

# 生产商规模不经济的双渠道供应链协调策略选择<sup>①</sup>

王先甲<sup>1</sup>, 周亚平<sup>1\*</sup>, 钱桂生<sup>2</sup>

(1. 武汉大学经济与管理学院, 武汉 430072; 2. 香港城市大学系统工程与工程管理系, 中国香港)

**摘要:** 供应链协调是提高供应链整体利润、改善供应链各方利益的根本手段。旨在探讨生产商具有生产规模不经济特性的双渠道供应链协调策略。给出了集中决策下双渠道供应链的市场价格与整体利润, 以及分散决策下批发价契约与收益共享契约的设计方法。提出了协调度的概念, 即契约使供应链协调的程度。证明了批发价契约的协调度小于1, 不能实现供应链的协调; 而收益共享契约的协调度等于1, 但相对于批发价契约, 收益共享契约不能同时改善零售商和生产商的利润, 导致收益共享契约不可实施。为找到双渠道供应链可实施的协调策略, 提出了带固定补偿的收益共享契约的设计方法和用纳什讨价还价协商模型确定固定补偿的方法。结果表明, 该契约的协调度等于1, 并且相对于批发价契约能同时改善零售商和生产商的利润。另外, 研究还表明: 生产不经济的弹性系数与销售价格成正比、与供应链的整体利润成反比, 并且不同渠道间的竞争越激烈, 双渠道供应链的销售价格和需求反而越高, 双渠道供应链的总利润也越高, 并且, 带固定补偿的收益共享契约同样可以协调线性成本下的双渠道供应链。最后用算例验证了本文结论的正确性和有效性。

**关键词:** 双渠道供应链; 供应链协调; 规模不经济; 带固定补偿收益共享契约; 纳什讨价还价  
**中图分类号:** C931; F273      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-9807(2017)01-0017-15

## 0 引言

随着电子商务的迅速发展, 越来越多的企业采用双渠道供应链的营销模式, 从而使企业迅速占领市场。在获得更多的消费群体的同时, 提高自身收益。例如: apple、联想、Nike 等企业, 既有自己的零售渠道, 还开通了自己线上或线下的直营店, 本文将这种生产商既有直销渠道又有零售渠道的营销模式定义为双渠道<sup>[1]</sup>。在双渠道供应链中, 生产商和零售商销售一样的产品, 生产商为零售商供应产品的同时, 其开通的直销渠道在一定程度上与现有的零售渠道之间存在竞争, 会增加渠道间的冲突, 渠道冲突对生产商和零售商来说会引发一系列的管理问题<sup>[2]</sup>。在双渠道的营销模式

下, 一方面, 生产商作为供应方, 需要确定相关的合作契约来促进与零售商之间的合作, 另一方面, 生产商和零售商销售相同的产品, 为了使各自的收益最大化, 需要对各自的最优销售价格进行决策。由此看来, 双渠道供应链的竞争与合作关系既表现在供应链的垂直方向上, 还表现在水平方向上, 因此, 对于双渠道供应链的协调研究显得尤为重要<sup>[3]</sup>。

在有关双渠道供应链的文献中, 主要是围绕双渠道供应链的价格和生产决策进行研究<sup>[4-9]</sup>。Dumrongsiri 等<sup>[4]</sup>研究了在什么条件下生产商更愿意采用双渠道的营销模式。Huang 等<sup>[5]</sup>研究了当生产成本发生扭曲时, 双渠道供应链的价格和生产决策问题。Dan 等<sup>[6]</sup>在双渠道供应链中考虑

① 收稿日期: 2014-11-23; 修订日期: 2015-05-16。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71231007; 71373222)。

通讯作者: 周亚平(1990—), 女, 湖北孝感人, 硕士生, Email: zypdyx101@163.com

了零售商服务的服务水平,分别从集中模式和分散模式两个方面对供应链的价格决策进行了研究. Hua 等<sup>[7]</sup>研究了提前期对于双渠道供应链的价格决策和收益的影响. 另外,还有一部分学者研究了非对称信息下的双渠道问题. Yue 和 Liu<sup>[8]</sup>分别对按库存生产和按订单生产两种情况下的双渠道供应链的需求信息共享问题进行了研究,其中,生产商和零售商均拥有潜在市场需求的私有信息. Cao 等<sup>[9]</sup>基于批发价合同,对双渠道供应链中当零售商拥有私有成本信息时制造商该如何设计契约的问题进行了分析. 可以看出,这些文章均没有对双渠道供应链的协调问题进行研究.

由于供应链可以通过契约设计使分散供应链的最优决策与集中供应链的最优决策相同从而达到供应链协调的目的,越来越多的契约类型被运用到供应链协调问题中. Cachon<sup>[10]</sup>对供应链契约进行了全面的综述,例如,批发价契约、回购契约、收益共享契约和数量弹性契约等,并说明在不存在竞争的报童模型中,收益共享契约能够使供应链达到协调. Cachon 和 Lariviere<sup>[11]</sup>利用收益共享契约对存在多个竞争性零售商的供应链进行了协调研究,对收益共享契约的优劣势进行了分析. 赵霞<sup>[12]</sup>等以食品工业为背景,提出收益与风险共享合同使二级供应链达到协调. 易余胤和袁江<sup>[13]</sup>研究了当闭环供应链中存在渠道冲突时,改进的两部定价契约能够有效提高闭环供应链的运作效率,从而协调整个供应链. 对于双渠道供应链协调的研究, Xu 等<sup>[14]</sup>利用均值-方差模型,研究了制造商和零售商均为风险规避者的情况下双渠道供应链的价格决策问题,并利用双向收益共享契约实现了供应链协调. Chen 等<sup>[15]</sup>研究了传统零售渠道与直销渠道间的冲突与协调问题,指出在一定条件下生产商和零售商都能从双渠道中获利,传统的批发价合同并不能使双渠道供应链实现协调,而两部定价合同和利润共享合同都能使双渠道供应链协调,实现双赢的目的. Saha<sup>[16]</sup>对三层的双渠道供应链进行了研究,对比分析了不同渠道结构以及是否合作对供应链的影响,并设计了向下直接折扣的协调机制使供应链达到协调. 曹二保等<sup>[17]</sup>研究了当突发事件对双渠道供应链的需求存在影响时,改进的收益共享契约能够使供应链协调. 然而,以上文章均没有考虑生产规

模不经济的情况以及生产商和零售商的谈判能力对于供应链收益分配的影响.

与本文相关的另一个研究内容是规模不经济. 在现实中,几乎所有的企业都有可能出现规模不经济的情况,落后的生产技术和管理水平均会导致生产企业面临规模不经济的问题,此外,如果企业的经营规模低于行业所要求的最低规模或超过了一定限度时,规模不经济的现象也会产生. 例如: P&G(宝洁)、彩电企业(康佳、长虹、海信)均出现过因为没有采取最佳的生产规模和相应的协调策略,而导致平均成本上升及销售严重下滑的情况,为此,这些企业所采取的策略就是加强直销渠道和零售渠道的经营管理,并通过制定合适的产量和生产规模使企业的局势有所扭转. 因此,本文的研究内容对于具有类似情况的企业的发展具有非常重要的指导作用. 而在现有的理论研究中,大部分都是在研究线性成本下的供应链问题,然而也有众多学者研究了规模不经济的情况,例如一些学者通过实证研究说明了在汽车产业<sup>[18]</sup>和炼油产业<sup>[19]</sup>均存在边际成本递增的现象. 而在供应链中,规模不经济会直接影响供应链成员的决策和收益情况. 赵海霞等考虑了当制造商生产规模不经济情况下链与链竞争的协调问题<sup>[20-21]</sup>. Porteus<sup>[22]</sup>研究了规模不经济情况下的随机库存问题. Ha 等<sup>[23]</sup>等对存在竞争关系的两条供应链进行了研究,考虑了制造商生产规模不经济的情况,结果表明,不论是产量竞争还是价格竞争,当生产不经济的程度较大,信息共享对供应链有利,在产量竞争的情况下,规模不经济系数越小,在某些条件下反而对供应链不利. 需要指出的是,这些文献均没有研究规模不经济情况下双渠道供应链协调问题.

本文研究了在不同契约下生产商规模不经济的程度和两条渠道之间的竞争程度对生产商和零售商进行价格决策的影响,以及对生产商、零售商和整个供应链收益的影响. 通过对比分析传统批发价契约和收益共享契约下双渠道供应链的协调程度,企图找到既能够实现供应链的协调同时又确保供应链成员自身收益不受损失的契约,从而设计了带固定补偿的收益共享契约使分散供应链的均衡收益等于集中供应链的均衡收益,实现了供应链的协调,同时相对于批发价契约使零售商

和生产商的利益得到共同改善. 此外, 本文还考虑了生产商和零售商的谈判能力, 利用纳什讨价还价模型对供应链的剩余利润进行分配, 实现了双渠道供应链的完美协调. 本文的贡献是通过设计带固定补偿的收益共享契约, 找到了生产商生产规模不经济双渠道供应链的协商策略, 为存在生产规模不经济现状的双渠道供应链企业间的协调提供理论基础和现实指导.

