

## 考虑消费券刺激的供应链柔性契约优化研究

吴传良<sup>1,2</sup>, 杨霞<sup>1</sup>

1. 淮南师范学院 经济与管理学院, 安徽 淮南 232038

2. 上海财经大学 商学院, 上海 200433

**摘要:**目的 针对政府及相关部门通过大量发放消费券刺激消费的经济现象, 探究消费券刺激消费者需求状态转移如何影响供应链上下游企业采购与定价决策。方法 引入数量柔性契约并通过构建博弈模型, 比较研究消费券刺激需求状态是否转移两种情形下供应链采购决策问题。首先, 求解出不考虑消费刺激需求状态转移时的最优柔性采购量和最优批发价格, 并阐述决策变量关于回购价格、库存成本、生产成本、零售价格等相关参数的相关性; 然后, 以消费券刺激需求适中转移至需求强烈状态为例, 求解出考虑消费刺激需求状态转移时的最优柔性采购量和最优批发价格, 并且发现最优柔性采购量与一步转移概率正相关, 而最优批发价格却与一步转移概率负相关; 最后, 比较分析了两种情形下零售商以及供应商的决策结果。结果 研究结论表明: 考虑消费券刺激需求状态转移时, 零售商最优柔性采购量大于未考虑消费券刺激需求状态转移情形, 供应商最优批发价格小于未考虑消费券刺激需求状态情形。结论 考虑消费券刺激需求状态转移进行采购与定价决策增加了零售商收益; 引入数量柔性机制有利于提高供应链成员的应急能力。

**关键词:** 刺激消费; 数量柔性契约; 状态转移; 供应链管理

**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** A **doi:** 10.16055/j.issn.1672-058X.2024.0002.013

### Optimization of Supply Chain Flexibility Contract Considering Consumer Vouchers Stimulation

WU Chuanliang<sup>1,2</sup>, YANG Xia<sup>1</sup>

1. School of Economics and Management, Huainan Normal University, Anhui Huainan 232038, China

2. College of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China

**Abstract: Objective** Given the economic phenomenon that the government and relevant departments stimulate consumption by issuing a large number of consumer vouchers, this study explores how the transfer in consumer demand state due to the stimulus of consumer vouchers affects the purchasing and pricing decisions of upstream and downstream enterprises in the supply chain. **Methods** By introducing quantity-flexible contracts and constructing a game model, the purchasing decisions in the supply chain were compared and studied under two scenarios of whether the stimulus of consumer vouchers caused a transfer in the demanding state or not. Firstly, the optimal flexible purchasing quantity and optimal wholesale price were solved without considering the transfer in the demand state stimulated by consumption, and the relevance of decision variables to parameters such as repurchase price, inventory cost, production cost, and retail price was explained. Then, taking the example of a moderate demand due to the stimulus of consumer vouchers transferring to a strong one, the optimal flexible purchasing quantity and the optimal wholesale price were solved by considering the transfer in the demand state due to the stimulus. It was found that the optimal flexible purchasing quantity was positively correlated with the one-step transfer probability, while the optimal wholesale price was negatively correlated

**收稿日期:** 2023-02-09 **修回日期:** 2023-03-28 **文章编号:** 1672-058X(2024)02-0107-08

**基金项目:** 安徽省人文社会科学重点项目(SK2021A0543); 淮南师范学院校级重点项目(2022XJZD003); 上海财经大学研究生基金项目(CXJJ-2021-395)。

**作者简介:** 吴传良(1989—), 男, 安徽淮南人, 讲师, 博士研究生, 从事物流与供应链管理研究。

**引用格式:** 吴传良, 杨霞. 考虑消费券刺激的供应链柔性契约优化研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2024, 41(2): 107—114.

WU Chuanliang, YANG Xia. Optimization of supply chain flexibility contract considering consumer vouchers stimulation[J].

Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2024, 41(2): 107—114.

with the one-step transfer probability. Finally, the decision results of retailers and suppliers were compared and analyzed under the two scenarios. **Results** The research findings indicate that when considering the transfer of demand state due to the stimulus of consumer vouchers, the optimal flexible purchasing quantity of retailers was greater than that without considering the transfer, and the optimal wholesale price of suppliers was lower than that without considering the stimulus. **Conclusion** The consideration of the transfer of demand state due to the stimulus of consumer vouchers in purchasing and pricing decisions increases the profit of retailers, and the introduction of quantity-flexible mechanisms helps improve the emergency response capability of supply chain members.

**Keywords:** stimulating consumption; quantity flexible contract; state transition; supply chain management

## 1 引言

为了加快实现经济的快速复苏,各国推出了形式多样的消费刺激政策。美国、日本等一些国家主要以发放现金的方式刺激消费者购买产品,如日本政府向每位申请者提供金额为 100 000 日元的固定规模现金转账<sup>[1]</sup>。而在中国,政府及相关部门通常采用发放大量消费券的方式刺激消费者购买产品<sup>[2]</sup>。当消费券刺激政策发布后,由于零售商不能明确预期消费者需求,可能导致采购的产品产生积压或者不足,同时,供应商需要不断调整批发价格以期获得更大利润。同时消费者对于消费券刺激政策的市场反应也可能不断变化,因此消费券刺激需求状态可能随着时间的变化发生转移。目前绝大多数企业采购时忽略了需求状态转移情形,这将造成采购计划与实际需求出现偏差。基于此,考虑消费券刺激需求状态转移的供应链采购问题研究显得尤为重要。

