

非对称信息下分销渠道中的激励契约设计^①

田厚平, 刘长贤

(南京理工大学经济管理学院, 南京 210094)

摘要: 研究了信息非对称条件下, 制造商如何设计相应契约来激励分销商提高服务水平进而最大化制造商自己的利益的问题. 给出了信息非对称下的供应链契约设计模型, 并计算了信息价值. 模型结果表明, 分销商销售能力越强, 制造商获益越多; 并且, 制造商收益与分销商销售能力成平方增长关系. 同时, 还得到在信息非对称情况下, 制造商由于信息的缺乏付出了代价, 当分销商的销售能力越强时这种情况表现越为明显, 信息价值也就越大, 制造商收集分销商有关信息的动机也就越强等结论.

关键词: 供应链管理; 契约设计; 委托代理模型; 信息价值; 非对称信息

中图分类号: F274 O225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2009)03-0077-06

0 引言

生产-分销系统是供应链的重要组成部分, 生产商的制造过程和分销商的销售过程是供应链协作的两个重要方面. 目前, 人们对于信息对称情况下的数量折扣^[1~4]、退货问题^[5]以及企业之间的转移价格^[6,7]等进行了大量研究. 同时, 少数文献还对非对称信息下的数量折扣问题进行了初步研究^[3,8]. 这些研究表明, 适当的渠道协调机制将使得买卖双方的利益得到 Pareto 改进, 同时提高供应链绩效.

随着市场竞争的日趋激烈, 企业逐渐发现: 市场需求不仅与商品的价格、质量有关, 也常常与分销商的服务水平相关^[9,10]. 在一定条件下, 市场需求对于商品的服务水平较为敏感, 而对价格的关注次之. 如 Emst R^[9]认为, 有些需求对于分销商的服务水平是相当敏感的(如高档商品、软件产品、高技术电子产品等). 同时, 文献[10]也表明, 技术程度越高、操作越复杂的产品, 对服务水平的要求也越高. 然而, 随着分销商服务水平的提高,

往往导致其销售费用的增加, 并可能会导致分销商利润的减少. 因而一个重要的问题是, 制造商如何设计相应的契约, 来激励分销商保持较高的服务水平从而增加商品的销量, 进而增加制造商收益.

在这方面的研究中, 文献[9~11]进行了初步探讨. 文献[9]描述了在随机性需求、需求对服务水平敏感的条件下, 制造商如何通过激励机制来促使分销商保持较高库存的库存决策问题. 同时, 文献[11]研究了市场需求受到销售价格和服务水平两个方面影响下的供应链渠道协调问题.

不足的是, 以上研究主要针对的是信息对称情形, 而对于信息非对称情况下的供应链决策问题研究则较为鲜见. 由于供应链是由具有不同利益的利益主体构成的价值链, 信息在其中的分布常常是不对称的(出于某些目的, 供应链中的成员往往会隐瞒一些与自己有关的信息以获取私利), 非对称信息下的供应链决策问题在实际经济活动中常常发生, 因而近年来该问题已成为国际管理界及委托代理理论的研究热点之一^[12,13].

① 收稿日期: 2005-08-19; 修订日期: 2009-02-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70573046); 南京理工大学“卓越计划紫金之星”资助项目; 南京理工大学经济管理学院资助项目(JGYY0603 JGQN0703).

作者简介: 田厚平(1976—), 男, 重庆人, 博士, 副教授. Email: thp2005@163.com

本文主要研究信息非对称条件下, 制造商如何设计相应契约来激励分销商提高服务水平进而最大化制造商自己的利益的问题. 给出了信息非对称下的供应链契约设计模型, 并计算了信息价值. 模型结果表明, 分销商销售能力越强, 制造商获益越多; 并且, 制造商收益与分销商销售能力成平方增长关系. 同时, 还得到在信息非对称情况下, 制造商由于信息的缺乏受到了损失, 当分销商的销售能力越强时这种情况表现越为明显, 信息价值也就越大, 制造商收集分销商有关信息的动机也就越强等结论.

