

# 电子市场环境中供应链双源渠道主从对策模型

晏妮娜<sup>1,2</sup>, 黄小原<sup>3</sup>, 刘 兵<sup>4</sup>

(1. 首钢总公司, 北京 100041; 2. 中国人民大学商学院, 北京 10027;  
3. 东北大学工商管理学院, 沈阳 110004; 4. 艾默生过程控制有限公司, 北京 100020)

**摘 要:**在服务-价格敏感需求条件下,构建了一个新的电子市场环境中供应链双源渠道协调的 Stackelberg 主从对策模型。分别考虑了传统供应链独立渠道和电子市场双源渠道的集中决策和主从对策。研究了供应链双源渠道中的两种协调方式,即上下游节点之间的协调及传统渠道与电子渠道之间的协调。最后,结合上海宝钢益昌电子商务的具体运作实例,进行了供应链双源渠道的仿真计算和分析。

**关键词:**供应链;电子市场;双源渠道;协调;Stackelberg 主从对策

**中图分类号:**F274 **文献标识码:**A

## 1 引言

随着电子商务的迅猛发展和广泛应用,许多企业已经开始利用这种新的商务模式来改变其传统渠道结构。我国钢铁行业的电子商务、中国石油(能源一号网)的电子采购以及铁路部门“11185”电子订票系统等的成功运作无疑说明了这种将电子直销渠道与传统分销渠道相结合的渠道结构,即双源渠道(dual-channel),是具有挑战性的、极具应用前景的供应链渠道模式<sup>[1,2]</sup>。

近年来,国内外学者对电子市场环境中的供应链双源渠道进行了广泛的理论研究,比较典型的有:Scott 等(2004)采用目标规划的方法,考虑了实际电子市场和虚拟电子市场两种分销渠道,研究了每个供应商的每种商品应以何种渠道分销给每一个零售商才能使整个供应链的整体效益达到最优的问题<sup>[1]</sup>。Seifert 等(2004)在随机市场需求的假设下,构建了分销商既可以在传统市场利用远期合同进行采购,也可以利用电子市场进行现货采购,并能在电子市场上出售过量库存的决策模型,并分析了需求量和现货价格波动性、价格需求相关性、风险厌恶等参数之间的关系<sup>[3]</sup>。Brynjolfsson 和 Smith 从实证

分析的角度研究了图书和 CD 两类同质产品在 41 个直销渠道和传统零售渠道上的价格竞争,解释了搜索成本、不对称信息和产品异质性对电子直销渠道价格离差的影响<sup>[4]</sup>。Chiang 和 Monahan 从动态库存管理的角度比较分析了单纯零售渠道、单纯电子渠道和双源渠道三者之间的供应链业绩,并证明了在大多数情况下双源渠道优于其他两种渠道<sup>[5]</sup>。目前的研究大多在已有的供应链双源渠道下研究如何通过最优竞价来实现买卖双方之间的利润协调,很少考虑双源渠道存在的必要条件,并在此基础上研究供应链的双源渠道协调问题。本文在服务-价格敏感需求条件下,构建了电子市场环境中供应链双源渠道协调的主从对策模型,并着重研究了供应链双源渠道中的两种协调方式,即上下游节点之间的协调与传统渠道和电子渠道之间的协调。

## 2 传统供应链的独立分销渠道模型

首先考虑由一个制造商和一个零售商组成的供应链独立分销渠道,如图 1 所示。制造商以批发价格  $w_0$  将产品分销给零售商,零售商再以零售价格  $p_0$  出售给消费者,并提供价值为  $v$  的附加服务。

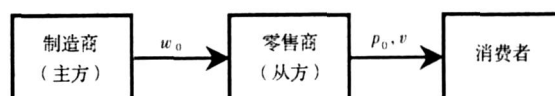


图 1 传统供应链的独立分销渠道

本文假设低端消费者的需求量  $d_0$  与零售价格

收稿日期:2005-11-07;修订日期:2007-05-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70572088);教育部博士点专项基金资助项目(20050145022)

