

平台经济中考虑保鲜投入的双渠道生鲜供应链需求信息共享策略^{*}

刘正¹ 韩琛琛² 范国强¹ 杜荣¹ 石纯来¹

(1. 西安电子科技大学 经济与管理学院, 西安 710126;

2. 广汉市农业农村局, 德阳 618300)

摘 要 在平台经济背景下, 针对生鲜产品供应商所面临的市场需求不确定性问题, 电商平台可根据丰富的消费者数据预测市场需求, 决定是否与供应商共享其预测的需求信息。本文通过构建 Stackelberg 博弈模型, 在转销和直销并存的平台双渠道生鲜供应链中, 探究电商平台的需求信息共享策略。研究表明, 供应商获取市场需求信息有助于其调整产品的保鲜投入及价格, 进而获得更高的利润。而电商平台并非总是与供应商共享需求信息, 若电商平台获得的佣金较高, 则愿意共享需求信息; 若电商平台获得的佣金较低, 仅在产品的保鲜投入效率较高时, 电商平台愿意主动共享。此外, 当供应商对产品的保鲜投入效率和电商平台获得的佣金均较低时, 在特定阈值内, 供应商将因信息共享所获得的利润与电商平台进行合理分配, 能够激励电商平台与其共享需求信息。

关键词 生鲜产品供应链, 需求信息共享, 保鲜投入效率, 信息补偿机制, 平台经济

中图分类号 F274

1 引言

近年来, 随着信息技术及物流基础设施的不断完善, 越来越多的电商平台(下文简称: 平台)涉足生鲜业务, 如天猫生鲜、美团优选以及京东生鲜。据统计, 2022 年我国生鲜电商的市场规模已突破 4000 亿元^①, 2023 年高达 6500 亿元^②。实践中, 平台不仅充当传统零售商向消费者转售生鲜产品, 而且提供平台卖场允许供应商直接向消费者销售其产品, 即转销渠道和直销渠道并存的双渠道生鲜供应链。相较于普通产品而言, 生鲜产品具有保质期短且易腐等特征。因此, 供应商需进行额外的保鲜投入, 满足消费者对生鲜产品的保鲜需求, 提高消费者的支付意愿^[1, 2]。另外, 市场需求波动常常导致生鲜产品出现供过于求或供不应求的现象^[3]。以车厘子为例, 2022 年春节期间日均订货量在几天内暴跌 60%, 供应商因无法及时地调整供给量而造成巨大损失^[4]。因而, 掌握市场需求信息不仅有助于供应商确定保鲜投入, 而且能够及时调整供应量以实现供需匹配。

现实中, 供应商相较于平台远离消费者市场, 往往较难掌握因气候、环境等因素导致的市场需求波

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72171187, 72201202); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(22YJC630116); 陕西省社会科学基金年度项目(2022R007); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(KYFZ23017, KYFZ24026); 陕西省软科学项目(2024ZC-YBXM-119)。

通信作者: 范国强, 西安电子科技大学经济与管理学院讲师, E-mail: gqfan@xidian.edu.cn。

① <http://static.nfapp.southcn.com/content/202205/16/c6499502.html>。

② https://www.sohu.com/a/773693181_120491808。

动信息。且因生鲜产品具有保质期短、易腐等特征, 供应商掌握有限的需求信息可能会使其对生鲜产品的保鲜投入不合理, 导致生鲜产品的新鲜度不能精准地匹配市场需求, 从而影响整个供应链的效率。然而, 平台不仅具有与消费者直接接触的优势, 且凭借消费者在平台上巨大的交易量, 能够掌握大量的消费者数据(如浏览数据、购买数据等), 从而精准地预测市场需求信息^[5, 6]。若平台能够与供应商共享其预测的市场需求信息, 则有助于供应商根据市场需求波动科学地决策生鲜产品的保鲜投入, 更好地匹配市场需求, 提高供应链整体的效率。例如, 京东生鲜通过大数据分析掌握市场需求信息, 反向赋能农业, 提高产品销量。福建宁德的黄花鱼入驻京东生鲜后, 京东生鲜通过分析采销数据发现“黄花鱼的用户以都市年轻人为主, 更加注重烹饪的便捷性”, 帮扶企业打造的“三去黄花鱼”产品复购率达到 30%~40%^①。

然而, 平台并非总是与供应商共享其预测的需求信息。例如, 京东仅与部分供应商共享其需求信息^[6, 7], 天猫仅与 80 余家不同行业的供应商共享需求信息^[8]。在转销和直销并存的平台双渠道生鲜供应链中, 平台不与供应商共享需求信息的原因可能是, 尽管平台与生鲜供应商共享需求信息有助于其科学决策保鲜投入, 进而满足消费者的需求, 促使平台利润增加^[3, 9], 平台与供应商共享市场需求信息不仅强化了转销渠道的双重边际效应^[10, 11], 而且有助于供应商更好地决策直销渠道的直销价格, 加剧了直销渠道和转销渠道之间的竞争, 使得平台利润受损。对平台而言, 与上游生鲜供应商共享需求信息是一把双刃剑。因此, 在转销和直销渠道并存的平台双渠道生鲜供应链中探究平台的需求信息共享策略, 不仅具有重要的理论价值, 能够使供应商调整生鲜产品的保鲜投入, 以应对供应链需求信息不对称带来的风险, 而且对生鲜产品供应链中平台的需求信息共享策略具有重要的参考价值。

基于此, 本文在转销和直销渠道并存的平台双渠道生鲜供应链中探讨以下研究问题: ①平台在什么情况下会与供应商共享需求信息? ②平台的信息共享策略如何影响产品的保鲜投入以及供应商和供应链的利润? ③信息补偿机制是否能够增强平台的信息共享意愿? 研究的创新之处体现在两个方面: 一方面是区别于已有平台信息共享方面的研究, 本文考虑到了生鲜产品易腐等特征, 刻画了供应商对生鲜产品的保鲜投入; 另一方面探究了转销渠道和直销渠道并存的平台双渠道生鲜供应链中平台的需求信息共享策略, 扩展了已有生鲜产品需求信息共享研究中仅关注平台单一渠道销售产品的情形, 深化了已有生鲜产品供应链需求信息共享方面的研究。

2 文献综述

与本文相关的文献主要集中在两个方向: 一是平台的需求信息共享, 即考虑拥有需求信息优势的平台是否与上游供应商共享需求信息; 二是生鲜产品供应链的需求信息共享, 即考虑到生鲜产品的易腐等特征时, 探讨下游商家的需求信息共享策略。

2.1 平台的需求信息共享

电商平台的快速发展使得平台能够收集大量的消费者信息。然而, 这也引发了平台与上游供应商的需求信息不对称问题, 这一现象引起了企业和学者的广泛关注。Li 等^[8]的研究分析了在制造商和第三方经销商通过平台销售产品的情境下, 平台是否与制造商及第三方经销商共享需求信息。结果显示, 在经销商和制造商竞争强度较弱且市场需求波动适中的情况下, 平台与两者均可能共享需

① <http://www.xinhuanet.com/enterprise/20220225/e39ecb5f2e284f79baa8578066c7ad85/c.html>。

求信息; Ha 等^[6]在制造商引入和不引入直销渠道的情况下,探讨了平台的最优信息共享策略,发现在线平台的最优需求信息共享策略会受到直销渠道佣金、渠道替代性以及信息精准度等因素的影响而调整。在此基础上, Tang 等^[12]聚焦于不同直销渠道引入模式下平台的需求信息共享策略。结果表明,在制造商不侵蚀和直接侵蚀的情况下,平台没有共享需求信息的动机; Zha 等^[13]考虑了制造商和第三方经销商均通过平台向消费者销售其产品时,分别在平台充当传统转售或代理的角色下探讨了平台的信息共享策略。研究发现在两种销售模式中,平台总有动机至少与供应商和第三方经销商中的一方共享需求信息。此外,王桐远等^[7]、徐明月^[14]、Lei 等^[15]和吴璐等^[16]基于传统双渠道供应链,探讨了零售商的需求信息共享策略。尽管上述文献在研究平台需求信息共享策略时考虑了平台同时充当传统的转售角色(转销渠道)和平台卖场角色(直销渠道),但未考虑生鲜产品的保质期短、易腐等特征。而在平台双渠道生鲜供应链中,当考虑供应商对生鲜产品的保鲜投入时,平台的信息共享策略可能会影响供应商对产品的保鲜投入,进而改变供应商的最优决策和供应链成员的最优利润,影响平台的信息共享策略。