1 问题描述及符号说明

本文主要研究信息非对称情况下, 制造商如何设计相应契约来激励分销商提高服务水平进而最大化制造商自己的利益的问题, 并分析信息价值. 以下, 给出问题描述及符号说明.

1.1 问题描述

① 制造商 (委托人)、分销商 (代理人) 都是独立的利益主体, 他们的目标都是最大化自己的利益. 与文献 [14 15] 相似, 这里, 委托人风险中性、代理人具有风险规避特征^②.

② 委托人对代理人的服务水平或销售努力水平具有非对称信息 (该信息只有代理人自己知道, 为私人信息). 委托人通过提供契约 (t, w) 来激励代理人努力工作, 从而实现自己的利益. 其中, 契约由一个转移支付 t 和提供给分销商的批发价格 w 组成^③.

分销商在此契约下决定自己的服务水平, 其销量为 $Q = ke + \theta^{[14 15]}$. 其中, e 为分销商服务水平, k 为产出系数 (该系数反映了分销商的销售能力), θ 表示市场随机因素, 根据文献 [14 15], 假设该随机变量分布服从 $N(0, \sigma^2)$.

③ 分销商的服务成本与服务水平 e 有关, 并且 $C'(e) > 0, C''(e) > 0$ 即 C 是 e 的严格增函数,

并且随着服务水平 e 的增加, 服务成本 C 增加更快. 根据文献 [14 15], 该成本函数可以写成

$$C(e) = \frac{1}{2}be^2, \text{ 其中 } b \text{ 为系数, } b > 0$$

1.2 其它参数及符号说明

p —— 制造商产品在市场上的销售价格;

w —— 制造商给予分销商的批发价格;

c —— 制造商产品的单位可变成本;

ρ —— 分销商的风险规避程度;

\bar{u} —— 分销商的保留收入水平 (如果收入低于该值, 分销商将不会加盟);

π_L —— 制造商收益;

π_F —— 分销商收益.

1.3 制造商与分销商的收益表达式

1.3.1 制造商的收益

制造商的收益为销售收入与生产成本之差, 由于制造商风险中性, 则其收益为

$$\begin{aligned} \pi_L &= E(t + (w - c)Q) \\ &= t + (w - c)ke \end{aligned} \quad (1)$$

1.3.2 分销商的收益

分销商的收入为销售收入与服务成本之差, 即

$$f_F = (p - w)(ke + \theta) - \frac{1}{2}be^2 - t \quad (2)$$

当分销商风险规避时, 根据文献 [14], 采用 Arrow-Pratt 绝对风险规避度来描述代理人风险规避程度, 记代理人的风险规避度为 ρ 则 $\rho > 0$

由式 (2) 及假设 ② 得 $f_F \sim N((p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 - t, (p - w)^2\sigma^2)$. 根据文献 [15], 记代理人的效用函数为经典的常数风险规避系数函数 (CARA): $u(f_F) = -\exp(-\theta_F)$, 则代理人效用函数期望值为

$$\begin{aligned} Eu(f_F) &= E[-\exp(-\theta_F)] \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} -\exp(-\theta_F) \frac{1}{\sqrt{2\pi}(p-w)\sigma} \times \end{aligned}$$

② 从两个方面给予解释: 首先, 一般而言, 制造商常常处于资本市场中, 因而他可以通过资本市场分散掉企业持有的风险; 其次, 制造商生产的往往不只是单一产品, 而是多品种生产, 这样, 企业的风险也得到分散. 从而可假定制造商是风险中性的. 相比之下, 分销企业的数量虽然众多, 但处于资本市场中的分销企业为数不多, 且这些企业常常处于相对弱势的地位, 因而他们往往追求效用最大化. 故分销商常常是风险规避的.