### 1 模型描述

本文考虑了一个由生产商和零售商组成的双渠道供应链, 其中, 生产商只生产一种产品, 且具有生产规模不经济的特性. 生产商一方面通过直销渠道以直销价格  $p_m$  销售产品, 另一方面通过零售渠道进行销售, 零售商以  $p_r$  的零售价格在市场上销售产品. 具体的双渠道供应链结构如图 1 所示. 生产商与零售商可以是同一利益主体也可以是不同的利益主体. 当他们是同一利益主体时, 他们之间不存在交易关系, 本文第二节研究的集中决策模型属于这种情况. 当他们不是同一利益主体时, 他们间通过零售向生产商订货形成交易关系. 在零售商向生产商订购产品时, 生产商以契约的形式向零售商收取费用, 即转移支付量<sup>[10]</sup>  $\tau$ . 因此, 契约不同, 生产商和零售商的决策和收益也会不同. 本节主要给出生产商与零售商是不同利益主体情形下双渠道供应链决策模型.

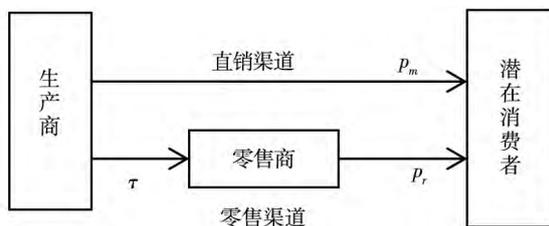


图 1 双渠道供应链结构

Fig. 1 Dual-channel supply chain structure

为了方便分析, 假设: 1) 两条渠道面对相同市场潜在消费者, 潜在消费者可以任意选择是在直销渠道还是在零售渠道上购买该产品; 2) 生产商和零售商均为风险中性, 都追求各自的利润最大化; 3) 生产商为供应链的主导者, 零售商为跟随者, 决策过程是一个完全信息动态博弈, 即 Stackelberg 博弈.

由以上描述可知, 生产商与零售商之间存在价格竞争, 设相应的零售渠道和直销渠道的需求函数分别为

$$q_r = a - p_r + \beta p_m \tag{1}$$

$$q_m = a - p_m + \beta p_r \tag{2}$$

式中  $q_r$  代表零售渠道的需求;  $q_m$  代表直销渠道的需求;  $a$  为常数, 代表渠道的潜在需求量;  $p_r$  代表由零售商决策的零售价格,  $p_m$  代表由生产商决策的直销价格,  $\beta$  代表不同渠道之间的交叉价格弹性系数, 描述了渠道之间由不同销售价格引起的相互替代水平, 可刻画不同渠道间竞争激烈程度, 本文假设  $0 < \beta < 1$ , 意义在于交叉价格对需求的影响要小于渠道自身的销售价格对需求的影响, 确保需求曲线向下倾斜.

本文考虑的生产商具有规模不经济性. 规模不经济可以被看作为在一定生产水平每增加一单位的产出, 需要投入更多的生产能力或者成本等. 体现在生产商的生产成本函数上为非线性结构, 本文假设生产商的生产成本为<sup>[23]</sup>

$$c = \frac{1}{2} b q^2 \tag{3}$$

式中  $c$  代表生产商的总生产成本,  $b$  代表生产不经济的弹性系数, 它的大小描述了规模不经济的程度,  $q$  代表生产商所生产的产品数量. 不难看出, 在任何正的生产水平上, 生产的边际成本为正, 因此, 式(3)描述了规模不经济生产.

综上所述, 双渠道供应链中生产商和零售商的利润分别为

$$\Pi_r = p_r q_r - \tau \tag{4}$$

$$\Pi_m = p_m q_m - \frac{1}{2} b (q_r + q_m)^2 + \tau \tag{5}$$

因此, 供应链的总利润为

$$\Pi = \Pi_r + \Pi_m \tag{6}$$

这里式(6)中  $\Pi$  代表供应链总利润. 为表述简洁清楚, 这里对本文模型中所用符号作如下规定: 符号中下标  $r$  和  $m$  分别代表零售商和生产商, 符号中上标  $C$ 、 $D$ 、 $N$  和  $R$  分别代表集中决策模型、批发价契约模型、收益共享契约模型和带有固定补偿的收益共享契约模型中的相关量. 符号中上标 \* 代表相应优化模型的最优解(或最优目标值). 这些符号以外的其它符号的意义将随文说明.

## 2 集中决策模型

为了研究双渠道供应链中不同契约的协调特性,本文首先分析了集中决策模型.集中决策即以供应链整体利益为出发点,所做的决策是为了使整个供应链获得利益最大化.这时,生产商和零售商在这种决策模式下可以看作是一个整体,即生产商与零售商是同一决策(利益)主体.由于此时生产商与零售商是同一利益主体,他们间不存在交易关系,这时的双渠道实际上是生产商的两个直销渠道.为了与后面的情形比较,我们仍将此种情况看作为双渠道.这时,双渠道供应链的利润函数为

$$\Pi^C = p_r q_r + p_m q_m - \frac{1}{2} b (q_r + q_m)^2 \quad (7)$$

集中决策下,决策变量为  $p_r$  和  $p_m$ ,通过求  $\Pi^C$  的海森矩阵(Hessian Matrix)

$$H(\Pi^C) = \begin{bmatrix} -2 - b(-1 + \beta)^2 & -b(-1 + \beta)^2 + 2\beta \\ -b(-1 + \beta)^2 + 2\beta & -2 - b(-1 + \beta)^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

可得矩阵  $H(\Pi^C)$  的一阶主子式行列式  $H(\Pi^C)_{11} = -2 - b(-1 + \beta)^2 < 0$ ; 矩阵  $H(\Pi^C)$  的二阶主子式行列式  $H(\Pi^C)_{22} = 4(-1 + b(-1 + \beta))(-1 + \beta^2) > 0$ .

因此  $H(\Pi^C)$  为负定矩阵,从而可得  $\Pi^C$  是关于  $p_r$  和  $p_m$  的严格凹函数.因此,集中决策下双渠道供应链的利润函数  $\Pi^C$  的最优解存在且唯一.

分别求  $\Pi^C$  关于  $p_r$  和  $p_m$  的一阶导数,并使之等于零,联立方程组求解可得集中决策下双渠道供应链的最优解,最优解的具体形式表现在定理 1 中.

**定理 1** 集中决策下,1) 双渠道供应链的最优零售价格  $p_r^{C*}$  和最优直销价格  $p_m^{C*}$  为

$$p_r^{C*} = p_m^{C*} = \frac{a(1 + 2b - 2b\beta)}{2(1 - \beta)(1 + b - b\beta)} \quad (9)$$

2) 双渠道供应链零售渠道的均衡销售量  $q_r^{C*}$  和直销渠道的均衡销售量  $q_m^{C*}$  为

$$q_r^{C*} = q_m^{C*} = \frac{a}{2(1 + b - b\beta)} \quad (10)$$

3) 双渠道供应链的均衡利润为

$$\Pi^{C*} = \frac{a^2}{2(1 - \beta)(1 + b - b\beta)} \quad (11)$$

定理 1 的证明是容易的,略去.

定理 1 表明,在集中决策下,双渠道供应链的最优零售价格与最优直销价格相等,渠道需求也相等.由此看来,集中决策下的双渠道供应链可以看作是两个不同销售点的直销渠道.在现实中,企业在采取双渠道销售战略时,为了减少消费者对不同渠道间的价格进行选择,常采取统一销售价格的方式.这表明企业的实际销售战略与定理 1 是吻合的.

根据定理 1 中的式(9)、式(10)、式(11),通过求各个均衡值相应的一阶导数,可得到性质 1,由此刻画了集中决策下最优解对参数的比较静态特征.

**性质 1** 集中决策下,1)  $\frac{\partial p_r^{C*}}{\partial \beta} = \frac{\partial p_m^{C*}}{\partial \beta} > 0$ ;

$$\frac{\partial q_r^{C*}}{\partial \beta} = \frac{\partial q_m^{C*}}{\partial \beta} > 0; \frac{\partial \Pi^{C*}}{\partial \beta} > 0;$$

2)  $\frac{\partial p_r^{C*}}{\partial b} = \frac{\partial p_m^{C*}}{\partial b} > 0; \frac{\partial q_r^{C*}}{\partial b} = \frac{\partial q_m^{C*}}{\partial b} < 0; \frac{\partial \Pi^{C*}}{\partial b} < 0$ .

