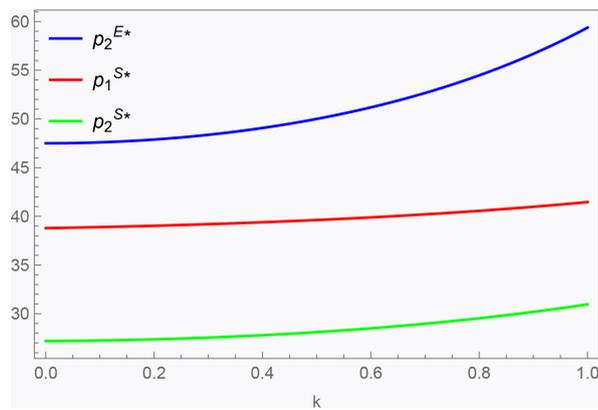


Figure 2. The impact of k on pricing

图 2. 消费者对网红主播销售努力水平的敏感系数对定价的影响

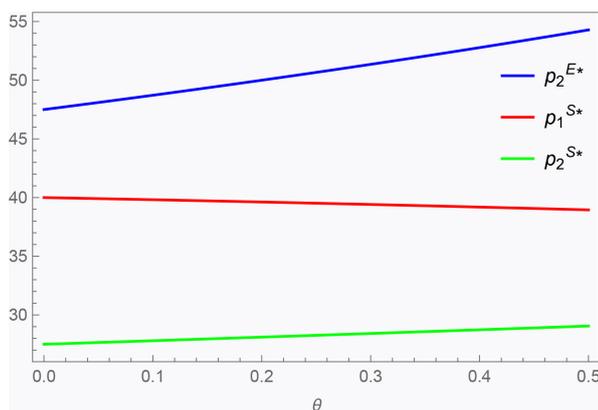


Figure 3. The impact of θ on pricing

图 3. 网红主播佣金率对定价的影响

通过图 4 和图 5 可得随着消费者对网红主播销售努力水平的敏感系数和网红主播佣金率的上升，网红努力水平会随之上升，则消费者退货量会随之减少。且在单一网红直播模式下的网红努力水平会高于

双渠道模式，消费者退货量低于双渠道模式，这与命题 5.2 得到的结果是一致的。

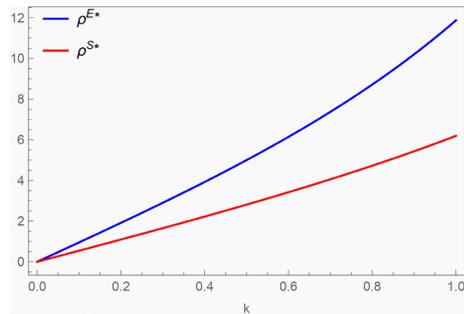


Figure 4. The impact of k on the effort level

图 4. 消费者对网红主播销售努力水平的敏感系数对努力水平的影响

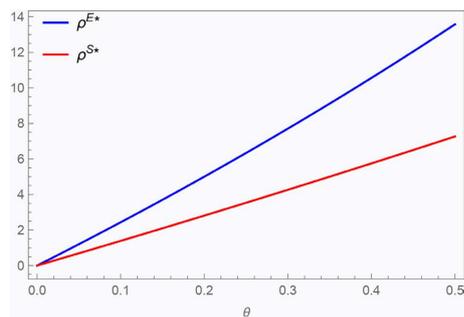


Figure 5. The impact of θ on the level of effort

图 5. 网红主播佣金率对努力水平的影响

6.2. 制造商利润分析

通过图 6 我们发现制造商是否选择直播渠道与 θ 和 k 两个因素有直接关系。图 7(a)表明制造商在模式 E 中因支付给网红主播的高佣金率而遭受利润损失，这与命题 5.3 中的推论是一致的，但在 S 模式中并未受到这项成本增加的影响。图 7(b)表明消费者的高敏感性为制造商带来了高利润，尤其是混合双渠道模式，这得益于网红主播的积极推广所带来的正面效应。