③ 转移支付 t 有以下几个含义: 它可能是分销商加盟制造商的销售渠道时给予制造商的加盟费用; 也可能是制造商鼓励分销商开店的奖励; 还可能是制造商给予分销商某些方面的补偿等. 根据 t 的正负性, 具有不同含义.

$$\begin{aligned} & - (f_F - (p - w)ke + \frac{1}{2}be^2 + t)^2 \\ \exp\left(\frac{2(p - w)^2\sigma^2}{2(p - w)^2\sigma^2}\right) & \varphi_F \\ = & - \exp\left(-\rho\left((p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 - \frac{1}{2}\rho(p - w)^2\sigma^2 - t\right)\right) \end{aligned} \quad (3)$$

这样, 分销商最大化期望效用函数 $Eu(f_F)$ 等价于最大化如下确定性等价收入^④

$$\pi_F = (p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 - \frac{1}{2}\rho(p - w)^2\sigma^2 - t \quad (4)$$

2 非对称信息下的供应链契约设计

由于供应链是由不同利益主体构成的价值链, 信息在其中的分布常常是不对称的(出于某些目的, 供应链中的某些成员往往会隐瞒一些与自己有关的信息以获取私利), 因而非对称信息下的供应链决策问题在实际经济活动中常常发生。其中, 非对称信息下制造 - 分销系统决策问题就是其中较为典型的问题之一。

在非对称信息条件下, 制造商不能观测到分销商的服务水平, 处于信息劣势; 而该信息为分销商的私人信息, 分销商具有信息优势。为了获取更多的利益, 分销商可能会对制造商隐瞒一些相关信息, 即使有所透露, 还可能是谎报。由于制造商不能观测到分销商的服务水平, 强制性惩罚措施起不到作用(在对称信息下, 制造商能够观测到分销商的服务水平。如果分销商不能够达到制造商所要求的水平, 制造商可以采取一些惩罚措施, 如扣发奖金、减少转移支付、甚至不再允许分销商加盟等来给予分销商相应惩罚)。这时, 制造商必须设计相应的契约, 以诱导分销商的行动, 从而实现自己的利益。

作为独立的利益主体, 在非对称信息条件下, 分销商有为自己谋取利益的动机(由于信息非对称, 分销商可以决定自己的服务水平以最大化自己的收益, 而不是由制造商说了算), 这就是经典

的激励相容约束 IC (Incentive compatibility constraint)。同时, 分销商加盟制造商的销售渠道得到的收益不能低于其保留收益, 否则分销商将不会加盟, 这就是经典的参与约束 R (Individual rationality constraint)。

制造商作为委托人, 在进行转移支付和批发价格决策时, 必须考虑到分销商的激励相容约束 IC 和参与约束 R, 来设计相应的契约, 以诱导分销商按照自己的意愿行事, 从而实现自己的利益。该契约可通过如下优化模型得到

$$\max_{t,w} \pi_L = t + (w - c)ke \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{s t } \max_e \pi_F & = (p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 - \frac{1}{2}\rho(p - w)^2\sigma^2 - t \end{aligned} \quad (\text{IC})$$

$$\pi_F = (p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 -$$

$$\frac{1}{2}\rho(p - w)^2\sigma^2 - t \geq \bar{u} \quad (\text{R})$$

在模型 (5) 的激励相容约束 IC 中, 由于

$$\frac{d\pi_F}{de} = (p - w)k - be$$

$$\frac{d^2\pi_F}{de^2} = -b < 0$$

则模型 (5) 中的约束条件 IC 可以用相应的一阶条件 $\frac{d\pi_F}{de} = 0$ 来替代。因而, 该模型与以下模型等价

$$\max_{t,w} \pi_L = t + (w - c)ke \quad (6)$$

$$\text{s t } e = \frac{(p - w)k}{b} \quad (\text{IC}) (\beta)$$

$$\pi_F = (p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 -$$

$$\frac{1}{2}\rho(p - w)^2\sigma^2 - t \geq \bar{u} \quad (\text{R}) (\gamma)$$

记模型 (6) 中约束条件的 Lagrange 乘子分别为 β, γ , 有以下 Lagrange 函数

$$f = t + (w - c)ke + \beta\left(\frac{(p - w)k}{b} - e\right) +$$

$$\gamma\left((p - w)ke - \frac{1}{2}be^2 -$$

④ 一般地, 如果随机收入 f_F 服从正态分布, 则风险规避者的确定性等价收入 (Certainty Equivalence) 为期望值 F_F 与风险升水 $\frac{1}{2}\rho\text{var}(f_F)$ 之

