

回购契约下供应链协调应对非常规突发事件

刘浪¹, 石岩²

(1.华东交通大学 经济管理学院, 南昌 330013; 2.南昌航空大学 经济管理学院, 南昌 330063)

摘要: 研究最简单的二级供应链在回购契约下是否能协调应对非常规突发事件。将市场随机需求大幅波动与零售价格随市场供求关系波动作为非常规突发事件的基本特征, 并以此建立应对非常规突发事件的回购契约模型。对模型进行分析, 并用算例进行验证。同时将其与无突发事件、常规突发事件状态下的供应链协调结果进行对比。研究表明: 无突发事件在基准回购契约下能实现二级供应链协调。常规突发事件与非常规突发事件在基准回购契约下不能实现供应链协调, 若分别对批发价做出适当的调整, 调整后的回购契约均能实现供应链协调。不人为地干预市场, 回购契约下也能协调应对非常规突发事件, 但会加重灾区民众的负担, 此时, 政府适当干预市场也是一种选择。

关键词: 供应链协调; 回购契约; 非常规突发事件; 供应链协调

中图分类号: F406.7; F253.4

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2014)05-0108-06

非常规突发事件是指前兆不充分、具有明显的复杂性特征和潜在的次衍生危害, 而且破坏性严重、采用常规管理方式难以有效应对的突发事件^[1]。非常规突发事件常使供应链不堪一击, 如2003年SARS爆发导致消毒剂需求激增, 同时谣言导致板蓝根价格飞涨; 2008年“三鹿奶粉事件”使得市场对国产奶粉需求急减, 国产奶粉价格暴跌; 2011年日本核泄漏, 加碘盐能防核辐射的谣言在一周之内使许多城市食盐价格飞涨, 有些城市因居民抢购而断货; 2013年禽流感事件使得全国对家禽肉类需求下降, 家禽交易价格暴跌, 原本协调的供应链变为失调。此背景下, 失调的供应链如何恢复协调, 成为摆在国内外学者面前的突出问题。以往研究中, 学者们在刻画常规突发事件环境下的供应链的特征并构建各种契约模型时, 大多假设供应链上各成员均为风险中性; 供需双方之间的信息是完全的, 供应链中的成员都知道彼此成本结构以及利润函数; 生产成本与零售价格为内生变量(固定不变的常量)。市场需求随机分布和生产成本或零售价格等参数不发生变化或发生小的离散性变化(扰动)。在非常规突发事件发生的背景下, 如何设置供应链上的各种参数, 使之更符合客观现实世界, 是此类研究必须解决的问题。从客观实际来看, 非常规突发事件发生后, 供应链应急管理理论中的许多前提假设与相关参数均可能发生变化, 如供应链上的成员可能

从风险中性转为风险厌恶, 信息完全变为信息不完全, 生产成本和零售价格由外生变量转化为内生变量(发生连续性变化)等。本文研究最简单的一种情况, 即非常规突发事件发生后, 短时间内其他前提假设和生产成本不发生变化, 只有随机需求分布函数发生剧烈变化, 零售价格随市场需求变化而变化的状态下, 寻找回购契约下二级供应链系统实现协调的约束条件, 并寻找最优定价与定货策略。

一、文献综述

回购契约 (buyback contract) 又称退货政策 (returns policy), 是指供应链上游企业将商品以一个确定的批发价给下游企业, 在季节末供应链上游企业将未销售完的商品按一个约定价格回购, 回购价格小于批发价, 商品残值归属由契约规定。Pasternack(1985)^[2]是第一个研究它的学者, 研究了价格固定的报童模型。Charles(1996)^[3]拓展了Pasternack的模型, 研究了价格敏感随机需求的模型。Emmons(1998)^[4]将其拓展为市场需求不确定的价格敏感倍增模型。Yao(2008)^[5]研究了价格敏感因素对回购契约特征的影响, Chen(2011)^[6]考虑了客户退货, 得出回购契约中加入利润共享机制可以实现二级供应链协调。此外, Xiaobin Wang(2009)^[7]研究了模糊需求下回购契约的供应链协调。决策者对风险的态度或决策行为也是影响供应链绩效的重要因素,