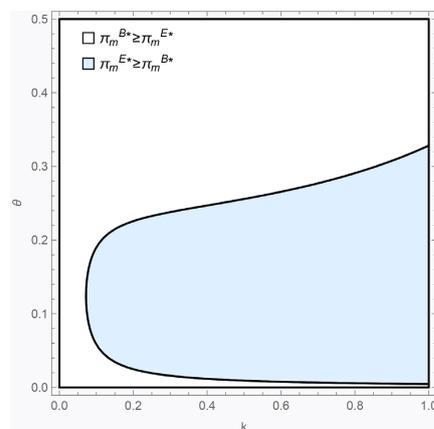


Figure 6. Comparison of the profits of manufacturers under Mode B and Mode E

图 6. B、E 模式制造商利润的比较

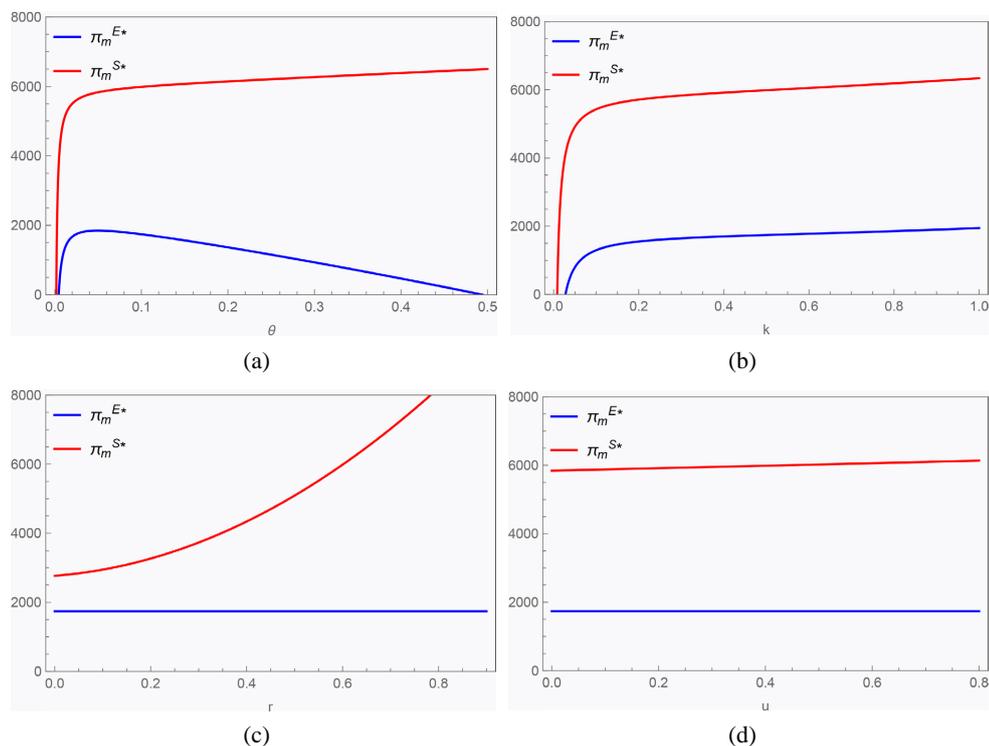


Figure 7. Comparison of manufacturers' profits and their sensitivity analysis

图 7. 制造商利润对比及其敏感性分析

通过比较我们发现制造商从双渠道模式中受益更多。在双渠道模式下，制造商不仅拥有传统电商渠道作为稳定的收入来源，还结合了网红直播这一新兴渠道来拓宽市场(命题 5.1)，尽管需要支付佣金和固定坑位费，但由于传统电商渠道的存在，制造商避免了承担与网红主播签约和合作的相对较高成本，此外由于网红主播的推广工作，不仅提升了产品的知名度和销量，还有助于增强消费者对制造商品牌的信任度。因此，在双渠道模式下，制造商的利润不仅能够保持稳定，还有可能因网红主播的积极推广而实现显著增长。