对性质 1 的分析如下:当生产商的生产规模不经济的程度加大时,双渠道供应链的生产成本越高,为了获得一定的收益,导致双渠道供应链的销售价格也会随之提高,需求(或生产量)随之降低,从而导致双渠道供应链的总利润减少.值得注意的是,在考虑生产规模不经济的情况下,不同渠道间的竞争越激烈,双渠道供应链的销售价格和需求反而越高,双渠道供应链的总利润也越高.

## 3 分散决策模型及其协调特性

本节讨论生产商与零售商不是同一利益主体的供应链情况,将这种情形下供应链生产商与零售商间的竞争决策称为分散决策.由于在实际情况下,理性的供应链成员在进行决策时都是为了追求自身的利益最大化.在分散化的决策情形下,供应链成员间是一种交易关系,这种交易关系通常是通过契约实现的.为突出本文的基本目的,即选择双渠道供应链的协调策略,本节主要探讨双渠道供应链下传统的批发价契约和收益共享契约

分散决策模型的数学分析及其协调特性.

在探讨如何才能使双渠道供应链实现协调这个问题时, 需要考虑哪一种策略机制能使双渠道供应链的分散决策达到集中决策的效果. 因此, 本文对协调特性进行了分析.

供应链协调是指供应链在分散决策下的总利润对集中决策下供应链总利润的实现. 在一般情况下, 集中决策下供应链总利润大于分散决策下供应链的总利润. 在分散情况下, 不同契约对供应链集中决策下的总利润实现情况可能不同, 我们引入协调度的概念, 用以描述不同契约对供应链集中决策下总利润的实现程度.

### 3.1 批发价契约模型及其协调特性

批发价契约是供应链中最常见和最简单的契约形式. 在零售商向生产商订购产品时, 生产商采用普通的批发价契约, 即零售商每订一单位产品, 需支付给生产商单位  $w$  的费用 (称为批发价格), 则转移支付量  $\tau = wq_r$ . 此时, 双渠道供应链是以生产商为主导的完全信息动态博弈, 即 Stackelberg 博弈, 决策顺序为: 生产商先制定批发价格  $w$  和直销价格  $p_m$ , 零售商根据生产商的决策结果, 制定自己的零售价格  $p_r$ . 这里需要指出的是这时的博弈结构实际上应该是 Stackelberg 博弈与静态博弈的复合, 确定批发价格的问题是一个 Stackelberg 博弈, 而零售商和生产商确定销售价格是一个静态博弈, 但由于在分析静态博弈均衡时是联立求解各自对对方的最优反应, 因此这个复合的博弈结构等价于 Stackelberg 博弈.

零售商和生产商在批发价契约下的目标函数分别为

$$\max_{p_r} \Pi_r = (p_r - w) q_r \quad (12)$$

$$\max_{w, p_m} \Pi_m = wq_r + p_m q_m - \frac{1}{2} b (q_r + q_m)^2 \quad (13)$$

在求博弈均衡解时应利用逆向推导法.

对任意给定的批发价格  $w$  和直销价格  $p_m$  容易得到,  $\Pi_r$  关于  $p_r$  的二阶导数等于  $-2$ . 这表明, 由于  $\Pi_r$  的连续性和  $p_r$  的可行域的紧性,  $\Pi_r$  存在唯一的最大值, 求  $\Pi_r$  关于  $p_r$  一阶导数, 并令之为零, 得到

$$p_r = \frac{1}{2} (a + w + \beta p_m) \quad (14)$$

式 (14) 给出了零售商对生产给定的批发价

格  $w$  和直销价格  $p_m$  的最优反应. 生产商将根据零售商的反应做出自己最后的决策, 即将式 (14) 代入生产商的利润函数, 得到生产商基于零售商最优反应的利润函数. 下面讨论生产商的最优决策. 求  $\Pi_m$  的海森矩阵, 可得矩阵  $H(\Pi_m)$  的一阶主子行列式  $H(\Pi_m)_{11} = \frac{1}{2} (-2 - \frac{b}{2} + b\beta - \frac{b\beta^2}{2}) < 0$ , 矩阵  $H(\Pi_m)$  的二阶主子行列式  $H(\Pi_m)_{22} = \frac{1}{2} (-1 + \beta^2) (-4 + b(-3 + 2\beta + \beta^2)) > 0$ , 说明该矩阵为负定矩阵, 由于  $\Pi_m$  的连续性和  $p_m$  的可行域的紧性,  $\Pi_m$  具有唯一最大值.

分别求  $\Pi_m$  关于  $w$  和  $p_m$  的一阶导数, 并使之等于零, 联立方程组求解可得分散决策下生产商的最优解 (即均衡批发价格和均衡直销价格), 然后将生产商的最优解代入式 (14), 就可求得零售商的最优零售价格 (即均衡零售价格). 均衡解及均衡利润的具体形式表现在如下定理 2 中.

**定理 2** 批发价契约下, 1) 零售商的均衡零售价格为

$$p_r^{D^*} = \frac{a(-3 - 3b + \beta + 2b\beta + b\beta^2)}{(1 - \beta)(-4 - 3b + 2b\beta + b\beta^2)} \quad (15)$$

2) 生产商的均衡批发价格和均衡直销价格为

$$w^{D^*} = p_m^{D^*} = \frac{a(-2 - 3b + 2b\beta + b\beta^2)}{(1 - \beta)(-4 - 3b + 2b\beta + b\beta^2)} \quad (16)$$

3) 双渠道供应链零售渠道的均衡销售量  $q_r^{D^*}$  和直销渠道的均衡销售量  $q_m^{D^*}$  分别为

$$q_r^{D^*} = \frac{a}{4 + 3b - 2b\beta - b\beta^2} \quad (17)$$

$$q_m^{D^*} = \frac{a(2 + \beta)}{4 + 3b - 2b\beta - b\beta^2} \quad (18)$$

4) 零售商和生产商的均衡利润为

$$\Pi_r^{D^*} = \frac{a^2}{(-4 - 3b + 2b\beta + b\beta^2)^2} \quad (19)$$

$$\Pi_m^{D^*} = \frac{a^2(3 + \beta)}{2(-1 + \beta)(-4 - 3b + 2b\beta + b\beta^2)} \quad (20)$$

5) 供应链的总利润为

$$\Pi^{D^*} = \frac{a^2(b(1 - \beta)(3 + \beta)^2 + 2(7 + \beta))}{2(1 - \beta)(-4 + b(-3 + 2\beta + \beta^2))^2} \quad (21)$$

定理2 是容易证明的. 由定理2 可以得到均衡解(均衡批发价格、均衡直销价格和均衡零售价格)和均衡利润及其它相关量对参数的静态比较特性.

性质2 在批发价契约下

- 1)  $p_r^{D^*} > p_m^{D^*} = w^{D^*}; q_r^{D^*} > q_m^{D^*};$
  - 2)  $\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial b} > 0; \frac{\partial p_m^{D^*}}{\partial b} = \frac{\partial w^{D^*}}{\partial b} > 0;$
  - 3)  $\frac{\partial q_r^{D^*}}{\partial b} < 0; \frac{\partial q_m^{D^*}}{\partial b} < 0; \frac{\partial \Pi_r^{D^*}}{\partial b} < 0; \frac{\partial \Pi_m^{D^*}}{\partial b} < 0;$
  - 4)  $\frac{\partial p_r^{D^*}}{\partial \beta} > 0; \frac{\partial p_m^{D^*}}{\partial \beta} = \frac{\partial w^{D^*}}{\partial \beta} > 0; \frac{\partial q_r^{D^*}}{\partial \beta} > 0;$
- $$\frac{\partial q_m^{D^*}}{\partial \beta} > 0; \frac{\partial \Pi_r^{D^*}}{\partial \beta} > 0; \frac{\partial \Pi_m^{D^*}}{\partial \beta} > 0.$$

定理2 和性质2 表明, 在批发价契约下, 双渠道供应链中, 生产商最优的直销价格等于批发价格, 为了使零售商获得一定的利润, 满足零售价格大于批发价格, 由于零售价格也大于直销价格, 导致零售渠道的需求小于直销渠道的需求. 与集中决策下的双渠道供应链类似的是, 竞争越激烈, 渠道价格、需求和利润均会增加. 而生产规模不经济会使渠道价格增加, 需求和利润减少.

为分析批发价契约的协调特性, 引入批发价契约协调度的概念: 称  $\gamma^D = \Pi^{D^*} / \Pi^{C^*}$  为批发价契约对供应链的协调度.

性质3 在批发价契约下,  $\gamma^D < 1$ .