2.2 生鲜产品供应链的需求信息共享

生鲜产品的需求受季节、气候等因素的影响而产生波动,下游商家由于接近消费者市场掌握更多的需求信息,促使生鲜产品供应链的需求信息共享成为学者探讨的重要议题。Kaipia 等^[17]研究表明零售商与供应商共享生鲜产品的市场需求等信息,对产品的库存和运输损耗会产生积极影响。在此基础上,但斌等^[18]基于传统单渠道生鲜产品供应链,在生鲜产品的到岸价格模式下分析了销售商的需求信息共享策略。研究结果表明,需求信息共享有利于供应商调整产品保鲜水平。Chen 等^[19]探讨了一个具有需求信息优势的零售商是否与两个相互竞争的供应商共享需求信息,研究结果表明,随着生鲜产品新鲜度弹性的提高,零售商将从与两个供应商共享需求信息转变为与一个供应商共享需求信息。上述研究的信息共享策略均考虑的是线下的零售商与上游供应商,而 Dan 等^[20]基于平台和供应商之间的信息不对称,探讨了供应商和合作模式选择对平台信息共享策略的影响。与本文密切相关的研究方面, Liu 等^[21]在考虑生鲜产品保鲜投入的单渠道生鲜供应链时,分析了平台与上游供应商的需求信息共享策略。研究结果表明,平台的信息共享策略与产品的新鲜度弹性相关。而在实践中,许多生鲜供应商采用双渠道经过平台向消费者销售产品。例如,恒都、御鲜之王及乐淇等生鲜供应商不仅通过京东自营店将产品转售给消费者,而且依托京东平台建立官方旗舰店直接销售给消费者。在转销和直销渠道并存的平台生鲜供应链中,平台与供应商共享需求信息不仅强化了其与供应商之间的双重边际效应,而且有助于供应商更好地决策直销渠道中的直销价格,增强了直销渠道和转销渠道之间的竞争,这可能会改变平台的需求信息共享策略。

综上所述,本文的理论贡献主要体现在以下几个方面:首先,现有研究基于双渠道分析了平台的需求信息共享策略,然而相关文献,如 Ha 等^[6]、Tang 等^[12]和 Zha 等^[13]的研究,均未考虑到生鲜产品的保鲜投入。而本文结合生鲜产品的保鲜投入,在平台双渠道生鲜供应链中,探讨了平台的信息共享策略及其如何影响产品的保鲜投入和供应链成员的利润;其次,在生鲜产品供应链的需求信息共享方面,如 Dan 等^[20]和 Liu 等^[21]虽然在考虑生鲜产品保鲜投入的同时研究了平台的需求信息共享策略,但仅关注了平台通过单一渠道销售产品的情形。而本文关注平台既担任传统的转售角色,又兼顾平台卖场角色,即在转销和直销渠道并存的平台生鲜供应链中,探究平台与供应商之间的需求信息共享策略。此外,研究结论发现平台的需求信息共享策略不仅与产品的保鲜投入效率相关,还会受到直销渠道佣金高低的影响。本文与相关研究的研究内容比较见表 1。

表 1 本文与相关研究的研究内容比较

	转销+直销渠道并存	需求信息共享	产品保鲜投入
Ha 等 ^[6]		√	
王桐远等 ^[7]		√	
Li 等 ^[8]		√	
Tang 等 ^[12]	√	√	
Zha 等 ^[13]	√	√	
但斌等 ^[18]		√	√
Dan 等 ^[20]		√	√
Liu 等 ^[21]		√	√
本文	√	√	√

3 问题描述

本文考虑由一个电商平台（以下简称平台）和一个生鲜供应商（下文简称：供应商）组成的线上双渠道生鲜供应链，其中供应商负责生鲜产品的保鲜投入。考虑到现实中也存在由平台负责保鲜投入的情形^[22]，因此，本文在拓展模型中考虑了由平台负责转销渠道的保鲜投入，供应商负责直销渠道保鲜投入的情形。本文考虑生鲜产品通过转销和直销两条渠道进行销售，供应链结构见图 1。转销渠道指供应商首先以批发价格 p_w 将生鲜产品出售给平台，平台以零售价格 p_r 转销到市场。直销渠道指的是供应商借助平台以直销价格 p_m 将生鲜产品直接销售到市场，且供应商需按照佣金比例 α 向平台缴纳佣金。本文假设佣金比例 α 是外生的，类似的假设常见于运营管理和市场营销领域的文献，如 Wang 等^[23]、林强等^[24]以及 Zhang S C 和 Zhang J X^[25]。

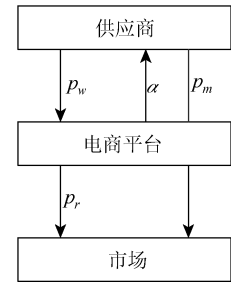


图 1 双渠道生鲜供应链结构图

3.1 市场需求构建

本文考虑消费者的购买决策受生鲜产品的销售价格、新鲜度以及消费者对产品新鲜度的敏感程度 β 的影响。生鲜产品最初的新鲜度为 ξ_0 ，本文假设 $\xi_0 = 1$ ，此假设不影响主要结论。随着时间的推移，生鲜产品的初始新鲜度会逐渐流失，假设新鲜度流失率为 η ， $\eta \in (0,1)$ 。由于生鲜产品的易腐特征且从供应端到消费者手中需要经历打包、运输等过程，为了保证产品到消费者手中的新鲜程度以提高消费者的购买意愿，供应商会对产品采取保鲜投入 γ ($\gamma \in (0,1)$) 进行保鲜，以减缓生鲜产品新鲜度的流失。根据已有研究^[18,21]，本文中供应商的保鲜成本为 $K\gamma^2/2$ ，其中 K ($K > 0$) 表示供应商保鲜投入效率， K 越小意味着保鲜投入效率越高。综上得到消费者感知的产品新鲜度对市场的影响为 $\beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma))$ 。参考已有研究^[26-29]，进而得到直销渠道和转销渠道中的产品需求函数分别为

$$q_m = d - p_m + bp_r + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma)) \text{ 和 } q_r = d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma)) \quad (1)$$

其中， q_m 和 q_r 分别表示直销渠道和转销渠道中的产品需求。

3.2 市场需求信息结构

在实践中,消费者的市场需求容易受到消费者偏好、气候和经济等不可控因素的影响。参考已有文献^[6, 30],为了更加贴近现实市场需求,本文假设市场的潜在需求由两个部分组成。第一部分为固定需求 d_0 ,这一部分市场需求不易受到市场环境变化的影响。第二部分为可变需求 e ,这一部分需求容易受到市场环境(消费者偏好、气候等)变化的影响,本文假设真实市场需求中可变部分的期望为 0 ($E(e)=0$),方差为 σ ($\text{Var}(e)=\sigma$)。综上分析,可得潜在市场需求为 $d=d_0+e$ 。参考 Huang 等^[30]和艾兴政等^[31],平台能够根据数据预测市场需求,其对市场需求的预测为 $f=d+\varepsilon$,其中, ε 表示平台对市场需求预测的误差。假设 ε 的期望为 0 ($E(\varepsilon)=0$),方差为 μ ($\text{Var}(\varepsilon)=\mu$)。随机变量 e 和 ε 相互独立,易得

$$E(d|f)=\frac{\mu}{\mu+\sigma}d_0+\frac{\sigma}{\mu+\sigma}f\equiv A \text{ 和 } E((f-d_0)^2)=\mu+\sigma \quad (2)$$

令 $t=\sigma/(\mu+\sigma)$ 为平台对市场需求预测的精准度, $t\in[0,1]$,其中, $t=1$ 指平台预测的市场需求与实际的市场需求相符;而 $t=0$ 时则完全不相符。本文涉及的主要符号及含义见表 2。

表 2 主要符号及含义

符号	符号含义
p_m / q_m	直销价格/直销渠道产品需求量
p_r / q_r	零售价格/转销渠道产品需求量
p_w	转销渠道的批发价格
b	转销渠道和直销渠道间的竞争强度,其中 $b\in(0,1)$
β	消费者对生鲜产品新鲜度的敏感系数,其中 $\beta\in(0,1)$
ξ_0	生鲜产品初始新鲜度,令 $\xi_0=1$
η	生鲜产品的新鲜度流失率,其中 $\eta\in(0,1)$
γ	供应商对生鲜产品的保鲜投入,其中 $\gamma\in(0,1)$
K	供应商的保鲜投入效率,其中 $K>0$
α	平台获得的佣金比例,其中 $\alpha\in(0,1)$
t	平台对需求信息预测的精准度,其中 $t\in[0,1]$
$E(\Pi_X^Y)$	Y 模式下 X 的期望利润,其中 $X=\{R,M,V\}$ 分别表示平台、供应商和供应链; $Y=\{ZS,ZN\}$ 分别表示平台与供应商共享需求信息和不与供应商共享需求信息

与已有研究^[7, 27]相一致,假设供应商为领导者,平台为追随者。供应商和平台之间的博弈由三个阶段组成:第一阶段,平台决策其需求信息共享策略;第二阶段,供应商决策转销渠道的批发价格 p_w 和直销渠道的直销价格 p_m ,同时需要决策其对生鲜产品的保鲜投入 γ ;第三阶段,平台决策其转销渠道的零售价格 p_r 。博弈时序见图 2。

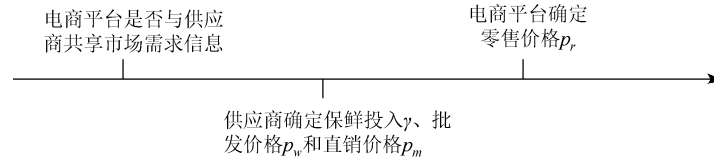


图2 博弈时序

4 模型构建

本节构建了平台与供应商共享与不共享信息两种情形下供应链成员的决策函数,为了剔除其他变量对均衡结果的干扰,本文在基准模型中考虑供应商和平台是风险中性的。

4.1 平台不共享需求信息——模型 ZN

根据市场需求函数,参考已有文献^[10, 31],能够得到当平台不共享其预测的需求信息时,平台和供应商的决策函数如下:

$$\begin{cases} \max_{p_r} E(\Pi_R^{ZN} | f) = E((p_r - p_w)(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma))) + \alpha p_m q_m | f) \\ \max_{p_m, p_w, \gamma} E(\Pi_M^{ZN}) = E\left(p_w(d_0 - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma))) + (1-\alpha)p_m q_m - \frac{1}{2}K\gamma^2\right) \end{cases} \quad (3)$$