7. 结论

研究发现只有当消费者对网红销售努力敏感且支付给网红主播的佣金率相对较低时制造商才会选择直播渠道。混合双渠道模式下制造商的利润、市场需求和退货量均最高。对比两个单一模式发现，网红直播间价格并不总是低于传统电商销售价，这与常规思想“网红直播间的产品更便宜”不同，两种模式下的价格关系深受消费者敏感系数的影响。

本文研究结论丰富了已有的双渠道研究理论，但在研究过程中也存在一定的局限：本文考虑了直播销售中的退货现象但是没有考虑产品残值，也没有将不考虑退货情形进行描述，后续工作可以建立不考虑退货的模型，并进行对比探讨退货因素对各方利润的影响；另外本研究假设制造商是通过与网红主播合作进行直播销售，制造商也可以通过内部员工培训进行自播，自播在成本和销售效果上存在显著差异，未来的研究可以引入自播模式进行对比分析，为实践提供更有价值的指导。

参考文献

- [1] Duan, Y.R. and Song, J. (2024) The Adoption of Live Streaming Channel Considering Impulse Buying and Product

- Returns. *International Journal of Production Economics*, **274**, Article 109295. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109295>
- [2] Gabaix, X., Laibson, D.I., Moloche, G. and Weinberg, S.E. (2003) The Allocation of Attention: Theory and Evidence. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.444840>
- [3] Chen, Q., Yan, X., Zhao, Y. and Bian, Y. (2023) Live Streaming Channel Strategy of an Online Retailer in a Supply Chain. *Electronic Commerce Research and Applications*, **62**, Article 101321. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101321>
- [4] Sun, H., Chen, J. and Fan, M. (2021) Effect of Live Chat on Traffic-to-Sales Conversion: Evidence from an Online Marketplace. *Production and Operations Management*, **30**, 1201-1219. <https://doi.org/10.1111/poms.13320>
- [5] Guo, G., Li, Y. and Zhong, J.Y. (2020) The Effect of Perceived Value on College Students' Purchasing Behavior in Live Streaming. *International Journal of Business and Management*, **30**, 103.
- [6] 陈海权, 张镒, 郭文茜. 直播平台中网红特质对粉丝购买意愿的影响[J]. 中国流通经济, 2020, 34(10): 28-37.
- [7] 张昊, 董智琦, 王弘苏. 时尚网红参与价值共创对时尚产品设计属性影响的量表开发与实证研究[J]. 管理学报, 2017, 14(9): 1351-1361.
- [8] Wang, T.Y., Chen, Z.S., Govindan, K., et al. (2022) Manufacturer's Selling Mode Choice in a Platform-Oriented Dual Channel Supply Chain. *Expert Systems with Applications*, **198**, Article 116842. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116842>
- [9] 张梦颖, 张子豪, 汪宁宁, 等. 平台销售模式下制造商渠道设计与协调策略[J]. 运筹与管理, 2023, 32(7): 23-29.
- [10] 李宗活, 杨文胜, 司银元, 等. 短视型与策略型消费者并存的双渠道两阶段动态定价策略[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(8): 2080-2090.
- [11] 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>
- [12] Yan, R. and Pei, Z. (2009) Retail Services and Firm Profit in a Dual-Channel Market. *Journal of Retailing and Consumer Services*, **16**, 306-314. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2009.02.006>
- [13] Yan, Y., Zhao, R. and Liu, Z. (2018) Strategic Introduction of the Marketplace Channel under Spillovers from Online to Offline Sales. *European Journal of Operational Research*, **267**, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.011>
- [14] 郭晓龙, 王元元, 张玉乔. 考虑企业释放质量信号行为的产品推广策略[J]. 运筹与管理, 2021, 30(3): 218-225.
- [15] 赵晓敏, 胡淑慧. B2C 供应链最优决策及协调机制研究[J]. 管理学报, 2019, 16(2): 306-316.
- [16] 李明芳, 薛景梅, 韩娜. 基于双向激励契约的无缺陷退货供应链协调[J]. 系统管理学报, 2015, 24(6): 919-924.
- [17] 徐春秋, 邢连发. 电商背景下农产品直播模式及退货策略选择[J]. 管理现代化, 2022, 42(6): 85-92.
- [18] Ma, P., Wang, H. and Shang, J. (2013) Supply Chain Channel Strategies with Quality and Marketing Effort-Dependent Demand. *International Journal of Production Economics*, **144**, 572-581. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.04.020>
- [19] 熊浩, 陈锦怡, 鄢慧丽, 等. 考虑主播特性的直播带货双渠道供应链定价与协调[J]. 管理工程学报, 2023, 37(4): 188-195.