证明 见附录1

性质3 说明传统的批发价契约会导致双重边际效应, 从而导致利润减少. 即在生产规模不经济的双渠道供应链中运用批发价契约时不能实现供应链的完全协调(即协调度小于1). 因此, 生产商作为双渠道供应链的主导者, 在制定决策时, 不仅要考虑使自己的利益最大化, 还要考虑在确保零售商愿意参与零售渠道的前提下改善零售的利益, 这就需要生产商选择契约或竞争策略来减少渠道间的冲突, 提高供应链的协调程度, 即提高供应链的总利润. 性质3 表明, 批发价契约不能实现供应链协调. 本文希望通过设计契约引导双渠道竞争从而找到行之有效的双渠道供应链协调

策略.

### 3.2 收益共享契约模型及其协调特性

在供应链中经常遇到和研究的另一种契约是收益共享契约. 收益共享契约实际上是一种对生产商和零售商之间的收益进行再次分配的机制. 在双渠道供应链中, 生产商为了减少渠道间的冲突, 常常会采用这个契约方式来促进与零售商之间的合作并提高供应链的整体收益, 即零售商每订一单位产品, 需支付给生产商  $w$  单位的费用, 而生产商会将自己在直销渠道上的一部分销售收益共享给零售商, 本文假定共享比例为  $\lambda$ , 于是, 收益共享契约可表示为  $(w, \lambda)$ . 在这种协调机制下, 零售商和生产商的利润函数分别为

$$\Pi_r = (p_r - w) q_r + \lambda p_m q_m \tag{22}$$

$$\Pi_m = w q_r + (1 - \lambda) p_m q_m - \frac{1}{2} b (q_r + q_m)^2 \tag{23}$$

决策顺序是: 1) 生产商确定契约  $(w, \lambda)$ ; 2) 生产商根据契约确定直销价格; 3) 零售商确定零售价格. 与分散决策下的求解方法类似, 利用动态博弈逆向归纳法. 根据这样的决策顺序和价格竞争特点, 可构成如下类似 Stackelberg 博弈: 生产商先给定收益共享契约  $(w, \lambda)$ , 零售商与生产商竞争确定直销价格  $p_m$  和零售价格  $p_r$ , 然后生产商按协调性原则确定最后契约形式.

这里的协调性原则是指使收益共享契约下供应链的整体收益(或利润)等于集中决策下供应链的整体收益.

与批发价契约讨论类似, 求博弈均衡解时应利用逆向推导法. 首先, 求  $\Pi_r$  关于  $p_r$  的二阶导数等于  $-2$ , 可得, 当  $p_m$ 、 $w$  和  $\lambda$  确定的情况下,  $\Pi_r$  存在唯一的最大值, 对  $\Pi_r$  求一阶导数, 并使之为零, 求得

$$p_r = \frac{1}{2} (a + w + \beta p_m + \beta \lambda p_m) \tag{24}$$

将式(24)代入式(23), 通过求  $\Pi_m$  关于  $p_m$  的二阶导数小于0, 可得, 当  $w$  和  $\lambda$  确定的情况下, 存在唯一的最大值, 对  $\Pi_m$  求一阶导数, 并使之为零, 求得

$$p_m^{N^*} = \frac{[w(4\beta(-1 + \lambda) + b(-1 + \beta)^2(2 + \beta + \beta\lambda)) + a(2(2 + \beta)(-1 + \lambda) + b(-1 + \beta)(3 + \beta)(2 + \beta + \beta\lambda))] }{(b(1 - \beta)^2(2 + \beta + \beta\lambda)^2 + 4(1 - \lambda)(2 - \beta^2(1 + \lambda)))} \tag{25}$$

将式(25)代入式(24)得

$$p_r^{N^*} = \frac{[w(4 - 4\lambda + b(-1 + \beta)^2(2 + \beta + \beta\lambda)) + a(4 - 4\lambda - b(-1 + \beta) \times (2 + \beta + \beta\lambda)(1 + \beta + 2\beta\lambda) + (-2 + \beta)\beta(-1 + \lambda^2))] }{(b(-1 + \beta)^2(2 + \beta + \beta\lambda)^2 + 4(-1 + \lambda)(-2 + \beta^2(1 + \lambda)))} \quad (26)$$

生产商为了使供应链的整体收益达到最大,就必须是分散决策下的均衡结果与集中决策下的均衡结果相等,即

$$p_r^{N^*} = p_r^{C^*} \quad (27)$$

$$p_m^{N^*} = p_m^{C^*} \quad (28)$$

根据式(27)、式(28),可以求得使双渠道供应链实现整体收益最大化时收益共享契约参数应该满足的条件.具体表达式见定理3.

**定理 3** 当生产商设定的契约参数满足式(29)、式(30)时,1)能够使双渠道供应链在分散决策下的整体收益等于集中决策下的整体收益;2)收益共享契约下的最优销售价格与集中决策下的最优销售价格相等;3)收益共享契约下的均衡销售量与集中决策下的均衡销售量相等.

$$w^{N^*} = \frac{2(ab^2 + ab\beta - ab^2\beta^2)}{2b + 2b^2 + \beta + b\beta - 2b^2\beta - 3b\beta^2 - 2b^2\beta^2 + 2b^2\beta^3} \quad (29)$$

$$\lambda^{N^*} = \frac{\beta}{2b + \beta - 2b\beta^2} \quad (30)$$

**证明** 根据式(9)、式(25)和式(26),联立求解方程组式(27)和式(28),就得到式(29)和式(30).

将式(9)、式(29)、式(30)代入式(22)、式(23)可得,在收益共享契约下零售商和生产商的均衡利润分别为

$$\Pi_r^{N^*} = \frac{a^2(b + \beta - b\beta^2)}{2(1 - \beta)(1 + b - b\beta)^2(2b + \beta - 2b\beta^2)} \quad (31)$$

$$\Pi_m^{N^*} = \frac{a^2b(-1 - 2b - 2\beta + 2b\beta^2)}{2(-1 - b + b\beta)^2(-2b - \beta + 2b\beta^2)} \quad (32)$$

**性质 4** 在收益共享契约下,1)  $p_r^{N^*} > w^{N^*}$ ;  $p_m^{N^*} > w^{N^*}$ ; 2)  $\frac{\partial w^{N^*}}{\partial b} > 0$ ;  $\frac{\partial w^{N^*}}{\partial \beta} > 0$ ;  $\frac{\partial \lambda^{N^*}}{\partial b} < 0$ ;  $\frac{\partial \lambda^{N^*}}{\partial \beta} > 0$ .

根据性质4,零售价格大于批发价格,保证了零售商通过销售该产品能够获得一定的收益;直销价格大于批发价格能够确保零售商是通过零售

渠道批发产品而不是从生产商的直销渠道批发产品.并且,在双渠道供应链中,渠道间的竞争越激烈,批发价格和共享比例越高,生产规模不经济系数增大,会导致批发价格增高,但共享比例降低.结合性质1和性质4,说明竞争越激烈,零售商订购的产品数量会有所增加,生产商为了获得更多的利润,必然会提高产品的批发价格,更高的共享比例是为了促进与零售商之间的合作;而当规模不经济系数越高,说明每销售一单位产品,生产商的成本越高,从而导致生产商的收益降低,生产商为了使自己的收益最大化就必须提高批发价格并降低共享比例.

设  $\Pi^{N^*} = \Pi_r^{N^*} + \Pi_m^{N^*}$ ,  $\Pi^{N^*}$  为收益共享契约下供应链的整体利润.设  $\gamma^N = \Pi^{N^*} / \Pi^{C^*}$ ,称  $\gamma^N$  为收益共享契约对供应链的协调度.

**性质 5** 在收益共享契约下,  $\gamma^N = 1$ .

**证明** 将式(31)与式(32)相加,再与式(11)比较,容易得到性质5.

性质5表明,按以上方式制定的收益共享契约可以实现供应链的完全协调.这表明,在分散决策情况下,如果从供应链整体利益出发,按以上方式制定的收益共享契约是最好的.虽然如此,并不足以保证此契约是可实施的,这决定于生产商和零售商是否同时接受这个契约.这里以批发价契约为基础,分析收益共享契约的可接受性.

**性质 6**  $\Pi_r^{D^*} - \Pi_r^{N^*} > \Pi_m^{D^*} - \Pi_m^{N^*} > 0$

**证明** 见附录2.

性质6表明,零售商从收益共享契约中得到的利润比从批发价契约中得到的利润大,而生产商从收益共享契约中得到的利润比从批发价契约中得到的利润小.由此可得,零售商更欢迎收益共享契约,而生产商更愿意实施批发价契约.因此,与批发价契约相比,收益共享契约不能同时改进生产商和零售商的利润.但由于从整体供应链讲,收益共享契约下供应链的总利润大于批发价契约下供应链的总利润,零售商从收益共享契约增加的利润大于生产商从收益共享契约中减少的利

润. 这一性质为实施收益共享契约提供了协商空间.