在供应链管理中,采购决策直接影响企业的物资供应和缺货风险。采购问题的研究一般都离不开供应链契约的研究,Cachon<sup>[3]</sup>提出了包括收益分享、回购、批发价格、销售回扣、数量折扣等不同类型的供应链契约;Allon 等<sup>[4]</sup>探讨了采购中可能包含的多项成本,并制定了在全球双源采购模式下的具体策略;Wang 等<sup>[5]</sup>探讨了在三级供应链情形下,推式和拉式供应链不同模式下的采购策略,比较分析了授权采购和集中采购两种采购模式的适用情景。另外,采购问题的研究有时候也涉及产品的回购合同,Song 等<sup>[6]</sup>研究了在 Stackelberg 框架下,制造商(领导者)向定价的零售商(追随者)销售的回购契约。国内大量的研究<sup>[7-11]</sup>考虑了供应链采购问题中可能涉及的捆绑、赊销、风险规避、折扣等因素。以上研究主要分析供应链采购问题中可能涉及的契约以及影响供应链采购的因素,但是忽略了产品市场需求状态转移因素对企业采购问题的

影响。

考虑需求状态转移采购问题的相关文献主要集中在突发自然灾害采购问题的研究中。刘阳等<sup>[12-13]</sup>认为突发事件发生后,应急物资需求量呈爆发式增长,研究主要考虑突发事件状态转移的政府应急物资采购定价问题;Chakravarty 等<sup>[14]</sup>主要考虑多阶段不确定需求下的人道救援应急物资储备问题;扈衷权等<sup>[15]</sup>针对灾害事件发生的不确定性以及灾害发生后应急物资需求量的爆发式增长,设计了一个政府主导的基于数量柔性契约的双源应急物资采购模型;柴亚光等<sup>[16]</sup>在数量柔性契约基础上考虑储备周期的影响,建立了政府主导的应急物资采购模型。以上关于考虑需求状态转移时的供应链采购问题大多都是从政府角度展开的,却忽略了供应链上下游企业也可能面临采购问题。

本研究与以往文献存在两点不同。第一,不同于文献[3-6]大多采用传统收益共享、批发价格等合同解决企业采购问题。由于消费者使用消费券购买产品具有一定的不确定性,供需双方需要一种可以根据实际市场需求调整采购数量的合作契约。基于此,文章引入数量柔性契约解决消费券刺激经济复苏背景下的供应链采购决策问题。第二,本研究考虑消费券刺激需求状态转移,制定了相应的供应链企业采购及定价策略。这不同于文献[12-13],忽略大量零售企业在面对不确定需求情形下的采购决策问题。基于此,本文构建了基于数量柔性契约的供应链采购与定价决策博弈模型,比较研究了消费券刺激需求状态是否转移两种情形下零售商以及供应商的决策结果。

## 2 问题描述与模型假设

### 2.1 问题描述

文章以单一供应商和单一零售商组成的两级供应链为研究对象。零售商根据日常经营活动的经验数据

会做出均值为  $Q$  的常规固定采购量,并以零售价格  $p$  在市场上出售产品。零售商在接收到相关消费券刺激政策信息后,决定是否在产品常规采购量的基础之上增加柔性采购量( $q$ )并进行储存。产品的单位存储成本为  $h(0 < h < c, c$  为单位产品生产成本),供应商产品批发价格为  $w(c < w < p)$ 。同时,为了增加零售商柔性采购的积极性,当产品未能出售时,供应商以回购价格  $\lambda(0 < \lambda < w < p)$  进行回购。

考虑消费券刺激政策发布后可能出现 3 种消费者需求状态类型,即  $S = \{S_1, S_2, S_3\}$ 。

(1) 状态  $S_1$ :当消费券刺激政策发布后,但消费市场更加低迷时,消费者需求量满足  $0 \leq x \leq Q$ ,零售商无须进行柔性采购,处于状态  $S_1$ 。

(2) 状态  $S_2$ :当消费券刺激政策发布后,预期消费者需求量适中,此时消费者需求量满足  $Q \leq x \leq Q+q$ ,零售商进行柔性采购,状态处于  $S_2$ 。

(3) 状态  $S_3$ :当消费券刺激政策发布后,预期消费者需求量很大,此时消费者需求量满足  $Q+q \leq x \leq U(U$  为产品最大需求量),零售商柔性采购的量无法满足消费者增加的需求,状态处于  $S_3$ 。

消费券刺激的初始状态概率由消费者需求的概率密度函数  $f(x)$  确定,初始状态  $S_1$  的概率可表示为  $q_1^{(0)} = \int_0^Q f(x) dx$ ,初始状态  $S_2$  的概率可表示为  $q_2^{(0)} = \int_Q^{Q+q} f(x) dx$ ,初始状态  $S_3$  的概率可表示为  $q_3^{(0)} = \int_{Q+q}^U f(x) dx$ 。  $q_i^{(0)}$  为消费券刺激初始状态为  $S_i(i=1,2,3)$  的概率。令  $p_{ij} = p\{x_{t_{n+1}} = S_j | x_{t_n} = S_i\}$ ,其表示在  $t_n$  时刻处在状态  $S_i$  时在下一刻  $t_{n+1}$  时转移到状态  $S_j$  的概率;  $p_{ij}^m = p\{x_{t_{n+m}} = S_j | x_{t_n} = S_i\}$  则表示通过  $m$  步从状态  $S_i$  转移到状态  $S_j$  的概率。