差 (比较式 (2)、(4) 可得)。事实上, 这是一个普遍结论, 进一步阅读可参考文献 [15]。

$$\frac{1}{2} \rho(p-w)^2 \sigma^2 - t - \bar{u}$$

上式有如下 Kuhn-Tucker 最优性条件

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial t} \\ \frac{\partial f}{\partial w} \end{cases} = \begin{pmatrix} 1 \\ ke \end{pmatrix} + \beta \begin{pmatrix} 0 \\ -k/b \\ -1 \\ -ke + \rho(p-w)\sigma^2 \end{pmatrix} + \gamma \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 0$$

由 $\partial f/\partial t = 0$ 有

$$r = 1 > 0 \tag{7}$$

根据 Kuhn-Tucker 最优性条件, 则与 r 相对应的约束条件 IR 等号成立.

将模型 (6) 中的两个约束条件代入目标函数中, 有

$$\begin{aligned} \max_w \pi_L &= pk \frac{(p-w)k}{b} - \frac{(p-w)^2 k^2}{2b} - \\ &\frac{1}{2} \rho(p-w)^2 \sigma^2 - \bar{u} - ck \frac{(p-w)k}{b} \end{aligned} \tag{8}$$

对上式微分, 有

$$\frac{d\pi_L}{dw} = pk \frac{-k}{b} + \frac{(p-w)k^2}{b} + \rho(p-w)\sigma^2 + ck \frac{k}{b}$$

$$\frac{d^2 \pi_L}{dw^2} = \frac{-k^2}{b} - \rho\sigma^2$$

由于 $\frac{d^2 \pi_L}{dw^2} < 0$ 则令 $\frac{d\pi_L}{dw} = 0$ 得到使优化问题 (8)

取最大值的批发价格为

$$w = \frac{ck^2 + pb\rho\sigma^2}{k^2 + b\rho\sigma^2} \tag{9}$$

再结合模型 (6) 中的约束条件 IC, 得到分销商的服务水平为

$$e = \frac{k^2}{k^2 + b\rho\sigma^2} \times \frac{(p-c)k}{b} \tag{10}$$

3 非对称信息下的契约及信息价值分析

以下, 从非对称信息下的契约、制造商收益及信息价值等三个方面进行结果分析.

3.1 非对称信息下的契约分析

在非对称信息下, 有以下结论

结论 1 非对称信息下, 批发价格高于生产

成本而低于市场销售价格, 分销商可以从商品销售中直接获利

由式 (9), 得到制造商给予分销商的批发价格 w 满足

$$p > w = \frac{ck^2 + pb\rho\sigma^2}{k^2 + b\rho\sigma^2} > c \tag{11}$$

即批发价格介于二者之间, 分销商可以从商品销售中直接获利 (这是市场中最常见的情况: 制造商给予分销商低于市场价格的批发价格, 以激励分销商多销售产品. 与之对应的一种特殊的情况是分销商代销制造商的产品, 不是从商品销售中直接获利而是从制造商那里取得固定收入, 不过这种情况较为少见. 本结论为目前常见的制造商与分销商之间的批发价格设置提供了一个解释).

结论 2 非对称信息下, 分销商得到了保留效用 (根据式 (7) 中的 Lagrange 乘子 $\gamma > 0$ 与相应的模型 (6) 中的约束 IR 等号成立). 但由于非对称信息下分销商的服务水平 (见式 (10)) 低于对称信息情形 ($e = \frac{(p-c)k}{b}$, 计算略), 故分销商由于信息不对称占到了便宜 (工作轻松了, 但收入却没有减少).