综上所述,单纯地使用传统的批发价契约和收益共享契约都不是可实施的使双渠道供应链实现协调的契约. 前者的协调度小于 1,表明不能实现双渠道供应链的协调. 而后者虽然协调度等于 1,但与前者相比,后者不能同时改善生产商和零售商的利润,它使一方利润得到改善而另一方的利润受损,导致后者不可实施. 因此,批发价契约和收益共享契约都不是生产商生产规模不经济双渠道供应链的有效协调策略. 然而分散决策下的收益共享契约能够实现双渠道供应链在集中决策下的总利润,有可能通过利益转移实现生产商和零售商相对于批发价契约共同改善利润. 下节将讨论这种利益转移的可能性与转移方法.

#### 4 双渠道供应链协调策略

本文所指的双渠道供应链协调策略需具有如下两个特性: 1) 使双渠道供应链的整体收益达到最大化(即集中决策下的总体利润); 2) 与批发价契约相比,确保生产商和零售商的收益均不减少. 前者表示对供应链整体利润的协调性,后者表示策略的有效性和可实施性.

第 3 节性质 6 告诉我们,相对于批发价契约,零售商从收益共享契约中增加的利润大于生产商在收益共享契约中减少的利润. 生产商为了使自己的收益不会减少,需要零售商给自己一些补偿,补偿量在实际中,生产商既可以以“加盟费”的形式收取,还可以以双部定价契约的形式确定固定支付. 如果生产商要求零售商从他的利润增量中拿一部分补偿给生产商,作为执行收益共享契约的条件,零售商是可能接受的,只要零售商能得到的利润不低于批发价契约中的利润. 如果生产商有设计契约的绝对权利和完全信息下,他就可以要求一个补偿并使这个补偿等于零售商从收益共享契约中得到的利润增量. 然而,零售商不会同意生产商提供这样的契约,因为这时零售商认为他从收益共享契约中没有得到任何利润,而且还要

受制于生产商直销渠道的收益. 于是,问题就变成了对这个补偿量的讨价还价. 本节首先讨论这个补偿量的可能范围,然后讨论确定补偿量的讨价还价方法.

根据性质 6,考虑在收益共享契约的基础上,由零售商给生产商一个固定的补偿  $T$ . 等价地,生产商与零售商之间实施契约  $(w, \lambda, T)$ , 这里  $(w, \lambda)$  的意义与第 3 节中意义相同,  $T$  表示零售商给生产商的一个固定补偿,我们称这种契约为带固定补偿的收益共享契约. 设计这个契约的目的是利用收益共享契约具有协调度为 1 的特性,同时又能保证生产商和零售商相对于批发价契约利润都有改善. 我们称这样的契约具有协调性和理性特性. 协调性是指其协调度为 1,理性特性是指它相对于批发价契约具有同时改善生产商和零售利润的特性.

带固定补偿的收益共享契约  $(w, \lambda, T)$  按如下方式确定: 首先按第 3 节方法确定  $(w, \lambda)$ , 再在生产商和零售商之间通过协商方法确定补偿. 这里,首先给出的协商范围.

根据以上带固定补偿的收益共享契约  $(w, \lambda, T)$  的规定规则,这里的批发价格  $w$ 、共享比例  $\lambda$ 、均衡竞争价格、均衡需求与第 3 节完全相同,唯一不同的是生产商与零售商的利润间存在一个支付转移,这个支付转移就是这里的固定补偿  $T$ . 因此,在带固定补偿的收益共享契约  $(w, \lambda, T)$  下,批发价格  $w$ 、共享比例  $\lambda$  和生产商与零售商的利润可表述如下(为了区别,将第 3 节中相应量的上标  $N$  改为  $R$ ,以表示相应于带固定补偿的收益共享契约的情况):

$$w^{R*} = \frac{2(ab^2 + ab\beta - ab^2\beta^2)}{2b + 2b^2 + \beta + b\beta - 2b^2\beta - 3b\beta^2 - 2b^2\beta^2 + 2b^2\beta^3} \tag{33}$$

$$\lambda^{R*} = \frac{\beta}{2b + \beta - 2b\beta^2} \tag{34}$$

$$\Pi_r^{R*} = \frac{a^2(b + \beta - b\beta^2)}{2(1 - \beta)(1 + b - b\beta)^2(2b + \beta - 2b\beta^2)} - T \tag{35}$$

$$\Pi_m^{R*} = \frac{a^2b(1 + 2b + 2\beta - 2b\beta^2)}{2(1 + b - b\beta)^2(2b + \beta - 2b\beta^2)} + T \tag{36}$$

由性质 5 可知,带固定补偿的收益共享契约具有协调性.下面给出使带固定补偿的收益共享契约具有理性特性的固定补偿的范围  $T$ .

定理 4 在生产商生产规模不经济情况下,双渠道供应链带固定补偿的收益共享契约( $w^{R^*}, \lambda^{R^*}, T$ )具有理性特性的充分必要条件为: $w^{R^*}$ 和 $\lambda^{R^*}$ 由式(33)和式(34)确定,且

$$T_1 \leq T \leq T_2 \quad (37)$$

其中

$$T_1 = \frac{1}{2}a^2 \left( \frac{3 + \beta}{(-1 + \beta)(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))} + \frac{b(1 + 2\beta - 2b(-1 + \beta^2))}{(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} \right) \quad (38)$$

$$T_2 = \frac{1}{2}a^2 \left( \frac{b + \beta - b\beta^2}{(-1 + \beta)(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} - \frac{2}{(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))^2} \right) \quad (39)$$

证明 见附录 3.

将由式(37)给出的区间 $[T_1, T_2]$ 称为固定补偿的理性区间.由定理 4 可得,当固定补偿量在理性区间时,相对于批发价契约,生产商和零售商都愿意接受这个带有固定补偿的收益共享契约,这是因为在定理 4 下,有如下关系式成立:

$$\Pi_r^{R^*} \geq \Pi_r^{D^*} \quad (40)$$

$$\Pi_m^{R^*} \geq \Pi_m^{D^*} \quad (41)$$

式中 $\Pi_r^{D^*}$ 和 $\Pi_m^{D^*}$ 分别由式(19)和式(20)确定.

然而在现实生活中,生产商在向零售商索取“加盟费”时,不可能是给出一个取值范围供零售商选择.如果双渠道供应链以生产商为主导,生产商将直接要求“加盟费”为 $T_2$ ,攫取供应链在这种契约模式下增加的全部利润.而如果双渠道供应链以零售商为主导,零售商将只提供给生产商 $T_1$ 的补偿,他也攫取供应链在这种契约模式下增加的全部利润.为了建立一个合作协商而公平的社会,生产商与零售商可能按某种“公平性”与“合理性”规则规定补偿量.这里,建议采取纳什讨价还价协商公理化方法确定补偿量.因为一般认为根据纳什讨价还价协商公理化方法所达成的协商协议满足双方可以接受的“公平性”与“合理性”规则,并且可以通过较完美的数学方法确定.

为了确定固定补偿量 $T$ 的具体值,纳什讨价还价协商公理化方法模型构造如下.假设生产商的讨价还价能力为 $u$ ,零售商的讨价还价能力为 $v$ .协商冲突点为 $(\Pi_r^{D^*}, \Pi_m^{D^*})$ ,表示协商不成协议时大家接受批发价契约.协商可行域为

$$\Omega = \{(\Pi_r^{R^*}, \Pi_m^{R^*}) \mid T_1 \leq T \leq T_2\} \quad (42)$$

式中 $\Pi_r^{R^*}$ 和 $\Pi_m^{R^*}$ 分别由式(35)和式(36)给出.