根据逆序归纳法求解得到供应链各方的均衡解:

$$\begin{cases} p_w^{ZN*} = \frac{2K(1-\alpha b)(d_0 + \beta(1-\eta))}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ p_m^{ZN*} = \frac{2K(d_0 + \beta(1-\eta))}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ \gamma^{ZN*} = -\frac{\beta\eta(d_0 + \beta(1-\eta))(2\alpha(1+b) - (3+b))}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ p_r^{ZN*} = \frac{(A - d_0)(2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2 + 2K(1-\eta)(3-b)\beta + 2K(2A(1-b) + d_0(1+b))}{8K(1-b) + 2\beta^2\eta^2(2\alpha(1+b) - (3+b))} \end{cases}$$

将均衡解代入决策函数,得到各成员的最优期望利润分别为

$$\begin{cases} E(\Pi_R^{ZN*}) = \frac{1}{4}t\sigma + \frac{K^2(1-b)(\beta(1-\eta) + d_0)^2(4\alpha(1+b) + (1-b))}{(4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2)^2} \\ E(\Pi_M^{ZN*}) = -\frac{K(\beta(1-\eta) + d_0)^2(2\alpha(1+b) - (3+b))}{8(1-b)K + (4\alpha(1+b) - 2(3+b))\beta^2\eta^2} \end{cases}$$

为了保证海塞矩阵负定,令 $K > K_0$, 其中, $K_0 = ((3+b) - 2\alpha(1+b))\beta^2\eta^2 / 4(1-b)$ 。通过分析最优决策得到,供应商的保鲜投入效率越高 (K 越小), 产品的批发价格和保鲜投入越高, 即 $(\partial p_w^{ZN*} / \partial K) < 0$ 和 $(\partial \gamma^{ZN*} / \partial K) < 0$ 。其原因是, 当供应商的保鲜投入效率越高时, 供应商对产品的保鲜能力越强。为了提高消费者的购买意愿, 供应商可能会选择增加对生鲜产品的保鲜投入, 从而导致保鲜成本增加。供应商会将一部分保鲜成本转嫁到产品的批发价格上, 提高批发价格以保证其利润。

4.2 平台共享需求信息——模型 ZS

与模型 ZN 一致, 通过分析产品的需求函数并借助现有文献, 当平台共享需求信息时, 平台和供应商的决策函数如下:

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_r} E(\Pi_R^{ZS} | f) = E\left(\left((p_r - p_w)(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma))) + \alpha p_m q_m\right) | f\right) \\ \text{Max}_{p_m, p_w, \gamma} E(\Pi_M^{ZS} | f) = E\left(\left(p_w(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1-\gamma))) + (1-\alpha)p_m q_m - \frac{1}{2}K\gamma^2\right) | f\right) \end{cases} \quad (4)$$

根据逆序归纳法, 求解得到供应链各方的均衡解:

$$\begin{cases} p_w^{ZS*} = \frac{2K(1-\alpha b)(A + \beta(1-\eta))}{4(1-b)K + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ p_m^{ZS*} = \frac{2K(A + \beta(1-\eta))}{4(1-b)K + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ \gamma^{ZS*} = -\frac{\beta\eta(A + \beta(1-\eta))(2\alpha(1+b) - (3+b))}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \\ p_r^{ZS*} = \frac{K(3-b)(A + \beta(1-\eta))}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \end{cases}$$

将均衡解代入决策函数中, 可得平台和供应商的最优期望利润分别为

$$\begin{cases} E(\Pi_R^{ZS*}) = \frac{(1-b)(4\alpha(1+b) + (1-b))K^2(t\sigma + ((\eta-1)\beta - d_0)^2)}{(4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2)^2} \\ E(\Pi_M^{ZS*}) = -\frac{(2\alpha(1+b) - (3+b))K(t\sigma + ((\eta-1)\beta - d_0)^2)}{8K(1-b) + 2(2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \end{cases}$$

通过分析最优决策可得, 当供应商的保鲜投入效率越高 (K 越小) 时, 供应商的批发价格和产品的保鲜投入越高, 即 $(\partial p_w^{ZS*} / \partial K) < 0$ 和 $(\partial \gamma^{ZS*} / \partial K) < 0$ 。具体原因与 ZN 情形下的解释一致。接下来, 在最优均衡分析部分, 首先分析平台的最优信息共享策略, 其次探讨平台采取不同的信息共享策略对供应商和供应链的利润影响。

5 最优均衡分析

本节首先将平台共享与不共享需求信息时的均衡解进行对比并得到命题 1。

命题 1: 需求信息共享和不共享时最优均衡解对比

- (1) 若 $A > d_0$, $p_w^{ZS*} > p_w^{ZN*}$, $p_m^{ZS*} > p_m^{ZN*}$, $p_r^{ZS*} > p_r^{ZN*}$ 和 $\gamma^{ZS*} > \gamma^{ZN*}$ 。
- (2) 若 $A \leq d_0$, $p_w^{ZS*} \leq p_w^{ZN*}$, $p_m^{ZS*} \leq p_m^{ZN*}$, $p_r^{ZS*} \leq p_r^{ZN*}$ 和 $\gamma^{ZS*} \leq \gamma^{ZN*}$ 。

证明: 对比情形 (ZS) 和情形 (ZN) 的均衡解得到

$$p_w^{ZS*} - p_w^{ZN*} = \frac{2K(1-b\alpha)(A - d_0)}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \quad (5)$$

$$\gamma^{ZS*} - \gamma^{ZN*} = -\frac{\beta\eta(2\alpha(1+b) - (3+b))(A-d_0)}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \quad (6)$$

$$p_m^{ZS*} - p_m^{ZN*} = \frac{2K(A-d_0)}{4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2} \quad (7)$$

$$p_r^{ZS*} - p_r^{ZN*} = -\frac{(A-d_0)((2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2 - 2K(1+b))}{2(4K(1-b) + (2\alpha(1+b) - (3+b))\beta^2\eta^2)} \quad (8)$$

根据 $K > K_0$, 可得若 $A > d_0$, $p_w^{ZS*} > p_w^{ZN*}$, $\gamma^{ZS*} > \gamma^{ZN*}$, $p_m^{ZS*} > p_m^{ZN*}$ 和 $p_r^{ZS*} > p_r^{ZN*}$; 若 $A \leq d_0$, $p_w^{ZS*} \leq p_w^{ZN*}$, $\gamma^{ZS*} \leq \gamma^{ZN*}$, $p_m^{ZS*} \leq p_m^{ZN*}$ 和 $p_r^{ZS*} \leq p_r^{ZN*}$ 。

根据命题 1 可得生鲜产品的最优均衡价格和保鲜投入取决于 A 和 d_0 的大小。当 $A > d_0$ 时, 即当平台预测的市场需求高于确定的市场需求时, 平台共享需求信息会提高产品的最优均衡价格和保鲜投入。这是因为当平台与供应商分享潜在市场需求较高的信息时, 会促使供应商提高批发价格, 平台为了弥补因采购成本提高造成的利润损失, 会相应地提高产品的零售价格。对于供应商而言, 当潜在需求较高时, 提高生鲜产品的保鲜投入能够增强潜在消费者的购买意愿, 且提高保鲜投入所获得的利润能够弥补其保鲜投入成本的损失, 因此, 供应商会提高产品的保鲜投入。反之, 当 $A < d_0$ 时, 信息共享会使得生鲜产品的最优均衡价格和保鲜投入降低。接下来, 分析平台的最优信息共享策略并得到命题 2。

命题 2: 平台的需求信息共享策略

(1) 当平台获得的佣金比例较小时, 即 $\alpha \leq \alpha_1$, 若供应商的保鲜投入效率较高, 即 $K_0 < K \leq K_1'$, 平台的最优策略是与供应商共享需求信息, 即 $E(\Pi_R^{ZS*}) \geq E(\Pi_R^{ZN*})$; 若供应商的保鲜投入效率较低, 即 $K > K_1'$, 平台的最优策略是独占需求信息, 即 $E(\Pi_R^{ZS*}) < E(\Pi_R^{ZN*})$ 。

(2) 当平台获得的佣金比例较大时, 即 $\alpha_1 < \alpha < 1$, 平台的最优策略是与供应商共享需求信息, 即 $E(\Pi_R^{ZS*}) \geq E(\Pi_R^{ZN*})$ 。

