

## 基于公平参数的供应链柔性合同优化策略

李建斌<sup>1</sup>, 刘 凤<sup>1</sup>, 雷 东<sup>2</sup>

(1. 华中科技大学 管理学院, 武汉 430074; 2. 电子科技大学 经济与管理学院, 成都 610054)

**摘 要** 文章从公平的角度研究了供应链柔性合同 (收益共享合同和回购合同), 以公平作为参与人的私有信息为出发点, 在市场需求随机的情况下, 就供应商强势、零售商弱势和零售商强势、供应商弱势两种市场占有率情形, 分别探讨了公平对收益共享合同和回购合同的影响. 研究表明, 公平对零售商的订购数量并没有影响, 即在完全理性条件下, 零售商不会因为个体的公平而去选择偏离市场需求的订购量, 但是在公平参数的影响下供应商 (零售商) 对收益共享合同和回购合同参数的选择范围将大为缩小. 文章进一步探讨了在既定的订购量下供应商将倾向于收益共享合同还是回购合同.

**关键词** 公平; 供应链; 柔性合同; 随机需求

## Optimal strategy of supply chain with flexible contract and fairness

LI Jian-bin<sup>1</sup>, LIU Feng<sup>1</sup>, LEI Dong<sup>2</sup>

(1. School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract** The paper analyzes the flexible contract in a two echelon supply chain from the perspective of fairness. We treat fairness as retailer's private information, and study the fairness' impact on the revenue-sharing and buy-back contracts when the supplier has stronger power than the retailer or the retailer has stronger power than the supplier. We find that fairness has no impact on the retailer's order quantity, which means the retailer does not choose larger or smaller order quantity in terms of fairness, and the scope of the flexible contracts has been reduced because of fairness. We also study which contract the supplier prefers to when order quantity is fixed.

**Keywords** fairness; supply chain; the flexible contract; stochastic demand

### 1 引言

供应链由不同的参与成员构成, 当供应链中各成员都试图最优化自身利润时, 供应链的整体利润将不可避免地受到损害. 合同的应用则是减少这种双重边际化问题的方案之一. 合同种类繁多, 如常用的批发价合同, 国外学者已对其进行了广泛的研究. 其中 Jeuland 和 Shugan<sup>[1]</sup> 指出, 如果供应链中各成员仅关心他们所得的货币收入, 那么供应商将无法仅用一个批发价合同协调该渠道. 收益共享和回购合同为另两种常见的合同, 已有的研究往往基于这些合同考虑供应商和零售商的分散化和集中化决策给供应链绩效带来的影响, 很少考虑公平参数对决策的影响. 另外, 国内学者讨论了各种情况下应用供应链柔性合同来协调供应链的问题, 如应用拍卖机制<sup>[2]</sup>, 考虑风险偏好下的情况<sup>[3]</sup>和讨价还价博弈下的情况<sup>[4]</sup>, 以及收入共享合同模型<sup>[5]</sup>. 国外学者方面, Cachon 和 Lariviere<sup>[6]</sup>指出用收益共享合同来协调供应链渠道的优点和缺点, 并把收益共享合同和其它合同进行了对比, 发现在一个固定价格的报童模型中, 对于任意一个协调的收益共享合同, 存在一个唯一的回购合同能产生与收益共享合同相同的利润; 而在一个需求随价格变化的报童模型中, 收益共享合同产生的利润等同于价格折扣合同产生的利润. 最近有关合同的实验研究结果和合同理论行为预测得到的

收稿日期: 2011-03-14

资助项目: 国家自然科学基金 (71171088, 71131004); 教育部人文社会科学基金 (11YJC630085); 中央高校基本科研业务费 (HUST, CXY12M013)

作者简介: 李建斌 (1980-), 男, 江西波阳人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链与物流管理, 库存控制和定价决策.

结果有着显著差异. Ho 和 Zhang<sup>[7]</sup>, Lim 和 Ho<sup>[8]</sup> 发现用各种不同的合同 (双重收费, 数量折扣, 二步收费, 三步收费等) 不能协调渠道, Katok 和 Wu<sup>[9]</sup> 则发现回购合同和收益共享合同不能达到应有的渠道效率, 因此近期的相关研究在分析模型中加入了行为因素, 例如: 损失规避, 社会偏好, 而本文则考虑了公平因素.

Cui 等人<sup>[10]</sup> 引入了公平参数, 并提出存在一个供应商和一个零售商的双边垄断模型, 其在效用函数中引入两个公平参数, 即有利的不平等参数和不利的不平等参数, 发现如果零售商足够厌恶不平等, 那么供应商就能用一个批发价合同来协调渠道, 如果供应商将批发价定得很低, 那么零售商将牺牲自己的利益来回赠供应商的“慷慨”, 这样, 双重边际化问题得到减轻, 否则如果将批发价格定得太高, 那么零售商将以一个高的零售价格惩罚供应商, 这样反而加重了双重边际化的问题, 使渠道效率降得更低. 然而上述文章仅仅考虑了零售商对不平等足够厌恶的情况, 实际中由于交易双方贸易权利不均等, 零售商有可能会在不平等的情形下与其供应商交易.

Loch 等人<sup>[11]</sup> 提出了社会偏好的概念, 在建立良好关系的前提下, 供应链一方对另一方的收入表示关切, 当自身地位较高时, 如果和对方收入相比, 自己取得了一个相对较高的收入, 则内心会感到一种欣慰. 他发现社会偏好会影响交易中的经济决策的制定, 特别是当供应链成员都偏离自己预测的最大化利润时, 关系偏好将促进合作, 那么个人绩效和渠道效率将得到提高, 反之, 整个渠道效率趋于下降.

本文在公平基础上研究供应链柔性合同的优化问题, 公平要求供应链参与成员既关心自身利益同时也关心其他成员的利益. 基于此, 本文建立了一个引入公平参数的分析模型, 参见文献 [12] 的 Fehr smith 模型, 并发现如果零售商完全理性, 公平参数并不会对零售商的订购量产生任何影响, 即零售商不会根据个体的公平参数来决定订购量, 其订购量由市场需求决定, 公平参数只是使得供应商在制定柔性合同时所需确定的合同参数范围大为缩小, 这样将更利于供应商科学地制定柔性合同的参数. 另外, 本文还进一步讨论了供应商的合同选择问题.

Pavlov<sup>[13]</sup> 虽然研究了公平参数对供应链协调机制的影响, 发现公平参数影响渠道效率, 但只针对批发价合同, 且要求市场需求函数为线性函数, 并且仅讨论了供应商处于强势地位时的市场情况, 其在现实中具有很大的局限性. 市场需求函数可以有多种形式, 确定的或是随机的; 供应商提供的合同也不局限于批发价合同, 可以是其他灵活的合同, 如: 收益共享合同、数量折扣合同、多步收费合同; 另外市场占有情况也不唯一, 可能供应商强势, 也可能零售商强势. 那么, 在上述情形下, 供应链将如何协调, 公平将如何影响柔性合同参数, 都是非常值得探讨的问题. 本文在文献 [13] 的基础上展开更深入的研究, 将其扩展到收益共享合同和回购合同, 并考虑了随机市场需求的情况, 在供应商强势、零售商弱势和零售商强势、供应商弱势时的市场情形下, 分别研究了供应商考虑公平参数下应如何去制定合同参数和如何去选择柔性合同的问题.