附录

(1) B模型的求解过程: 首先将零售商利润函数 π_r 对 p_1 求二阶导函数, 得 $\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p_1^2} = -2 < 0$, 说明 π_r 是 p_1 的严格凹函数。令其一阶导为零可得: $p_1^* = \frac{a-z+w}{2}$ 。

将结果带入到 π_m 求其关于 w 的二阶导数, 得 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial w^2} = -1 < 0$, 说明 π_m 有关于 w 的唯一最优解, 令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial w} = 0$, 可得: $w^{B*} = \frac{a-z}{2}$ 。

将 w^{B*} 代入 p_1^B , 可得: $p_1^{B*} = \frac{3(a-z)}{4}$ 。

将 p_1^{B*} 和 w^{B*} 代入(1-3)中, 可得出其余均衡解。

(2) E模型的求解过程: 首先求得网红主播的利润函数 π_s 关于 ρ 的二阶导数得 $\frac{\partial^2 \pi_s}{\partial \rho^2} = -1 < 0$, 说明 π_m 是 ρ 的严格凹函数。令其一阶导为零可得: $\rho^* = \theta k p_2^*$ 。

将结果代入到 π_m 求其关于 p_2 的二阶导数, 得 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial p_2^2} = 2(1-\theta)(\theta k^2 - 1) < 0$, 说明 π_m 有关于 p_2 的唯一最优解, 令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p_2} = 0$, 可得: $p_2^{E*} = \frac{a-z}{2(1-\theta k^2)}$ 。

将 p_2^{E*} 代入 ρ^* , 可得 $\rho^{E*} = \frac{\theta k(a-z)}{2(1-\theta k^2)}$ 。

将 p_2^{E*} 和 ρ^{E*} 代入(4~6)中, 可得出其余均衡解。

(3) S模型的求解过程: 首先求得网红主播的利润函数 π_s 关于 p_2 和 ρ 的 Hessian 矩阵 $H = \begin{pmatrix} -2\theta & \theta k \\ \theta k & -1 \end{pmatrix}$,

因为其一阶顺序主子式 $H_1 = -2\theta < 0$, 且 $H_2 = \theta(2-\theta k^2) > 0$, 所以 π_s 具有关于 p_2 和 ρ 的最大值, 联立

$\frac{\partial \pi_s}{\partial p_2} = 0$, $\frac{\partial \pi_s}{\partial \rho} = 0$, 可得反应函数为: $p_2^* = \frac{(1-r)a + bp_1 - z}{2-\theta k^2}$; $\rho^* = \frac{\theta k[(1-r)a + bp_1 - z]}{2-\theta k^2}$ 。

将 p_2^* 和 ρ^* 的均衡解代入式(9)中, 则零售商关于传统电商零售价 p_1 的一阶和二阶最优化条件分别为:

$\frac{\partial \pi_r}{\partial p_1} = ra - z + \frac{D((1-r)a - z)}{2-\theta k^2} - w \frac{bD - 2 + \theta k^2}{2-\theta k^2} + 2p_1 \frac{bD - 2 + \theta k^2}{2-\theta k^2}$; $\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p_1^2} = \frac{2(bD - 2 + \theta k^2)}{2-\theta k^2}$ 。

由于 $\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial p_1^2} < 0$, 说明 π_r 是 p_1 的严格凹函数。然后令其一阶导为零可得:

$$p_1^* = \frac{(ra - z)(2 - \theta k^2) + D((1-r)a - z) + w}{2(bD - 2 + \theta k^2)} + \frac{w}{2}。$$