令

$$\Delta\Pi = \Pi^{R^*} - \Pi^{D^*} \quad (43)$$

$$\Delta\Pi_r = \Pi_r^{R^*} - \Pi_r^{D^*} \quad (44)$$

$$\Delta\Pi_m = \Pi_m^{R^*} - \Pi_m^{D^*} \quad (45)$$

零售商和生产商在对固定补偿量进行讨价还价的过程中,是为了使各自的 $\Delta\Pi_r$ 、 $\Delta\Pi_m$ 尽可能的大.根据文献[24],纳什协商协议(协商解)是纳什乘积在协商可行域上的最大值点.即,纳什协商协议由如下优化问题的最优解(或极大值点)给出.

$$\begin{aligned} \max_{(\Pi_r^{R^*}, \Pi_m^{R^*}) \in \Omega} Z &= (\Delta\Pi_m)^u (\Delta\Pi_r)^v \quad (46) \\ \text{s. t. } &\Delta\Pi_m + \Delta\Pi_r = \Delta\Pi \end{aligned}$$

求解这个优化问题得到

$$\Delta\Pi_r = \frac{v}{u+v} \Delta\Pi \quad (47)$$

$$\Delta\Pi_m = \frac{u}{u+v} \Delta\Pi \quad (48)$$

将式(43)、式(44)和式(45)代入式(47)、式(48),可得

$$\Delta\Pi_r = \Pi_r^{R^*} - \Pi_r^{D^*} = -T + T_2 = \frac{v}{u+v} \Delta\Pi \quad (49)$$

$$\Delta\Pi_m = \Pi_m^{R^*} - \Pi_m^{D^*} = T - T_1 = \frac{u}{u+v} \Delta\Pi \quad (50)$$

由式(49)和式(50),可得

$$T = \frac{u}{u+v} T_2 + \frac{v}{u+v} T_1 \quad (51)$$

设 $\alpha = \frac{u}{u+v}$ ,则 $1 - \alpha = \frac{v}{u+v}$ ,于是

$$T = \alpha T_2 + (1 - \alpha) T_1 \quad (52)$$

$$\Pi_r^{R^*} = \Pi_r^{D^*} + (1 - \alpha) \Delta\Pi \quad (53)$$

$$\Pi_m^{R^*} = \Pi_m^{D^*} + \alpha \Delta\Pi \quad (54)$$

归纳以上过程,可得到如下结论:

**定理 5** 在双渠道供应链中,假设生产商在带固定补偿的收益共享契约中确定固定补偿的讨价还价能力为  $u$ ,零售商的讨价还价能力为  $v$ ,则 1) 按纳什协商协议确定的固定补偿量  $T$  由式 (51) 给出; 2) 在由式 (33)、式 (34) 和式 (51) 设计的带固定补偿的收益共享契约 ( $w^{R^*}, \lambda^{R^*}, T$ ) 下,零售商和生产商的利润分别由式 (53) 和式 (54) 给出.

由式 (52)、式 (53)、式 (54) 可知,通过调整  $\alpha$  的值,可使协商补偿量将在理性区间变化,能够实现剩余利润的自由分配,并且能实现双渠道供应链的完美协调.同时可见,生产商与零售商讨价还价的能力直接影响着自己所获利润的多少,当生产商的讨价还价能力  $u$  相对越大时,  $T$  就越大,从而  $\Pi_m^{R^*}$  增加,  $\Pi_r^{R^*}$  减少.

至此,找到了生产商规模不经济的双渠道供应链的协调策略,即按式 (33)、式 (34) 和式 (51) 设计的带固定补偿的收益共享契约 ( $w^{R^*}, \lambda^{R^*}, T$ ).

## 5 带固定补偿的收益共享契约在线性成本下的协调作用

本文关于规模不经济所假设的成本函数具有一定的典型性,在现有的关于规模不经济的研究中,也都是如此假设的.并且,在线性成本下,利润函数依然是关于价格决策变量严格凹的.因此,作者将从分析线性成本下不同契约的协调性入手,从而说明带固定补偿的收益共享契约对线性成本下双渠道供应链的协调作用.

若其他假设条件不变,生产商的线性边际成本系数为  $v$ ,则生产商和零售商的利润函数分别为

$$\Pi_m = wq_r + p_m q_m - v(q_r + q_m) \quad (55)$$

$$\Pi_r = (p_r - w) q_r \quad (56)$$

采用与本文相同的求解方法,可解得不同决策形式和不同契约下的最优决策和均衡收益如表 1 所示.

表 1 线性成本下的最优决策和均衡收益

Table 1 The Optimal decision-making and equilibrium profit under linear cost

	$\Pi$	$\Pi_r$	$\Pi_m$	$p_r$	$p_m$	$w$	$\lambda$
集中决策	$\frac{K^2}{2(1-\beta)}$	—	—	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	—	—
批发价契约	$\frac{K^2(7+\beta)}{16(1-\beta)}$	$\frac{K^2}{16}$	$\frac{(3+\beta)K^2}{8(1-\beta)}$	$\frac{3a+v-a\beta-v\beta^2}{4(1-\beta)}$	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	—
收益共享契约	$\frac{K^2}{2(1-\beta)}$	$\frac{(b+a\beta-v\beta)K^2}{2(1-\beta)M}$	$\frac{v(1+\beta)K^2}{2M}$	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	$\frac{N}{2(1-\beta)}$	$\frac{2v(v+a\beta-v\beta)}{M}$	$\frac{K\beta}{M}$

在表 1 中,  $K = a - v + v\beta$ ,  $N = a + v - v\beta$ ,  $M = a\beta + v(2 - \beta - \beta^2)$ . 通过对比线性成本下双渠道供应链在不同契约中的均衡收益,本文可得出如下定理:

**定理 6** 带固定补偿的收益共享契约能够使线性成本下的双渠道供应链实现完美协调.

**证明** 在收益共享契约下,供应链的整体利润等于集中决策下的整体利润,说明可以通过固定的转移支付使生产商和零售商的利润同时增加,但由于共享参数  $\lambda = \frac{K\beta}{M}$ , 只有当  $v < \frac{a}{1-\beta}$  时  $0 < \lambda < 1$ , 而当  $v \geq \frac{a}{1-\beta}$  时,  $-1 < \lambda \leq 0$ .

从而说明,当  $v < \frac{a}{1-\beta}$  时,是生产商需要向零售

商共享一部分的渠道利润,相比于批发价契约下的利润,在这种情况下,生产商的利润有所减少,而零售商的利润有所增加,因此,生产商为了使自身利润不减少,则固定补偿的转移方向是零售商向生产商支付;当  $v \geq \frac{a}{1-\beta}$  时,相当于是零售商需要向生产商共享一部分的渠道利润,相比于批发价契约下的利润,在这种情况下,生产商的利润有所增加,而零售商的利润有所减少,为了使零售商接受这个契约,则生产商需要向零售商支付一定的固定补偿.本文所研究的有固定补偿的收益共享契约也能够使线性成本下的双渠道供应链实现完美协调,只是在不同的边际成本下,契约所要实现的利润转移方向不同. 证毕.

此外,对比线性成本和规模不经济下的最优决策和均衡收益可得,相比于线性成本下的价格决策,在批发价契约下,当  $v = b$ ,且  $0 < b < \frac{a(3 + \beta) - 4}{(1 - \beta)(3 + \beta)}$  时,规模不经济的出现会导致生产商制定更高的批发价格和直销产品价格,从而导致零售商的产品价格也会更高,而当  $b$  增加到超过  $\frac{a(3 + \beta) - 4}{(1 - \beta)(3 + \beta)}$  时,规模不经济的出现会使生产商降低批发价格和直销产品价格,零售商的产品价格也会随之降低,但总的来说,生产商和零售商的价格决策都会随  $b$  值的增加而增加。

### 6 算例分析

为了对本文的结论和协调策略的有效性进行了验证,这里将用算例作进一步分析。首先,本文假设该供应链两条渠道的潜在市场需求量  $a$  为 500;生产商规模不经济系数  $b$  为 8,根据前文几个情况的讨论和计算公式,得到双渠道供应链在不同契约以及不同价格弹性系数  $\beta$  下的最优决策和均衡收益,具体计算结果如表 2 所示。其次,本文还对不同规模不经济系数下的最优决策和均衡收益进行了算例分析,表 3 仅给出了当  $\beta = 0.6$

时的分析结果,以此验证生产商生产规模不经济的程度对供应链成员的决策和收益的影响。需要说明的是,由于集中决策和有固定补偿的收益共享契约下的价格决策以及供应链整体利润与收益共享契约下的价格决策以及供应链整体利润相等,本文在表 2 和表 3 中,均没有列出集中决策和有固定补偿的收益共享契约下的计算结果。

由表 2 可得,不管是在批发价契约还是收益共享契约下,当  $\beta$  从 0.2 变大到 0.8 时,生产商和零售商所制定的均衡价格均有所提高,由于渠道间价格的交叉影响,渠道间的销售量也会随之增加。即在考虑生产商生产规模不经济的情况下,不同渠道间的价格竞争越激烈,为了获得更高的利润,生产商和零售商可以通过提高零售价格来获得更高的收益。另外,从表 2 中可以看出,不同契约的契约参数也会随着  $\beta$  的增加而增加。而表 3 中的算例结果说明了生产规模不经济会导致生产商和零售商的收益同时减少,这是因为随着  $b$  的提高,渠道间均衡价格虽然增加,但销售量会减少,由提高价格来增加的利润并不能抵消由规模不经济而增加的成本。并且,在收益共享的情况下,随着规模不经济系数的提高,为使供应链整体利润最大化,生产商不得不减少共享比例。

表 2 不同竞争水平下的最优决策和均衡收益

Table 2 The Optimal decision-making and equilibrium profit under different levels of competition