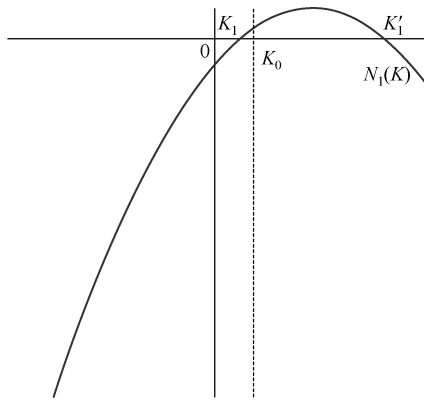
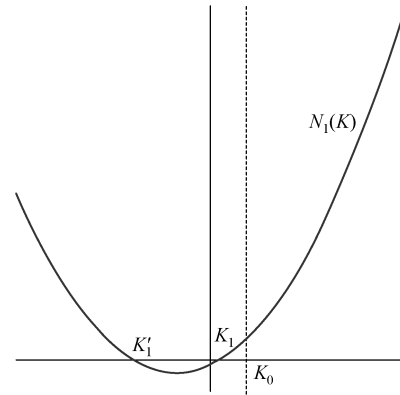
证明: 将 ZS 和 ZN 这两种情形下平台的期望利润作差可得

$$E(\Pi_R^{ZS*}) - E(\Pi_R^{ZN*}) = \frac{16(1-b)(4(1+b)\alpha - 3(1-b))K^2 - 16(1-b)G_1K - G_1^2}{(8(1-b)K + G_1)^2} t\sigma \quad (9)$$

其中, $G_1 = \beta^2\eta^2(2\alpha(1+b) - (3+b))$ 。

上式的大小关系取决于函数 $N_1 = 16(1-b)(4(1+b)\alpha - 3(1-b))K^2 - 16(1-b)G_1K - G_1^2$ 。易知方程 $N_1(K) = 0$ 存在两个根, K_1 和 K_1' 。若 $0 < \alpha \leq \alpha_1$, 其中 $\alpha_1 = 3(1-b)/(4(1+b))$, 函数 $N_1(K)$ 开口向下, $0 < K_1 < K_0 < K_1'$, 见图 3。若 $\alpha_1 < \alpha < 1$, 函数 $N_1(K)$ 开口向上, $K_1' < 0$ 和 $K_1 < K_0$, 见图 4。因此, 当 $\alpha \leq \alpha_1$ 且 $K_0 < K \leq K_1$ 时, $E(\Pi_R^{ZS*}) \geq E(\Pi_R^{ZN*})$; 当 $\alpha \leq \alpha_1$ 且 $K > K_1$ 时, $E(\Pi_R^{ZS*}) < E(\Pi_R^{ZN*})$; 当 $\alpha_1 < \alpha < 1$ 时, $E(\Pi_R^{ZS*}) > E(\Pi_R^{ZN*})$ 。其中,

$$\begin{cases} K_1 = \frac{(2\alpha(1+b) - (3+b))(2 - 2b - \sqrt{(1-b)(4(1+b)\alpha + 1 - b)})\eta^2\beta^2}{2(1-b)(4\alpha(1+b) - 3(1-b))} \\ K_1' = \frac{(2\alpha(1+b) - (3+b))(2 - 2b + \sqrt{(1-b)(4(1+b)\alpha + 1 - b)})\eta^2\beta^2}{2(1-b)(4\alpha(1+b) - 3(1-b))} \end{cases}$$

图 3 $\alpha \in (0, \alpha_1]$ 时 $N_1(K)$ 的示意图图 4 $\alpha \in (\alpha_1, 1)$ 时 $N_1(K)$ 的示意图

命题 2 表明, 当平台获得的佣金比例较低时, 若供应商保鲜投入效率较高, 则平台与供应商共享需求信息; 若供应商保鲜投入效率较低, 则平台不共享需求信息。当平台获得的佣金比例较高时, 平台与供应商共享需求信息。其主要原因是, 对于平台而言, 信息共享造成零售渠道的双重边际效应增强; 对于供应商而言, 获得预测的需求信息不仅有助于其决策生鲜产品的保鲜投入, 而且有利于其决策直销渠道中的直销价格, 增加直销渠道的收益。相应地, 平台所销售的生鲜产品保鲜投入提升, 且佣金收入增加, 即溢出效应。当平台获得的佣金较高时, 佣金所带来的收益能够抵消双重边际效应带来的损失, 见图 5 区域 C。当平台获得的佣金比例较低且供应商保鲜投入效率较低时, 平台与供应商因共享需求信息强化的双重边际效应所带来的损失占优于溢出效应所带来的利润, 使得平台利润降低, 因而独占需求信息是平台的最优策略, 见图 5 区域 A; 而当供应商保鲜投入效率较高时, 平台共享需求信息, 见图 5 区域 B。令 $d_0=1, b=0.5, \beta=0.6, \eta=0.3, t=0.7, \sigma=3, K \in (0, 0.6), \alpha \in (0, 1)$, 可得图 5。最后, 探讨信息共享如何影响供应商及供应链的利润并得到命题 3 和 4。

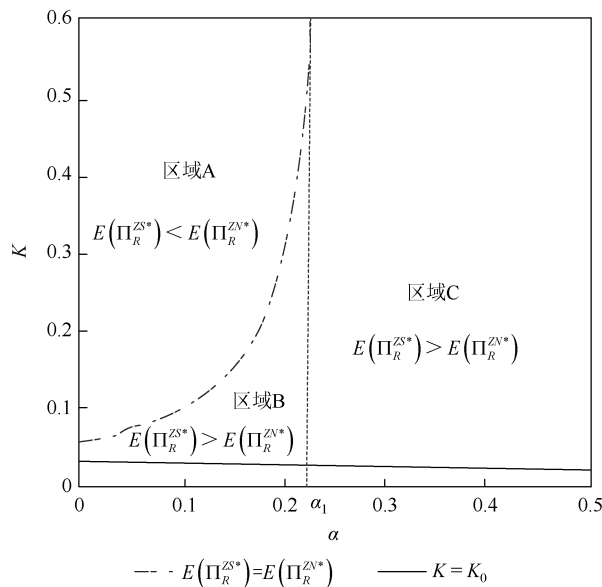


图 5 平台共享需求信息的最优策略

命题 3: 供应商获得市场需求信息总会增加其利润, 即 $E(\pi_M^{ZS*}) > E(\pi_M^{ZN*})$ 。

证明：对比 ZS 和 ZN 这两种情形下制造商的期望利润得到

$$E(\Pi_M^{ZS*}) - E(\Pi_M^{ZN*}) = \frac{(3+b-2\alpha(1+b))K}{8(1-b)K - (4\alpha(1+b) - 2(3+b))\beta^2\eta^2} t\sigma \quad (10)$$

根据 $K > K_0$ ，可得 $E(\Pi_M^{ZS*}) > E(\Pi_M^{ZN*})$ 。

命题 3 表明，对于供应商而言，获得需求信息总是增加其利润。因为拥有市场需求信息使得供应商能够根据市场需求信息决策其转销渠道中的批发价格和保鲜投入，且有利于其决策直销渠道中的直销价格。因此，需求信息共享使得供应商的利润增加。

命题 4：供应链的利润因平台与制造商共享需求信息而提高，即 $E(\Pi_V^{ZS*}) > E(\Pi_V^{ZN*})$ 。

证明：对比 ZS 和 ZN 这两种情形中供应链的利润可得

$$E(\Pi_V^{ZS*}) - E(\Pi_V^{ZN*}) = \frac{4(1-b)(3+5b)K^2 + (5b-1-2\alpha(1+b))G_1K - G_1^2}{16(8(1-b)K + G_1)^2} t\sigma \quad (11)$$

其中， $E(\Pi_V^{ZS*}) = E(\Pi_R^{ZS*}) + E(\Pi_M^{ZS*})$ 和 $E(\Pi_V^{ZN*}) = E(\Pi_R^{ZN*}) + E(\Pi_M^{ZN*})$ 。

式 (11) 的大小取决于 $N_2(K) = 4(1-b)(3+5b)K^2 + (5b-1-2\alpha(1+b))G_1K - G_1^2$ 。易知方程 $N_2(K) = 0$ 存在两个根 K_2 和 K_2' 。又因为 $K_2' < K_2 < K_0$ 。所以当 $K > K_0$ 时， $E(\Pi_V^{ZS*}) > E(\Pi_V^{ZN*})$ ，其中，

$$\begin{cases} K_2 = \frac{\left(-2\alpha(1+b) + 5b - 1 + \sqrt{4(1+b)^2\alpha^2 + 4(1-4b-5b^2)\alpha + 13 - 2b + 5b^2}\right)\beta^2\eta^2(3+b-2\alpha(1+b))}{8(3+2b-5b^2)} \\ K_2' = \frac{\left(-2\alpha(1+b) + 5b - 1 - \sqrt{4(1+b)^2\alpha^2 + 4(1-4b-5b^2)\alpha + 13 - 2b + 5b^2}\right)\beta^2\eta^2(3+b-2\alpha(1+b))}{8(3+2b-5b^2)} \end{cases}$$

供应链的利润由供应商和平台两部分构成，对于平台而言，根据命题 2，只有当平台获得的佣金较低且供应商的保鲜投入效率较低时，平台才会独占需求信息，即共享需求信息使其利润降低。而对于供应商而言，获得需求信息能够使其利润增加。对供应链整体而言，需求信息共享情况下所带来的收益（即溢出效应带来的收益）总是占优于因转销渠道强化的双重边际效应所带来的损失，从而使得供应链的利润增加。

