

非对称信息下考虑政府补贴的供应链策略研究

王晨¹, 周建亨^{1*}, 桂昌厚², 项旭东²

¹东华大学旭日工商管理学院, 上海

²用友汽车信息科技(上海)股份有限公司, 上海

收稿日期: 2024年12月15日; 录用日期: 2025年1月7日; 发布日期: 2025年1月17日

摘要

本研究探讨了制造商通过直销渠道销售产品(制造商入侵)对供应链的影响。相较于零售商竞争, 供应商入侵现象研究较少。现有研究表明, 在信息对称的供应链中, 制造商入侵可缓解双重边际化效应, 实现共赢。本文在制造商入侵框架下引入信息不对称因素, 分析政府补贴、市场规模信息差异及制造商的可持续努力对供应链的影响。研究发现, 在信息不对称情况下, 制造商试图通过零售商订单推断市场规模, 而零售商可能为私利调整订单, 引发策略性博弈, 降低供应链效率。特别是零售商为低类型时, 可能通过扭曲订单量传递信号, 加剧双重边际化。此外, 研究发现直销效率并非越高越好, 政府补贴也不一定能激励零售商增加订单量。本研究为理解制造商入侵在信息不对称供应链中的影响提供了新的视角。

关键词

入侵, 信息非对称, 政府补贴, 双重边际化, 信号博弈

Research on Supply Chain Strategies Considering Government Subsidies under Asymmetric Information

Chen Wang¹, Jianheng Zhou^{1*}, Changhou Gui², Xudong Xiang²

¹Glorious Sun School of Business & Management, Donghua University, Shanghai

²Yongyou Auto Information Technology (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai

Received: Dec. 15th, 2024; accepted: Jan. 7th, 2025; published: Jan. 17th, 2025

Abstract

This study investigates the impact of manufacturers selling products directly to consumers through

*通讯作者。

文章引用: 王晨, 周建亨, 桂昌厚, 项旭东. 非对称信息下考虑政府补贴的供应链策略研究[J]. 管理科学与工程, 2025, 14(1): 112-123. DOI: [10.12677/mse.2025.141013](https://doi.org/10.12677/mse.2025.141013)

direct channels, a phenomenon known as “manufacturer encroachment”. Compared to the competition among retailers, the phenomenon of supplier encroachment has received relatively less attention. Existing research indicates that under symmetric information structures in supply chains, manufacturer encroachment can alleviate double marginalization effects, leading to a win-win situation. Building on the theoretical framework of manufacturer encroachment and introducing asymmetric information, this paper analyzes the impact of government subsidies, differences in market size information, and the manufacturer’s sustainable efforts on the supply chain. Research has found that in situations of information asymmetry, manufacturers attempt to infer market size through retailer orders, while retailers may adjust orders for personal gain, triggering strategic games and reducing supply chain efficiency. Especially when retailers are of low type, they may distort order volume to transmit signals and exacerbate double marginalization. In addition, research has found that the higher the efficiency of direct sales, the better, and government subsidies may not necessarily incentivize retailers to increase order volume. This study provides a new perspective for understanding the impact of manufacturer intrusion in information asymmetric supply chains.

Keywords

Encroachment, Information Asymmetry, Government Subsidies, Double Marginalization, Signaling 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

许多制造商投资直接渠道，例如在线店铺、目录销售及工厂直销点进行直接销售。凭借这些渠道，制造商可通过零售渠道(例如分销商、批发商及零售商)直接或间接销售产品。与此同时，经销商与供应商间可能出现竞争，此现象被称作“制造商入侵”。零售商们之间的竞争虽已获广泛研究，但供应商入侵受到的关注较少。Arya 等人[1]指出，供应商入侵使供应商能控制零售价，进而降低批发价。这两种效应相结合能够缓解双重边缘化，而且当零售商在零售渠道里具有显著效率优势时，双方均能获益。此外，制造商为增强竞争优势，会考虑提升产品附加服务，增加可持续水平，从而提高消费者购买意愿。政府在供应链中的作用日益凸显，通过向零售企业提供补贴，能够有效稳定销售渠道并激发消费活力。例如，当前多地政府正利用购置税补贴及汽车消费券等手段，积极扶持新能源行业发展。这均意味着供应链结构变得更加复杂。尽管现有文献探讨了影响供应商入侵的多种因素，但常假设供应链信息结构对称。现实情况中零售商通常比上游制造商更洞悉市场潜力，具备更强的销售专业知识等，而制造商可能比下游零售商更加了解产品质量。

本文在 Arya 等人[1]的制造商入侵框架上，引入了一个不对称信息结构。在此结构中，政府对产品销售进行补贴，零售商是信息优势方，拥有市场规模的确切信息，而入侵的制造商仅了解市场规模的先验分布。制造商和零售商之间的信息不对称会导致牛鞭效应，信号传递已成为提升供应链效率的关键手段。然而，关于入侵行为对供应商披露信息激励影响的研究尚显不足。基于此，本文采用信号博弈理论，探究入侵情境下制造商与零售商间的决策博弈。尽管传统观念认为零售商能从私有市场信息中获利，但本研究发现，在市场需求信息不确定且政府补贴确定的情况下，制造商建立直接渠道后，零售商在订货决策时需进行更多权衡，可能得出与传统观念不同的结论。