2 问题描述

考虑一个供应商和一个零售商构成的两级供应链, 在单周期内生产和销售一种商品. 分析两种情形: 1) 供应商相对强势; 或者 2) 零售商相对强势. 假设供应商产能不限, 市场需求信息完全透明, 供应商和零售商均为风险中性, 且不考虑缺货损失. 供应商提供一个供应合同, 零售商决定是否接受. 如接受, 则零售商确定订购数量和销售价格并获得相应利润; 如不接受, 那么供应商和零售商的利润均为零.

设零售商的订购量为  $q$ , 销售价格为  $p$ , 单位生产成本为  $c$ ,  $f_D(x)$  和  $F(x)$  分别为市场需求  $D$  的密度函数和分布函数, 其中  $F(x)$  连续可微.  $\pi_R^C, \pi_S^C$  分别表示零售商和供应商应用合同  $C$  所得到的利润,  $C \in \{R-S, B-B\}$ ,  $R-S$  表示收益共享合同,  $B-B$  表示回购合同,  $\pi^C$  为供应商提供供应合同  $C$  时整个供应链的总利润,  $t^C(p, q)$  为渠道转移利润 (零售商转移给供应商的部分利润).  $\phi$  表示收益共享合同下零售商获得的销售收入比例,  $w$  为收益共享合同中的供应商的单位批发价,  $w_1$  为回购合同中供应商的单位批发价,  $w_2$  为供应商回收零售商未销售完商品的单位回购价格.

将公平参数引入效用函数, 供应商和零售商通过选择各自的决策变量分别最大化其在合同  $C$  下的效用.

$$U_R^C = \pi_R^C - \alpha_R [\max(\pi_S^C - \pi_R^C, 0)] - \beta_R [\max(\pi_R^C - \pi_S^C, 0)] \tag{1}$$

$$U_S^C = \pi_S^C - \alpha_S [\max(\pi_R^C - \pi_S^C, 0)] - \beta_S [\max(\pi_S^C - \pi_R^C, 0)] \tag{2}$$

其中  $U_R^C$  和  $U_S^C$  分别为应用合同  $C$  时零售商和供应商各自的效用,  $\alpha_R$  和  $\beta_R$  为零售商的参与类型 (公平参数),  $\alpha_S$  和  $\beta_S$  为供应商的参与类型 (公平参数),  $\alpha_R$  和  $\alpha_S$  为厌恶对方收入比自己收入高, 度量不利的的不平等所带来的效用损失程度,  $\beta_R$  和  $\beta_S$  为厌恶自己收入比对方收入高, 度量有利的的不平等所带来的效用损失程

度,而这种不平等是通过供应商和零售商的利润之差来体现的,如果  $\pi_S^C - \pi_R^C$  的值大于零,即供应商的利润大于零,那么零售商面临着不利的不平等, (1) 和 (2) 即变成

$$U_R^C = \pi_R^C - \alpha_R(\pi_S^C - \pi_R^C) \tag{3}$$

$$U_S^C = \pi_S^C - \beta_S(\pi_S^C - \pi_R^C) \tag{4}$$

$A, B$  为零售商和供应商参与类型 (公平参数) 的集合, 且  $\alpha_R, \beta_R \in A, \alpha_S, \beta_S \in B$ .

在通常的情况下, 可认为  $\beta_R$  和  $\beta_S$  很小, 因为人都是理性的, 不会厌恶有利于自己的收益.

文献 [11] 和文献 [14] 的研究结果表明: 1) 当且仅当零售商足够厌恶不平等, 即  $\beta_R \geq 1/2$  时, 批发价合同能协调供应链; 2) 不完全信息下, 零售商对供应合同的拒绝概率没有影响. 本文接下来分别基于供应商强势和零售商强势研究供应商的最优合同选择及优化策略.

3 供应商强势时的最优策略

供应商通常提供给零售商的合同是简单易实施的柔性合同, 如批发价合同、收益共享合同或回购合同. 本节将基于后两种合同 (将收益共享合同和回购合同称为柔性合同) 研究供应商处于强势时供应链各成员的最优策略. 由于供应商相对于零售商处于强势地位, 故在制定合同时供应商的利润不小于零售商的利润, 即为  $\pi_R^C \leq \pi_S^C$ . 此时零售商经历了不利的不平等, 供应商则经历了有利的不平等, 因此 (1) 和 (2) 式就可改写为:

$$U_R^C = \pi_R^C - \alpha_R(\pi_S^C - \pi_R^C) \tag{3}$$

$$U_S^C = \pi_S^C - \beta_S(\pi_S^C - \pi_R^C) \tag{4}$$

可得  $\beta_S \geq 1/2$  时, 供应商的最优决策是平分渠道利润即为  $\pi_S^C = \pi_R^C$ , 由于  $U_S^C = \pi_S^C - \beta_S(\pi_S^C - \pi_R^C) = (1 - \beta_S)\pi_S^C + \beta_S\pi_R^C$ , 如果  $\beta_S \geq 1/2$  则  $1 - \beta_S \leq \beta_S$ , 那么供应商将通过提高  $\pi_R^C$  最大化自身效用, 但由于自身利润又不得低于零售商的利润, 因此当提高到  $\pi_S^C = \pi_R^C$  时, 供应商不会再提高零售商的利润. 接下来我们着重分析  $\beta_S < 1/2$  的合同选择.

渠道转移利润 (从零售商到供应商): 对于收益共享合同有  $t^{R-S}(p, q) = (1 - \phi)p(q - \int_0^q F(x)dx) + wq$ , 则零售商的利润为  $p(q - \int_0^q F(x)dx) - t^{R-S}(p, q)$ , 供应商的利润为  $t^{R-S}(p, q) - cq$ , 同理, 对于回购合同有  $t^{B-B}(p, q) = w_1q - w_2 \int_0^q F(x)dx$ , 零售商的利润为  $p(q - \int_0^q F(x)dx) - t^{B-B}(p, q)$ , 供应商的利润为  $t^{B-B}(p, q) - cq$ , 因此在收益共享合同  $t^{R-S}(p, q)$  和回购合同  $t^{B-B}(p, q)$  下, 供应商和零售商的利润具有相同的形式, 为了便于计算, 暂且用  $t^C$  表示  $t^{R-S}(p, q)$  和  $t^{B-B}(p, q)$  来讨论公平参数对订购量和渠道利润的影响, 很显然假定订购量  $q$  和转移利润  $t^C$  与零售商的公平参数  $\alpha$  有关, 即  $q$  和  $t^C$  是  $\alpha_R$  的函数, 因为零售商和供应商应用柔性合同所得到的效用与其订购量与转移利润有关, 故将  $U_R^C$  和  $U_S^C$  写成  $U_R^C(q(\alpha_R), t^C(\alpha_R))$  和  $U_S^C(q(\alpha_R), t^C(\alpha_R))$ .