6 需求信息共享补偿机制

针对平台不共享需求信息的情形，本节首先借助纳什讨价还价模型设计信息补偿机制激励平台共享需求信息。其次，采用算例分析验证本文所设计的信息补偿机制的有效性。

6.1 需求信息共享补偿机制设计

根据命题 2 至命题 4，对于供应商和供应链而言，获得平台所预测的需求信息均是有利的。而当平台获得的佣金较低且供应商的保鲜投入效率较低时，平台会独占需求信息。本节针对平台独占需求信息的情形，借助纳什讨价还价模型设计信息补偿机制以期使供应商和平台共赢，即将供应链整体因共享需求信息增加的利润（ $\Delta = E(\Pi_V^{ZS*}) - E(\Pi_V^{ZN*})$ ）合理分配给二者。其中， $\Delta\Pi_M$ 为供应商因信息补偿机制所得的利润， $(\Delta\Pi_M)^{q_M}$ 为供应商所获得的效用， $\Delta\Pi_R$ 为零售平台因信息补偿机制所获得的利润， $(\Delta\Pi_R)^{q_R}$

为零售平台所获得的效用。为了保证本文所设计的需求信息补偿机制能够应对供应商和平台在现实补偿情形中所面临的风险和不确定性,且在现实应用中更具可行性,本节中考考虑供应商和平台是风险规避的。其中, $\vartheta_i (i=R, M)$ 越大, 表明供应链成员的风险规避越强, 得到以下决策函数:

$$\begin{cases} \text{Max}_{\Delta\Pi_R, \Delta\Pi_M} u = (\Delta\Pi_R)^{\vartheta_R} (\Delta\Pi_M)^{\vartheta_M} \\ \text{s.t. } \Delta\Pi_R + \Delta\Pi_M = E(\Pi_V^{ZS*}) - E(\Pi_V^{ZN*}), \Delta\Pi_R > 0, \Delta\Pi_M > 0 \end{cases} \quad (12)$$

进一步可得

$$\Delta\Pi_R = \varphi(E(\Pi_V^{ZS*}) - E(\Pi_V^{ZN*})) \text{ 和 } \Delta\Pi_M = (1 - \varphi)(E(\Pi_V^{ZS*}) - E(\Pi_V^{ZN*}))$$

其中, $\varphi = \vartheta_R / (\vartheta_R + \vartheta_M)$ 。在补偿机制中, 平台的期望利润为 $V_R = E(\Pi_R^{ZS*}) + \Delta\Pi_R$, 供应商的期望利润为 $V_M = E(\Pi_M^{ZS*}) - \Delta\Pi_R$ 。下文将验证本文所设计的补偿机制是否有效。具体而言, 若供应链成员共享需求信息时的利润高于不共享时的利润, 则需求信息共享补偿机制有效; 反之, 信息补偿机制无效。

命题 5: 需求信息共享补偿机制有效性验证 ($\vartheta_R = \vartheta_M$)

(1) 若 $0 < b \leq 3/11, 0 < \alpha \leq \alpha_2$ 且 $K_1 < K \leq K_3$, 需求信息共享补偿机制中平台和供应商利润均高于需求信息不共享情形; 若 $0 < b \leq 3/11, 0 < \alpha \leq \alpha_2$ 且 $K > K_3$, 需求信息共享补偿机制中仅供应商利润高于需求信息不共享情形, 平台利润低于需求信息不共享情形。

(2) 若 $b > 3/11$, 补偿机制中平台和供应商的期望利润均较高。

证明: 首先, 通过对比需求信息共享补偿机制下与 ZN 情形下的供应商利润可得

$$V_M - E(\Pi_M^{ZN*}) = \frac{16(b-1)(4(1+b)\alpha + 5b\varphi + 3\varphi - 2b - 6)K^2 + 2\beta^2\eta^2G_2K + G_1^2\varphi}{4(8(1-b)K - G_1)^2}t\sigma \quad (13)$$

其次, 通过对比需求信息共享补偿机制下与 ZN 情形下平台利润可得

$$V_R - E(\Pi_R^{ZN*}) = \frac{16(1-b)(4(1+b)\alpha - 5b\varphi + 8b - 3\varphi)K^2 + 2\beta^2\eta^2G_3K - (2 - \varphi)G_1^2}{4(8(1-b)K - G_1)^2}t\sigma \quad (14)$$

其中,

$$\begin{cases} G_2 = \left(\begin{aligned} &((8 + 16b + 3b^2)\varphi - 8b^2 - 16b - 8)\alpha^2 - ((8 + 32b + 24b^2)\varphi + 24 + 32b + 8b^2)\alpha - 2(3 - 14b - 5b^2)\varphi \\ &- 18 - 12b - 2b^2 \end{aligned} \right) \\ G_3 = ((8 + 16b + 3b^2)\varphi - 8 - 16b - 8b^2)\alpha^2 - 8(1+b)(1 - 5b + \varphi + 3b\varphi)\alpha + 2(3+b)(5 - 9b + 5b\varphi - \varphi) \end{cases}$$

令 $\vartheta_R = \vartheta_M$, 式 (13) 可简化为

$$V_M - E(\Pi_M^{ZN*}) = \frac{16(1-b)(9 - b - 8(1+b)\alpha)K^2 - 4(7 + 3b - 2(1+b)\alpha)G_1K + G_1^2}{8(8(1-b)K - G_1)^2}t\sigma \quad (15)$$

因为 $\alpha \leq \alpha_1$ 且 $K > K_1$, 易得 $V_M > E(\Pi_M^{ZN*})$, 式 (14) 可简化为

$$V_R - E(\Pi_R^{ZN*}) = \frac{16(1-b)(8(1+b)\alpha + 11b - 3)K^2 - 4G_1(9 - 13b + 2(1+b)\alpha)K - 3G_1^2}{8(8(1-b)K - G_1)^2}t\sigma \quad (16)$$

式 (16) 的大小取决于 $N_3(K) = 16(1-b)(8(1+b)\alpha + 11b - 3)K^2 - 4G_1(9 - 13b + 2(1+b)\alpha)K - 3G_1^2$ 。易知方程 $N_3(K) = 0$ 存在两个不相等的根 K_3 和 K_3' , 其中,

$$\begin{cases} K_3 = \frac{\left(13b - 9 - 2(1+b)\alpha + \sqrt{45 - 66b + 37b^2 + (1+b)(33 - 37b)\alpha + 4(1+b)^2\alpha^2}\right)G_1}{8(1-b)(3 - 11b - 8(1+b)\alpha)} \\ K_3' = \frac{\left(13b - 9 - 2(1+b)\alpha - \sqrt{45 - 66b + 37b^2 + (1+b)(33 - 37b)\alpha + 4(1+b)^2\alpha^2}\right)G_1}{8(1-b)(3 - 11b - 8(1+b)\alpha)} \end{cases}$$

若 $b \leq 3/11$ 且 $\alpha \leq \alpha_2$, $16(1-b)(8(1+b)\alpha + 11b - 3) \leq 0$ 和 $-4G_1(9 - 13b + 2(1+b)\alpha) > 0$, 可知 $K_3 K_3' < 0$ 和 $K_3 + K_3' > 0$ 。又因为 $N(K)|_{K=K_1''} > 0$, 可知当 $K \leq K_3$ 时, $V_R \geq E(\Pi_R^{ZN*})$; 当 $K > K_3$ 时, $V_R < E(\Pi_R^{ZN*})$ 。

若 $b \leq 3/11$ 且 $\alpha_2 < \alpha \leq \alpha_1$, $16(1-b)(8(1+b)\alpha + 11b - 3) > 0$, 可知 $K_3 K_3' < 0$ 。因为 $N(K)|_{K=K_1''} > 0$, 可知 $V_R > E(\Pi_R^{ZN*})$, 若 $b > 3/11$, $16(1-b)(8(1+b)\alpha + 11b - 3) > 0$, 易知 $V_R > E(\Pi_R^{ZN*})$ 。其中, $\alpha_2 = \frac{3-11b}{8(1+b)}$ 和 $K_1'' = \frac{(2-2b)\eta^2\beta^2(2(1+b)\alpha - 3 - b)}{(1-b)(4(1+b)\alpha - 3(1-b))} > K_1$ 。

命题 5 说明需求信息共享补偿机制的有效性依赖于传统转销和直销渠道的竞争、平台获得的佣金比例及供应商对产品的保鲜投入效率。当传统转销和直销渠道之间的竞争强度较小、平台获得的佣金比例较小且供应商保鲜投入效率非常低时, 尽管需求信息共享补偿机制中供应商利润高于需求信息不共享情形, 但平台利润低于需求信息不共享情形, 如图 6 中区域 A 所示。对于供应商而言, 若想获取平台对市场需求的预测信息, 应向平台支付更高的信息费用。接下来, 假设平台和供应商风险规避程度不同, 通过算例分析, 验证需求信息共享补偿机制有效性。