本文发现，面对信息劣势，制造商试图通过零售商的订单数量推断真实市场规模，以合理决策其直

销数量。预见到制造商策略后，零售商可能出于自身利益故意调整订单数量。制造商与零售商间的博弈可能导致供应链效率低下。当零售商为低类型时，零售商可能需进一步扭曲订货量以传递信号，这将加剧双重边缘化问题，对制造商和零售商均造成损害。直销效率对制造商而言并不是越高越好，政府补贴在零售商和制造商的均衡决策中也扮演重要角色。

2. 文献综述

与本研究相关领域首要关注的是入侵现象[1]-[6]。Arya 等[1]指出，供应商入侵能够降低批发价格和加剧下游竞争，从而缓解了双重边缘化问题。Li 等[2]探讨了不对称信息下，供应商入侵虽减少了信息租金，却促使零售商增加订单量。Chen 等人[3]发现，考虑价格与质量决策时，供应商入侵能提升供应链性能，使得供应商和零售商能够获得更高收益。此外，Cui [4]则考察了入侵策略对制造商质量决策的影响。郑本荣等人[5]探讨了回收模式与制造商入侵的关联，Liu 等[5]指出，零售商数量会影响供应商的入侵决策。Hamamura 和 Zennyo [6]研究了零售商投资努力与制造商入侵之间的关系，而 Zhang 等[7]则分析了制造商入侵与零售商融资选择间的战略互动，发现资本受限的零售商在预期制造商入侵时会增加股权融资比例。Tong 等[8]揭示，信息更充分的上游制造商入侵可能导致双方受损。史保莉等[9]研究了制造商入侵及信息结构对供应链成员决策与收益的影响。上述文献主要围绕两方面探讨供应商入侵：一是其对供应链协调的影响，二是与零售商策略的相互作用。然而，尚未有文献研究入侵对供应链成员信息披露激励的影响。且多数文献基于对称信息环境，认为供应商入侵零售商市场能缓解双重边缘化，使双方受益。

针对供应链参与者之间的信息差异及信号博弈议题，学术界已进行了深入研究。Jiang 等[10]分析了信息不对称情境下，制造商与零售商对无信息披露、自愿信息披露及强制性信息披露三种模式的偏好，制造商通过批发价格传递信号。Guo 与 Jiang [11]发现，强烈的不公平厌恶会增强效益较高公司模仿低效公司的动机。Guo 等[12]则在社会责任考量与成本信息不对称的背景下，探究了消费者意识对企业定价决策及利润的影响。Boyaci 与 Akçay [13]指出，不对称信息下，企业可通过提升消费者对其提供优质产品的信心来增加利润。Xue 等[14]聚焦于溢出效应与需求信息条件，分析了零售商如何通过订货量向制造商传递信号并达成共识。Liu 与 Schmid [15]探讨了短期主义与竞争相互作用下，拥有市场信息的企业的信号传递、产能投资及利润影响。周建亨与李颖潇[16]则考虑了信息不对称下，粉丝心理对消费者购物决策及企业收益的影响，发现高粉丝比例并不总是对品牌企业有利。政府补贴方面，朱庆华等[17]基于政府“以旧换新”补贴政策，建立了新产品制造商和再制造商博弈模型，分析了政府补贴下专利费用对再制造产品及其市场需求的影响。Chen 等[18]则分析了当政府补贴方式的不同时，供应链中制造商与零售商研发合作创新努力水平及创新成本会有怎样的影响。

3. 模型假设

本文考虑一个供应链，其中一个制造商 M 通过一个零售商 R 销售产品。制造商(M)通过向零售商(R)收取单位批发价格 w 来提供一个线性批发价格合同。除了传统的零售渠道外，制造商还可以通过引入直接渠道的侵占将产品直接卖给最终消费者。如果 M 侵占了零售市场，直接销售给消费者的每一件产品都会产生额外的销售成本 c 。为方便表示，不失一般性，将零售商的销售成本归一化为 0。本文假设市场需求类型 α_i 有两种类型：高需求和低需求，即 $i = \{H, L\}$ 。 a_H 表示市场需求为高，其概率为 α ； a_L 为市场需求为低，其概率为 $1-\alpha$ ；且 $a_H > a_L$ 。市场规模均值为 $\mu = \alpha a_H + (1-\alpha) a_L$ 。记 $\sigma^2 = \alpha(a_H - \mu)^2 + (1-\alpha)(a_L - \mu)^2$ ， $\theta = \frac{\alpha_L}{\alpha_H}$ 表示市场规模的波动性。由于零售商更接近市场，假设零售商具有信息优势，知道真实的市场规模，而制造商只知道不对称信息结构下市场规模的先验分布。

为了在行业中取得竞争优势，制造商在生产过程中进行可持续努力将产品升级为可持续产品，增加消费者的认可度，且政府对可持续产品有补贴 λ 。为了简化模型，假设生产的固定成本为 0，只讨论制造商在生产可持续产品的额外投入 $C(s)$ ，其中， $C(s) = \frac{1}{2}ks^2$ ，其中 s 表示产品的可持续度， $k > 0$ 表示制造商可持续投资的效率水平系数。 k 越大，意味着效率越低，反之亦然。需求逆函数为 $p = a - Q + rs$ ；其中 P 为市场出清价格， Q 为制造商入侵时，通过零售商渠道(q_R)和制造商直销渠道(q_M)的产品总销量， r 为消费者对于可持续产品的敏感系数。