收稿日期: 2013-10-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71162024); 国家自然科学基金资助项目(71362019); 江西省教育厅科技项目(GJJ14354)

作者简介: 刘浪(1973—), 男, 博士, 副教授, 上海海事大学博士后, E-mail: Liulang@ecjtu.edu.cn

Agrawal(2000)^[8]第一个考虑零售商厌恶风险时,如何使用回购契约来分散供应链风险。也有学者用回购契约与其他契约联合起来一块分担系统风险^[9-11], Yulan Wang(2009)^[12], Michael(2013)^[13]分析了回购契约下,个人决策行为对供应商和零售商分别领导下的供应链绩效影响。此外,还有学者们研究零售商对需求具有私有信息时供应链协调问题^[14]。随着突发事件对供应链的影响越来越大,中国学者对突发事件下的供应链协调问题表现出浓厚的兴趣。于辉(2005)^[15]研究了突发事件引发需求分布发生变化时,二级供应链在回购契约下的协调。覃燕红(2010)^[16]将增加的供应商成本考虑进回购价格,分析了回购契约协调应对突发事件的实现条件。郑爱敏(2010)^[17]研究了当生产成本与零售价格同时发生扰动时,单供应商和单零售商组成的二级供应链在回购契约下的协调问题。为了更好地应对突发事件,学者们也试图通过双供应商策略来保障供应的稳定性^[18-19]。上述文献研究的对象都是开环的供应链,王玉燕(2009)^[20]则研究了回购契约下闭环供应链应对突发事件的协调问题。上述学者提到的突发事件,均指常规突发事件,也就是导致供应链的需求分布函数发生变化,其他参数不发生变化(或发生小的扰动)的突发事件。综上所述可以看出,国内外学者对此领域的研究越来越深入。

二、基准二级供应链回购契约模型

考虑由单供应商和单零售商所组成的二级供应链系统,假设系统中的商品为短生命周期商品,各成员均为风险中性和完全理性的;供需双方之间的信息是完全的,供应链中的成员都知道彼此的成本结构以及利润函数等信息;系统面临随机市场需求分布,供需双方均可以准确预测此分布。

为了建立基准回购契约模型,设 p_0 为单位商品零售价格,在基准的模型中,它是外生变量,即为固定常数,由市场竞争决定。 c_r 为零售商边际单位成本; c_s 为供应商单位生产成本,记 $c=c_r+c_s$; g_r 为零售商缺货而导致的商誉单位惩罚成本; g_s 为供应商缺货的商誉单位惩罚成本,记 $g=g_r+g_s$; v 为单位商品残值; w 为供应商向零售商提供的批发价格; b 为供应商对单位商品的回购价格; D 为零售商面临的随机需求,设其分布函数为 $F(x)$; 密度函数为 $f(x)$; 且 $F(x)$ 是可微和严格递增的,并有 $F(0)=0, \bar{F}(x)=1-F(x)$, 且 $u=E(D)=\int_0^{+\infty} xf(x)dx$ 为期望需求; $S(q)$ 为给定订货量 q 下零售商的期望销售量,则 $S(q)=\int_0^q xf(x)dx + \int_q^{+\infty} qf(x)dx = q - \int_0^q F(x)dx$; $I(q)$ 为期末期望库存量, $I(q)=q-S(q)$; $L(q)$ 为期末期望缺货量, $L(q)=u-S(q)$ 。对于供应商来说,回购是对零售商的一种激励性补贴,因此回购价格应比残值大,但零售商不能从未销售出的商品中获利,所以上述参数要满足如下关系: $v < b < w < p_0$, 且 $v+b \leq w$ 。