### 2.2 模型假设

(1) 假设短期消费券刺激政策下零售商产品价格  $p$  未发生改变,消费者实际需求  $x$  服从  $(0, U)$  上的某一随机分布形式,概率密度函数为  $f(x)$ , 累计分布函数为  $F(x), F(U) = 1$ 。

(2)  $S_1$  不可达  $S_2$  和  $S_3$ ,但  $S_2$  和  $S_3$  都可达  $S_1, S_2$  和  $S_3$  之间可互相交流。

(3) 产品退回供应商不考虑退回后处理的损失。

本节涉及的相关参数见表 1。

表 1 相关参数的定义

Table 1 Definition of relevant parameters

参 数	定 义
$x$	消费者对产品的需求量
$Q$	零售商日常常规采购量
$q_0$	不考虑消费券刺激需求状态转移情形下柔性采购量
$p$	$p > 0$ , 单位产品零售价格
$w$	$0 < w < p$ , 单位产品批发价格
$\lambda$	$0 < c + h < \lambda < w$ , 单位产品回购价格
$c$	$0 < c + h < w$ , 单位产品生产成本
$h$	$0 < h < c$ , 单位产品库存成本
$S_i$	消费券刺激需求的状态, $i = 1, 2, 3$
$q_i^{(0)}$	消费券刺激需求初始状态为 $S_i$ 的概率
$p_{ij}^{(m)}$	$m$ 步转移概率

## 3 模型建立及分析

### 3.1 不考虑消费券刺激需求状态转移

不考虑消费券刺激需求状态转移时,零售商接收到消费券刺激政策信息后,预计在初始状态  $t_0$  时刻的消费者需求状态为  $S_i$ ,从而确定柔性采购量  $q_0$ ,供应商接收到信息并且根据  $q_0$  确定批发价格  $w_0$ ,决策博弈过程见图 1。

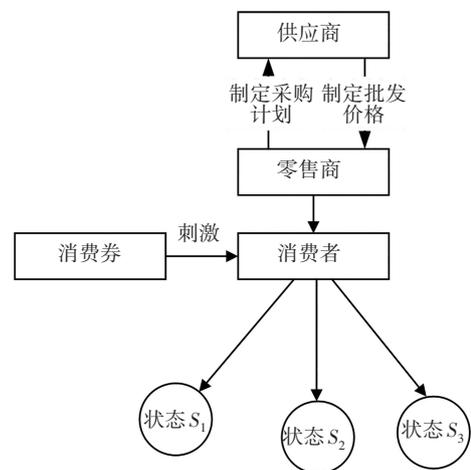


图 1 不考虑消费券刺激需求状态转移博弈过程

Fig. 1 The game process without considering consumption vouchers stimulating demand state transition

(1) 零售商决策分析模型。消费券刺激政策发布后,零售商决策柔性采购量  $q_0$ ,可能产生的成本及收益来源于:

① 零售商在日常正常需求情形下,产生每次订货量为  $Q$  的固定收益函数:  $(p-w_0-h)Q$ 。

② 柔性备货时产生固定批发成本及存储成本:  $(w_0+h)q_0$ 。

③ 零售商在消费券刺激带来的初始需求处于不同状态时,面临的收益函数也不相同:

当  $0 \leq x \leq Q$  时,零售商日常常规采购量即可以满足消费券刺激政策带来的需求,柔性采购量部分  $q_0$  则全部按照  $\lambda$  的回购价返回给供应商,柔性采购量部分的收益函数为  $\lambda q_0$ ; 当  $Q \leq x \leq Q+q_0$  时,零售商柔性采购量可以满足消费券刺激政策带来的需求,柔性采购量多余需求部分则按  $\lambda$  返回给供应商,柔性采购量部分的收益函数为  $p(x-Q) + \lambda(Q+q_0-x)$ ; 当  $Q+q_0 \leq x \leq U$  时,消费券刺激后消费需求激增,零售商正常采购量以及柔性采购量都无法满足市场需求,柔性采购量部分的收益函数为  $pq_0$ 。

综上,可得不考虑消费券刺激政策需求状态转移情形下零售商利润函数:

$$\begin{aligned} \Pi_{RN}(q_0) = & (p-w_0-h)Q - (w_0+h)q_0 + \int_0^Q \lambda q_0 f(x) dx + \\ & \int_Q^{Q+q_0} (p(x-Q) + \lambda(Q+q_0-x)) f(x) dx + \int_{Q+q_0}^U pq_0 f(x) dx \end{aligned} \quad (1)$$

由于式(1)中有  $\frac{\partial^2 \Pi_{RN}}{\partial q_0^2} = -(p-\lambda)f(Q+q_0) < 0$ ,故令

$$\frac{\partial \Pi_{RN}}{\partial q_0} = -w_0 - h - (p-\lambda)F(Q+q_0) + p = 0, \text{ 则可得}$$

$$q_0 = F^{-1} \times \left( \frac{p-w_0-h}{p-\lambda} \right) - Q.$$

关于突发事件对消费者需求的影响研究,假设消费者需求函数服从  $(0, U)$  上的均匀分布<sup>[13]</sup>,可将零售商利润函数简化为式(2):

$$\begin{aligned} \Pi_{RN}(q_0) = & (p-w_0-h)Q - (w_0+h)q_0 + \frac{\lambda q_0 Q}{U} + \\ & \frac{(\lambda Q - pQ + \lambda q_0)q_0}{U} + \frac{(p-\lambda)(2Q+q_0)q_0}{2U} + \\ & pq_0 \left( 1 - \frac{(Q+q_0)}{U} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