在本文的后续部分，我们将深入探究不同信息结构情境下品牌商是否采取入侵策略的均衡态。为明确区分各状态，我们采用变量上标“XY”进行标记，具体定义如下：首个字符代表信息对称性，其中“X”代表信息对称模式，“A”则代表信息不对称模式；第二个字符则指示品牌商的行为选择，其中“N”代表品牌商不入侵，而“E”代表品牌商入侵。据此，我们系统讨论“FN”（信息对称且品牌商不入侵），“AN”（信息不对称且品牌商不入侵），“FE”（信息对称且品牌商入侵），“AE”（信息不对称且品牌商入侵）这四种具体模式。模型的博弈时序如下：(1) 制造商设定产品的可持续度 s ；(2) 制造商决定下游零售商的单位批发价格 w ；(3) 在观察准确的市场规模(a_i)后，零售商决定其订单数量 q_R ；(4) 制造商根据需求信号 q_R 确定其直销数量 q_M ；(5) 实现了市场出清价格，实现了供应链成员双方的利润。

4. 完全信息制造商入侵策略研究

本章研究内容属于完全信息下的动态博弈，探究制造商和零售商在政府补贴的条件下，均能完全观察到信息时的策略条件。

4.1. 完全信息且不入侵 FN

当零售商每出售一个单位的产品，政府给予 λ 的补贴，因此零售商的收益函数可表示为：

$$\pi_R = (a_i - q_R + rs)q_R + \lambda q_R$$

制造商预测零售商的订货决定，首先决定批发价格，然后决定降低成本的水平，使其预期利润最大化：

$$\pi_M = wE(q_R) - \frac{1}{2}ks^2$$

利用逆向归纳法求解这个问题，得到引理 1。

引理 1：对于没有制造商入侵但努力的情况，均衡下，产品可持续水平 $s = \frac{r(\mu+2\lambda)}{4k-r^2}$ ，批发价 $w = \frac{1}{2}\left(\mu + \frac{r^2(\mu+2\lambda)}{4k-r^2}\right)$ ，零售商订货数量 $q_R = \frac{1}{2}\left(a_i - \frac{(2k-r^2)\mu-4k\lambda}{4k-r^2}\right)$ ，供应链成员的期望利润 $\pi_R^{NB} = \frac{\sigma^2}{4} + \frac{k^2(\mu+2\lambda)^2}{4k-r^2}$ ， $\pi_M^{NB} = \frac{k(\mu+2\lambda)^2}{2(4k-r^2)}$ 。

由引理 1 可知完全信息下，制造商不入侵时，制造商投入的努力水平、批发价水平，零售商的订货数量均与政府补贴有关。

4.2. 完全信息且入侵 FE

当制造商入侵零售商市场时，市场价格 $p = a_i - q_R - q_M + rs$ ，由于制造商的销售经验没有零售商丰富，因此制造商还需要付出 c 的成本，制造商获得零售渠道和直销渠道两部分的收益。此时零售商收益为：

$$\pi_R = (a_i - q_R - q_M + rs)q_R + \lambda q_R$$

制造商预测零售商的订货决定，首先决定批发价格，然后决定降低成本的水平，使其预期利润最大化：

$$\pi_M = wq_R + (a_i - q_R - q_M + rs - c)q_M + \lambda q_M - \frac{1}{2}ks^2$$

求解这个问题，得到引理 2。

引理 2：对于制造商入侵且努力的情况，均衡下，产品可持续水平 $s = \frac{r(a_i - c + \lambda)}{2k - r^2}$ ，批发价 $w = \frac{3k(a_i + \lambda) - c(r^2 + k)}{3(2k - r^2)}$ ，制造商直销数量 $q_M = \frac{3k(a_i + \lambda) - c(r^2 + 5k)}{3(2k - r^2)}$ ，零售商订货数量 $q_R = \frac{2c}{3}$ ，供应链成员的期望利润 $\pi_R^{NB} = \frac{2c^2}{9}$ ， $\pi_M^{NB} = \frac{k(a_i + \lambda - c)^2}{2(2k - r^2)} + \frac{c^2}{3}$ 。

由引理 2 可得完全信息下，在制造商入侵零售市场且投入努力的条件下，零售商和制造商的均衡决策。

命题 1：完全信息下，当制造商入侵时，零售商的均衡决策与收益只与制造商的入侵成本有关。制造商的努力水平、批发价以及直销数量均与政府补贴成正相关。

由于完全信息下，制造商和零售商均知道真实的市场信息，零售商没有任何信息优势。此时零售商的订货数量只与制造商的入侵成本 c 有关，政府的价格补贴仅影响制造商的数量决策和定价决策。而制造商身为供应链的主导者，以自己的直销为威胁，它会占据所有优势。