二级供应链是按下面方式进行运作:首先由供应商与零售商联合对零售商面临的需求 $D(x)$ 进行预测,获得其分布为 $F(x)$, 然后供应商根据预测的需求分布和回购契约获得最优的订货量 q^* , 进而安排生产计划进行生产。销售季节来临,零售商面临的需求分布为 $F(x)$, 供应商提出采用回购契约进行合作,零售商接受契约确定订货量 q^* , 在销售季节末,供应商按契约回购剩余商品。对于商品残值在现实中有两种操作方法,一种操作方法是供应商将剩余商品运回并处理,残值归其所有;另一种操作方法是剩余商品由零售商处理,残值归零售商。由于供应商运回商品将增加相应的处理成本,所以在现实中往往采用第二种方法,此时的回购价格相当于对零售未售出商品的一种价格补贴。本文采取这种思路进行建模。

根据回购契约的定义,可得供应商的期望收益函数为

$$\begin{aligned} \pi_s = & wq - \int_0^q b(q-x)f(x)dx - \int_q^{+\infty} g_s(x-q)f(x)dx - \\ & c_s q = wq - bI(q) - g_s L(q) - c_s q = (b+g_s)S(q) - \\ & (b-w+c_s)q - g_s u \end{aligned} \quad (1)$$

零售商的期望收益函数为

$$\begin{aligned} \pi_r = & \int_0^q [p_0 x + (b+v)(q-x)]f(x)dx + \int_q^{+\infty} [p_0 q - g_r(x- \\ & q)]f(x)dx - c_r q = p_0 S(q) + (b+v)I(q) - g_r L(q) - \\ & c_r q - wq = (p_0 - b - v + g_r)S(q) - (w + c_r - b - v)q - g_r u \end{aligned} \quad (2)$$

供应链的期望收益函数为

$$\pi_h = \pi_r + \pi_s = (p_0 - v + g)S(q) - (c - v)q - g_u \quad (3)$$

命题 1. 若没有发生突发事件,当 $\eta(p_0 - v + g) = p_0 - b - v + g, \eta(c - v) = w + c_r - b - v (1 - \eta > 0)$ 时,回购契约能实现二级供应链协调。

证明:对式(2)分别求一阶、二阶导数,可得

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial q} = (p_0 - b - v + g_r)[1 - F(q)] - (w - c_r - b - v) \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial q^2} = -(p_0 - b - v + g_r)f(q) < 0 \quad (5)$$

对式(5)分别求一阶、二阶导数,可得

$$\frac{\partial \pi_h}{\partial q} = (p_0 - v + g)[1 - F(q)] - (c - v) \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_h}{\partial q^2} = -(p_0 - v + g)f(q) < 0 \quad (7)$$

由式(5)与式(7)可知,它们是严格凹函数,式(2)与式(3)存在最优的订货量,令式(4)与式(6)等于零,可得

$$q^* = \bar{F}^{-1}\left(\frac{w+c_r-b-v}{p_0-b-v+g_r}\right), q^*_h = \bar{F}^{-1}\left(\frac{c-v}{p_0-v+g}\right)$$

令 $\eta(p_0-v+g) = p_0-b-v+g_r, \eta(c-v) = w-c_r-b-v (0 < \eta < 1)$ 可得 $q^*_r = q^*_h = q^*$ (q^* 表示标准状态下系统最优订货量), 此时, $\pi_r = \eta\pi_h + \mu(\eta g - g_r)$, 表明零售商期望收益函数是整个供应链期望收益函数的仿射函数, 二者具有相同的最佳订货量 q^* , 说明回购契约可以实现二级供应链协调。

三、突发事件情况下回购契约对供应链的协调

在供应链系统中, 将突发事件分为常规突发事件和非常规突发事件。本文假设商品生产成本与零售价格不发生变化, 需求分布函数发生变化作为常规突发事件区别常态下的供应链契约模型的本质特征; 生产成本不发生变化, 需求分布函数与零售价格发生变化, 且零售价格由外生变量转化为内生变量作为最简单非常规突发事件状态下的供应链契约模型的本质特征。同时, 在本文中, 发生非常规突发事件时的商品零售价格是由市场供求关系决定, 即 $dp = [p_0 + a(x-q)]dx$, 其中, p_0 表示市场均衡的价格; x 表示市场随机需求; q 表示零售商的订货量; a 表示大于零的系数。在此假设下, 下面研究两种突发事件发生后, 回购契约是否能协调二级供应链。