作者简介:晏妮娜(1980-),女(汉族),湖北宜昌人,首钢总公司,中国人民大学与首钢总公司博士后,研究方向:供应链管理、企业信息化。

$p_0$  和附加服务  $v$  具有一定的相关性, 即  $d_0 = D_0(p_0, v) = a_0 - bp_0 + v$ 。其中  $a_0$  是市场基准需求量,  $b_0$  是价格需求弹性 ( $b_0 > 0$ ), 是附加零售服务价值的边际需求, 即服务需求弹性。

如果分别用  $m_0$  和  $s_0$  分别表示独立分销渠道下制造商和零售商的利润, 则制造商的利润为

$$m_0(p_0, w_0) = (w_0 - c) D_0(p_0, v) \quad (1)$$

零售商的利润为

$$s_0(p_0, w_0) = (p_0 - w_0 - s(v)) D_0(p_0, v) \quad (2)$$

其中  $s(v)$  是零售商提供附加服务的成本, 本文考虑服务成本的非线性与单调递增性, 采用文献[6]中的服务曲线形式  $s(v) = v^2/2$ ;  $c$  是制造商的单位制造成本。

如果把制造商和零售商视为纵向一体化的供应链系统, 那么由式(1)、(2)可得供应链的总利润  $s_0$  为:

$$s_0(p_0, w_0) = (p_0 - s(v) - c) D_0(p_0, v) \quad (3)$$

由式(3)的一阶条件易得, 集中决策的供应链独立渠道的最优零售价格  $p_0^*$  为

$$p_0^* = \frac{(a_0 + v + bs(v) + bc)^2}{2b} \quad (4)$$

因此, 供应链最优总利润  $p_{s_0}^*$  为

$$p_{s_0}^* = \frac{a_0 + v - bs(v) - bc}{4b} \quad (5)$$

如果把制造商和零售商视为分散决策的供应链系统, 考虑制造商为主方、零售商为从方的主从对策, 其中制造商的决策变量是批发价格  $w_0$ , 零售商的决策变量是  $p_0$ 。即

$$\begin{cases} \max_{w_0} m_0 = (w_0 - c)(a_0 - bp_0 + v) \\ \text{s. t. } p_0 = \arg \max_{p_0} s_0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \max_{p_0} s_0 = (p_0 - w_0 - s(v))(a_0 - bp_0 + v) \end{cases} \quad (7)$$

求解该主从对策, 可以得到主从双方的 Stackelberg 均衡解:

$$\text{最优批发价格 } w_0^{s*} = \frac{a_0 + v - bs(v) + cb}{2b};$$

最优传统渠道零售价格

$$p_0^{s*} = \frac{3a_0 + 3v + bs(v) + cb}{4b}; \quad (8)$$

将  $w_0^{s*}$  和  $p_0^{s*}$  代入式(6)、(7)可得, Stackelberg 主从对策中制造商和零售商的最优利润分别为:

$$\begin{aligned} m_0^{s*} &= \frac{(a_0 + v - bs(v) - cb)^2}{8b}; \quad s_0^{s*} = \\ &= \frac{(a_0 + v - 5bs(v) - cb)(a_0 + v - bs(v) - cb)}{16b} \end{aligned} \quad (9)$$

### 3 电子市场环境中的供应链双源渠道模型

在电子商务环境下, 由于 B2B 电子市场的存在, 制造商将尝试开拓新的电子直销渠道来扩大销售, 从而构成了由传统分销渠道和电子直销渠道组成的双源渠道。一方面, 制造商可以利用与零售商之间的长期合作关系进行分销; 另一方面, 制造商也可以通过电子市场直接在线销售产品。电子市场环境中的供应链双源渠道框架如图 2 所示。