5. 不完全信息制造商入侵策略研究

上一节讨论了完全信息条件下的基准模型，本节将讨论当信息不对称时，制造商和零售商的均衡策略。

5.1. 不完全信息且不入侵 AN

在制造商不入侵且信息不对称时，只有零售商知道真实的市场类型，而制造商不知道真实的市场类型，此时零售商的收益函数为：

$$\pi_R = (a_i - q_R - q_M + rs)q_R + \lambda q_R$$

制造商对市场的信念为 a_j ，使其预期利润最大化：

$$\pi_M = wE(q_R) - \frac{1}{2}ks^2$$

求解这个问题，得到引理 3。

引理 3：对于制造商入侵的情况，均衡下，产品可持续水平 $s = \frac{r(\mu + 2\lambda)}{4k - r^2}$ ，批发价 $w = \frac{r^2\lambda + 2k\mu}{4k - r^2}$ ，零售商订货数量 $q_R = \frac{k(\mu + 2\lambda)}{4k - r^2}$ ，供应链成员的期望利润 $\pi_R^{NB} = \frac{4k^2(4t^2 + (2\lambda + \mu)^2) + r^2t^2(r^2 - 8k)}{4(4k - r^2)^2}$ ， $\pi_M^{NB} = \frac{k(\mu + 2\lambda)^2}{2(4k - r^2)}$ 。

由引理 3 可知，在不对称信息下，制造商仅能凭借信念 μ 进行决策，同样的，零售商的数量决策也因此受到 μ 的影响。

5.2. 完全信息且入侵 AE

由需求逆函数可知，零售商希望制造商在消费市场上销售更少的产品，从而获得更高的市场出清价格，获得更多的利润。显然当制造商收到市场规模大的信息时，她将期望通过她的直接渠道销售更多的产品，反之亦然。因此，高类型零售商有动机模仿低市场规模下的订购决策，从而误导制造商销售更少的产品。制造商获知高类型零售商这一伪装动机，在观察到制造商给出的批发价格时，其会猜测此时的制造商类型有两种可能，一是零售商确实为低类型零售商；二是零售商实为高类型，却伪装为低类型。此时，制造商有可能将零售商当作高类型零售商对待，提高直销数量 q_M 。图 1 表示了 H 类型零售商和 L 类型零售商的潜在收， V_{ij} 表示零售商的真实类型为 i ，但制造商对其的信念为 j 。例如 V_{HL} 表示零售商的真实类型为高类型，但是制造商认为其是低类型。

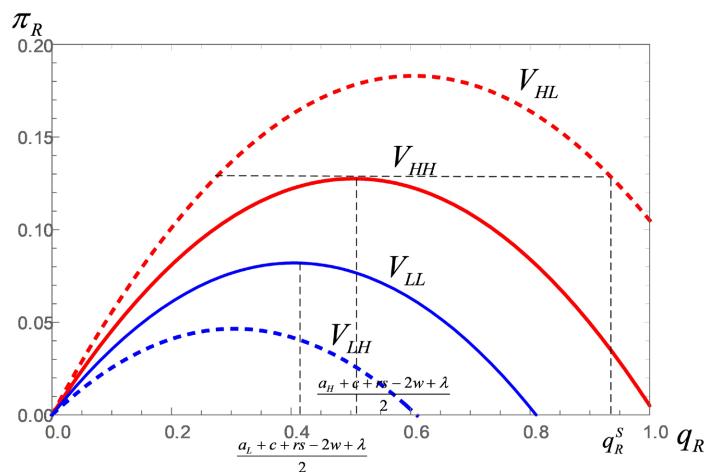


Figure 1. Potential revenue of retailers
图 1. 零售商潜在收益

5.2.1. 信号传递模型均衡解分析

在本节分析中，本文探讨信号传递模型的均衡解，引入完美贝叶斯均衡(PBE)概念以解决信号传递问题。在 PBE 中，消费者依据贝叶斯法则更新对企业的质量信念(即后验信念)，进而作出最优购买决策。信号传递模型包含分离均衡与混同均衡两种状态。

5.2.2. 分离均衡

在分离均衡框架下，依据零售商是否需要承担成本以实现分离，可将所有均衡状态细分为自然分离与成本分离两类。具体而言，在自然分离情形下，低类型零售商不需要扭曲其订货量，即可有效区分子高类型。这是因为当两者之间差异显著时，高类型若想模仿低类型，要付出巨大的成本，此时对高类型来说得不偿失。即故模仿行为对高类型而言无利可图，因此高类型会倾向于自动放弃模仿策略。反之在分离均衡中，由于高低类型的零售商差距比较小，模仿对于高类型来说利大于弊，身为理性决策者，高类型一定会选择去模仿低类型的零售商策略。此时，低类型若想与高类型实现分离，不可避免要将订货量向下扭曲，使得高类型模仿付出的代价过大，不会轻易模仿。

对于分离均衡(用上标“ S ”表示)，首先根据订货量 \hat{q}_R^S 的阈值来表述零售商和制造商的共同信念，该阈值将零售商分为高型和低型。因此，当且仅当零售商的订货策略满足以下约束条件时，可得到一个完美的贝叶斯分离均衡(PBSE)：

$$\begin{cases} \max \pi_R(q_R > \hat{q}_R^s | a_H) \geq \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^s | a_H) \\ \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^s | a_L) \geq \max \pi_R(q_R > \hat{q}_R^s | a_L) \\ \hat{q}_R^s \geq 0 \end{cases}$$

此时制造商的目标为

$$\max_{q_M} E \left[(a - q_R - q_M - c + rs) q_M + w q_R - \frac{1}{2} k s^2 + \lambda q_M \right]$$