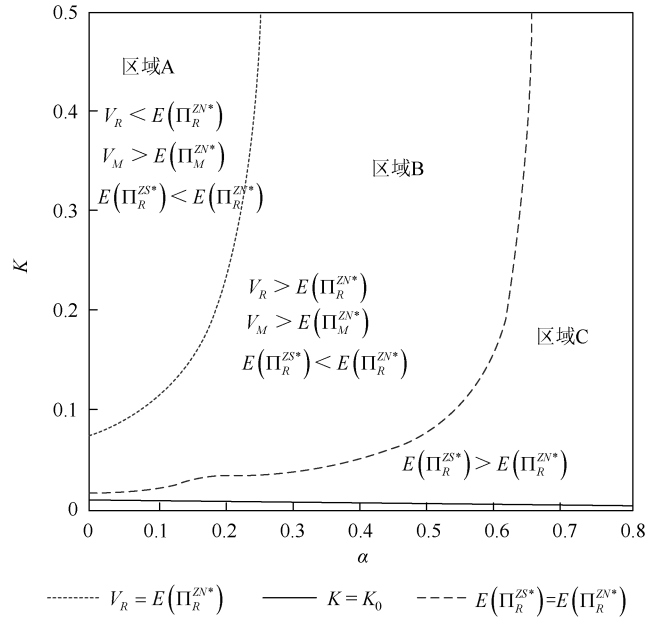


图 6 需求信息共享补偿机制

6.2 算例分析

为了验证 6.1 节所设计的机制的有效性, 本节进一步考虑平台与供应商二者的风险规避程度不同时

的期望利润。令 $d_0 = 1, \eta = 0.3, \beta = 0.6, \alpha = 0.3, b = 1/20, K \in (0, 0.15), \varphi \in (0, 1)$, 得到图 7。令 $d_0 = 1, \eta = 0.3, \beta = 0.6, b = 1/20$ 和 $K = 0.15, \varphi \in (0, 1), \alpha \in (0, 1)$, 得到图 8。

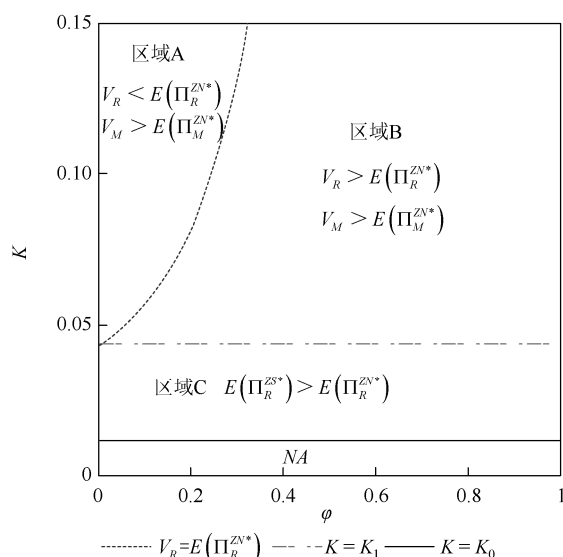


图 7 K 与 φ 对补偿机制的影响

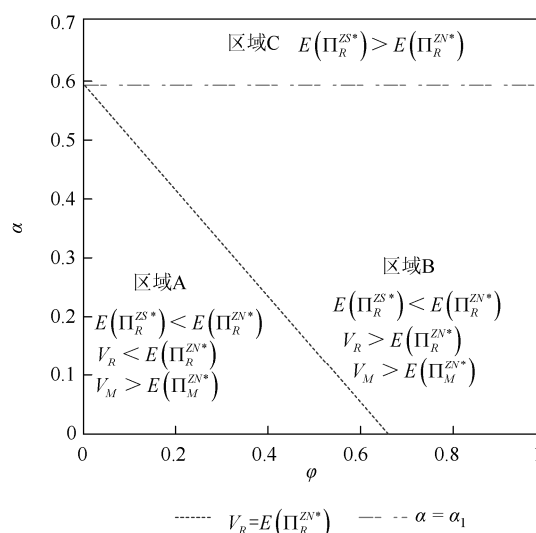


图 8 α 与 φ 对补偿机制的影响

根据图 7 可得, 平台的风险规避程度和供应商的保鲜投入效率会影响需求信息共享补偿机制的有效性。具体而言, 当供应商保鲜投入效率一定的情形下, 平台的风险规避程度较低时, 即 φ 较小, 需求信息共享补偿机制无效; 反之, 当平台的风险规避程度较高时, 即 φ 较大, 需求信息共享补偿机制有效。其原因是, 平台的风险规避程度越高, 在纳什讨价还价机制中, 平台获取的信息费用越高, 能够弥补其因需求信息共享所承担的损失。

根据图 8 可得, 平台获得的佣金比例也会影响需求信息共享补偿机制的有效性。具体而言, 当平台获得的佣金比例较大, 即 α 较大, 需求信息共享补偿机制有效。反之, 平台获得的佣金比例较小时, 即 α 较小, 需求信息共享补偿机制无效。其原因是, 虽然在需求信息共享补偿机制中平台能够获得供应商的信息费用, 但是由于平台获得的佣金比例较低, 因信息共享所强化的双重边际效应占优于溢出效应, 供应商支付的信息费用无法激励平台与其共享需求信息。因此, 当平台获得的佣金比例较高时, 需求信息共享补偿机制有效。

7 拓展

在主模型中, 本文考虑转销和直销渠道产品的保鲜投入都由供应商负责。现实中, 不仅存在由供应商负责保鲜投入的情形, 也存在由平台负责产品保鲜投入的情形^[22]。因此, 本节考虑由平台负责转销渠道中产品的保鲜投入, 由供应商负责直销渠道中产品的保鲜投入, 探讨平台的需求信息共享策略。考虑供应商对直销渠道产品的保鲜投入为 $\gamma_m, \gamma_m \in (0, 1)$, 平台对转销渠道产品的保鲜投入为 $\gamma_r, \gamma_r \in (0, 1)$ 。为了简化模型, 假设供应商与平台的保鲜投入效率 (K) 一致, 供应商所付出的保鲜成本为 $K\gamma_m^2/2$, 平台所付出的保鲜成本为 $K\gamma_r^2/2$ 。其他参数设置均与主模型保持一致, 得到直销渠道和转销渠道下的产品需求函数分别为

$$q_m = d - p_m + bp_r + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma_m)) \text{ 和 } q_r = d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma_r)) \quad (17)$$

与主模型保持一致, 假设供应商为领导者, 平台为追随者, 供应商和平台之间的博弈由三个阶段组成。第一阶段, 平台决策其需求信息共享策略; 第二阶段, 供应商决策转销渠道的批发价格 p_w 和直销渠道的直销价格 p_m , 同时需要决策其对直销渠道中生鲜产品的保鲜投入 γ_m ; 第三阶段, 平台同时决策转销渠道中产品的零售价格 p_r 和转销渠道中对产品的保鲜投入 γ_r 。供应商与平台的博弈时序见图 9。

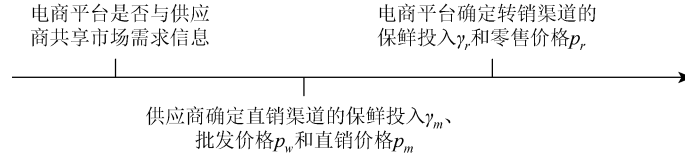


图 9 模型 RS 和 RN 情形下的博弈时序

7.1 平台不共享需求信息——模型 RN

参考已有文献^[10, 20], 当平台不共享其预测的需求信息时, 平台和供应商的决策函数如下:

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_r, \gamma_r} E(\Pi_R^{RN} | f) = E\left((p_r - p_w)(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma))) + \alpha p_m q_m - \frac{1}{2} K \gamma_r^2 | f\right) \\ \text{Max}_{p_m, p_w, \gamma_m} E(\Pi_M^{RN}) = E\left(p_w(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma))) + (1 - \alpha)p_m q_m - \frac{1}{2} K \gamma_m^2\right) \end{cases} \quad (18)$$

7.2 平台共享需求信息——模型 RS

同理, 当平台共享需求信息时, 平台和供应商的决策函数如下:

$$\begin{cases} \text{Max}_{p_r, \gamma_r} E(\Pi_R^{RS} | f) = E\left((p_r - p_w)(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma))) + \alpha p_m q_m - \frac{1}{2} K \gamma_r^2 | f\right) \\ \text{Max}_{p_m, p_w, \gamma_m} E(\Pi_M^{RS} | f) = E\left(p_w(d - p_r + bp_m + \beta(\xi_0 - \xi_0\eta(1 - \gamma))) + (1 - \alpha)p_m q_m - \frac{1}{2} K \gamma_m^2 | f\right) \end{cases} \quad (19)$$

进一步根据逆序归纳法得到供应链各方的均衡解, 具体均衡解详见附录。对比模型 RN 和 RS 情形下平台的期望利润, 探讨平台的信息共享策略。由于平台的期望利润较为复杂, 无法得到简明的数理解析解。故本文通过作图分析平台的信息共享策略, 记 $\Delta E(\Pi_R) = E(\Pi_R^{RS*}) - E(\Pi_R^{RN*})$, 与主模型分析平台信息共享策略时的参数 (图 5) 取值一致, 令 $d_0 = 1, b = 0.5, \beta = 0.6, \eta = 0.3, t = 0.7, \sigma = 3, \alpha \in (0, 1)$ $K = \{0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0\}$ 得到图 10。

根据图 10 可得, 存在佣金阈值 α'_1 , 当平台获得的佣金较高 ($\alpha \geq \alpha'_1$) 时, $\Delta E(\Pi_R) \geq 0$ 恒成立, 即平台共享需求信息时的期望利润大于平台不共享需求信息时的期望利润。当平台的佣金较低 ($0 < \alpha < \alpha'_1$) 时, 平台的最优信息共享策略与产品保鲜投入效率相关, 若产品的保鲜投入效率较高 (K 较小) 时, 平台的最优策略是共享需求信息, 即 $\Delta E(\Pi_R) \geq 0$; 当产品的保鲜投入效率较低 (K 较大) 时, 平台的最优策略是独占需求信息, 即 $\Delta E(\Pi_R) < 0$ 。对比命题 2 中平台的最优信息共享策略可得, 考虑由平台和供应商分别负责转销和直销渠道的产品保鲜投入时, 平台的需求信息共享策略与主模型一致。