联立(8~11)和上述结果求出制造商利润 π_m 关于批发价格的二阶导数为:

$$\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial w^2} = \frac{bD - 2 + \theta k^2 + (1-\theta)b^2 \left(1 - \frac{b(1-\theta k^2)}{2-\theta k^2} \right)}{2(2-\theta k^2)} < 0。$$

由于 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial w^2} < 0$ ，所以 π_m 存在最大值，令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial w} = 0$ ，可以求出最优批发价格 w^{S^*} 。

结合上述均衡结果可得到传统电商最优零售价、网红直播最优价和网红主播最优销售努力水平以及供应链成员的最优利润。

(4) 命题 1 的证明:
$$\frac{\partial \pi_m^{E^*}}{\partial k} = \frac{\theta^2 k^3 (1-2\theta)(a-z)^2 + 2\delta(1-\theta k^2)^2}{2\theta k^2 (1-\theta k^2)^2} > 0;$$

$$\frac{\partial \pi_m^{E^*}}{\partial \theta} = \frac{k\theta^2 [(a-z)^2(k^2-2) + 4k^3\delta] - 8\theta k^2\delta + 4\delta}{4k\theta^2(1-\theta k^2)^2}。其正负取决于分母，令$$

$E(\theta) = k\theta^2 [(a-z)^2(k^2-2) + 4k^3\delta] - 8\theta k^2\delta + 4\delta$ 。可以将 A 看成是关于 θ 的一元二次方程，开口向下，对称轴为 $\frac{4k\delta}{(a-z)^2(k^2-2) + 4k^3\delta} < 0$ ， $E(0) = 4\delta > 0$ ， $E(0.5) = k(k^2-2)[0.25(a-z)^2 + 2k\delta] + 4\delta < 0$ 。则存

在 θ_1 ，使得当 $\theta \in (0, \theta_1)$ 时， $\frac{\partial \pi_m^{E^*}}{\partial \theta} > 0$ ，当 $\theta \in (\theta_1, 1)$ 时， $\frac{\partial \pi_m^{E^*}}{\partial \theta} < 0$ 。

(5) 命题 2 的证明:
$$\frac{\partial p_1^{S^*}}{\partial u} = \frac{Bb\theta k(2-\theta k^2)}{4A^2} > 0; \text{ 其中 } A = (2-\theta k^2 - bD)(2-\theta k^2) - (1-\theta)b^2,$$

$B = (2-\theta k^2)(2ra(2-\theta k^2) + ab(1-r)(1-\theta))$ 。
$$\frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial u} = \frac{b}{2-\theta k^2} \frac{Bb\theta k(2-\theta k^2)}{4A^2} > 0$$
。由于 $\frac{b}{2-\theta k^2} < 1$ ，则有 $\frac{\partial p_1^{S^*}}{\partial u} > \frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial u}$ 。

$$\frac{\partial p_1^{S^*}}{\partial r} = \frac{(2-\theta k^2)}{4A} G > 0。 \text{ 其中 } G = 2a(2-\theta k^2) - ab(1-\theta) > 0。$$

$$\frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial r} = \frac{b(2-\theta k^2)G - 4aA}{4A}$$
。其正负取决于分母，设 $F(b) = b(2-\theta k^2)G - 4aA$ ，将分母看成是关于 b 的一元二次方程， $F(0) = -4a(2-\theta k^2) < 0$ ， $F(1) = 2a(2-\theta k^2)(2\theta k^2 + \theta k^2 + a(1-\theta)(2+\theta k^2)) > 0$ 。且开口向上对称轴小于零，则存在 b_1 ，使得当 $b \in (0, b_1)$ 时， $\frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial r} < 0$ ；当 $b \in (b_1, 1)$ 时， $\frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial r} > 0$ 。

(6) 5.1 的证明:
$$p_2^{E^*} - p_1^{B^*} = \frac{(a-z)(3\theta k^2 - 1)}{4(1-\theta k^2)}$$
，令其为零求出 $k_1 = \sqrt{\frac{1}{3\theta}}$ ，则当 $k \in (0, k_1)$ 时， $p_1^{B^*} > p_2^{E^*}$ ；