零售商的目标为

$$\max_{q_R} (a_i - q_R - q_M(s, w, q_R) - w + rs) q_R + \lambda q_R$$

求解可得推论 1。

推论 1：在完美贝叶斯分离均衡中

$$\hat{q}_R^s = \begin{cases} \frac{1}{2}(a_L + c + rs - 2w + \lambda), & \text{若 } w \geq \hat{w}^s \\ q_R^s, & \text{否则} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{零售商的最佳订货量 } q_{RH}(s, w) &= \frac{1}{2}(a_H + c + rs - 2w + \lambda), \quad q_{RL}(s, w) = \hat{q}_R^s, \quad \text{制造商的最佳直销数量为} \\ q_{Mi}(s, w) &= \frac{1}{2}(a_i - c - q_{ri}(s, w) + rs - 2w + \lambda), \quad \text{其中 } i = \{H, L\}, \quad \hat{w}^s = \frac{1}{4}(2(c + rs + \lambda) + 3a_L - a_H), \\ q_R^s &= \frac{1}{2}(2a_H - a_L + c + rs + \lambda + \sqrt{(a_H - a_L)(3a_H - a_L + 2(c + rs - 2w + \lambda))} - 2w) \end{aligned}$$

由推论 1 可知，完全信息下由于制造商在降低批发价格的同时以入侵为威胁，刺激了零售商的销售量，因此出现了制造商和零售商从入侵中获得互利的潜在可能性。然而，在信息不对称的情况下，当批发价足够小时，零售商的订货量向下扭曲抵消了这一效应。低类型零售商向下扭曲订货量，导致其收益低于在完全信息条件下的最佳收益，可以理解为低类型零售商为了向制造商传递信息付出了信息租金。

5.2.3. 混同均衡

在上一节讨论了分离均衡，在这一小节中将讨论混同均衡。当低类型零售商向高类型零售商传递信息付出的成本过高时，低类型有可能选择与高类型选择设定相同的订货量实现混同，此时制造商无法推断出零售商的类型。

对于混同的均衡(用上标 “P” 表示)，无论市场规模大小，由于不同类型的零售商的订购量相同，制造商都无法获得需求信息。因此，当且仅当零售商的订单数量满足以下约束条件时，存在一个完美的贝叶斯混同均衡(PBPE)：

$$\begin{cases} \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^P | a_H) = \max \pi_R(q_R = \hat{q}_R^P | a_H) \\ \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^P | a_L) = \max \pi_R(q_R = \hat{q}_R^P | a_L) \\ \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^P | a_H) \geq \max \pi_R(q_R > \hat{q}_R^P | a_H) \\ \max \pi_R(q_R \leq \hat{q}_R^P | a_H) \geq \max \pi_R(q_R > \hat{q}_R^P | a_L) \\ \hat{q}_R^P \geq 0 \end{cases}$$

通过逆向归纳法可以求得当 $w \leq \hat{w}^P$ 时存在混同均衡，其中

$$\hat{w}^P = \frac{1}{4} \left(3a_H - \mu + 2(c + rs + \lambda) - \frac{4(a_H - a_L)^2}{a_H - \mu} \right).$$

推论 2: 只有当 $w \leq \hat{w}^P < \hat{w}^S$ 时, 存在贝叶斯混同均衡。零售商的最佳订货量

$$q_R(s, w) = \hat{q}_R^P = \frac{1}{2}(2a_L + c + rs - 2w - \mu + \lambda), \text{ 和市场规模无关。制造商的最佳直销数量}$$

$$q_M(s, w) = \frac{1}{2}(\mu + \lambda + rs - q_R(s, w) - c).$$

由推论 2 可知, 当制造商的批发价处于中间水平时, 低类型零售商和高类型零售商可以实现混同。

5.2.4. 均衡产出

在分离均衡和混同均衡中, 零售商和制造商均有不同的均衡决策。结合引理 3 和推论 1、推论 2 可以得到命题 3。

命题 3: 在均衡中, 产品的最佳可持续水平为 $s^{AE} = \frac{r(\mu - c)}{2k - r^2}$, 且最佳批发价, 零售商订货数量和制造商直销数量满足:

- (1) 当 $c \leq \frac{3}{4}\sqrt{\alpha}(a_H - a_L)$ 时, $s^{AE} = \frac{r(\mu + \lambda - c)}{2k - r^2}$, $w^{AE} = \frac{1}{6} \left(3a_H - c + 3\lambda + \frac{3r^2(\mu + \lambda - c)}{2k - r^2} \right)$, $q_{RH}^{AE} = \frac{2c}{3}$, $q_{RL}^{AE} = 0$, $q_{MH}^{AE} = \frac{1}{2} \left(a_H - \frac{5c}{3} + \lambda + \frac{r^2(\mu + \lambda - c)}{2k - r^2} \right)$, $q_{ML}^{AE} = \frac{1}{2} \left(a_L + \frac{r^2\mu + 2c(\lambda - c)}{2k - r^2} \right)$, 供应链成员的期望利润 $\pi_R^{AE} = \frac{2\alpha c^2}{9}$, $\pi_M^{AE} = \frac{k(\sigma^2 + (\mu + \lambda - c)^2)}{2(2k - r^2)} - \frac{r^2\sigma^2}{4(2k - r^2)} + \frac{\alpha c^2}{3}$.
 - (2) 当 $\frac{3}{4}\sqrt{\alpha}(a_H - a_L) < c \leq \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 时, $w^{AE} = \frac{3k(\mu + \lambda) - c(k + r^2)}{3(2k - r^2)}$, $q_{RH}^{AE} = \frac{1}{6}(3a_H + 4c - 3\mu)$, $q_{RL}^{AE} = \frac{1}{6}(3a_L + 4c - 3\mu)$, $q_{MH}^{AE} = \frac{1}{2} \left(a_H - \frac{5c}{3} + \lambda + \frac{\mu}{2} + \frac{r^2(\mu + \lambda - c)}{2k - r^2} \right)$, $q_{ML}^{AE} = \frac{1}{2} \left(a_L - \frac{5c}{3} + \lambda + \frac{\mu}{2} + \frac{r^2(\mu + \lambda - c)}{2k - r^2} \right)$, 供应链成员的期望利润 $\pi_R = \frac{\sigma^2}{8} + \frac{2c^2}{9}$, $\pi_M = \frac{\sigma^2}{16} + \frac{k(\mu + \lambda - c)^2}{2(2k - r^2)} + \frac{c^2}{3}$.
 - (3) 当 $c > \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 时, $w^{AE} = \min\{\bar{w}, \tilde{w}\}$, $q_{RH}^{AE} = \frac{1}{2}(a_H + c + rs^{AE} - 2w^{AE} + \lambda)$, $q_{RL}^{AE} = \frac{1}{2}(2a_H - a_L + c + rs^{AE} + \lambda + \sqrt{(a_H - a_L)(3a_H - a_L + 2(c + rs^{AE} + \lambda - 2w^{AE}))} - 2w^{AE})$, $q_{MH}^{AE} = \frac{1}{2}(a_H - c - q_{RH}^{AE} + rs^{AE} + \lambda)$, $q_{ML}^{AE} = \frac{1}{2}(a_L - c - q_{RL}^{AE} + rs^{AE} + \lambda)$, 其中 $\bar{w} = \frac{1}{4}(2(c + rs) + 3a_L - a_H)$.
- 由命题 3 可知, 当制造商的直销成本相对较小, 即 $0 < c \leq \frac{3}{4}\sqrt{\alpha}(a_H - a_L)$ 时, 只有高类型零售商才会选择订购数量, 因为此时制造商的直销竞争力比较大, 低类型零售商处于劣势地位。换言之, 低类型零售商失去下游市场的垄断地位。此时制造商也能从零售商的订货决策中了解到真实的市场类型。当制造商的直销成本处于中间水平即 $\frac{3}{4}\sqrt{\alpha}(a_H - a_L) < c \leq \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 的情况下, 高低类型的零售商都会

选择订购，而且高类型零售商将没有动机去模仿低类型的订货量。此时，高低类型零售商实现自然分离均衡。然而，当供应商的销售成本相对较大时，当 $c > \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 时，高类型零售商发现模仿低类型零售商让制造商误认为其是低类型时有利可图，因此，低类型为了可靠地向制造商传递信息，制造商必须向下扭曲订单数量。此时因为零售商在销售过程中具有较大的效率优势，制造商会降低批发价刺激零售渠道的销量，这有助于零售商以较低的批发价格获得更多的利润。

此外，低类型零售商在选择信号传递的均衡状态时，会依据其最优均衡收益来决定。通过比较低类型零售商在分离均衡和混同均衡中的收益，可以得到低类型的均衡产出。由此可以得到推论 3，图 2 描述了不完全信息下低类型零售商的均衡产出。

推论 3：

存在唯一的 w^B 使得，当 $w \leq w^B$ 时，低类型企业选择混同均衡可获得更多收益。当 $w^B < w \leq w^S$ 时，低类型企业选择分离均衡可获得更多收益；当 $w > w^S$ 时，高类型企业选择可以实现无成本分离。其中 $w^B = \frac{1}{4(1-\alpha)^2} \left(4(1+\alpha)(a_H - a_L) \sqrt{\alpha} + a_L(1+\alpha)(3+\alpha^2) - a_H(1+7\alpha - \alpha^2(1-\alpha)) + 2(1-\alpha)^2(c + rs + \lambda) \right)$ 。

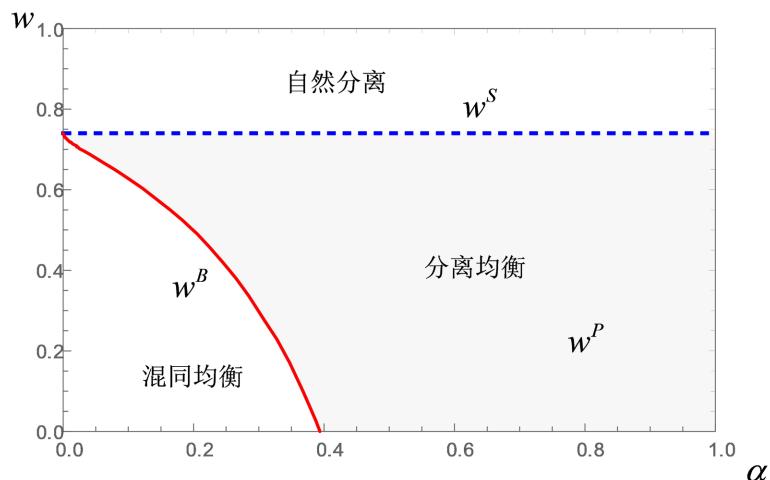


Figure 2. Retailer's equilibrium output under incomplete information
图 2. 不完全信息下零售商均衡产出