3.1  $\beta_S < 1/2$  时的合同选择

**定理 1** 在  $\beta_S < 1/2$  的情形下, 当且仅当  $q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p})$  时, 供应商的效用最大, 渠道效率最高.

**证明** 由于信息不对称, 供应商做决策时并不知道零售商的私有公平信息, 因此假定零售商的公平类型服从一个密度为  $f(x)$  的分布函数 ( $x \in A$ ), 而通过选择最佳的  $q(x), t^C(x)$  使得供应商的利润最大化:

$$\begin{aligned} &\max_{q(x), t^C(x), A} \int_A U_S^C(q(x), t^C(x)) f(x) dx. \\ \text{s.t. } &\forall x \in A \quad \alpha_R = \arg \max U_S^C(q(x), t^C(x)). \\ &U_S^C(q(x), t^C(x)) \geq 0. \end{aligned}$$

假定  $\bar{\alpha}_R$  为其集合  $A$  的上限, 其中  $\pi_R^C = p(q - \int_0^q F(x)dx) - t^C, \pi_S^C = t^C - cq$ ,

$$U_S^C = \pi_S^C - \beta_S(\pi_S^C - \pi_R^C) = t^C - cq - \beta_S \left( 2t^C - cq - pq + p \int_0^q F(x)dx \right),$$

$$U_R^C = \pi_R^C - \alpha_R(\pi_S^C - \pi_R^C) = p \left( q - \int_0^q F(x)dx \right) - t^C - \alpha_R \left( 2t^C - cq - pq + p \int_0^q F(x)dx \right).$$

对于约束条件, 应用高等数学里面的多元复合函数求导法则, 得:

$$\frac{dU_R^C(q(x), t^C(x))}{dx} = \frac{dU_R^C(q(x), t^C(x))}{dq} \frac{dq}{dx} + \frac{dU_R^C(q(x), t^C(x))}{dt^C} \frac{dt^C(x)}{dx} = 0.$$

整理可得:

$$\begin{aligned} &\max_{q(x), t^C(x), \bar{\alpha}_R} \int_0^{\bar{\alpha}_R} U_S^C(q(x), t^C(x)) f(x) dx \\ \text{s.t. } &(p - pF(q) + \alpha_R c + \alpha_R pF(q)) \frac{dq}{dx} = (1 + 2\alpha_R) \frac{dt^C(x)}{dx} \end{aligned} \tag{*}$$

用泛函进行分析, 上式等价于求

$$\Pi = \int_0^{\bar{\alpha}_R} \left\{ U_S^C(q(x), t^C(x)) f(x) + \lambda_1(x) [p - pF(q(x)) + xc + xp - xpF(q(x))] \frac{dq}{dx} - \lambda_1(x) (1 + 2x) \frac{dt^C(x)}{dx} \right\} dx$$

的极值 (最大值),  $\lambda_1(x)$  为拉格朗日因子.

令

$$\begin{aligned} &L[x, q(x), t^C(x), t, q] \\ &= U_S^C(q(x), t^C(x)) f(x) + \lambda_1(x) [(p - pF(q(x)) + xc + xp - xpF(q(x))] \frac{dq}{dx} - \lambda_1(x) (1 + 2x) \frac{dt^C(x)}{dx} \\ &= f(x) \left[ t(x) - cq(x) - \beta_S (2t(x) - cq(x) - pq(x) + p \int_0^{q(x)} F(x) dx) \right] \\ &\quad + \lambda_1(x) [p - pF(q) + xc + xp - xpF(q)] q - \lambda_1(x) (1 + 2x) t. \end{aligned}$$

其中  $t = \frac{dt^C}{dx}$ ,  $q = \frac{dq}{dx}$ . 则  $\Pi = \int_0^{\bar{\alpha}_R} L[x, q(x), t^C(x), t, q] dx$ .

依教材 [15-16] 得出泛函的欧拉方程组:

$$\begin{cases} \frac{d}{dx} \frac{\partial L}{\partial t} - \frac{\partial L}{\partial t^C} = 0 \\ \frac{d}{dx} \frac{\partial L}{\partial q} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \end{cases} \tag{5}$$

(5) 式整理得:

$$f(x)(2\beta_S - 1) - (1 + 2x) \frac{d\lambda_1(x)}{dx} - 2\lambda_1(x) = 0 \tag{7}$$

(6) 式整理得:

$$[p - pF(q) + xc + xp - xpF(q)] \frac{d\lambda_1(x)}{dx} + \lambda_1(x)(c + p - pF(q)) - f(x)(-c + c\beta_S + p\beta_S - p\beta_S F(q)) = 0 \tag{8}$$

将 (7) 式得出的  $\frac{d\lambda_1(x)}{dx}$  代入第 (8) 式, 整理得:

$$[(1 + x - \beta_S)f(x) + \lambda_1(x)](c - p + pF(q)) = 0 \tag{9}$$

注意到 (9) 式成立的条件之一:

$$c - p + pF(q) = 0.$$

即

$$F(q) = \frac{p - c}{p} \tag{10}$$

或 (9) 式成立的条件之二:

$$f(x) + xf(x) - \beta_S f(x) + \lambda_1(x) = 0.$$

得到

$$f(x) = \frac{\lambda_1(x)}{\beta_S - x - 1} \tag{11}$$

将 (11) 式代入  $\frac{d\lambda_1(x)}{dx}$  计算出:

$$\lambda_1(x) = \frac{1}{\beta_S - x - 1} c_1 \tag{12}$$

将 (12) 式代入第 (11) 式:

$$f(x) = \frac{c_1}{(\beta_S - x - 1)^2} \tag{13}$$

其中  $c_1$  为常数.

针对 (13) 式, 前提假设零售商的公平类型服从一个密度为  $f(x)$  的分布函数 ( $x \in A$ ), 而其只与零售商自身的公平参数  $\alpha_R$  有关, 与供应商的公平参数  $\beta_S$  没有关系, 但 (13) 式中  $f(x)$  与  $\beta_S$  有直接的关系, 故  $f(x)$  发生的概率很小, 几乎不可能发生, 故 (9) 式成立的条件之二不成立, 而现 (9) 式为零, 因而只可能为条件一成立, 即  $F(q) = \frac{p-c}{p}$ .