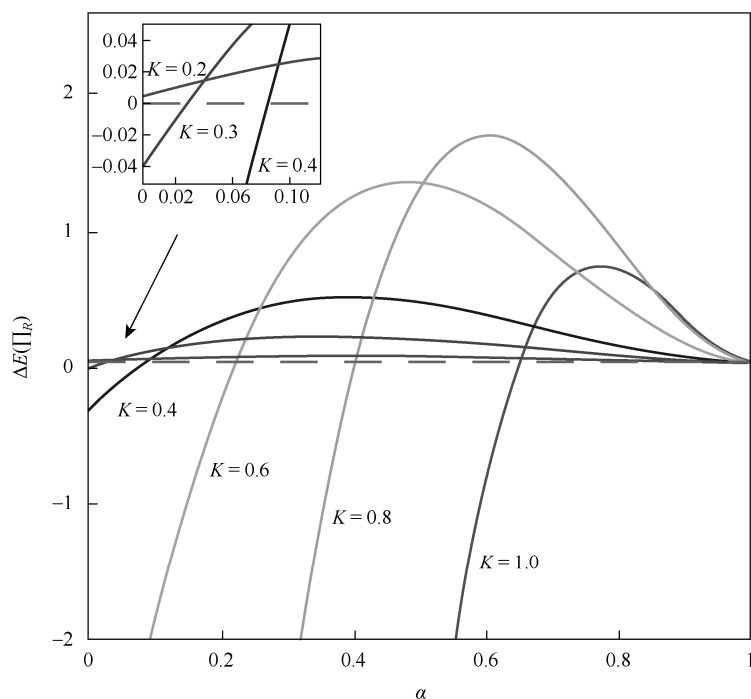


图10 模型RS和RN情况下平台的期望利润比较

8 实践启示与进一步研究方向

本文基于平台经济中供应商与平台之间需求信息不对称的背景,建立了由一个供应商和一个平台组成的双渠道生鲜供应链。首先,探究了平台是否愿意与供应商共享市场需求信息;其次,对比了平台共享与不共享需求信息时平台与供应商的最优决策及利润;最后,借助纳什讨价还价模型,设计了能够激励平台主动与供应商共享需求信息的补偿机制。主要结论和实践启示如下:

平台的需求信息共享策略由平台在直销渠道获得的佣金收入和生鲜产品的保鲜投入效率共同决定。当平台获得的佣金较高时,平台所获得的佣金能够抵消掉因与供应商共享需求信息导致转销双重边际效应增加所带来的损失,平台应该与供应商共享需求信息。当平台获得的佣金较低且供应商对产品的保鲜投入效率较低时,虽然保鲜投入提升会产生溢出效应,提高直销渠道的佣金收入,但由于保鲜投入效率较低,平台与供应商共享需求信息所强化的双重边际效应带来的损失占优于溢出效应所带来的利润,平台的最优策略是独占需求信息;而当平台获得的佣金较少但供应商的保鲜投入效率较高时,直销渠道因溢出效应所增加的佣金收入能够抵消转销渠道因双重边际效应增强带来的利润损失,平台应该与供应商共享需求信息。且基于拓展模型,以上结论同样适用于由供应商和平台分别负责转销和直销渠道保鲜投入情形中平台的需求信息共享策略。本文结论能够为转销和直销并存的平台双渠道生鲜供应链需求信息共享策略提供指导。

供应商获取市场需求信息可以同时实现供应商和整个供应链利润提高,但电商平台并非总是与供应商共享需求信息。若电商平台获得的佣金较高,则共享需求信息能够获得较高的利润;若电商平台获得的佣金较低,且产品的保鲜投入效率较低时,平台独享需求信息能够获得较高的利润。对于供应商而言,一方面,可以通过改善保鲜投入效率使得平台获得更多的佣金收入,促使平台与其共享需求信息;另一

方面,建议主动让利于平台以增加平台的佣金收入,进而激励平台采取共享策略。基于此,本文通过设计信息补偿机制促使平台主动共享需求信息,且当直销渠道和转销渠道之间竞争大于一定阈值,或渠道竞争小于该阈值且平台获得的佣金比例较小,而保鲜投入效率高于特定阈值(保鲜投入相对较低)时,本文所设计的补偿机制有效,能够为供应商的需求信息补偿策略提供参考。此外,本文在设计需求信息共享补偿机制时充分考虑了供应商和平台的风险偏好。通过综合考虑二者的风险偏好,所设计的补偿机制在现实应用中更具可行性。

本文假设供应商为市场领导者,平台为追随者。但现实中,平台可能是市场领导者,而供应商为追随者。因此,未来可以考虑在平台为市场领导者的情形下,分析其信息共享策略。另外,实践中平台可能会与供应商共同分担保鲜投入成本以提高产品质量,未来可以考虑在平台与供应商分担保鲜投入成本的情形下,探究平台的需求信息共享策略。最后,实践中供应商或平台在对生鲜产品进行保鲜投入时可能会考虑到保鲜投入所带来的成本等风险。考虑供应链成员的风险态度对生鲜产品保鲜投入的影响也是未来值得探讨的话题。

参 考 文 献

- [1] Lee Y P, Dye C Y. An inventory model for deteriorating items under stock-dependent demand and controllable deterioration rate[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2012, 63 (2): 474-482.
- [2] 曹晓宁,王永明,薛方红,等. 供应商保鲜努力的生鲜农产品双渠道供应链协调决策研究[J]. *中国管理科学*, 2021, 29 (3): 109-118.
- [3] 边晓雨,姚冠新,施国洪,等. 基于 Multi-Agent 系统模型的生鲜农产品有效供给对策研究[J]. *管理评论*, 2022, 34 (7): 310-325.
- [4] Wang C, Chen X. Option pricing and coordination in the fresh produce supply chain with portfolio contracts[J]. *Annals of Operations Research*, 2017, 248 (1/2): 471-491.
- [5] Guan Z L, Zhang X M, Zhou M S, et al. Demand information sharing in competing supply chains with manufacturer-provided service[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 220, 107450.1-107450.10.
- [6] Ha A Y, Luo H J, Shang W X. Supplier encroachment, information sharing, and channel structure in online retail platforms[J]. *Production and Operations Management*, 2022, 31 (3): 1235-1251.
- [7] 王桐远,王增强,李延来. 规模不经济下零售商信息分享模式对双渠道闭环供应链影响[J]. *管理工程学报*, 2021, 35 (3): 195-207.
- [8] Li G, Tian L, Zheng H. Information sharing in an online marketplace with co-opetitive sellers[J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30 (10): 3713-3734.
- [9] Ma X L, Wang S Y, Islam S M N, et al. Coordinating a three-echelon fresh agricultural products supply chain considering freshness-keeping effort with asymmetric information[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2019, 67: 337-356.
- [10] 李增禄,郭强,杨双. 供应商竞争环境下电商平台信息分享策略研究[J]. *软科学*, 2020, 34 (5): 108-114.
- [11] Shang W X, Ha A Y, Tong S L. Information sharing in a supply chain with a common retailer[J]. *Management Science*, 2016, 62 (1): 245-263.
- [12] Tang Y L, Sethi S P, Wang Y L. Games of supplier encroachment channel selection and e-tailer's information sharing[J]. *Production and Operations Management*, 2023, 32 (11): 3650-3664.
- [13] Zha Y, Li Q, Huang T L, et al. Strategic information sharing of online platforms as resellers or marketplaces[J]. *Marketing Science*, 2023, 42 (4): 659-678.
- [14] 徐明月. 考虑信息泄露和信息投资成本因素下平台的信息共享及渠道策略研究[J]. *计算机科学*, 2022, 49 (S1): 744-752.
- [15] Lei M, Liu H H, Deng H H, et al. Demand information sharing and channel choice in a dual-channel supply chain with