由推论 3 可知，当制造商的批发价较低时，低类型零售商会选择混同均衡。批发价处于中间水平时，低类型零售商会选择分离均衡，此时高类型模仿有机可图，低类型不得不向下扭曲订货量以实现分离。当批发价较高时，低类型零售商会选择自然分离。

6. 参数分析

6.1. 直销效率 c 对供应链的影响

制造商入侵零售渠道需要付出直销成本，传统观点来看，直销成本越高，对制造商越不利。本文却发现对于制造商而言并不是直销效率越高越好。

推论 5：当 $c \leq \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 时

(a) 随着制造商直销的效率提高，批发价格和直销数量增加，零售商的订货数量和边际利润下降，市场出清价格随直销的效率水平的提高而降低。

- (b) 直销效率低时, 制造商在不入侵时有更高的可持续投入。
(c) 零售商的收益随着直销效率的降低而提高, 制造商的收益和可持续投资的效率水平呈现非单调关系。

由推论 5 可知, 在直销效率很低($c > \frac{3k(\lambda + \mu)}{7k - r^2}$)时, 随着直销效率的降低, 制造商降低批发价鼓励零售商多订货, 零售商因为更高的边际利润增加订货量, 间接渠道的收益弥补了直接渠道的损失, 因此对于制造商而言是有利的。即在某个区间内制造商和零售商可以达成共识, 双方的收益都能增加。图 3 描述了四种情况下零售商和制造商的均衡收益。

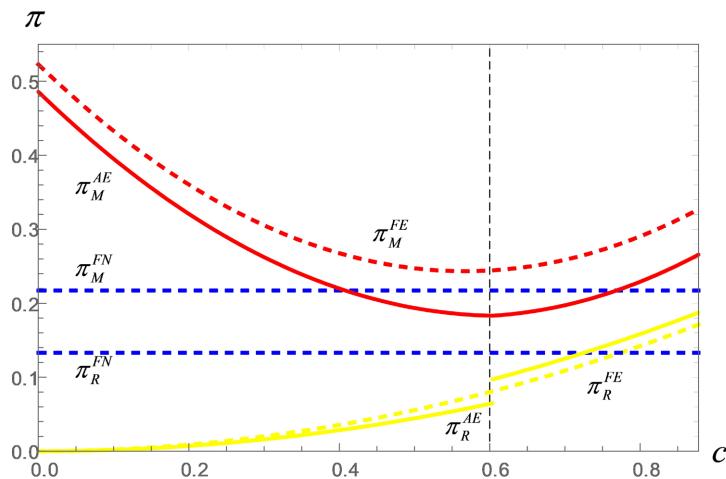


Figure 3. Profits of retailer and manufacturer
图 3. 零售商和制造商的收益

6.2. 政府补贴 λ 对供应链的影响

由前文可知, 在不同情景下, 政府补贴 λ 对零售商和制造商的决策均有不同程度的影响。由此得出推论 6, 图 4 描述了零售商收益与政府补贴 λ 的关系。

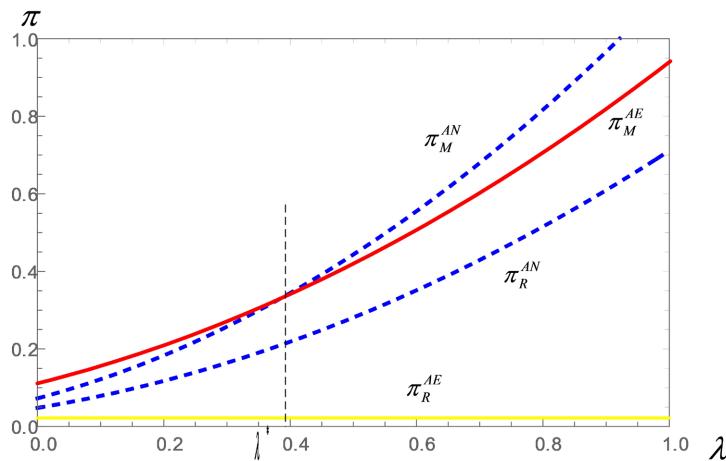


Figure 4. The impact of government subsidies on retailer revenue
图 4. 政府补贴对零售商收益的影响

推论 6: 当 $c \leq \frac{3}{8}(1+2\alpha)(a_H - a_L)$ 时

- (a) 制造商入侵时, 零售商的订货量和收益与 λ 无关
- (b) 制造商的直销数量、批发价和收益与 λ 成正相关
- (c) 存在 $\lambda^* > 0$, 当 $\lambda > \lambda^*$ 时, 制造商更偏好不入侵; 反之制造商更喜欢入侵。

由推论 6 可知, 制造商入侵时, 政府提供补贴并不总是能激励零售商增加订货量。政府补贴激励了制造商提高出售数量和批发价, 对零售商而言, 补贴带来的收益正好弥补了批发价提高带来的损失, 因此零售商订货量独立于 λ , 即政府补贴并不能激励零售商提高订货量。在完全信息下, 对于零售商和制造商来说, 政府的补贴越高越好。