(一) 常规突发事件情况下回购契约对二级供应链的协调

当常规突发事件发生时, 零售商面临的市场需求分布函数 $F(x)$ 与密度函数 $f(x)$ 将发生变化, 变为 $G(x)$ 和 $g(x)$, $G(x)$ 同样是可微和严格增加的, 且 $G(0) = 0, \bar{G}(x) = 1 - G(x)$, 期望需求 $u_c = E_c(D) = \int_0^{+\infty} xg(x)dx$; 期望销售量 $S_c(q) = q - \int_0^q G(x)dx$; 期末期望库存量 $I_c(q) = q - S_c(q)$; 期末期望缺货量 $L_c(q) = u_c - S_c(q)$ 。当常规突发事件发生后, 如果供应链的新订货量不再是原有最佳订货量 q^* , 将产生额外成本。当新的订货量 $q > q^*$, 将增加单位生产成本 λ_1 , 当新的订货量 $q < q^*$, 将增加在二级市场处理费用, 设单位处理费用为 λ_2 , 设 $\pi_i^c, (i=r, s, h)$ 分别表示在常规突发事件状态下的零售商、供应商和整个供应链的期望收益函数, 此时, 供应商的期望收益函数为

$$\pi_s^c = wq - \int_0^q b(q-x)f(x)dx - \int_q^{+\infty} g_s(x-q)f(x)dx - c_s q - \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ = (b+g_s)S_c(q) - (b-w+c_s)q - g_s u_c \quad (8)$$

零售商的期望收益函数为

$$\pi_r^c = \int_0^q [p\alpha x + (b+v)(q-x)]g(x)dx + \int_q^{+\infty} [p\alpha q - g_r(x-q)]g(x)dx - c_r q - wq = (p_0-b-v+g_r)S_c(q) - (w+c_r-b-v)q - g_r u_c \quad (9)$$

供应链的期望收益函数为

$$\pi_h^c = (p_0-v+g)S_c(q) - (c-v)q - g u_c - \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ \quad (10)$$

命题 2. 常规突发事件发生后, 当市场规模变化比较大时, 若仍用基准回购契约, 即当 $\eta(p_0-v+g) = p_0-b-v+g_r, \eta(c-v) = w-c_r-b-v$ 时, 回购契约不能实现二级供应链协调。

证明: 将 $\eta(p_0-v+g) = p_0-b-v+g_r, \eta(c-v) = w-c_r-b-v$, 代入式(9), 可得

$$\pi_r^c = \eta\pi_h^c + u_c(\eta g - g_r) + \eta[\lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+]$$

当常规突发事件使得市场规模变化比较大时, 即 $q > q^*$ 或 $q < q^*$ 时, 此时零售商的期望收益函数不再是整个供应链期望收益函数的仿射函数, 故回购契约不能实现供应链协调。

命题 3. 常规突发事件发生后, 当 $q > q^*$ 或 $q < q^*$, $\eta(p_0-v+g) = p_0-b-v+g_r, \eta(c-v) = w-c_r-b-v (1 > \eta > 0)$ 时, 若批发价格调整为 $\hat{w} = w + \frac{c}{q}[\lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+]$, 回购契约能实现二级供应链协调。

证明: 设 $\hat{\pi}_i^c, (i=r, h)$ 分别表示在常规突发事件状态下调整后的零售商和整个供应链的期望收益函数, 根据文献[6], 可得

$$\hat{\pi}_r^c = \eta\pi_h^c + u_c(\eta g - g_r) \quad (11)$$

这时零售商的期望收益函数是整个供应链期望收益函数的仿射函数(此时 $\hat{\pi}_h^c = \pi_h^c$), 可实现供应链协调。

(二) 非常规突发事件情况下回购契约对供应链的协调

当非常规突发事件发生后, 零售商面临市场需求分布函数 $F(x)$ 与密度函数 $f(x)$ 变为 $H(x)$ 和 $h(x)$, 且 $H(0) = 0, \bar{H}(x) = 1 - H(x)$; 期望需求 $u_H = E_H(D) = \int_0^{+\infty} xh(x)dx$; 期望销售量 $S_H(q) = q - \int_0^q H(x)dx$; 期末期望库存量 $I_H(q) = q - S_H(q)$; 期末期望缺货量 $L_H(q) = u_H - S_H(q)$ 。零售价将由外生变量转为内生变量, 设 $dp = [a(x-q) + p_0]dx$ 。当非常规突发事件发生后, 供应链上新的订货量不再是原来的最佳订货量 q^* 。同