令  $\frac{\partial \Pi_{RN}}{\partial q_0} = 0$ , 可得  $q_0 = U \left( \frac{p-w_0-h}{p-\lambda} \right) - Q$ 。

(2) 供应商决策分析模型。消费券刺激政策发布后,供应商根据零售商的柔性采购量  $q_0$ ,在完全信息情形下,确定最优批发价格  $w_0$ ,可得供应商利润函数为

$$\begin{aligned} \Pi_{SN}(w_0) = & (Q+q_0)(w_0-c) - \int_0^Q (Q-x)\lambda f(x) dx - \\ & \int_Q^{Q+q_0} (Q+q_0-x)\lambda f(x) dx \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)中第一项为零售商订购  $Q+q_0$  的产品供应商获得

的销售收入;第二项为初始消费券刺激状态处于  $S_1$  时多订购的产品由供应商以价格  $\lambda$  回购;第三项为初始消费券刺激状态处于  $S_2$  时多订购的产品由供应商以价格  $\lambda$  回购,而当初始消费券刺激状态处于  $S_3$  时不会产生回购现象。

同样,假设消费者需求函数服从  $(0, U)$  上的均匀分布,将  $q_0 = U \left( \frac{p-w_0-h}{p-\lambda} \right) - Q$  代入式(3)化简得式(4):

$$\begin{aligned} \Pi_{SN}(w_0) = & \frac{\lambda U(p-w_0-h)^2}{2(p-\lambda)^2} + \\ & \frac{\lambda(p-w_0-h)(p(Q-U)+U(w_0+h)-\lambda Q)}{(p-\lambda)^2} - \frac{\lambda Q^2}{U} + \\ & \frac{U(p-w_0-h)(w_0-c)}{p-\lambda} \end{aligned} \quad (4)$$

由于  $\frac{\partial^2 \Pi_{SN}}{\partial w_0^2} = \frac{(\lambda-2p)U}{(p-\lambda)^2} < 0$ ,则供应商的利润函数是

关于批发价格  $w_0$  的凹函数,则令  $\frac{\partial \Pi_{SN}}{\partial w_0} = 0$ ,可得命题 1。

**命题 1** 不考虑消费券刺激需求状态转移,若消费者需求函数服从  $(0, U)$  上的均匀分布时,可得  $w_0^* = \frac{Q\lambda^2 + p(p+c-h)U + \lambda(pQ + Uc)}{U(2p-\lambda)}$ ,  $q_0^* = \frac{2Q\lambda - 2pQ + pU - U(h+c)}{2p-\lambda}$ 。

且由命题 1,可得推论 1。

**推论 1** 不考虑消费券刺激需求状态转移时,最优柔性采购量与回购价格正相关,与零售价格、库存成本、生产成本负相关;最优批发价格与回购价格和生产成本正相关,与库存成本负相关。

**证明**  $\frac{\partial q_0^*}{\partial \lambda} = \frac{U(p-c-h)+2pQ}{(2p-\lambda)} > 0$ ,  $\frac{\partial q_0^*}{\partial p} = \frac{U(c+h-\lambda)-2\lambda Q}{(2p-\lambda)^2} < 0$ ,  $\frac{\partial q_0^*}{\partial h} = -\frac{U}{2p-\lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial q_0^*}{\partial c} = -\frac{U}{2p-\lambda} < 0$ ,同理可得  $\frac{\partial w_0^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial w_0^*}{\partial c} > 0$ ,  $\frac{\partial w_0^*}{\partial h} < 0$ 。

推论 1 说明:回购价格增大,降低了零售商担心因销售不利造成损失的风险,因此供应商提升回购价格促使零售商增加柔性采购量。零售价格的提升会降低消费者需求,进而使得零售商减少柔性采购量。生产成本以及库存成本的增加都会增加零售商成本压力,进而促使零售商降低柔性采购量。另外,回购价格及生产成本增大会加大供应商成本压力,供应商通过提升批发价格将成本风险部分转移至零售商。库存成本增加了零售商成本,供应商通过降低批发价格的方式吸引零售商增加采购量。

### 3.2 考虑消费券刺激需求状态转移

考虑消费券刺激需求状态转移时,零售商接收到消费券刺激政策信息后,预计在初始状态  $t_0$  时刻的消费者需求状态为  $S_i$ 。但是在  $t_1$  时刻可能由于经济因素、消费券刺激政策效果是否显著等因素的影响造成需求状态转移。零售商考虑消费券刺激需求状态转移后确定柔性采购量  $q_1$ , 供应商接受到信息并且根据  $q_1$  确定批发价格  $w_1$ , 决策博弈过程见图 2。

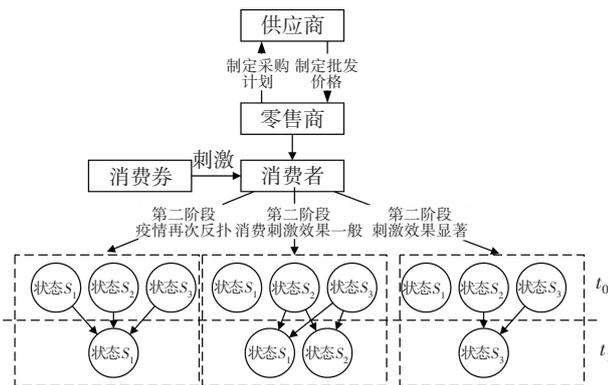


图 2 考虑消费券刺激需求状态转移的决策过程

Fig. 2 The decision-making process considering consumption vouchers stimulating demand state transition