当 $k \in (k_1, 1)$ 时， $p_1^{B^*} < p_2^{E^*}$ 。

$$p_2^{S^*} - p_1^{S^*} = \frac{4A[(1-r)a-z] + JB}{4A(2-\theta k^2)}。 \text{ 其中 } J = b - 2 + \theta k^2。 \text{ 其正负取决于分母，可以将分母看成是关于}$$

r 的一元一次方程，并且斜率大于零，则存在 r_1 ，当 $r \in (0, r_1)$ 时， $p_1^{S^*} < p_2^{S^*}$ ；当 $r \in (r_1, 1)$ 时， $p_1^{S^*} > p_2^{S^*}$ ，

其中 $r_1 = \frac{4A(a-z) + ab(1-\theta)J}{GJ - 4Aa}$ 。

(7) 5.2 的证明:
$$p_2^{S^*} - p_2^{E^*} = \frac{4A(1-\theta k^2)[(1-r)a-z] + bB(1-\theta k^2) - 2A\theta k(a-z)(2-\theta k^2)}{4A(2-\theta k^2)(1-\theta k^2)}$$
，其正负取决于

分母，由于 A 不含 r 可以将分母看成是关于 r 的一元一次方程，且斜率为 $ab[b(1-\theta)\theta k^2 + 2(2-\theta k^2)D] > 0$ ，

令 $p_2^{S^*} - p_2^{E^*} = 0$ 求出 $r_2 = \frac{2A(a-z) - ab^2(1-\theta)(2-\theta k^2)(1-\theta k^2)}{(1-\theta k^2)[-2aA + bG(2-\theta k^2)]}$ 。通过求极限的方法可以得出 $r_2 \rightarrow 0$ ，则

有当 $r \in (0, r_2)$ 时， $p_2^{E^*} < p_2^{S^*}$ ；当 $r \in (r_2, 1)$ 时， $p_2^{E^*} > p_2^{S^*}$ ，其中 r_2 值很小。

$$(8) \text{ 5.3 的证明: } \pi_m^{E^*} - \pi_m^{B^*} = \frac{\theta^2 [8fk^3 - 4k(a-z)^2] + \theta [k(8\delta k + 1)(a-z)^2 - 8fk] - 8\delta(a-z)^2}{8\theta k(1-\theta k^2)}。$$

其大小取决于分母，将分母看成是关于 θ 的一元二次方程，设为 $F(\theta)$ ，可得 $F(0) = -8\delta(a-z)^2 < 0$ ，

现对其二次项系数的正负进行讨论，当 $8fk^3 - 4k(a-z)^2 > 0$ 即 $k > \sqrt{\frac{a-z}{2f}}$ 时，

$$F(1) = 8fk(k^2 - 1) + 8\delta(a-z)^2(k^2 - 1 - 3k) > (a-z)^2 \left(8(k^2 - 1) \left(\frac{1}{2k} + \delta \right) - 3k \right) > 0，$$
 一次性系数

$$k(8\delta k + 1)(a-z)^2 - 8fk < (a-z)^2 \left(8\delta k + 1 - \frac{4}{k^2} \right) < 0，$$
 转而可以得到对称轴大于零，则存在 θ_2 使得 $\theta \in (0, \theta_2)$

有 $\pi_m^{E^*} > \pi_m^{B^*}$ ； $\theta \in (\theta_2, 1)$ 有 $\pi_m^{E^*} < \pi_m^{B^*}$ ；

当 $8fk^3 - 4k(a-z)^2 < 0$ 即 $0 < k < \sqrt{\frac{a-z}{2f}}$ 时，一次项系数

$$k(8\delta k + 1)(a-z)^2 - 8fk > (a-z)^2 \left(8\delta k + 1 - \frac{4}{k^2} \right) > 0，$$
 转而可以得到对称轴大于零，且依然会有

$$F(0) = -8\delta(a-z)^2 < 0， F(1) = 8fk(k^2 - 1) + 8\delta(a-z)^2(k^2 - 1 - 3k) < 0，$$
 从而得出 $\pi_m^{E^*} - \pi_m^{B^*} < 0$ 。