样假设当新的订货量 $q > q^*$, 增加的单位生产成本为 λ_1 , 当新的订货量 $q < q^*$, 增加的单位处理费用为 λ_2 , 设 π_i^u , ($i=r, s, h$) 分别表示在非常规突发事件状态下零售商、供应商和整个供应链的期望收益函数, 据此, 可得非常规突发事件发生后, 供应商的期望收益函数为

$$\pi_s^u = wq - \int_0^q b(q-x)h(x)dx - \int_q^\infty g_s(x-q)h(x)dx - c_s q - \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ = (b+g_s)S_H(q) - (b-w+c_s)q - g_s u_H - \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ \quad (12)$$

零售商的期望收益函数为

$$\pi_r^u = \int_0^q [p_0 + a(x-q)]x + (b+v)(q-x)h(x)dx + \int_q^\infty [p_0 + a(x-q)]q - g_r(x-q)h(x)dx - c_r q - wq = (p_0 - b - v + g_r)S_H(q) - (w + c_r - b - v)q - g_r u_H + \int_0^q ax^2 h(x)dx - \int_0^q axqh(x)dx - \int_q^\infty aq^2 h(x)dx \quad (13)$$

供应链的期望收益函数为

$$\pi_h^u = (p_0 - v + g)S_H + \left[\int_0^q ax^2 h(x)dx - \int_0^q aqxh(x)dx + \int_q^\infty aqxh(x)dx - \int_q^\infty aq^2 h(x)dx - (c-v)q - g u_H - \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ \right] \quad (14)$$

为了表达方便, 令

$$A(q) = \int_0^q ax^2 h(x)dx - \int_0^q aqxh(x)dx + \int_q^\infty aqxh(x)dx - \int_q^\infty aq^2 h(x)dx \quad (15)$$

$$B(q) = \lambda_1(q-q^*)^+ - \lambda_2(q^*-q)^+ \quad (16)$$

命题 4. 当非常规突发事件发生之后, 若仍用基准回购契约, 即当 $\eta(p_0 - v + g) = p_0 - b - v + g$, $\eta(c - v) = w - c_r - b - v$, 回购契约不能实现二级供应链协调。

证明: 将 $\eta(p_0 - v + g) = p_0 - b - v + g$, $\eta(c - v) = w - c_r - b - v$, 代入式(13)可得

$$\pi_r^u = \eta\pi_h^u + (\eta g - g_r)u + (1 - \eta)A(q) + \eta B(q)$$

此时零售商的期望收益函数不再是整个供应链期望收益函数的仿射函数, 故不能实现供应链协调。

命题 5. 非常规突发事件发生后, 改批发价为 \hat{w}^u , 当 $\hat{w}^u = w + \frac{1}{q} \{ (1 - \eta)A(q) + \eta B(q) \}$, $\eta(p_0 - v + g) = p_0 - b - v + g$ 和 $\eta(c - v) = w - c_r - b - v$ 时, 回购契约下的二级供应链也能实现协调。

证明: 将 w 调整为 \hat{w}^u , 设 $\hat{\pi}_i^u$, ($i=r, h$) 分别表示在非常规突发事件状态下调整后的零售商和整个供应链的利润函数, 根据公式(13), 零售商新的期望

收益函数为

$$\hat{\pi}_r^u = (p_0 - b - v + g)S_H(q) - (\hat{w}^u + c_r - b - v)q - g_r u_H + A(q) = (p_0 - b - v + g)S_H(q) - (w + c_r - b - v)q - (\hat{w}^u - w)q - g_r u_H + A(q) \quad (17)$$