3.2 制造商收益分析

将式 (9)、式 (10) 代入目标函数 (8), 得到非对称信息下的制造商收益式 (13). 对称信息的计算较为简单 (忽略式 (5) 中的激励相容约束 IC, 即为对称信息下的决策模型), 本文略, 只给出结果式 (12). 综合上述结果, 见表 1.

表 1 信息对称与非对称下的制造商收益综合表

Table 1 Profits of manufacturer under symmetric and asymmetric information

	制造商收益
信息对称	$\pi_L^s = \frac{(p-c)^2 k^2}{2b} - \bar{u} \tag{12}$
信息非对称	$\pi_L^a = \frac{k^2}{k^2 + b\rho\sigma^2} \times \frac{(p-c)^2 k^2}{2b} - \bar{u} \tag{13}$
信息价值:	$\Delta\pi_L = \pi_L^s - \pi_L^a = \frac{\rho\sigma^2}{k^2 + b\rho\sigma^2} \times \frac{(p-c)^2 k^2}{2} \tag{14}$

根据式 (12)、式 (13), 有以下结论:

结论 3 销售能力较强的分销商在销售渠道中的作用相当重要. 分销商销售能力越强 (即产出系数 k 越大), 制造商获益越多, 并且, 一个非常

重要的结论在于: 制造商收益与分销商销售能力成平方增长关系。

结论 4 生产成本的降低对于企业具有重要意义。制造商的生产成本越低, 制造商获益越多; 并且, 一个非常重要的结论在于: 制造商收益与其生产成本不是线性的, 而是成平方反方向关系。

3.3 信息价值分析

信息价值是研究信息非对称问题的一个重要度量工具。它产生于委托人在缺乏信息时的报酬与拥有信息时所得报酬之差^[16]。本文中, 信息价值来源于信息对称与非对称下制造商(委托人)的收益之差值(见表 1 中式(14))。

根据式(14), 有以下结论:

结论 5 信息非对称情况下, 制造商由于信息的缺乏受到了损失, 信息价值严格为正($\Delta\pi_L > 0$)

结论 6 制造商的生产成本越低, 技术越先进, 信息价值越大($\frac{\partial \Delta\pi_L}{\partial c} < 0$), 制造商收集分销商有关信息的动机越强。

结论 7 影响产品销售的外界不确定因素越大, 制造商收益越低, 信息价值越大($\frac{\partial \Delta\pi_L}{\partial \sigma^2} > 0$)

这表明, 制造商在设计产品时, 应该充分考虑产品的市场不确定性。

结论 8 分销商销售能力越强, 非对称信息给制造商带来的损失越大, 信息价值越大($\frac{\partial \Delta\pi_L}{\partial k} > 0$), 制造商收集分销商有关信息的动机越强。

结论 9 分销商的风险规避程度 ρ 越低, 制造

商所获收益越多($\frac{\partial \pi_L^a}{\partial \rho} < 0$), 信息价值随之减弱

($\frac{\partial \Delta\pi_L}{\partial \rho} > 0$)。这表明, 分销商的风险偏好态度对于制造商来讲也是相当重要的。

分销商的风险规避程度 ρ 越大(越厌恶风险), 相同的财富对于该分销商的效用越低。这时, 制造商必须给予分销商更多激励, 才能促使其维持较高的服务水平, 这样将增大制造商的激励成本。因而, 选择一个风险规避程度较低的分销商将有利于制造商。

4 结束语

研究了信息非对称情况下, 制造商如何设计相应契约来激励分销商提高服务水平进而最大化制造商自己利益的问题。给出了信息非对称下的供应链契约设计模型, 并计算了信息价值。模型结果表明, 分销商销售能力越强, 制造商获益越多; 并且, 制造商收益与分销商销售能力成平方增长关系。同时, 还得到在信息非对称情况下, 制造商由于信息的缺乏付出了代价, 当分销商的销售能力越强时这种情况表现越为明显, 信息价值也就越大, 制造商收集有关分销商销售信息的动机也就越强等结论。