(1) 零售商决策分析模型。考虑消费券刺激需求状态转移时,零售商不能仅根据初始状态的市场情况进行柔性采购量的确定,还需要考虑需求转移状态情形制定柔性采购量  $q_1$ , 此时,零售商收益构成描述如下:

① 零售商在日常正常需求情形下,产生每次订货量为  $Q$  的固定收益函数:  $(p-w_1-h)Q$ 。

② 柔性备货时产生固定批发成本及存储成本:  $(w_1+h)q_1$ 。

③ 零售商在考虑消费券刺激需求初始状态转移情形下,面临的收益函数也不相同。

零售商没有采购产品,在  $t_1$  时刻假设消费市场低迷,此时消费券刺激需求的一步转移路径为  $\{S_1 \rightarrow S_1\} \{S_2 \rightarrow S_1\} \{S_3 \rightarrow S_1\}$ , 也就是说不管初始状态  $t_0$  时刻消费者需求状态处于哪个状态都会降到  $S_1$ , 此时柔性采购量部分的收益函数为  $\lambda q_1 \sum_{i=1}^3 q_i^{(0)} p_{i1}^{(1)}$ ; 零售商采购部分产品,在  $t_1$  时刻假设随着时间的推移消费者对于消费券刺激反应适中,此时消费券刺激需求的一步转移路径为  $\{S_2 \rightarrow S_1\} \{S_2 \rightarrow S_2\} \{S_3 \rightarrow S_2\} \{S_3 \rightarrow S_1\}$ , 此时柔性采购量部分的收益函数为  $(p(x-Q) + \lambda(Q+q_1$

$-x) \sum_{i=2}^3 q_i^{(0)} (p_{i1}^{(1)} + p_{i2}^{(1)})$ ; 零售商采购全部产品,在  $t_1$  时刻假设随着时间的推移消费者对于消费券刺激反应显著,柔性采购量无法满足消费者的需求,此时发生一步转移路径为  $\{S_3 \rightarrow S_3\} \{S_2 \rightarrow S_3\}$ , 此时柔性采购量部分的收益函数为  $p q_1 \sum_{i=2}^3 q_i^{(0)} p_{i3}^{(1)}$ 。

综上,可得考虑消费券刺激需求状态转移情形时零售商利润函数为

$$\begin{aligned} \Pi_{RY}(q_1) = & (p-w_1-h)Q - (w_1+h)q_1 + \lambda q_1 \sum_{i=1}^3 q_i^{(0)} p_{i1}^{(1)} + \\ & (p(x-Q) + \lambda(Q+q_1-x)) \sum_{i=2}^3 q_i^{(0)} (p_{i1}^{(1)} + p_{i2}^{(1)}) + \\ & p q_1 \sum_{i=2}^3 q_i^{(0)} p_{i3}^{(1)} \end{aligned} \quad (5)$$

在式(5)中,仍假设需求服从  $(0, U)$  上的均匀分布。本文主要研究消费券刺激需求状态在  $t_0$  时刻处于  $S_2$  而在  $t_1$  时刻转移到状态  $S_3$  时的情况。也就是说,此时随着时间的推移,越来越多的消费者购买产品,造成零售商柔性采购量无法满足市场需求。此时的一步转移概率如下:

$$p_{ij}^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1-\alpha & \alpha \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

零售商利润函数化简为

$$\begin{aligned} \Pi_{RY}(q_1) = & (p-w_1-h)Q - (w_1+h)q_1 + \frac{\lambda q_1 Q}{U} + \\ & \frac{(\lambda Q - pQ + \lambda q_1) q_1 (1-\alpha)}{U} + \frac{(p-\lambda)(2Q+q_1) q_1 (1-\alpha)}{2U} + \\ & \frac{p q_1^2 \alpha}{U} + p q_1 \left( 1 - \frac{(Q+q_1)}{U} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

在式(7)中,有  $\partial^2 \Pi_{RY} / \partial q_1^2 = - \frac{(1-\alpha)(p-\lambda)}{U} < 0$ ,

则令  $\partial \Pi_{RY} / \partial q_1 = 0$ , 可得  $q_1 = \frac{U w_1 + U h + p Q - U p - \lambda Q}{((1-\alpha)\lambda + \alpha p - p)}$ 。

(2) 供应商决策分析模型。消费券刺激政策发布后,考虑消费券刺激需求状态转移情形时,供应商根据零售商柔性采购量  $q_1$ , 确定最优批发价格  $w_1$ , 可得供应商利润函数为

$$\begin{aligned} \Pi_{SY}(w_1) = & (Q+q_1)(w_1-c) - (Q-x)\lambda \sum_{i=1}^3 q_i^{(0)} p_{i1}^{(1)} - \\ & (Q+q_1-x)\lambda_1 \sum_{i=2}^3 q_i^{(0)} (p_{i1}^{(1)} + p_{i2}^{(1)}) \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)中第一项为零售商订购  $Q+q_1$  的产品时供应商获得的销售收入;第二项为消费券刺激需求状态转移至  $S_1$  时多订购的产品由供应商以价格  $\lambda$  回购;第三项为消费券刺激需求状态转移至  $S_1$  和  $S_2$  时多订购的产品由供应商以价格  $\lambda$  回购,当消费券刺激状态转移到  $S_3$  时不会产生回购产品。