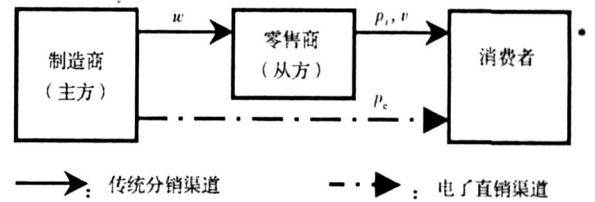


图2 电子市场环境中的供应链双源渠道

本文采用文献[3]的价格-服务敏感需求的线性函数形式, 则双源渠道中传统渠道下消费者的需求量为  $d_t = D_t(p_t, p_e, v) = (a_t - bp_t) + v + (p_e + v - p_t)$ ; 电子直销渠道下消费者的需求量为  $d_e = D_e(p_e, p_t, v) = (a_e - bp_e) + (p_t - v - p_e)$ 。其中,  $a_i$  是通过渠道  $i$  ( $i = e$  代表网上直销,  $i = t$  代表传统分销) 的市场基准需求量;  $b$  代表每种渠道的价格需求弹性 ( $b > 0$ );  $v$  是服务需求弹性参数;  $p_e$  是扩散程度, 描述两种渠道之间由于价格和服务价值的变化而引起的需求扩散程度。

在电子市场环境中的供应链双源渠道中, 制造商的利润  $m$  和零售商的利润  $r$  为

$$m(p_e, p_t) = (p_e - c) D_e(p_e, p_t, v) + (w - c) D_t(p_e, p_t, v) \quad (10)$$

$$r(p_e, p_t) = (p_t - s(v) - w) D_2(p_e, p_t, v) \quad (11)$$

如果把制造商和零售商视为纵向一体化的供应链系统, 那么由式(10)、(11)可得供应链的总利润为:

$$\begin{aligned} s(p_e, p_t) &= (p_e - c) D_e(p_e, p_t, v) + (p_t - s(v) - c) D_t(p_e, p_t, v) \\ &= (p_e - c) [(a_e - bp_e) + (p_t - v - p_e)] + (p_t - s(v) - c) [(a_t - bp_t) + v + (p_e + v - p_t)] \end{aligned} \quad (12)$$

由式(12)的一阶条件计算得出, 供应链双源渠道下集中决策的最优电子直销价格  $p_e^{t*}$  和最优传统零售价格分别  $p_t^{t*}$  为

$$p_e^{I^*} = \frac{a_i + (b + ) a_e + 2bc - bv + v + b^2 c}{2b(b + 2 + )}; p_i^{I^*} = \frac{2(b + ) p_e^{I^*} + v + s(v) - a_e - bc}{2} \quad (13)$$

因此,双源渠道下集中决策的供应链的最优总利润  $\pi_s^{I^*}$  为:

$$\begin{cases} \pi_s^{I^*} = (p_e^{I^*} - c) D_e(p_e^{I^*}, p_i^{I^*}, v) + (p_i^{I^*} - s(v)) \\ \max_{p_e, w} \pi_m = (p_e - c) [(a_e - bp_e) + (p_i - v - p_e)] + (w - c) [(a_i - bp_i) + v + (p_e + v - p_i)] \\ \text{s.t } P_i = \arg\max_r \\ \max_{p_i} \pi_r = (p_i - w - s(v)) [(a_i - bp_i) + v + (p_e + v - p_i)] \end{cases} \quad (15)$$

求解该主从对策,可以得到主从双方的 Stackelberg 均衡解:

$$\text{最优电子渠道直销价格 } p_e^{S^*} = \frac{5a_i + 4a_e(b + ) + (5 - 4b + )v + 4(b + )s(v) + 7bc}{8(b + )^2 - 6^2};$$

$$\text{最优批发价格 } w_e^{S^*} = \frac{a_i + ( + )v + 2p_e^{S^*} + (b + )s(v) + bc}{2(b + )};$$

$$\text{最优传统渠道零售价格 } p_i^{S^*} = \frac{4p_e^{S^*} + 3a_i + 3( + )v + 3(b + )s(v) + 2bc}{4(b + )} \quad (17)$$