(13) 式的结果表明,  $f(x)$  和  $\beta_S$  有关, 零售商的公平参数不可能与供应商的公平参数  $\beta_S$  有关, 也就是  $f(x)$  发生的概率很小, 所以只能  $F(q) = \frac{p-c}{p}$ , 将 (10) 式代入 (\*) 式, 得出  $\frac{dt^C}{dq} = c$ , 因此对于收益共享合同,  $w = \phi c$ ; 对于回购合同,  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ .

从定理 1 可以看出, 零售商的订购量只有达到某个确定值, 即  $q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p})$  时, 才能使供应商的效用最大化. 零售商的订购量与公平参数之间没有必然的联系, 换言之, 零售商并不会因为个体的偏好去选择偏离市场需求的订购量, 否则过多的订购量将产生库存成本, 而过少的订购量则将出现缺货成本. 另外, 在供应商的立场上看, 他希望订购量只与销售价格、生产成本和市场需求有关, 否则信息成本必然会成为另一项开支.

**命题 1** 当  $\beta_S < 1/2$  时, 零售商的最佳订购量为  $q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p})$ , 供应商获取的利润超出供应链利润的一半以上.

**证明** 令  $t_{PF}^C$  为供应商平分渠道利润,  $t_{EF}^C$  为供应商攫取整个渠道利润, 那么有如下结论:

$$U_S^C(q^*, t_{PF}^C) = \pi_C/2 > U_S^C(q^*, t_{EF}^C) = 0,$$

$t_{EF}^C$  表示供应商榨取渠道利润, 故供应商的选择使得零售商的利润为零, 零售商必然会拒绝该合同, 因此供应商的期望效用为零. 因为  $U_S^C(q^*, t^C)$  是可微分的, 故有,

$$\left. \frac{dU_S^C(q^*, t^C)}{dt} \right|_{t=t_{PF}^C} = 1 - 2\beta_S > 0, \quad \beta_S < \frac{1}{2} \quad (14)$$

该式表明, 当  $\beta_S < 1/2$  时,  $U_S^C(q^*, t^C)$  在  $t^C = t_{PF}^C$  是单调递增的, 当  $\beta_S = 1/2$  时取得最大值, 因此  $U_S^C(q^*, t^C)$  在  $t^C \in (t_{PF}^C, t_{EF}^C)$  有最大值, 设最大值为  $t_*^C$ , 有  $U_S^C(q^*, t_*^C) > \pi_C/2$ .

### 3.2 公平参数对柔性合同参数的影响

在其它参数保持不变的前提下, 本节研究公平对柔性合同参数的影响. 文献 [11] 发现, 当  $w_2 = (1-\phi)p$ ,  $w_1 = (1-\phi)p + \phi c$  时, 收益共享合同与回购合同所得到的利润相等. 为了探讨公平对合同参数的影响, 将供应商、零售商的利润及效用汇总为表 1.

表 1 供应商和零售商的利润和效用

| 收益共享合同                                                                                                             | 回购合同                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 渠道转移利润 $t_*^{R-S} = (1-\phi)p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx) + wq^*$                                                   | $t_*^{B-B} = w_1q^* - w_2 \int_0^{q^*} F(x)dx$                                                              |
| 零售商的利润 $p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx) - t_*^{R-S}$                                                                  | $p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx) - t_*^{B-B}$                                                                  |
| 供应商的利润 $t_*^{R-S} - cq^*$                                                                                          | $t_*^{B-B} - cq^*$                                                                                          |
| 零售商的效用 $p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx) - t_*^{R-S}$<br>$-\alpha_R(2t_*^{R-S} - cq^* - p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx))$ | $p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx) - t_*^{B-B}$<br>$-\alpha_R(2t_*^{B-B} - cq^* - p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx))$ |
| 供应商的效用 $t_*^{R-S} - cq^* - \beta_S(2t_*^{R-S} - cq^* - p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx))$                              | $t_*^{B-B} - cq^* - \beta_S(2t_*^{B-B} - cq^* - p(q^* - \int_0^{q^*} F(x)dx))$                              |

其中  $t_*^C \in (t_{PF}^C, t_{EF}^C)$ ,  $q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p})$ .

**定理 2** 存在公平参数的情况下, 供应商要使零售商接受收益共享合同且使得其效用超过零售商的效用, 当且仅当  $\frac{\alpha_R}{1+2\alpha_R} < \phi \leq \frac{1}{2}$  和  $w = \phi c$ .

**证明** 对于收益共享合同:  $w = \phi c$ , 则有

$$\pi_{R_1}^{R-S} = \phi \pi^{R-S}, \pi_{S_1}^{R-S} = (1-\phi)\pi^{R-S}, U_{R_1}^{R-S} = (\phi - \alpha_R + 2\alpha_R\phi)\pi^{R-S}, U_{S_1}^{R-S} = (1-\phi - \beta_S + 2\beta_S\phi)\pi^{R-S}.$$

供应商所做的决策是使得零售商接受此合同, 所以必有  $U_{R_1}^{R-S} > 0$ , 同时使得效用不低于零售商的效用 (供应商占主导地位), 即为  $U_{S_1}^{R-S} \geq U_{R_1}^{R-S}$ , 两条件可得出  $\frac{\alpha_R}{1+2\alpha_R} < \phi \leq \frac{1}{2}$ , 且  $w = \phi c$ ,  $\frac{\alpha_R c}{1+2\alpha_R} < w \leq \frac{1}{2}c$ .

从定理 2 可以看出, 供应商所得的销售收入不得低于全部销售收入的一半, 提供的批发价不得高于成本价的一半; 随着公平参数的增大, 收益系数范围逐渐减小, 在实际经济生活中表现为如果零售商越有公平意识, 其供应商在合同设置上将收益系数的范围缩小得越多, 其收益系数区间数值将越大; 如果零售商足够自私, 供应商将不会设置过高的收益系数. 即如果零售商足够公平, 供应商将牺牲自己的利润去回报零售商; 如果零售商是自私的, 供应商的利润将变大, 供应商通过增大自己的利润去惩罚零售商. 本文的结论还表明收益系数和批发价之间存在唯一的对应关系. 在产品成本不变的情况下, 一个收益系数值将对应一个批发价, 供

应商如果想最大化自己的利润, 制定的收益系数必然存在一个唯一的批发价与之对应, 可以更加直观地从图 1 得出 (取  $p = 20, c = 10$ ),  $\phi, w$  是公平参数  $\alpha$  的递增函数, 当  $\alpha$  趋向于 1 时最小值为  $1/3$ , 收益共享合同中的参数  $(\phi, w)$  只要满足图 1 中的阴影部分, 零售商就会接受合同。

**定理 3** 存在公平参数的情况下, 供应商要使得零售商接受回购合同且使得其效用超过零售商的效用, 当且仅当批发价  $\frac{p+c}{2} \leq w_1 < \frac{p+p\alpha_R+c\alpha_R}{1+2\alpha_R}$  和回购价  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ 。