同上,假设消费实际需求服从  $(0, U)$  上的均匀分布,式(6)代入式(8)可得:

$$\begin{aligned} \Pi_{SY}(w_1) = & (Q + q_1)(w_1 - c) - \frac{Q^2\lambda}{2U} - \\ & \frac{(Q + q_1)q_1\lambda(1 - \alpha)}{U} + \frac{(2Q + q_1)\lambda q_1(1 - \alpha)}{2U} \end{aligned} \quad (9)$$

将  $q_1 = \frac{Uw_1 + Uh + pQ - Up - \lambda Q}{((1 - \alpha)\lambda + \alpha p - p)}$  代入式(9),得  $\frac{\partial^2 \Pi_{SY}}{\partial w_1^2} = \frac{(\lambda - 2p)U}{(1 - \alpha)(p - \lambda)^2} < 0$ , 令  $\partial \Pi_{SY} / \partial w_1 = 0$ , 得命题 2。

**命题 2** 当消费者需求函数服从  $(0, U)$  上的均匀分布,且发生一步转移  $\{S_2 \rightarrow S_3\}$ , 可得:

$$\begin{aligned} w_1^* = & \frac{(p - \lambda)((\alpha - 1)\lambda - \alpha p)Q + U(c(\lambda - p) + (h - p)p)}{U(2p - \lambda)} \\ q_1^* = & \frac{(2 - \alpha)(\lambda - p)Q - (c + h)U + pU}{(2p - \lambda)(1 - \alpha)} \end{aligned}$$

且由命题 2, 可得推论 2。

**推论 2** 考虑消费券刺激需求状态发生一步转移  $\{S_2 \rightarrow S_3\}$  时,最优柔性采购量与回购价格以及一步转移概率  $\alpha$  正相关,与零售价格、库存成本、生产成本负相关;最优批发价格与回购价格和生产成本正相关,与库存成本和一步转移概率  $\alpha$  负相关。

**证明** 同推论 1 可得  $\frac{\partial q_1^*}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial q_1^*}{\partial \alpha} > 0, \frac{\partial q_1^*}{\partial p} < 0, \frac{\partial q_1^*}{\partial h} < 0, \frac{\partial q_1^*}{\partial c} < 0, \frac{\partial w_1^*}{\partial \lambda} > 0, \frac{\partial w_1^*}{\partial c} > 0, \frac{\partial w_1^*}{\partial h} < 0, \frac{\partial w_1^*}{\partial \alpha} > 0$ 。

推论 2 与推论 1 主要在于增加了一步转移概率  $\alpha$  对最优柔性采购量以及最优批发价格的影响,其余参数影响与推论 1 类似,不再赘述。一步转移概率  $\alpha$  的增大势必增加第二阶段消费者的需求,零售商会增加柔性采购量,供应商则会降低批发价格确保零售商采购更多的产品。

### 3.3 比较分析

**命题 3** 当消费者需求函数服从  $(0, U)$  上的均匀分布,且发生一步转移  $\{S_2 \rightarrow S_3\}$  时,  $q_1^* > q_0^*, w_1^* < w_0^*, \Pi_{RY}^* > \Pi_{RN}^*$ 。

**证明** 由于

$$w_1^* - w_0^* = -\frac{\alpha(\lambda - p)^2 Q}{(2p - \lambda)} < 0$$

$$q_1^* - q_0^* = \frac{U(p - c - h) - Q(p - \lambda)}{(2p - \lambda)(1 - \alpha)} > 0$$

$$\begin{aligned} \Pi_{RY}^* - \Pi_{RN}^* = & \frac{(p - c - h)^2 p U^2 + 2\lambda(p - c - h)p Q U -}{2U(2p - \lambda)^2} - \\ & \frac{(\lambda^3 - 4\lambda^2 p + 4p^3)Q^2}{2U(2p - \lambda)^2} > 0 \end{aligned}$$

命题 3 表明:当消费者需求状态发生一步转移  $\{S_2 \rightarrow S_3\}$  时,需求量的增加促使零售商增加从供应商处的柔性采购量。供应商为了鼓励零售商采购更多的产品,降低批发价格以期获得更大的利润。同时,由于消费者需求量的增加以及批发价格的下降,零售商的利润在考虑消费券刺激需求状态转移时大于未考虑消费券刺激状态转移时的情形。

## 4 数值分析

### 4.1 相关参数对柔性采购量以及批发价格的影响

为了更好地验证模型得出的结论,本节将进行数值研究,假设某一快消品行业产品单位生产成本  $c = 20$ ,单位储存成本  $h = 1$ ,日常经营采购量  $Q = 1\ 200, U = 2\ 000$ 。

令  $p = 100, \alpha \in [0, 0.3], \lambda \in [20, 60]$ , 可得柔性采购量关于回购价格  $\lambda$  以及一步转移概率  $\alpha$  的相互关系图,见图 3。