## 4 电子市场环境中的供应链双源协调分析

### 4.1 供应链节点之间的协调

传统供应链环境下的供应链协调一般是指供应链上下游节点之间的协调,即当供应链中所有决策是为了达到一个系统全局目标时,供应链才是完全协调的;而当决策者们受到一些违背系统目标利益的激励时,供应链是缺乏协调的<sup>[7-9]</sup>。在供应链双源渠道下,同样也需要协调上下游节点企业之间在利益、风险等方面存在的冲突,有效地避免“双重边际化”现象<sup>[10]</sup>。

在本文所研究的独立分销渠道和双源渠道系统中,都是通过调整批发价格  $w_0$  和  $w$  来调整制造商和零售商之间的利润分配的。由式(5)、(9)可以看出,  $\pi_s^{I^*} > \pi_m^{S^*} + \pi_r^{S^*}$ ,即集中决策下的供应链整体利润大于分散决策下的供应链利润之和。那么如何通过买卖双方的最优定价来协调双方的利益,使分散的供应链能够像整合的供应链那样运行呢?

在传统独立渠道下,要使分散决策下制造商和零售商的最优利润与集中决策时的最优利润相等,即有效实现制造商与零售商之间的协调,就必须使集中决策的最优定价与分散决策的最优定价一致,即  $p_0^{S^*} = p_0^{I^*}$ 。联立式(4)、(8)可以推出,当  $bs(v) + bc = a_0 + v$  时,  $p_0^{S^*} = p_0^{I^*}$ 。

类似地,在电子市场环境中的供应链双渠道中,当分散系统的最优决策与集成系统的最优决策一

$$- c) D_i(p_e^{I^*}, p_i^{I^*}, v) \quad (14)$$

类似于独立分销渠道,把制造商和零售商视为分散决策的供应链系统,考虑制造商为主方、零售商为从方的主从对策,其中制造商的决策变量是批发价格  $w$  和直接渠道在线销售的零售价格  $p_e$ ,零售商的决策变量是传统分销渠道的零售价格  $p_i$ 。即

致,即  $p_i^{S^*} = p_i^{I^*}$  且  $p_e^{S^*} = p_e^{I^*}$  时,制造商和零售商之间可以实现协调。联立式(13)、(17)可以推出,当  $(b + )^2 a_i - ^2(b + ) a_e + (b + )^2 v + b^2 v(3 + b) - bc(9b^2 + 2b + b + 2^2) - 4b^4 c + 4b(b + )(b + 2)s(v) = 0$  时  $p_e^{S^*} = p_e^{I^*}$  且  $p_e^{S^*} = p_e^{I^*}$ 。

### 4.2 传统渠道与电子渠道之间的协调

对于绝大多数行业来说,经营和开拓在线市场必然会对传统离线市场构成竞争。实践证明,不是所有企业在任何时间拓展电子市场都是有利可图的。这取决于厂商拓展的电子直销渠道对于现有的传统渠道是形成替代效应还是形成互补效应,以及直销渠道是促进离线市场中介的竞争水平,还是提高离线市场中介的垄断地位<sup>[11-13]</sup>。

由式(13)、(17),我们可以发现  $p_e^{S^*} < p_i^{I^*}$  且  $p_e^{S^*} < p_i^{S^*}$ ,也就是说无论是在供应链集中决策系统中还是在分散决策系统中,制造商在电子直销渠道上的零售价格都低于零售商在传统分销渠道上的零售价格。一方面,制造商的这种低价直销会引起传统渠道与电子渠道的冲突,甚至使零售商退出传统渠道;另一方面,过低的直销价格也会使制造商开拓的电子渠道无利可盈。那么如何激励零售商继续参与传统分销渠道,并有效地协调传统渠道和电子渠道呢?下面将讨论制造商选择开拓电子市场的条件及零售商选择维持与制造商的长期合作的条件,即双源渠道存在的必要条件。

为简化分析,我们假设  $\beta = 0$ ,即不考虑传统渠

道和电子直销渠道之间的需求转移程度,那么式

(17) 可以简化为:  $p_i^{s*} = \frac{3a_i + 3v + 3bs(v) + 2bc}{4b}$ ;

$p_e^{s*} = \frac{a_e}{2b}; p^{s*} = \frac{a_i + v + bs(v) + bc}{2b}$  (18)