**证明** 对于回购合同, 有:

$$\begin{aligned}\pi_{R_2}^{B-B} &= \pi_C - t_*^{B-B} + cq^*, \pi_{S_2}^{B-B} = t_*^{B-B} - cq^*, \\ \pi_{S_2}^{B-B} - \pi_{R_2}^{B-B} &= 2t_*^{B-B} - 2cq^* - \pi^{B-B}, \\ U_{R_2}^{B-B} &= \left[ 1 + \alpha_R - (1 + 2\alpha_R) \frac{w_1 - c}{p - c} \right] \pi^{B-B} = \left[ \frac{(1 + \alpha_R)p + \alpha_R c - (1 + 2\alpha_R)w_1}{p - c} \right] \pi^{B-B}, \\ U_{S_2}^{B-B} &= \left[ \frac{w_1 - c}{p - c} - \frac{2\beta_s(w_1 - c)}{p - c} + \beta_s \right] \pi^{B-B}.\end{aligned}$$

供应商所做的决策是使得零售商接受此合同, 就必须  $U_{S_2}^{B-B} > 0$ , 同时使自身效用不得小于零售商的效用即有  $U_{S_2}^{B-B} > U_{R_2}^{B-B}$ , 由两条件可得:  $\frac{p+c}{2} \leq w_1 < \frac{p+p\alpha_R+c\alpha_R}{1+2\alpha_R}$ , 因为  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ , 可得出  $\frac{p}{2} \leq w_2 < \frac{p+p\alpha_R}{1+2\alpha_R}$ 。

从定理 3 可以得出, 要使零售商接受回购合同, 供应商有利可图, 则必须使得批发价不小于零售价和成本价和的一半, 回购价格不小于零售价的一半, 且批发价随着公平参数的增大而减小。零售商公平意识越强, 供应商获得的利润区间数值将越小, 零售商公平参数越小, 供应商所获得的利润区间数值将越大, 且批发价和回购价之间存在唯一的对应关系。在现实经济生活中即表现为, 如果零售商足够公平, 供应商将牺牲自己的利润去回报零售商, 取  $p = 20, c = 10$  进行分析, 见图 2。

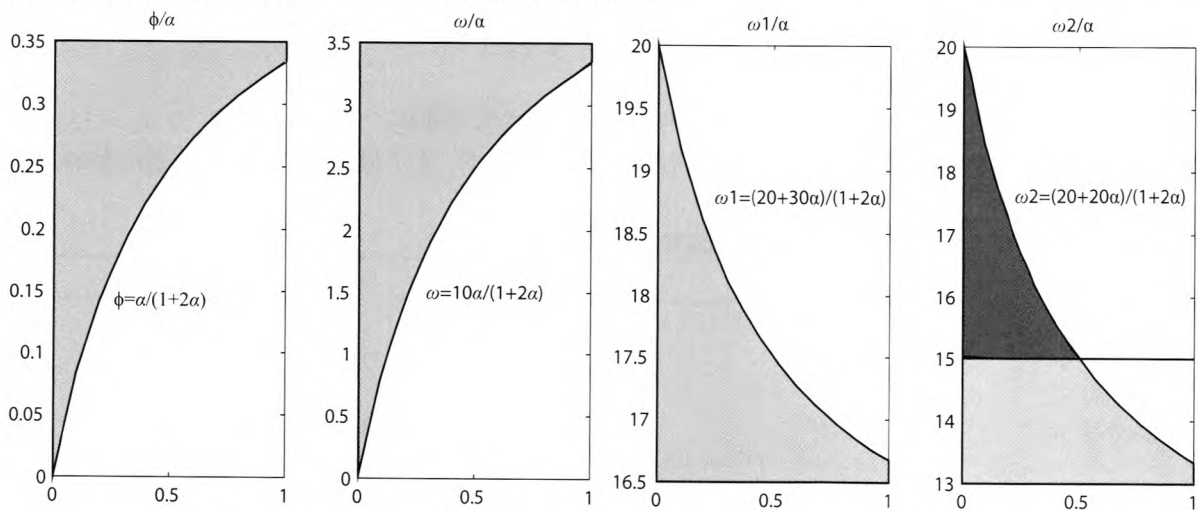


图 1 收益共享合同合同参数与公平参数的关系

图 2 回购合同合同参数与公平参数之间的关系

两部分阴影颜色相同的部分为供应商最大化自己效用时 ( $w_1 \geq w_2$ ), 零售商接受回购合同的  $(w_1, w_2)$  组合, 令  $w_2 = aw_1$  ( $0 \leq a \leq 1$ ),  $a$  为回购因子, 则  $a$  与公平参数  $\alpha$  的关系图 (取  $p = 20, c = 10, w_1 = 16$  进行分析) 见图 3。

**推论 1** 公平不影响供应链的整体利润, 它只影响转移利润及渠道效率, 即供应商和零售商的利润分配及零售商接受或拒绝供应合同的概率。

由定理 1、定理 2 和定理 3 可以得出,  $F(q) = \frac{p-c}{p}$  与公平参数无关, 只要超出定理 2 和定理 3 的柔性合同参数制定范围, 零售商将拒绝此合同。

**推论 1** 结论表明, 零售商的订购量是由市场需求决定的, 公平偏好不会对零售商的订购量产生任何影响, 在完全理性下, 零售商不会因为个体的偏好多订购或少订购而导致库存过多或缺货损失而影响自己的利润 (或效用), 他所做的决策是接受或拒绝供应商提供的收益共享合同或回购合同。而供应商则为选择一份柔性合同并制定合适的合同参数使得零售商接受柔性合同。

**定理 4** 零售商接受收益共享合同和回购合同的前提下, 供应商对合同的选择见表 2。

证明 对于收益共享合同

$$U_{S_1}^{R-S} = (1 - \phi - \beta_S + 2\beta_S\phi)\pi^{R-S},$$

对于回购合同

$$U_{S_2}^{B-B} = \left[ \frac{w_1 - c}{p - c} - \frac{2\beta_S(w_1 - c)}{p - c} + \beta_S \right] \pi^{B-B},$$

令  $U_{S_1}^{R-S} = U_{S_2}^{B-B}$ , 则有,  $w_1 = (1 - \phi)p + \phi c$ ,  $w_2 = aw_1$  ( $a$  为回购因子).

由定理 1 的结论, 得到  $w_2 = \frac{p(w_1 - c)}{p - c}$ ,  $a = \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ .

当  $U_{S_1}^{R-S} > U_{S_2}^{B-B}$ ,  $a > \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ , 供应商选择收益共享合同;

当  $U_{S_1}^{R-S} < U_{S_2}^{B-B}$ ,  $a < \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ , 供应商选择回购合同;

当  $U_{S_1}^{R-S} = U_{S_2}^{B-B}$ ,  $a = \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ , 供应商选择收益共享合同或回购合同.

定理 4 得到, 供应商选择收益共享合同还是回购合同取决于  $a$  和包含  $\phi$  的代数式之间的大小.