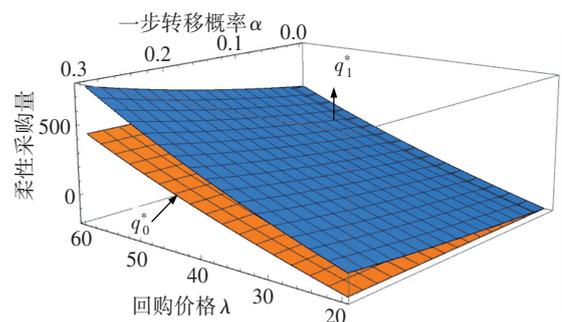


图 3  $\lambda$  与  $\alpha$  对柔性采购量的影响

Fig. 3 The influence of  $\lambda$  and  $\alpha$  on the flexible procurement

图 3 显示柔性采购量在考虑消费券刺激需求状态转移情形下大于未考虑需求状态转移情形,且柔性采购量随着  $\lambda$  的增加而增加。同时,在考虑消费券刺激需求状态转移的情形下,随着  $\alpha$  的增大而增大,柔性采购量也在提升。

令  $p = 100, \alpha \in [0, 0.3], \lambda \in [20, 60]$ , 可得批发价格关于回购价格  $\lambda$  以及一步转移概率  $\alpha$  的相互关系

图,见图 4。

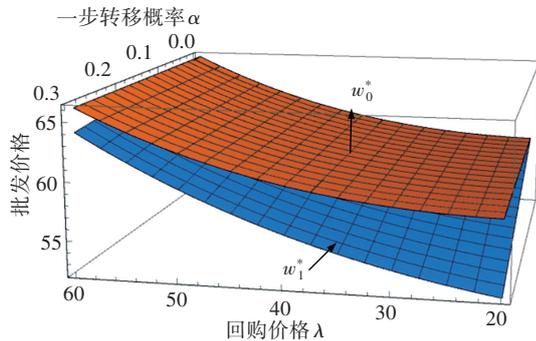


图 4 λ 与 α 对批发价格的影响

Fig. 4 The influence of λ and α on the wholesale price

图 4 显示批发价格在考虑消费券刺激需求状态转移情形下小于未考虑需求状态的转移情形,且批发价格随着 λ 增加而增加。但在考虑消费券刺激需求状态转移的情形下,批发价格随着 α 的增大而减小。这是因为供应商试图通过降低批发价格增加零售商的柔性采购量。以上验证了推论 1 和推论 2 的部分结论。

#### 4.2 相关参数对利润的影响

令  $p=100, \alpha \in [0, 0.3], \lambda \in [20, 60]$ , 可得回购价格 λ 以及一步转移概率 α 对零售商利润以及供应商利润的影响,具体见图 5 和图 6。

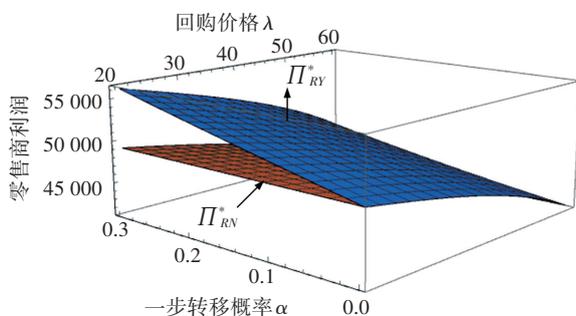


图 5 λ 与 α 对零售商利润的影响

Fig. 5 The influence of λ and α on the retailer profit

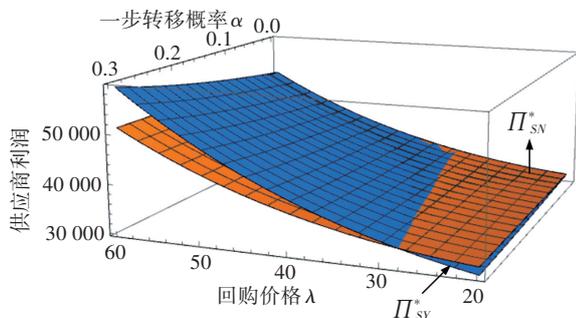


图 6 λ 与 α 对供应商利润的影响

Fig. 6 The influence of λ and α on the supplier profit

图 5 显示:零售商利润在考虑消费券刺激需求状态转移时大于未考虑需求状态的转移情形,且在考虑

消费券刺激需求状态转移的情形下,零售商利润随着 α 增大而增大。因此,如果零售商不考虑消费券刺激需求转移则会造成利润的损失。同时,图 6 显示:随着回购价格提升,零售商的利润增加放缓。这是因为消费者需求与回购价格无关,回购价格的提升只是降低了零售商的采购风险,进而促使零售商增加了柔性采购量。

图 6 显示:供应商利润在回购价格较小时,考虑消费券刺激需求状态转移情形下利润小于未考虑消费券刺激需求状态转移情形,且随着 α 增大,两种情形利润差距越来越大。这是因为由于回购价格太低,零售商增加柔性采购量的积极性不大,而供应商却降低了批发价格。也就是说,供应商降低批发价格带来的采购量增加获得的利润小于不降低批发价格情形。随着回购价格的增加,零售商采购风险降低,且随着 α 增大,零售商大量增加柔性采购量从而带来供应商利润的提升。

### 5 结论与启示

本研究以单一供应商和单一零售商组成的两级供应链为研究对象,通过构建基于数量柔性契约博弈模型,比较研究了考虑消费券刺激需求状态转移的采购与定价决策问题。文章以消费券刺激需求适中转移至需求强烈状态为例,通过研究得到以下结论:考虑消费券刺激需求状态转移时,最优柔性采购量大于未考虑消费券刺激需求状态转移情形,最优批发价格小于未考虑消费券刺激需求状态情形;考虑消费券刺激需求状态转移时进行采购与定价决策,增加了零售商收益并提升了供应链成员的应急能力。