进一步地,假设  $a_0 = a_i$ , 即假设电子市场的引入不会改变传统分销渠道的市场基准需求量,则可以发现,  $w^{s*} > w_0^{s*}$ , 即制造商通过增加电子直销渠道使传统分销渠道的批发价格有所增加,显然对制造商是有利可图的。另一方面,我们可以发现  $(p_i^{s*} - w^{s*})$  恒大于  $(p_{i0}^{s*} - w_0^{s*})$ , 即电子市场的引入又降低了零售商的单位进销差价,因而也能激励零售商维持原有的分销渠道。

将式(18)代入式(15)、(16)可以得到

$$\frac{s_m^*}{8b} = \frac{(a_i + v + bs(v) - bc)(a_i + v - 3bs(v) - 2bc) + 2a_e^2 - 4bca_e}{8b}$$

当  $\frac{s_m^*}{s_{m0}^*}$  时,即  $b^2c^2 + 2a_e^2 - 4bca_e - bca_i - bcv - 4b^2s^2(v) + b^2cs(v) \geq 0$  时,制造商会选择开拓电子直销渠道。

当  $\frac{s_r^*}{s_{r0}^*}$  时,即  $2s(v) - c \geq 0$  时,零售商会选择维持与制造商的合作,即存在传统分销渠道。

综合上述两个条件,即为供应链双源渠道存在的必要条件。

5 仿真计算与分析

上海宝钢益昌薄板公司于 2002 年 6 月建成电

子商务平台(www.bgyc.com),开展电子商务营销,主要提供现货市场采购和询比价采购业务。一方面,宝钢益昌公司作为制造商可以通过电子商务平台将产品直接销售给消费者;另一方面,益昌公司仍然可以通过与其核心零售商的长期合作关系,通过零售商将产品销售给消费者。这就构成了宝钢益昌的双源渠道系统。

根据宝钢益昌 2002 年至 2004 年某冷轧类产品的历史销售数据和市场资料,对双源渠道的系统参数进行如下设计:传统独立渠道和电子渠道的市场基准需求量分别为  $a_i = 0.092(\times 10^3 \text{ 万吨})$ ,  $a_e = 0.077(\times 10^3 \text{ 万吨})$ , 价格需求弹性  $b = 1.274$ , 服务需求弹性  $= 0.400$ , 双源渠道间的需求扩散程度  $= 0.450$ ; 宝钢益昌的单位生产成本  $= 3.750(\times 10^3 \text{ 元/吨})$ 。另外,假设益昌某核心零售商提供附加服务的成本  $s(v) = 15 \times v^2/2$ 。

考虑宝钢益昌为主方,其核心零售商为从方的主从对策。根据上述分析,由式(17)可以计算出当其核心零售商的单位产品的服务价值取不同值时,宝钢益昌应该制定的最优单位批发价格和电子直销的最优零售价格  $p_e^{s*}$ , 以及零售商在传统渠道的最优零售  $p_i^{s*}$ , 并且依此可以做出是否应该开拓电子渠道、是否应该维持传统分销渠道的决策。不同服务价值下的计算结果如表 1 所示。

表 1 不同服务价值下的最优决策					
$v(\times 10^3 \text{ 元/吨})$	最优批发价格 ( $\times 10^3 \text{ 元/吨}$ )	电子直销价格 ( $\times 10^3 \text{ 元/吨}$ )	传统零售价格 ( $\times 10^3 \text{ 元/吨}$ )	制造商是否应该 开拓电子渠道	零售商是否应该维 持传统分销渠道
0.400	4.6334	5.0540	5.5019	是	否
0.450	4.7623	5.1302	5.5770	是	否
0.500	4.8897	5.2198	5.6198	是	是
0.550	4.9789	5.2981	5.6973	否	是
0.600	5.1392	5.3714	5.7431	否	是

表 1 说明,当零售商提供的单位服务价值  $= 0.500(\times 10^3 \text{ 元/吨})$  时,宝钢益昌将选择开拓电子市场的条件,并且其核心零售商也将维持与益昌的长期合作的条件,即双源渠道存在。