从图 4 中可以直观看出 (同样取  $p = 20$ ,  $c = 10$ ,  $w_1 = 16$ ):

表 2 供应商合同的选择

| $a$ 和 $\phi$ 之间的关系                                    | 供应商的选择      |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| $a > \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ | 收益共享合同      |
| $a < \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ | 回购合同        |
| $a = \frac{p(w_1 - c)}{(p - c)(p - \phi p + \phi c)}$ | 收益共享合同或回购合同 |

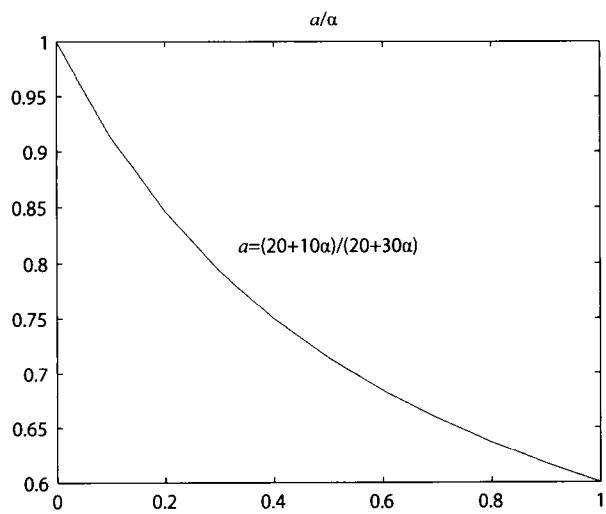


图 3 回购合同因子  $a$  与公平参数  $\alpha$  之间的关系

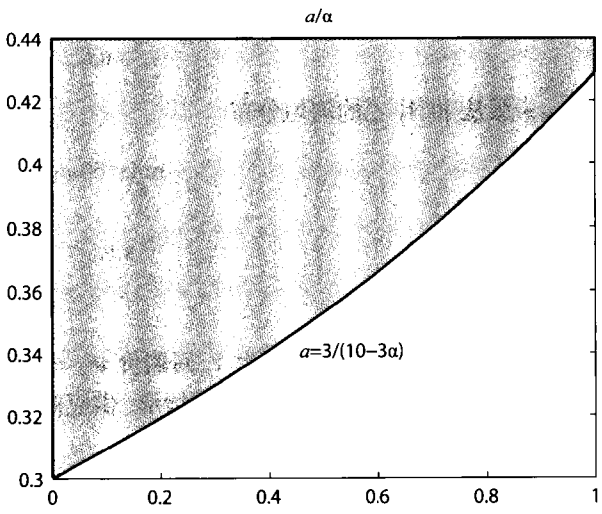


图 4 回购因子  $a$  和收益系数  $\phi$  之间的关系

图 4 中的阴影部分为供应商选择收益共享合同的  $(a, \phi)$  组合, 无阴影部分为供应商选择回购合同的  $(a, \phi)$  组合. 曲线上的点为供应商既可选择收益共享合同也可以选择回购合同.

定理 4 表明, 供应商对柔性合同的选择同样不受公平因素的影响, 而只受其合同参数的影响, 它和零售价、生产成本也有关, 这充分说明了供应商在制定合同时首要考虑的是选择的合同是否达到双赢的效果, 即是否既使自己受益又让对方受益.

3.3 算例

假设  $q$  服从  $[0, 100]$  的均匀分布,  $p = 25$ ,  $c = 10$ ; 则由  $F(q) = \frac{p-c}{p}$  得出  $q = 60$ , 则总利润为 900.

1) 收益共享合同

$\pi_{R_1}^{R-S} = \phi\pi^{R-S} = 900\phi$ ,  $\pi_{S_1}^{R-S} = (1 - \phi)\pi^{R-S} = 900(1 - \phi)$ , 假定零售商接受收益共享合同的概率为  $P_{accept}(U_{R_1}^{R-S} > 0)$ , 如要最大化供应商的利润, 则可得出

$$\begin{aligned} \max_{\phi} & 900(1 - \phi)P_{accept}(U_{R_1}^{R-S} > 0) \\ \text{s.t.} & U_{S_1}^{R-S} > U_{R_1}^{R-S} \end{aligned} \tag{15}$$

(15) 式等价于:

$$\begin{aligned} \max_{\phi} & 900(1 - \phi)P_{accept}(\alpha_R < \phi / (1 - 2\phi)) \\ \text{s.t.} & \phi < \frac{1}{2} \end{aligned} \tag{16}$$

假定  $\alpha_R$  服从  $[0, 1]$  上的均匀分布, 则有

$$\max_{\phi} 900(1 - \phi) \int_0^{\frac{\phi}{1-2\phi}} dx$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \frac{\phi}{1-2\phi} \leq 1 \\ & \phi < \frac{1}{2} \end{aligned} \tag{17}$$

所以当  $\phi = \frac{1}{3}$  时, 零售商接受的概率为 1, 供应商的最大利润为 600.

2) 回购合同

$\pi_{R_1}^{B-B} = 1500 - 60w_1$ ,  $\pi_{S_1}^{B-B} = 60w_1 - 600$ , 回购价  $w_2 = \frac{5}{3}(w_1 - 10)$ , 假定零售商接受收益共享合同的概率为  $P_{accept}(U_{R_2}^{B-B} > 0)$ , 如要最大化供应商的利润, 则可得出

$$\begin{aligned} & \max_{\phi} (60w_1 - 600) P_{accept}(U_{R_2}^{B-B} > 0) \\ \text{s.t.} \quad & U_{S_2}^{B-B} > U_{R_2}^{B-B} \end{aligned} \tag{18}$$

即为

$$\begin{aligned} & \max_{\phi} (60w_1 - 600) P_{accept}\left(\alpha_R < \frac{25 - w_1}{2w_1 - 35}\right) \\ \text{s.t.} \quad & w_1 > 17.5 \end{aligned} \tag{19}$$

假定  $\alpha_R$  服从  $[0, 1]$  上的均匀分布,

$$\begin{aligned} & \max_{\phi} (60w_1 - 600) \int_0^{\frac{25 - w_1}{2w_1 - 35}} dx \\ \text{s.t.} \quad & \frac{25 - w_1}{2w_1 - 35} \leq 1 \\ & w_1 > 17.5 \end{aligned} \tag{20}$$

当  $w_1 = 20$ , 零售商接受的概率为 1, 回购价  $w_2 = 16.7$  时, 供应商能取得最大的利润 600.

由此可以看出, 以上 1)、2) 两种情形, 供应商取得的利润均为 300, 即为供应商可选择收益共享合同或回购合同.

如不按最优化, 取  $\phi = \frac{3}{10}$ ,  $w_1 = 18$ , 则由定理 4 可知, 供应商将选择收益共享合同.