文章结论具有一定的管理启示:当政府或者相关部门颁布消费券刺激政策时,零售商应考虑消费者需求状态不断转移产生的影响进行采购决策;面对消费券刺激政策带来的零售商订单,供应商应该降低批发价格促使零售商采购产品,同时应该采用增大回收价格的方式降低零售商采购风险;对于政府,消费券刺激政策需要广泛的宣传,以防造成零售商大量采购而消费市场低迷的局面。

#### 参考文献 (References):

[1] SK A, KO B, YT A. Consumption responses to COVID-19 payments: Evidence from a natural experiment and bank account data[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2021(188): 1—17.  
 [2] 张梦霞,蒋国海. 短期消费刺激政策在城市经济复苏中的作用研究[J]. 经济与管理研究, 2021(8): 3—14.

- ZHANG Meng-xia, JIANG Guo-hai. Research on the mechanism of short-term consumption stimulus in urban economic recovery[J]. Research on Economics and Management, 2021(8): 3—14.
- [3] CACHON G P. Supply chain coordination with contracts[M]. Elsevier B V, 2003: 227—339.
- [4] ALLON G, VAN MIEGHEM J A. Global dual sourcing: Tailored base-surge allocation to near and offshore production [J]. Management Science, 2010, 56(1): 110—124.
- [5] WANG Y, NIU B, GUO P. The comparison of two vertical outsourcing structures under push and pull contracts [J]. Production and Operations Management, 2014, 23(4): 610—625.
- [6] SONG Y, RAY S, LI S. Structural properties of buyback contracts for price-setting newsvendors [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(1): 1—18.
- [7] 魏航, 谈丹, 李佩. 具有技术转让的捆绑采购最优决策研究[J]. 管理科学学报, 2016(6): 1—19.  
WEI Hang, TAN Dan, LI Pei. Optimal bundled procurement with technology acquisition [J]. Journal of Management Sciences in China, 2016(6): 1—19.
- [8] 鄢仁秀, 汪贤裕, 王新辉. 基于赊销的供应链回购契约协调研究[J]. 管理工程学报, 2017, 31(1): 126—132.  
YAN Ren-xiu, WANG Xian-yu, WANG Xin-hui. Supply chain coordination and buyback contract based on trade credit [J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2017, 31(1): 126—132.
- [9] 代建生, 孟卫东, 范波. 风险规避供应链的回购契约安排[J]. 管理科学学报, 2015, 18(5): 57—65.  
DAI Jian-sheng, MENG Wei-dong, FAN Bo. Supply chain coordination with risk aversion via buy-back contracts [J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(5): 57—65.
- [10] 闫芳, 张凤, 陈凯. 现货市场补充作用下基于总量折扣的运输服务采购问题研究[J]. 控制与决策, 2021(11): 2794—2802.  
YAN Fang, ZHANG Feng, CHEN Kai. Transportation service procurement based on total discount under complementary effect of spot market [J]. Control and Decision, 2021(11): 2794—2802.
- [11] 樊相宇, 胡博雅, 武小平. 考虑无缺陷退货下零售商转运的供应链回购契约研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(7): 139—147.
- FAN Xiang-yu, HU Bo-ya, WU Xiao-ping. Research on buyback contract of supply chain with retailer transshipment considering false failure returns [J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29(7): 139—147.
- [12] 刘阳, 田军, 冯耕中. 基于数量柔性契约与 Markov 链的应急物资采购模型[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(1): 119—133.  
LIU Yang, TIAN Jun, FENG Geng-zhong. Government relief supplies procurement model based on quantity flexible contract and Markov chain [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2020, 40(1): 119—133.
- [13] 刘阳, 田军, 冯耕中, 等. 考虑突发事件状态转移的政府应急物资采购定价模型[J]. 运筹与管理, 2020, 29(4): 1—11.  
LIU Yang, TIAN Jun, FENG Geng-zhong, et al. Government's emergency supplies procurement pricing model considering emergency's state transition [J]. Operations Research and Management Science, 2020, 29(4): 1—11.
- [14] CHAKRAVARTY A K. Humanitarian relief chain: Rapid response under uncertainty [J]. International Journal of Production Economics, 2014(151): 146—157.
- [15] 扈衷权, 田军, 冯耕中. 基于数量柔性契约的双源应急物资采购定价模型[J]. 中国管理科学, 2019, 27(12): 100—112.  
HU Zhong-quan, TIAN Jun, FENG Geng-zhong. The pricing model of emergency supplies under quantity flexible contract with dual purchasing sources [J]. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27(12): 100—112.
- [16] 柴亚光, 李芄萱. 考虑储备周期的应急物资柔性采购模型[J]. 管理学报, 2021, 18(7): 1068—1075.  
CHAI Ya-guang, LI Peng-xuan. Flexible procurement model for government's emergency supplies considering reserve period [J]. Chinese Journal of Management, 2019, 27(12): 100—112.
- [17] LIM Y F, WANG Y, WU Y. Consignment contracts with revenue sharing for a capacitated retailer and multiple manufacturers [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2015, 17(4): 527—537.
- [18] KOUVELIS P, ZHAO W. Supply chain contract design under financial constraints and bankruptcy costs [J]. Management Science, 2016, 62(8): 2341—2357.
- [19] RAY P, JENAMANI M. Mean-variance analysis of sourcing decision under disruption risk [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 250(2): 679—689.