	$\beta$	$\Pi$	$\Pi_r$	$\Pi_m$	$p_r$	$p_m$	$q_r$	$q_m$	$w$	$\lambda$
批发价契约	0.2	208 42.01	417.17	20 424.84	594.36	573.94	20.42	44.93	573.94	—
	0.4	35 464.40	605.47	34 858.92	775.10	751.31	24.61	59.06	751.31	—
	0.6	73 525.02	1 037.90	72 487.11	1 121.13	1 088.92	32.22	83.76	1 088.92	—
	0.8	238 075.55	2 460.47	235 615.08	2 053.57	2 003.97	49.60	138.89	2 003.97	—
收益共享契约	0.2	21 114.87	1 445.02	19 669.85	582.77	582.77	33.78	33.78	547.49	0.01
	0.4	35 919.54	3 186.01	32 733.53	761.49	761.49	43.1	43.1	709.59	0.03
	0.6	74 404.76	9 347.99	65 056.77	1 101.19	1 101.19	59.52	59.52	1 005.10	0.06
	0.8	240 384.62	51 865.35	188 519.27	2 019.23	2 019.23	96.15	96.15	1 726.08	0.12

表 3 不同规模不经济弹性系数下的最优决策和均衡收益

Table 3 The optimal decision-making and equilibrium profit under different elasticity coefficient of diseconomies of scale

	$b$	$\Pi$	$\Pi_r$	$\Pi_m$	$p_r$	$p_m$	$q_r$	$q_m$	$w$	$\lambda$
批发价契约	4	117 890.86	2 624.46	115 266.39	1 045.08	993.85	51.23	133.20	993.85	—
	6	90 567.92	1 564.75	89 003.16	1 091.77	1 052.22	39.56	102.85	1 052.22	—
	10	61 879.73	738.42	61 141.30	1 141.30	1 114.13	27.17	70.65	1 114.13	—
收益共享契约	4	120 192.31	25 538.44	94 653.87	1 009.62	1 009.62	96.15	96.15	849.92	0.10
	6	91 911.77	14 495.89	77 415.88	1 066.18	1 066.18	73.53	73.53	946.29	0.07
	10	62 500.00	6 529.85	55 970.15	1 125.00	1 125.00	50.00	50.00	1 044.78	0.04

最后,为了分析有固定补偿的收益共享契约的协调特性,本文通过算例分析了在不同相对讨价还价能力下的收益分配情况,表4中仅给出了当 $\beta = 0.6$ 、 $b = 8$ 时的收益分配情况,由表4可得,生产商的相对讨价还价利润越大,则固定补偿量越大.同时分析表2、表3、表4可知,分散决策下使用批发价契约时供应链整体利润为73 525.02,小于集中决策下的供应链整体利润74 404.76;在批发价契约下,零售商得到的为1 037.90,生产商得到的利润为72 487.11.而在传统的收益共享契约下,供应链的整体利润与集中决策下供应链的整体利润相同,但此时,生产商的利润为65 056.77,小于在批发价契约下的利润,这样如果实施收益共享契约就会有损生产商的利益,说明收益共享契约虽然是协调的,但不满足理性特性,这将导致收益共享契约不可实施.而在带固定补偿的收益共享契约下,供应链的整体利润与集中决策下的整体利润相同,并且零售商得到的利润为1 389.80,生产商得到的利润为73 014.96,均大于在批发价契约下得到的利润.这表明,带固定补偿的收益共享契约具有协调性和理性特性,是一种可实施的协调契约.

表4 不同相对讨价还价能力下的收益分配

Table 4 The profit distribution under different relative bargaining power

$a$	$\Pi$	$\Pi_r$	$\Pi_m$	$T$
0.2	74 404.76	1 741.70	72 663.06	7 606.29
0.4	74 404.76	1 565.75	72 839.01	7 782.24
0.6	74 404.76	1 389.80	73 014.96	7 958.19
0.8	74 404.76	1 213.85	73 190.91	8 134.14

## 7 结束语

本文研究了一个生产商具有生产规模不经济的特性的双渠道供应链的协调策略选择问题.首先分析了集中决策双渠道的市场价格为供应链的整体利润,以此为基础和分析标杆,建立了分散决策下不同契约的数学模型,给出了不同契约设计和双渠道市场均衡价格的分析表达式.通过引入协调度概念,揭示了不同契约对双渠道供应链协调的实现程度,分析了不同契约的局限性.

主要研究结论有: 1) 在集中决策下,双渠道供应链的最优零售价格与最优直销价格相等,渠道需求也相等;在分散决策下,如果在双渠道供应链中实施批发价契约,生产商最优的直销价格等于批发价格;通过对比集中决策下和分散决策下的供应链利润可得,分散决策会导致双重边际效应,从而导致供应链整体利润减少,即考虑生产不经济的双渠道供应链在分散决策下实施批发价契约不能达到协调. 2) 如果在双渠道供应链中实施收益共享契约,研究表明该契约可实现供应链的整体利润(即实现供应链的协调),但相对于批发价契约,零售商和生产商的利润各有得失.这表明,虽然收益共享契约可实现供应链协调,但满足理性特性,因此是不可实施的. 3) 当双渠道供应链实施带固定补偿的收益共享契约时,在固定补偿满足一定的条件时,带有固定补偿的收益共享契约能够实现双渠道供应链的完美协调并满足理性特性,使生产商与零售商达到双赢的效果. 4) 纳什讨价还价模型可以用来确定固定补偿的收益共享契约中固定补偿的值,根据纳什协商理论,这种补偿量满足一定的“公平性”与“合理性”原则.同时,研究表明,当生产商的讨价还价能力相对较大时,零售商需给生产商的补偿相对较多. 5) 无论是集中决策还是分散决策,在考虑生产不经济的情况下,生产不经济的弹性系数与销售价格成正比、与供应链的整体利润成反比,并且不同渠道间的竞争越激烈,双渠道供应链的销售价格和需求反而越高,双渠道供应链的总利润也越高. 6) 本文研究的带固定补偿的收益共享契约同样能够使线性成本下的双渠道供应链实现完美协调,只是随着边际成本的变化,固定补偿和收益共享的方向会有所不同.

然而,本文的研究是基于批发价契约设计双渠道供应链的协调策略,还可以考虑相对于其它非协调契约讨论双渠道供应链的协调策略,实际上,这个问题是不困难的.不同的可能只是补偿量的理性区间不同.另外,本文是基于完全信息和确定需求的假设条件,自然地,可考虑对非对称信息或市场需求随机情况下的双渠道供应链协调策略问题的研究.

## 参考文献:

- [1]Chiang W K , Chhajed D , Hess J D. Direct marketing , indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design [J]. *Management Science* , 2003 , 49( 1) : 1 - 20.
- [2]Tsay A A , Agrawal N. Channel conflict and coordination in the e-commerce age [J]. *Production and Operations Management* , 2004 , 13( 1) : 93 - 110.
- [3]郭亚军, 赵礼强. 基于电子市场的双渠道冲突与协调 [J]. *系统工程理论与实践* , 2008 , 28( 9) : 59 - 66.  
Guo Yajun , Zhao Liqiang. The conflict and coordination in dual channel based on e-market [J]. *Systems Engineering: Theory & Practice* , 2008 , 28( 9) : 59 - 66. ( in Chinese)
- [4]Dumrongsiri A , Fan M , Jain A , et al. A supply chain model with direct and retail channels [J]. *European Journal of Operational Research* , 2008 , 187( 3) : 691 - 718.
- [5]Huang S , Yang C , Liu H. Pricing and production decisions in a dual-channel supply chain when production costs are disrupted [J]. *Economic Modelling* , 2013 , 30: 521 - 538.
- [6]Dan B , Xu G , Liu C. Pricing policies in a dual-channel supply chain with retail services [J]. *International Journal of Production Economics* , 2012 , 139( 1) : 312 - 320.
- [7]Hua G , Wang S , Cheng T E. Price and lead time decisions in dual-channel supply chains [J]. *European Journal of Operational Research* , 2010 , 205( 1) : 113 - 126.
- [8]Yue X , Liu J. Demand forecast sharing in a dual-channel supply chain [J]. *European Journal of Operational Research* , 2006 , 174( 1) : 646 - 667.
- [9]Cao E , Ma Y , Wan C , et al. Contracting with asymmetric cost information in a dual-channel supply chain [J]. *Operations Research Letters* , 2013 , 41( 4) : 410 - 414.
- [10]Cachon G P. Supply chain coordination with contracts [J]. *Handbooks in Operations Research and Management Science* , 2003 , 11: 227 - 339.
- [11]Cachon G P , Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. *Management Science* , 2005 , 51( 1) : 30 - 44.
- [12]赵 霞, 吴方卫, 蔡 荣. 随机产出与需求下二级供应链协调合同研究 [J]. *管理科学学报* , 2014 , 17( 8) : 34 - 47.  
Zhao Xia , Wu Fangwei , Cai Rong. Research on coordination of two-stage supply chain under random yield and random demand with contracts [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2014 , 17( 8) : 34 - 47. ( in Chinese)
- [13]易余胤, 袁 江. 渠道冲突环境下的闭环供应链协调定价模型 [J]. *管理科学学报* , 2012 , 15( 1) : 54 - 65.  
Yi Yuyin , Yuan Jiang. Pricing coordination of closed-loop supply chain in channel conflicts environment [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2012 , 15( 1) : 54 - 65. ( in Chinese)
- [14]Xu G , Dan B , Zhang X , et al. Coordinating a dual-channel supply chain with risk-averse under a two-way revenue sharing contract [J]. *International Journal of Production Economics* , 2014 , 147: 171 - 179.
- [15]Chen J , Zhang H , Sun Y. Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain [J]. *Omega* , 2012 , 40( 5) : 571 - 583.
- [16]Saha S. Channel characteristics and coordination in three-echelon dual-channel supply chain [J]. *International Journal of Systems Science* , 2014 , 47( 3) : 1 - 15.
- [17]曹二保, 郑健哲, 马玉洁, 等. 双渠道供应链应对需求扰动的协调机制研究 [J]. *管理学报* , 2014 , 11( 2) : 267 - 273.  
Cao Erbao , Zheng Jianzhe , Ma Yujie , et al. Coordination of dual channel supply chain with demand disruptions [J]. *Chinese Journal of Management* , 2014 , 11( 2) : 267 - 273. ( in Chinese)
- [18]Mollick A. Production smoothing in the Japanese vehicle industry [J]. *International Journal of Production Economics* ,