4 零售商强势时的最优策略

第 2 部分讨论了供应商强势时的最优策略, 本节将讨论零售商强势时的最优策略. 在供应商弱势零售商强势时, 供应商在提供收益共享合同和回购合同时需要考虑零售商的立场. 如果供应商提供的合同使得零售商没有多少利润可得, 零售商完全有能力拒绝供应商提供的合同. 因此, 供应商经历了不利的不平等, 而零售商经历了有利的不平等, 那么 (1) 和 (2) 式就变为:

$$U_R^C = \pi_R^C - \beta_R(\pi_R^C - \pi_S^C) \tag{21}$$

$$U_S^C = \pi_S^C - \alpha_S(\pi_R^C - \pi_S^C) \tag{22}$$

当  $\beta_R \geq \frac{1}{2}$  时, 零售商平分渠道利润, 故考虑  $\beta_R \leq \frac{1}{2}$  时零售商的选择.

4.1  $\beta_R \leq \frac{1}{2}$  时的合同参数选择

**定理 5** 在  $\beta_R \leq \frac{1}{2}$  的情形下, 当且仅当  $q^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p})$ , 零售商的效用最大, 渠道效率最高.

**证明** 此证明类似于定理 1, 故略之.

4.2 公平对渠道参数的影响

**定理 6** 存在公平参数的情况下, 供应商要使得零售商接受收益共享合同且零售商的效用超过供应商的效用, 当且仅当收益系数满足  $\frac{1}{2} < \phi \leq \frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}$  和  $\frac{1}{2}c < w \leq \frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}c$ .

**证明** 考虑收益共享合同:  $w = \phi c$ , 在这种情况下

$\pi_{R_3}^{R-S} = \phi\pi^{R-S}$ ,  $\pi_{S_3}^{R-S} = (1-\phi)\pi^{R-S}$ ,  $U_{R_3}^{R-S} = (\phi + \beta_R - 2\beta_R\phi)\pi^{R-S}$ ,  $U_{S_3}^{R-S} = (1 - \phi + \alpha_S - 2\alpha_S\phi)\pi^{R-S}$ . 供应商所做的决策是使得零售商接受此合同, 所以必有  $U_{S_3}^{R-S} > 0$ , 同时又不能使效用高于零售商的效用 (供应商占主导地位), 即  $U_{R_3}^{R-S} \geq U_{S_3}^{R-S}$ , 综上可得,  $\frac{1}{2} < \phi \leq \frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}$ , 单位批发价  $w = \phi c$ .

定理 6 说明, 当零售商强势时, 供应商所得的销售收入小于全部销售收入的一半, 提供的批发价必须大于成本价的一半. 当零售商的公平系数越大, 那么供应商在制定合同时可考虑的合同参数范围越大, 供应商



的利润区间数值将越大, 即零售商越仁慈, 越愿意牺牲一部分利润给供应商; 如果零售商是自私的, 供应链则必须转移更多的利润给零售商, 否则零售商将不会接受此合同. 如果规定不超过 1, 那么供应商规定的收益共享合同收益系数参数将不超过 2/3, 否则供应商因无利可图拒绝提供此合同, 图 5 直观地表明, 收益共享合同中的参数  $(\phi, w)$  只要满足图中阴影部分, 零售商就会接受该柔性合同 (取  $p = 20, c = 10$ ).

**定理 7** 存在公平参数的情形下, 供应商要使得零售商接受回购合同且零售商效用超过供应商的效用, 则  $\frac{c+\alpha_S c+\alpha_S p}{1+2\alpha_S} < w_1 \leq \frac{p+c}{2}$  及  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ .

**证明** 对于回购合同,

$$\begin{aligned} \pi_{R_4}^{B-B} &= \pi_C - t_*^{B-B} + cq^*, \pi_{S_4}^{B-B} = t_*^{B-B} - cq^*, \\ \pi_{S_4}^{B-B} - \pi_{R_4}^{B-B} &= 2t_*^{B-B} - 2cq^* - \pi^{B-B}, \\ U_{R_4}^{B-B} &= \left[ 1 - \beta_R - (1 - 2\beta_R) \frac{w_1 - c}{p - c} \right] \pi^{B-B} \\ &= \left[ \frac{(1 - \beta_R)p - \beta_{RC} - (1 - 2\beta_R)w_1}{p - c} \right] \pi^{B-B}, \\ U_{S_4}^{B-B} &= \left[ \frac{w_1 - c}{p - c} + \frac{2\alpha_S(w_1 - c)}{p - c} - \alpha_S \right] \pi^{B-B}. \end{aligned}$$

要使供应商提供回购合同, 就必须  $U_{S_4}^{B-B} > 0$ , 且供应商的效用不得大于零售商的效用, 有  $U_{R_4}^{B-B} \geq U_{S_4}^{B-B}$ , 两条件可得出:

$$\frac{c + \alpha_S c + \alpha_S p}{1 + 2\alpha_S} < w_1 \leq \frac{p + c}{2},$$

又  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ , 可得出  $\frac{\alpha_S p}{1+2\alpha_S} < w_2 \leq \frac{p}{2}$  ( $w_2 \leq w_1$ ).

定理 7 表明: 要使零售商接受供应商提供的回购合同, 批发价必须不大于零售价和成本价和的一半, 回购价格不大于零售价的一半. 零售商公平参数越大, 供应商提供的批发价的范围将越大, 供应商取得的利润区间数值也将越大, 表现为如果零售商足够公平, 他将牺牲一部分利润给供应商.

**推论 2** 对于收益共享合同, 要使零售商接受合同, 必须满足下述条件.

$$\phi = \begin{cases} \frac{\alpha_R}{1+2\alpha_R} < \phi \leq \frac{1}{2}, & \text{当供应商强势时,} \\ \frac{1}{2} < \phi \leq \frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}, & \text{当零售商强势时.} \end{cases} \quad w = \begin{cases} \frac{\alpha_R c}{1+2\alpha_R} < w \leq \frac{1}{2}c, & \text{当供应商强势时,} \\ \frac{1}{2}c < w \leq \frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}c, & \text{当零售商强势时.} \end{cases}$$

且  $w = \phi c$ .

对于回购合同, 要使零售商接受合同, 必须有:

$$w = \begin{cases} \frac{p+c}{2} \leq w_1 < \frac{p+p\alpha_R+c\alpha_R}{1+2\alpha_R}, & \text{当供应商强势,} \\ \frac{c+\alpha_S c+\alpha_S p}{1+2\alpha_S} < w_1 \leq \frac{p+c}{2}, & \text{当零售商强势.} \end{cases}$$

而  $w_2 = \frac{p(w_1-c)}{p-c}$ .

推论 2 直观地表明, 当供应商强势时, 供应商如使用收益共享合同则至少得分享整个销售收入的一半, 如使用回购合同则批发价必定大于  $\frac{p+c}{2}$  且不高于  $\frac{p+p\alpha_R+c\alpha_R}{1+2\alpha_R}$ . 而当零售商强势时, 供应商如使用收益共享合同, 则其分到的利润不得超过全部销售收入的一半; 如使用回购合同, 则批发价不得高于  $\frac{p+c}{2}$ . 在具体实践中上述结论对供应商制定柔性合同有一定的借鉴意义.