7. 结语

在信息非对称性及制造商市场入侵的背景下, 本文设定了稳定的政府补贴, 构建了一个涉及上游制造商和下游零售商的供应链模型, 制造商在此模型中扮演信息优势方的角色。本文通过信号传递模型, 深入分析了在完全信息与不完全信息环境下, 制造商是否选择市场入侵的四种不同情况下, 供应链成员的均衡策略。研究发现, 制造商与零售商之间的信号博弈可能对供应链效率产生负面影响。同时, 对于制造商来说, 直销效率的提高并非总是最优选择, 在特定条件下, 直销效率的降低反而可能带来制造商和零售商收益的增加。此外, 当制造商实施市场入侵时, 政府补贴并不总能有效地激励零售商增加订货量。

本研究不仅为理解政府补贴对供应链成员决策的影响提供了理论支持, 也为实践者在信号传递问题上的决策提供了新的视角。未来研究可以进一步探讨政府补贴作为外生变量时的影响, 以及在不同市场结构和政策环境下, 供应链成员如何调整其策略以适应这些变化。这些研究方向将有助于深化我们对供应链管理复杂性的理解, 并为政策制定者和供应链管理者提供更具体的指导。

基金项目

国家面上自科(72372022, 71872036), 国家自科重点项目(71832001); 上海市社科项目(2023BGL012); 中央高校基本科研专项资金资助项目(2232018H-07)。

参考文献

- [1] Arya, A., Mittendorf, B. and Sappington, D.E.M. (2007) The Bright Side of Supplier Encroachment. *Marketing Science*, **26**, 651-659. <https://doi.org/10.1287/mksc.1070.0280>
- [2] Li, Z., Gilbert, S.M. and Lai, G. (2015) Supplier Encroachment as an Enhancement or a Hindrance to Nonlinear Pricing. *Production and Operations Management*, **24**, 89-109. <https://doi.org/10.1111/poms.12210>
- [3] Chen, J., Liang, L., Yao, D. and Sun, S. (2017) Price and Quality Decisions in Dual-Channel Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, **259**, 935-948. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.11.016>
- [4] Cui, Q. (2019) Quality Investment, and the Contract Manufacturer's Encroachment. *European Journal of Operational Research*, **279**, 407-418. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.06.004>
- [5] 郑本荣, 杨超, 杨珺, 等. 产品再制造、渠道竞争和制造商渠道入侵[J]. 管理科学学报, 2018, 21(8): 98-111.
- [6] Hamamura, J. and Zennyo, Y. (2021) Retailer Voluntary Investment against a Threat of Manufacturer Encroachment. *Marketing Letters*, **32**, 379-395. <https://doi.org/10.1007/s11002-021-09575-7>
- [7] Zhang, L. and Zhang, C. (2022) Manufacturer Encroachment with Capital-Constrained Competitive Retailers. *European Journal of Operational Research*, **296**, 1067-1083. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.05.027>
- [8] Tong, Y., Lu, T., Li, Y. and Ye, F. (2023) Encroachment by a Better-Informed Manufacturer. *European Journal of Operational Research*, **305**, 1113-1129. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.030>
- [9] 史保莉, 徐琪, 朱晨. 考虑广告努力和信号博弈的双渠道供应链均衡策略[J]. 工业工程与管理, 2023, 28(3): 52-

- 60.
- [10] Jiang, B., Tian, L., Xu, Y. and Zhang, F. (2016) To Share or Not to Share: Demand Forecast Sharing in a Distribution Channel. *Marketing Science*, **35**, 800-809. <https://doi.org/10.1287/mksc.2016.0981>
 - [11] Guo, X. and Jiang, B. (2016) Signaling through Price and Quality to Consumers with Fairness Concerns. *Journal of Marketing Research*, **53**, 988-1000. <https://doi.org/10.1509/jmr.15.0323>
 - [12] Guo, X., Xiao, G. and Zhang, F. (2017) Effect of Consumer Awareness on Corporate Social Responsibility under Asymmetric Information. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3039862>
 - [13] Boyacı, T. and Akçay, Y. (2018) Pricing When Customers Have Limited Attention. *Management Science*, **64**, 2995-3014. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2755>
 - [14] Xue, M., Zhang, J. and Zhu, G. (2020) Quantity Decision Timing with Spillover Effect and Asymmetric Demand Information. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **142**, Article ID: 102048. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102048>
 - [15] Liu, X. and Schmidt, W. (2022) Operational Distortion: Compound Effects of Short-Termism and Competition. *Management Science*, **68**, 5907-5923. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2021.4204>
 - [16] 周建亨, 李颖潇. 粉丝经济下品牌企业的信号传递策略研究[J]. 系统工程学报, 2022, 37(1): 88-103.
 - [17] 朱庆华, 夏西强, 李幻云. 政府补贴与专利费用下制造与再制造博弈模型[J]. 系统工程学报, 2017, 32(1): 8-18.
 - [18] Chen, J., Dimitrov, S. and Pun, H. (2019) The Impact of Government Subsidy on Supply Chains' Sustainability Innovation. *Omega*, **86**, 42-58. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.06.012>