将命题 5 中的 3 个前提条件代入式(17), 可得

$$\hat{\pi}_r^u = \eta\pi_h^u + (\eta g - g_r)u_H \quad (18)$$

可见, 这时零售商的期望收益函数是整个供应链期望收益函数的仿射函数(此时 $\hat{\pi}_r^u = \pi_h^u$), 故能实现供应链协调。

(三) 回购契约突发事件时的最优订货量的表达式

1. 常规突发事件下的最优订货量表达式

当 $q > q^*$, 式(10)可简化为

$$\pi_h^c = (p_0 - v + g)S_c(q) - (c - v)q - g u_c - \lambda_1(q - q^*) \quad (19)$$

对式(19)分别求一、二阶导数, 可得 $\frac{\partial \pi_h^c}{\partial q} = (p_0 - v + g)[1 - G(q)] - (c - v) - \lambda_1$, $\frac{\partial^2 \pi_h^c}{\partial q^2} = -(p_0 - v + g)g(q) < 0$,

由此可得 $\bar{q}_1^* = \bar{G}^{-1}(\frac{c-v+\lambda_1}{p_0-v+g})$, 当 $q < q^*$, 同理可证 $\bar{q}_2^* = \bar{G}^{-1}(\frac{c-v-\lambda_2}{p_0-v+g})$ 。

2. 非常规突发事件下的最优订货量表达式

1) 当 $q > q^*$, 式(14)简化为

$$\pi_h^u = (p_0 - v + g)S_H - (c - v)q - g u_H - \lambda_1(q - q^*) + \left[\int_0^q ax^2 h(x)dx - \int_0^q aqxh(x)dx + \int_q^\infty aqxh(x)dx - \int_q^\infty aq^2 h(x)dx \right] \quad (20)$$

对式(20)分别求一、二阶导数, 可得

$$\frac{\partial \pi_h^u}{\partial q} = (p_0 - v + g)[1 - H(q)] - (c - v + \lambda_1 - a u_H + 2aq) + 2a \int_0^q H(x)dx \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_h^u}{\partial q^2} = -(p_0 - v + g)h(q) - 2a[1 - H(q)] < 0 \quad (22)$$

由此可见, 式(20)是凹函数, 存在唯一的一个最大值, 即存在唯一的最优订货量 \hat{q}_1^* , 并满足式(23)即

$$(p_0 - v + g)[1 - H(q)] - (c - v + \lambda_1 - a u_H + 2a) + 2a \int_0^q H(x)dx = 0 \quad (23)$$

2) 当 $q < q^*$, 同理可得最优订货量 \hat{q}_2^* 满足式(24), 即

$$(p_0 - v + g)[1 - H(q)] - (c - v - \lambda_2 - a u_H + 2a) + 2a \int_0^q H(x)dx = 0 \quad (24)$$

由此可得, \hat{q}_1^* 与 \hat{q}_2^* 分别为式(23)和式(24)的解。由此可知,当发生非常规突发事件时,尽管在采用一定的政策后,可实现二级供应链协调,也知道此时供应链系统存在一个最佳订货量,但此时最佳订货量很难用简洁的表现式表达出来。只有当契约中的相关参数确定后,才可能得具体的订货量。

四、算例分析

某公司销售棉衣,在正常情况下每件棉衣销售价格 $p_0=300$ 元;零售商边际单位成本元 $c_r=50$ 元;供应商生产成本 $c_s=100$ 元;零售商缺货成本 $g_r=10$ 元;供应商缺货成本 $g_s=10$ 元;单位商品残值 $v=80$ 元,设 $\eta=0.5$ 。当发生突发事件后,额外的单位生产成本 $\lambda_1=10$ 元;额外产生的处理费用 $\lambda_2=20$ 元;在非常规突发事件下的系数 $a=0.004$ 。在面临实际销售时,可能面临以下几种情况:(1)在正常情况下,市场需求服从 $X \sim N(100\ 000, 100^2)$ 的正态分布;(2)若遇寒冬