- 2004 ,91(1) : 63 - 74.
- [19]Griffin G. The process analysis alternative to statistical cost functions: An application to petroleum refining[J]. The American Economic Review ,1972 ,62(1) : 46 - 56.
- [20]赵海霞 ,艾兴政 ,唐小我. 制造商规模不经济的链与链竞争两部定价合同[J]. 管理科学学报 ,2013 ,16(2) : 60 - 70.
- Zhao Haixia ,Ai Xingzheng ,Tang Xiaowo. Two-part tariffs of chain-to-chain competition under manufacturer's scale diseconomies[J]. Journal of Management Sciences in China ,2013 ,16(2) : 60 - 70. ( in Chinese)
- [21]赵海霞 ,艾兴政 ,唐小我. 链与链基于规模不经济的纵向联盟和利润分享[J]. 管理科学学报 ,2014 ,17(1) : 48 - 56.
- Zhao Haixia ,Ai Xingzheng ,Tang Xiaowo. Vertical alliance and profit sharing contract based on diseconomies of scale under chain-to-chain competition [J]. Journal of Management Sciences in China ,2013 ,16(2) : 60 - 70. ( in Chinese)
- [22]Porteus E L. Foundations of Stochastic Inventory Theory[M]. Stanford: Stanford University Press ,2002
- [23]Ha A Y ,Tong S ,Zhang H. Sharing demand information in competing supply chains with production diseconomies [J]. Management Science ,2011 ,57(3) : 566 - 581.
- [24]Nash J. Two-person cooperative game [J]. Econometrica ,1953 ,21(1) : 128 - 140.

## The selection of dual-channel supply chain coordination strategy considering manufacturer' diseconomies of scale

WANG Xian-jia<sup>1</sup> , ZHOU Ya-ping<sup>1\*</sup> , CHIN Kwai-sang<sup>2</sup>

1. School of Economics and Management , Wuhan University , Wuhan 430072 , China;
2. Department of Systems Engineering and Engineering Management , City University of Hong Kong , Hong Kong , China

**Abstract:** Supply chain coordination is the fundamental means to improve the supply chain's overall profits and the interests of all parties. The goal of this paper is to investigate the coordination strategy of dual channel supply chains in which a manufacturer has diseconomies of scale of production. The paper shows the market prices and overall profit of dual channel supply chains in centralized decision-making and the design method of wholesale price contract and revenue sharing contract in decentralized decision-making. The concept of coordination degree is proposed , which represents the degree a contract coordinates the supply chain. It is proved that if the coordination degree of wholesale price contract is less than 1 , coordinating of the supply chain cannot be achieved , and that if the coordination degree of the revenue-sharing contract is equal to 1 , relative to the wholesale price contract , the revenue sharing contract cannot improve the profits of retailers and manufacturers , resulting in an unenforced able revenue sharing contract. In order to find the enforceable coordination strategy of the dual channel supply chain , the paper puts forward the design method of the revenue-sharing contract with fixed compensation which is determined by Nash bargaining negotiation model. The results show that the coordination degree of the contract is equal to 1 , and that , compared with the wholesale price contract , the contract can also improve the retailer's and the manufacturer's profit. In addition , the study also shows that: the diseconomies of scale elasticity coefficient is proportional to the sales price and inversely proportional to the overall profit of the supply chain; the more intense the competition between different channels ,

the higher the selling prices, the demand, and the earnings of the dual channel supply chain. Furthermore, the revenue sharing contract with fixed compensation can also coordinate the dual channel supply chain with linear costs. Finally, the correctness and effectiveness of the conclusion are validated by numerical examples.

**Key words:** dual-channel supply chain; supply chain coordination; revenue sharing contract with fixed compensation; Nash bargaining

#### 附录 1 性质 3 的证明

由式 (21) 除以式 (11) 可得  $\gamma^D = \frac{\Pi_m^{D^*}}{\Pi_m^{C^*}} = \frac{(-1 + b(-1 + \beta))(b(-1 + \beta)(3 + \beta)^2 - 2(7 + \beta))}{(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))^2} > 0$

由上式的分子减分母得  $(1 - \beta)(-2 + b(-1 + \beta^2)) < 0$ , 所以,  $0 < \gamma^D < 1$ .

证毕.

#### 附录 2 性质 6 的证明:

1) 证明  $\Pi_m^{D^*} - \Pi_m^{N^*} > 0$ :

由式 (32) 除以式 (20) 可得  $\frac{\Pi_m^{N^*}}{\Pi_m^{D^*}} = \frac{b(1 - \beta)(4 + b(1 - \beta)(3 + \beta))(1 + 2\beta + 2b(1 - \beta^2))}{(3 + \beta)(1 + b - b\beta)^2(\beta + 2b(1 - \beta^2))} > 0$

由上式的分子减分母得,  $-\beta(3 + \beta) - 2b(1 - \beta)(1 + \beta)(1 + 2\beta) - b^2(1 - \beta)^2(1 + \beta)(1 + 3\beta) < 0$

可得  $\frac{\Pi_m^{N^*}}{\Pi_m^{D^*}} < 1$ , 所以  $\Pi_m^{N^*} < \Pi_m^{D^*}$ , 即  $\Pi_m^{D^*} - \Pi_m^{N^*} > 0$

2) 证明  $\Pi_r^{N^*} - \Pi_r^{D^*} > \Pi_m^{D^*} - \Pi_m^{N^*}$ :

由性质 3 和性质 5 可得  $\Pi_r^{N^*} + \Pi_m^{N^*} > \Pi_r^{D^*} + \Pi_m^{D^*}$ , 所以  $\Pi_r^{N^*} - \Pi_r^{D^*} > \Pi_m^{D^*} - \Pi_m^{N^*} > 0$ . 证毕.

#### 附录 3 定理 4 的证明:

当  $\Pi_r^{R^*} - \Pi_r^{D^*} \geq 0$  时,

$$T \leq \frac{1}{2}a^2 \left( -\frac{2}{(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))^2} + \frac{b + \beta - b\beta^2}{(-1 + \beta)(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} \right)$$

当  $\Pi_m^{R^*} - \Pi_m^{D^*} \geq 0$  时,

$$T \geq \frac{1}{2}a^2 \left( \frac{3 + \beta}{(-1 + \beta)(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))} + \frac{b(1 + 2\beta - 2b(-1 + \beta^2))}{(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} \right)$$

因此, 只有当  $T$  满足  $T_1 \leq T \leq T_2$  时, 才能够实现协调. 其中

$$T_1 = \frac{1}{2}a^2 \left( \frac{3 + \beta}{(-1 + \beta)(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))} + \frac{b(1 + 2\beta - 2b(-1 + \beta^2))}{(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} \right)$$

$$T_2 = \frac{1}{2}a^2 \left( \frac{b + \beta - b\beta^2}{(-1 + \beta)(1 + b - b\beta)^2(-\beta + 2b(-1 + \beta^2))} - \frac{2}{(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))^2} \right)$$

由性质 6 可得  $T_1 > 0$

又由于  $T_2 - T_1 = \frac{a^2(-2 + b(-1 + \beta^2))}{2(-1 + b(-1 + \beta))(-4 + b(-1 + \beta)(3 + \beta))^2} > 0$ , 所以满足  $0 < T_1 < T_2$ .

证毕.