值得一提的是, 与面临单个分销商这一情形相比, 当制造商面临多个竞争性分销商时激励问题将会变得更加现实也更为复杂。如是否制定统一定价价格、是否实施同一类型的激励契约、如何协调各方利益等。因而, 这是一个值得进一步探索的扩展议题。

参考文献:

- [1] Fangruo C, Federguen A, Yursheng Z. Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple retailers[J]. Management Science, 2001, 47(5): 693—708
- [2] Fangruo C, Federguen A, Yursheng Z. Near optimal pricing and replenishment strategies for a retail/distribution system [J]. Operations Research, 2001, 49(6): 839—853
- [3] Corbett C J, Groote X D. A supplier's optimal quantity discount policy under asymmetric information[J]. Management Science, 2000, 46(3): 445—450
- [4] Viswanathan S, Piplani R. Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 129(2): 277—286

- [5] Pastemack B A. Optimal pricing and returns policies for perishable commodities [J]. *Marketing Science*, 1985, 4(4): 166—176
- [6] Yeom S, Balachandran K, Ronen J. The role of transfer price for coordination and control within a firm [J]. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 2000, 14(2): 161—192
- [7] Carlos J V, Marc G. A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 129(1): 134—158
- [8] Corbett C J, Tang C S. Designing supply contracts: Contract type and information asymmetry [A]. In Taylor S Magazine M, Ganeshan R. *Quantitative Models for Supply Chain Management* [C]. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998, 269—298
- [9] Ernst R, Powell S G. Manufacturer incentives to improve retail service levels [J]. *European Journal of Operational Research*, 1998, 104(3): 437—450
- [10] 菲利普·科特勒著. 营销管理—分析、计划、执行和控制 [M]. 第九版. 上海: 上海人民出版社, 1999.
Philip K. *Marketing Management Analysis Planning Implementation and Control* [M]. the 9th edition. Shanghai: Shanghai People Press, 1999 (in Chinese)
- [11] Jend A, Shugan S. Managing channel profits [J]. *Marketing Science*, 1983, 2(3): 239—277
- [12] Bowon K. Coordinating an innovation in supply chain management [J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, 123(3): 568—584
- [13] 王迎军. 顾客需求驱动的供应链契约问题综述 [J]. *管理科学学报*, 2005, 8(2): 68—76
Wang Yingjun. Overview of supply chain contract problems driven by customer demand [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(2): 68—76 (in Chinese)
- [14] 张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1996, 397—447.
Zhang Weiyong. *Game Theory and Information Economics* [M]. Shanghai: Shanghai People Press, 1996, 397—447 (in Chinese)
- [15] 让·雅克·拉丰, 大卫·马赫蒂摩. 激励理论(第一卷): 委托—代理模型 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2002.
Laffont J J, Martinort D. *The Theory of Incentives I: The Principal-Agent Model* [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2002 (in Chinese)
- [16] Banker R D, Kauffman R J. The evolution of research on information systems: A fiftieth-year survey of the literature in management science [J]. *Management Science*, 2004, 50(3): 281—298

Incentive contract design in distribution channel with asymmetric information

TIAN Houping, LIU Changxian

School of Economics and Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China

Abstract Contracts in distribution channels with asymmetric information are studied, by which suppliers motivate their retailers to improve service quality to sell more. Principal-agent models under asymmetric information are given, and information value is computed. The results show that the supplier could gain more when his retailers' sale ability is stronger; furthermore, the supplier's profits are the square of retailer's sales ability. The results also show that suppliers suffer a loss due to lack of information of retailer's service quality, and it is more obvious when the retailers' sales ability is stronger. So information value is bigger in this situation, and the motives for suppliers to collect information about retailer's service quality are stronger.

Key words supply chain management; contract design; principal-agent model; information value; asymmetric information