天气,市场需求服从 $X \sim N(120\ 000, 100^2)$,对应 $q > q^*$ 的常规突发事件下的情况;(3)若遇小暖冬天气,市场需求服从 $X \sim N(80\ 000, 100^2)$,这对应 $q < q^*$ 的常规突发事件下的情况;(4)若遇酷寒天气,市场需求服从 $X \sim N(200\ 000, 100^2)$,这对应 $q > q^*$ 的非常规突发事件下的情况;(5)若遇大暖冬天气,市场需求服从 $X \sim N(50\ 000, 100^2)$,这对应 $q < q^*$ 的非常规突发事件下的情况;根据上述相关数据,可得批发价 $w=275$,回购价格 $b=110$ 。以 *Worfram Mathematic* 为工具,计算无突发事件发生1种情况、常规突发事件和非常规突发事件订货量发生改变后分别采取基准回购契约下4种情况、采用调整后回购契约下4种情况共9种情况下最优订货量、零售商收益和供应链收益。对这9种情况是否能实现供应链协调进行判断,同时可得在各种情况下批发价调整的值(Δw),相关数据计算结果如表1所示。

案例中零售商留给自己销售收益的比例 η ,是零

表1 9种情况下的计算结果

类型	状态	批发价调整值(Δw)	采用基准回购契约			是否协调	采用调整后的回购契约			是否协调
			最优订货量	零售商利润	供应链总利润		最优订货量	零售商利润	供应链总利润	
无突发事件	$q=q^*$	0	100 055	7 504 555	15 009 110	是	—	—	—	—
常规突发事件	$q > q^*$	0.83	120 043	9 103 595	18 007 310	否	120 043	9 003 655	18 007 310	是
	$q < q^*$	2.50	80 055	5 604 710	10 809 420	否	80 055	5 404 710	10 809 420	是
非常规突发事件	$q > q^*$	3 760.08	120 000	46 600 025	54 600 600	否	120 000	27 300 300	54 600 600	是
	$q < q^*$	106.573	51 475	3 580 295	6 483 950	否	51 475	3 241 975	6 483 950	是

售商与供应商通过谈判决定的,本案例是预先假设他们已通过谈判确定了各自分配的比例。据此,依据公式 $\eta(p_0-v+g)=p_0-b-v+g$,可得回购价 b 的值,然后根据公式 $\eta(c-v)=w+c_r-b-v$,可得批发价 w 的值。

根据公式 $\hat{w}^c=w+\frac{\eta}{q}[\lambda_1(q-q^*)^++\lambda_2(q^*-q)^+]$,可计算出在常规突发事件发生后,当 $q > q^*$ 时, $\Delta w=0.83$;当 $q < q^*$ 时, $\Delta w=2.50$;可见,在常规突发事件下,批发价调整的数额不高,但呈正向增加,即批发价会上涨;但非常规突发事件发生后,根据公式 $\hat{w}^n=w+\frac{1}{q}\{(1-\eta)A(q)+\eta B(q)\}$,当 $q > q^*$ 时, $\Delta w=3\ 760.08$;当 $q < q^*$ 时, $\Delta w=106.573$;可见,在非常规突发事件下,不管是需求量增加还是减少,批发价调整的数额变化都较大,且呈正向增加。也就是说当非常规突发事件发生后,不管是市场需求增加还是减少,零售商只有提高批发价,才能实现供应链协调。