6 结 语

本文在服务 - 价格敏感需求条件下,构建了基于主从对策的供应链双源渠道协调模型,研究了供应链双源渠道上下游节点之间的协调与传统渠道和

电子渠道之间的两种协调方式,分析了制造商选择开拓电子市场的条件及零售商选择维持与制造商的长期合作的条件。最后结合宝钢益昌公司的实际运作进行了仿真计算和分析。

本文的模型是基于线性需求条件建立的,主要讨论了不同服务价值对供应链各个节点进行渠道选择的影响。但是,在更复杂、更现实的环境下,消费者需求是不确定的并且受除价格、服务之外其他因素的影响。如何考虑附加服务价值对双源渠道价格

竞争的影响,如何考虑不确定需求环境下的双源渠道协调问题都是进一步值得研究的方向。

### 参考文献:

- [1] Scott C. H. , Scott J. E. . On models for the operation of a class of electronic marketplaces [J]. *Omega*, 2004, 32(4): 373 - 383.
- [2] 黄小原,管曙荣,晏妮娜. B2B 在线市场运作、协调与优化问题研究进展[J]. *信息与控制*, 2005, 34(2): 188 - 194.
- [3] Seifert R. W. , Thonemann U. W. , Hausman W. H. . Optimal procurement strategies for online spot market [J]. *European Journal of Operational Research*, 2004, 152(7): 781 - 799.
- [4] Brynjolfsson E. , Smith M. D. . Frictionless Commerce? A Comparison of Internet and Conventional Retailers [J]. *Management Science*, 2000, 46(4): 563 - 585.
- [5] Chiang W. K. , Monahan G. E. . Managing inventories in a two - echelon dual - channel supply chain [J]. *European Journal of Operational Research*, 2005, 162(2): 325 - 341.
- [6] Tsay A. A. , Agrawal N. . Channel dynamics under price and service competition [J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2000, 2(4): 372 - 391.
- [7] Cachon G. P. . Supply chain coordination with contracts. *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management* [M]. Edited by Steve Graves and Ton de Kok. North Holland, 2003.
- [8] 张钦,达庆利,沈厚才. 供应链中基于 Stackelberg 博弈的 EOQ 模型[J]. *中国管理科学*, 2002, 10(3): 38 - 42.
- [9] Taylor T. A. . Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects[J]. *Management Science*, 2002, 48(8): 992 - 1007.
- [10] Schniederjans M. J. , Cao Q. . E - commerce operations management [M]. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2002.
- [11] 张玉林,陈剑. 供应链中基于 Stackelberg 博弈的信息共享协调问题研究[J]. *管理工程学报*, 2004, 18(3): 118 - 120.
- [12] 柳键,马士华. 供应链库存协调与优化模型研究[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(4): 1 - 8.
- [13] Wang C. X. , Benaroch M. . Supply chain coordination in buyer centric B2B electronic markets [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 92(2): 113 - 124.

### Stackelberg Game Models of Supply Chain Dual - Channel Coordination in E - Markets

YAN Ni - na<sup>1,2</sup>, HUANG Xiao - yuan<sup>3</sup>, LIU Bing<sup>4</sup>

(1. Shougang Iron & Steel Co. , Beijing 100041, China;

2. Business School, Renmin University, Beijing 100027, China;

3. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China;

4. Emerson Process Management Co. Ltd. , Beijing 100020, China)

**Abstract:** Under the service - price sensitive demand condition, the Stackelberg game models of supply chain dual - channel coordination in e - markets are established. The integrated decision and Stackelberg game for traditional channel and dual - channel are considered respectively. Two modes of supply chain coordination are studied, that is coordination between upriver and downriver companies and coordination between tradition channel and online direct channel. Finally, combining with the e - commerce practice of Shanghai Baosteel Yichang Co. , the simulating calculation and analysis for supply chain dual - channel are carried out.

**Key words:** supply chain; e - markets; dual - channel; coordination; stackelberg game