5 结束语

本文研究了基于公平因素下供应链柔性合同的优化策略, 即在收益共享合同和回购合同中引入公平因素, 在随机市场需求的情形下, 研究了供应商对收益共享合同和回购合同的选择, 并且探讨了公平如何影响供应链柔性合同的制定以及如何确定供应链柔性合同中的参数问题. 研究表明, 供应商在制定合同时须考虑所制定的合同中合同参数的设定是否合理. 在供应商处于强势地位时, 所制定的收益共享合同的收益系数不得超过 0.5, 且不得小于  $\frac{\alpha_R}{1+2\alpha_R}$ , 回购合同中的批发价不得大于  $\frac{1}{2}c$ , 且不得小于  $\frac{\alpha_R c}{1+2\alpha_R}$ . 不论是在收益共享合同还是在回购合同下, 如果零售商足够公平, 供应商将仁慈地对待零售商, 牺牲一部分利润给零售商, 这表现为收益共享系数或批发价的取值区间数值增大, 而这恰恰与供应商的利润相关; 如果零售商是自私的, 那

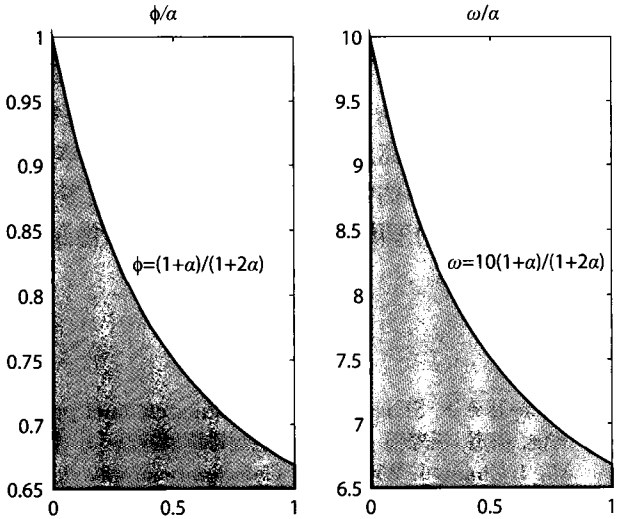


图 5  $\phi, w$  与公平参数  $\alpha_S$  的关系

么供应商将会惩罚零售商, 而将供应链整体利润大部分据为己有. 当零售商处于强势时, 所制定的收益共享合同的收益系数不大于  $\frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}$ , 回购合同的批发价不得大于  $\frac{1+\alpha_S}{1+2\alpha_S}c$ . 不论是在收益共享合同还是回购合同下, 如果零售商足够公平, 供应商的利润将增大, 如果零售商是自私的, 那么供应商的利润将减小. 这与实际中的常识相符, 因而本文在合同参数的制定方面有较大的借鉴意义. 另外本文还研究了在既定的订购量下柔性合同的选择问题, 同样的研究结果见定理 4.

本文所建立的模型可做进一步扩展: 1) 本文考虑了随机型的市场需求, 以一个笼统的市场需求分布函数来表示, 针对随机型的需求函数, 还可以分成加法型的随机函数和乘法型随机函数参见 Petruzzi 和 Data<sup>[17]</sup>. 2) 文中假设所有参与人都是风险中性的, 而现实中参与人的风险态度有多种, 因此针对参与人是风险厌恶或风险偏好进行的研究具有重要的现实意义. 3) 本文研究的供应链是单个供应商和单个零售商构成的供应链, 是供应链中最简单的情形, 实际中的供应链大多是由不同层级的多个供应商和零售商构成的复杂网络关系, 供应链通常会大于两级, 并且供应商之间、零售商之间存在一定程度的竞争, 这些都会对实际结果有影响, 可做进一步研究.

## 参考文献

- [1] Jeuland A P, Shugan S M. Managing channel profits[J]. Marketing Science, 1983, 2(Summer): 239-272.
- [2] 马俊, 张杰, 汪寿阳. 应用拍卖机制协调供应链 [J]. 管理科学学报, 2009, 12(5): 1-7.  
Ma J, Zhang J, Wang S Y. Coordinate supply chain via auction mechanisms[J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(5): 1-7.
- [3] 邱芳臻, 黄小原. 供应链渠道协调的收入共享契约模型 [J]. 管理学报, 2006, 3(2): 148-152.  
Qiu F Z, Huang X Y. Model of revenue-sharing contract for the coordination of supply chain channels[J]. Chinese Journal of Management, 2006, 3(2): 148-152.
- [4] 李娟, 黄培清, 骆建文. 基于讨价还价博弈下的供应链回购合同研究 [J]. 管理工程学报, 2009, 23(2): 1-5.  
Li J, Huang P Q, Luo J W. Research on supply chain buyback contracts based on bargaining game[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2009, 23(2): 1-5.
- [5] 于明进, 王炬香, 桑圣举. 风险偏好下供应链收益共享契约机制研究 [J]. 科学技术与工程, 2008, 22(8): 1-6.  
Yu M J, Wang J X, Sang S J. Study on revenue sharing contract mechanism in supply chain under risk preference[J]. Science Technology and Engineering, 2008, 22(8): 1-6.
- [6] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations informs[J]. Management Science, 2005, 51(1): 32-34.
- [7] Ho T H, Zhang J. Designing price contracts for boundedly rational customers: Does the framing of the fixed fee matter?[J]. Management Science, 2008, 54(4): 686-700.
- [8] Lim N, Ho T. Designing price contracts for boundedly rational customers: Does the number of blocks matter?[J]. Management Science, 2007, 26(3): 312-326.
- [9] Katok E, Wu D. Contracting in supply chains: A laboratory investigation[R]. Working Paper, Penn State University, 2006.
- [10] Cui T H, Raju J S, Zhang Z J. Fairness and channel coordination[J]. Management Science, 2007, 53(8): 6-12.
- [11] Loch C H, Wu Y. Social preferences and supply chain performance: an experimental study[J]. Management Science, 2008, 54(11): 1-20.
- [12] Fehr E, Schmidt K M. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1999, 114(3): 817-868.
- [13] Pavlov V, Katok E. Fairness and coordination failures in supply chain contracts[R]. Working Paper, 2009.
- [14] Pavlov V. Essays on supply chain coordination[D]. The Pennsylvania State University, 2009.
- [15] 叶庆凯, 郑应平. 变分法及其应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1991.  
Ye Q K, Zheng Y P. Variations and its applications[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1991.
- [16] 李哲岩, 张永曙. 变分法及其应用 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1989.  
Li Z Y, Zhang Y S. Variations and its applications[M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 1989.
- [17] Petruzzi N C, Data M. Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions[J]. Operations Research, 1999, 47(2): 183-194.