无论是常规突发事件还是非常规突发事件发生后,若采用基准回购契约,零售商的收益和供应

链的总收益均不成仿射关系,也就是不能实现供应链协调;若采用调整后的回购契约,则零售商的收益与供应链的总收益均成仿射关系,即能实现供应链协调。

五、结论与展望

非常规突发事件发生时,像常规突发事件发生时一样,在基准回购契约下不能实现二级供应链协调。若对批发价做出适当的调整,能实现供应链协调。

非常规突发事件发生后,在利用回购契约协调二级供应链时,只要适当调整批发价,不人为地干预零售价格,就能实现供应链协调。这为供应链在应对突发事件时,市场这只“无形的手”在资源配置过程中能起决定性作用提供了理论依据。但是,此时批发价调整数额相当大,且批发价呈上涨趋势,这种上涨的压力最终将由消费者来承担,会增加灾区人们抗灾的负担。此种现象又为政府这只“有形的手”适当干预市场提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 国家自然科学基金委员会. 2011年度国家自然科学基金项目指南[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] Pasternack B A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities[J]. Marketing Science, 1985(4):166-176.
- [3] Kandel E. The right to return[J]. Journal of Law and Economics, 1996(39):329-356.
- [4] Emmons H, Gilbert S M. The role of returns policies in pricing and inventory decisions for catalogue goods[J]. Management Science, 1998, 44(2):276-283.
- [5] Yao Z, Stephen CHL, Lai KK. Analysis of the impact of price-sensitivity factors on the returns policy in coordinating supply chain[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 187(1):275-282.
- [6] Chen Jing, Peter C B. Coordinating a decentralized supply chain with customer returns and price-dependent stochastic demand using a buyback policy[J]. European Journal of Operational Research, 2011, 212(2):293-300.
- [7] Wang Xiaobin. Supply chain coordination based on buy back contract with fuzzy demand[C]. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2009(2):839-843.
- [8] Agrawal V, Seshadri S. Risk intermediation in supply chains[J]. IIE Transactions, 2000(32):819-931.
- [9] Ronald G A, Alexandre D, Jean-Marie P. Introduction to design and analysis of production systems[J]. International Journal of Production Economics, 2009, 120(2):271-275.
- [10] Xiong Huachun, Chen Bintong, Xie Jinxing. A composite contract based on buy back and quantity flexibility contracts[J]. European Journal of Operational Research, 2011, 210(3):383-567.
- [11] Taylor T A. Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects[J]. Management Science, 2002, 48(8):992-1007.
- [12] Wang Yulan, Paul Zipkin. Agents incentives under buy-back contracts in a two-stage supply chain[J]. International Journal of Production Economics, 2009, 120(2):525-539.
- [13] Becker-Peth M, Katok E, Thonemann U. Designing buyback contracts for irrational but predictable newsvendors[J]. Management Science, 2013, 59(8):1800-1816.
- [14] Volodymyr Babich, Li Hantao, Peter Ritchken, Wang Yunzeng. Contracting with asymmetric demand information in supply chains[J]. European Journal of Operational Research, 2012, 217(2):333-341.
- [15] 于辉, 陈剑, 于刚. 回购契约下供应链对突发事件的协调应对[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(8):38-43.
- [16] 覃燕红, 傅强. 回购契约下应对突发事件的供应链协调策略[J]. 工业工程, 2010, 13(1):21-24.
- [17] 郑爱敏, 雷全胜. 回购契约下多因素同时扰动时的供应链应急协调研究[J]. 物流工程与管理, 2010, 32(7):71-74.
- [18] Hou Jing, Amy Z Z, Zhao Lindu. Coordination with a backup supplier through buy-back contract under supply disruption[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010, 46(6):881-895.
- [19] Sun X. Coordination in a single-retailer two-supplier supply chain under random demand and random supply with disruption[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2013(1):1-12
- [20] 王玉燕. 回购契约下闭环供应链对突发事件的协调应对[J]. 运筹与管理, 2009, 18(6):46-52.

Supply Chain Coordination Response to Unconventional Emergencies Under Buy Back Contract

LIU Lang¹, SHI Yan²

(1. School of Economic and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2. School of Economy and Management, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: This paper investigates whether the simplest two-stage supply chain can be coordinated to respond to unconventional emergencies under the buy-back contract. The study regarded the large scale fluctuations of random market demand and the retail price fluctuating with changes in supply and demand of the market as basic features. Based on this, it analyzed the model and verified it by numerical cases. Furthermore, it compared its coordination results with those in circumstances of no emergencies and conventional emergencies respectively. It shows that the benchmark buy-back contract can coordinate the two-stage supply chain when there is no emergency, but doesn't function well when conventional and unconventional emergencies occur unless appropriate adjustments to the wholesale price of the two circumstances are made respectively. Besides, we find that, without intervening in the market, the buy-back contract can coordinate to respond to unconventional emergencies, but will add the burden to people in disaster areas, in which case proper government intervention to the market is also an option.

Key words: supply chain coordination; buy back contract; unconventional emergencies; supply chain coordination