- multiple retailers[J]. *International Journal of Production Research*, 2014, 52 (22): 6792-6818.
- [16] 吴璐, 郭强, 聂佳佳, 等. 预测信息分享对药品双渠道供应链集团采购策略的影响[J]. *中国管理科学*, 2023, 31 (10): 276-286.
- [17] Kaipia R, Dukovska-Popovska I, Loikkanen L. Creating sustainable fresh food supply chains through waste reduction[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2013, 43 (3): 262-276.
- [18] 但斌, 陈振江, 刘墨林, 等. 到岸价格模式生鲜供应链需求信息共享与激励[J]. *系统工程理论与实践*, 2023, 43 (4): 1172-1194.
- [19] Chen Z J, Dan B, Ma S X, et al. Demand information sharing of fresh produce supply chain considering competing suppliers' freshness-keeping effort[J]. *International Transactions in Operational Research*, 2024, 31 (2): 1206-1231.
- [20] Dan B, Tian Y, Zhang X M, et al. Cooperation mode selection and information sharing in a fresh produce supply chain with freshness-keeping effort[J]. *International Journal of Electronic Commerce*, 2023, 27 (2): 270-294.
- [21] Liu M L, Dan B, Zhang S G, et al. Information sharing in an e-tailing supply chain for fresh produce with freshness-keeping effort and value-added service[J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 290 (2): 572-584.
- [22] 方新, 袁奉娇, 蔡继荣. 生鲜农产品供应链的保鲜投入和货架服务优化决策及其协调契约研究[J]. *中国管理科学*, 2023, 31 (6): 142-152.
- [23] Wang C X, Leng M M, Liang L P. Choosing an online retail channel for a manufacturer: direct sales or consignment? [J]. *International Journal of Production Economics*, 2018, 195: 338-358.
- [24] 林强, 陈亮君, 林晓刚. “质量—价格”竞争下生鲜电商销售模式选择研究[J]. *运筹与管理*, 2023, 32 (2): 22-28.
- [25] Zhang S C, Zhang J X. Agency selling or reselling: e-tailer information sharing with supplier offline entry[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 280 (1): 134-151.
- [26] Ma X L, Xu J T, Peng W L, et al. Optimal freshness and carbon abatement decisions in a two-echelon cold chain[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2021, 96: 834-859.
- [27] 郭强, 叶焱, 李增禄. 具有相同供应商的竞争性零售商双渠道策略研究[J]. *信息系统学报*, 2022, (27): 135-148.
- [28] 王刚. 基于消费者偏好的双渠道生鲜供应链协调与优化[J]. *数学的实践与认识*, 2021, 51 (12): 69-81.
- [29] 王桐远, 李延来. 零售商信息分享对双渠道绿色供应链绩效影响研究[J]. *运筹与管理*, 2020, 29 (12): 98-106.
- [30] Huang S, Guan X, Chen Y J. Retailer information sharing with supplier encroachment[J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27 (6): 1133-1147.
- [31] 艾兴政, 唐小我, 马永开. 传统渠道与电子渠道预测信息分享的绩效研究[J]. *管理科学学报*, 2008, 11 (1): 12-21.

Information Sharing of the Dual-channel Fresh Products Supply Chain Considering Freshness-keeping Efforts in the Platform Economy

LIU Zheng¹, HAN Chenchen², FAN Guoqiang¹, DU Rong¹, SHI Chunlai¹

(1. School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710126, China;

2. Guang Han Municipal Bureau of Agriculture and Rural, Deyang 618300, China)

Abstract In the platform economy, considering the uncertainty surrounding market demand for fresh product suppliers, the e-commerce platform can predict market demand based on rich consumer data and decide whether to share its forecast demand information with suppliers. This study constructs a Stackelberg game model to analyze the demand information sharing strategy employed by an e-commerce platform in a dual-channel fresh supply chain, encompassing both reselling and direct selling platforms. The findings of our study demonstrate that acquiring demand information can assist the supplier in adjusting their fresh-keeping

strategies and product pricing, leading to higher profits. However, the e-commerce platform does not always share demand information with the supplier, and its demand information sharing strategy depends on the commission received by the platform. When the e-commerce platform receives a higher commission, it is more inclined to share the demand information with the supplier. Conversely, if the commission obtained by the e-commerce platform is low, the e-commerce platform is willing to take the initiative to share only when freshness-keeping effort efficiency is high. Furthermore, in cases where the e-commerce platform charges a low commission and the freshness-keeping effort efficiency is also low, within a specific threshold, the supplier can incentivize the platform to share demand information by offering appropriate compensation.

Keywords Fresh products supply chain, Demand information sharing, Freshness-keeping effort efficiency, Information compensation mechanism, Platform economy

作者简介

刘正 (1995—), 女, 西安电子科技大学 2019 级博士研究生, 研究方向为信息不对称下供应链管理、电商平台渠道运营管理。E-mail: liuzheng6521@163.com。

韩琛琛 (1992—), 女, 广汉市农业农村局科员、硕士, 研究方向为农/林产品供应链管理。E-mail: HCC1114348330@163.com。

范国强 (1988—), 男, 西安电子科技大学经济与管理学院讲师, 研究方向为优化算法设计与分析、供应链管理。E-mail: gqfan@xidian.edu.cn。

杜荣 (1968—), 女, 西安电子科技大学经济与管理学院教授、博士生导师, 研究方向为电子商务平台与 IT 服务管理、供应链管理。E-mail: durong@mail.xidian.edu.cn。

石纯来 (1988—), 男, 西安电子科技大学经济与管理学院副教授, 研究方向为信息不对称下供应链管理、新兴技术下的运营管理决策。E-mail: S_Chunlai@163.com。

附 录

模型 RN 情形下, 供应链各方的均衡解:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_w^{RN*} = (1-\alpha) \left[\frac{((\eta-1)(\alpha b-1)\beta + (A-d_0-\alpha d_0)b - A + 2d_0)(1+b)K^3 - \eta^6 \beta^6 (\alpha-1)(A-d_0) + \eta^2 K^2 (\beta^2 ((3A-2d_0-3\alpha d_0)b^2 - 2d_0(3\alpha-2)b + (2A-4d_0)\alpha - 8A + 12d_0)) + \beta^4 \eta^4 K(d_0(2\alpha-1)b + (4d_0-3A)\alpha + 10A-6d_0 - (1-\eta)((2\alpha-1)b + 2\alpha-1)\beta) - \eta^2 \beta^2 K^2 ((2\alpha-1)b^2 + 2b(3\alpha-2) + 2\alpha-4)(\eta-1)\beta)}{2(G+H)K} \right] \\ p_m^{RN*} = \frac{L - K\beta^2 \eta^2 (((4A-6d_0)\alpha - 3A + 4d_0)b - 2d_0(\alpha-1)) + S}{4H + 8G} \\ \gamma_m^{RN*} = \frac{(\eta^2 (((4A-6d_0)b - 2d_0)\alpha + (4d_0-3A)b + 2d_0)K\beta^2 - L - S)\beta\eta(\alpha-1)}{4K(H+G)} \\ \gamma_r^{RN*} = \beta\eta \left[\frac{((\alpha-1)(1+b)((\eta-1)(8\alpha b-4b+4)\beta - 8b\alpha d_0 + (b-1)(12A-8d_0))K^2 + (\beta^2 \eta^2 K(2((4b^2-3b+2)\alpha + b^2 + b-1)(1-\eta)\beta + (4A-2d_0)b^2 + 2bd_0-10A+8d_0)) + (\beta^2 \eta^2 K((4(A+d_0)b^2 + 4bd_0+4d_0-6A)\alpha^2 + ((2d_0-10A)b^2 - 6bd_0-12d_0+16A)\alpha)) + 2\eta^4 \beta^4 (\alpha-1)^2 (A-d_0))}{16(G+H)K} \right] \\ p_r^{RN*} = \left[\frac{2((1-\eta)(b-3)\beta + bA - A - 2d_0)(1+b)(\alpha-1)K^3 + \eta^6 \beta^6 (\alpha-1)^2 (A-d_0) + \eta^2 K^2 \beta^2 ((2Ab^2 - A - 4bd_0 - 2d_0)\alpha^2 + ((d_0-2A)b^2 + 7bd_0+10d_0-2A)\alpha) + \eta^2 K^2 \beta^2 ((3+4b-2b^2)\alpha^2 - (8+7b-b^2)\alpha + 3b+5)(\eta-1)\beta + (d_0-A)b^2) + \beta^4 \eta^4 (\alpha-1)((1-\eta)((1+2b)\alpha - b-1)\beta + (2bd_0-2A+3d_0)\alpha - bd_0+4A-5d_0)K + \eta^2 K^2 \beta^2 (-3bd_0+3A-8d_0)}{8K(G+H)} \right] \end{array} \right.$$

其中, $H = 2((2\alpha-1)b^2 - \alpha + 2)\eta^2(\alpha-1)K\beta^2 - \eta^4((2\alpha-1)^2b^2 - (\alpha-1)^2)\beta^4$, $G = K^2(b-1)(1+b)(\alpha-1)$, $L = b\eta^4(2\alpha-1)(A-d_0)\beta^4 - (\eta-1)\eta^2((2\alpha-1)b - 2 + 2\alpha)K\beta^3$, $S = 4K^2(\alpha-1)(\eta-1)(1+b)\beta + 4K^2d_0(\alpha-1)(1+b)$ 。

模型 RS 情形下, 供应链各方的均衡解:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_w^{RS*} = \frac{FM(\alpha-1)(4K^2(1+b)(\alpha b-1) - \eta^2 K(2(b^2+3b+1)\alpha - (2+b)^2)\beta^2)}{4H + 8G} \\ p_m^{RS*} = -\frac{4JFK}{4H + 8G} \\ \gamma_m^{RS*} = \frac{4\eta JF\beta(\alpha-1)}{4H + 8G} \\ \gamma_r^{RS*} = -\frac{\beta\eta F(-\eta^2((4b^2+2b-1)\alpha^2 + (2-3b-4b^2)\alpha + b^2 + b-1)\beta^2 + (4b\alpha-2b+2)(\alpha-1)(1+b)K)}{4H + 8G} \\ p_r^{RS*} = \frac{F(M + \eta^2((2b^2-4b-3)\alpha^2 + (8+7b-b^2)\alpha - 3b-5)K\beta^2 + 2K^2(1+b)(b-3)(\alpha-1))}{4H + 8G} \end{array} \right.$$

其中, $F = ((1-\eta)\beta + A)$, $M = \eta^4 \beta^4 (\alpha-1)((1+2b)\alpha - b-1)$, $J = -(2\eta^2(2(1+b)\alpha - b-2)\beta^2) + 4K(\alpha-1)(1+b)$ 。