

文章编号: 1001-0920(2009)07-1114-03

供应链库存博弈的均衡分析: 讨价还价

吴辉球^{1,2}, 罗云峰¹, 刘昌臣¹

(1. 华中科技大学 系统工程研究所, 武汉 430074; 2. 湖南涉外经济学院 商学院, 长沙 410205)

摘要: 通过构建供应链联合库存利润流分配的博弈模型, 探讨了供应链联合库存利润流分配的机理——讨价还价. 得出了企业获得的利润主要取决于企业在供应链中的相对地位的结论, 指出一般企业如果想改善其在讨价还价中的处境, 在讨价还价之前必须和处于关键地位的企业签定有约束力的协议, 防止处于关键地位的企业利用惩罚性的策略作威胁.

关键词: 供应链; 库存博弈; 讨价还价

中图分类号: C93 **文献标识码:** A

Equilibrium analysis of supply chain inventory game: Bargaining

WU Hui-qiu^{1,2}, LUO Yun-feng¹, LIU Chang-chen¹

(1. Institute of Systems Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Commercial College, Hunan International Economics University, Changsha 410205, China. Correspondent: LUO Yunfeng, E-mail: hwl_lyf@tom.com)

Abstract: By establishing a game model, the mechanism of the distribution of profit stream about joint inventory of supply chain — bargaining is discussed. The conclusion shows that the profit got by an enterprise is mainly determined by the relative situation of the enterprise compared to the other enterprise. And if the enterprise in the inferior situation wants to change this kind of situation, it can sign a contract which has restraint power to the other enterprise before the start of bargaining in proof that the other enterprise uses punishing strategy as a threat to it.

Key words: Supply chain; Inventory game; Bargaining

1 引言

虽然供应链管理的整体绩效取决于各个供应链节点企业的绩效, 但是各个节点企业都有相互独立的目标与使命, 有些目标和供应链的整体目标不相干, 甚至有可能是冲突的^[1-3]. 已有的研究表明: 一般情况下, 对整个上下游企业而言, 最优的库存水平(联合最优库存水平)对某些企业并不是最优的, 确切地说对下游企业不是最优的, 即上游企业获取了联合最优库存所带来的全部好处, 下游企业不但得不到好处, 反而在利益上要蒙受损失^[4]. 因此, 只有上游企业有开展联合最优库存的动机. 如果上下游企业之间不签订有约束力的合同, 联合库存将无法开展. 用博弈的术语描述, 在这种情况下, 这个最优的库存水平并不是一个 Nash 均衡. 基于公平的原则, 企业之间如果能够达成协议, 那么这种协议应该是利益均沾的协议, 即对签订协议的各方来说, 根据

协议获得的收益应不小于没有协议时其获得的收益. 相对于企业单独决策时获得收益, 企业联合决策时可签订的利益均沾的协议有很多. 只要上游企业给下游企业的补偿不少于下游企业开展联合最优库存水平所蒙受的损失, 则下游企业都可能接受开展联合最优库存. 那么是否只要上游企业给下游企业的补偿不少于下游企业开展联合最优库存水平所蒙受的损失, 下游企业就会接受上游企业提出的开展联合最优库存的建议呢? 两个企业如何分配由于开展联合库存而增加的收益呢? 本文通过一个讨价还价模型来说明这个问题.

2 供应链库存博弈: 讨价还价

假设在每一个时期, 上下游企业单独决策时选择的最优库存水平分别为 T_u^1 和 T_b^1 , 两个企业获得的利润流分别为 \bar{v} 和 \bar{b} ; 上下游企业联合决策时的联合最优库存水平分别为 T_u^2 和 T_b^2 , 两个企业获得

收稿日期: 2008-07-14; 修回日期: 2008-09-24.

基金项目: 国家自然科学基金项目(60674083).

作者简介: 吴辉球(1974—), 男, 湖南南县人, 博士生, 从事决策分析、博弈论等研究; 罗云峰(1966—), 男, 湖南常德人, 教授, 博士, 从事决策分析、博弈论等研究.

的利润流分别为 \hat{v} 和 \hat{b} 。由于企业开展联合库存能够改善供应链的绩效,则有

$$\hat{v} + \hat{b} > \hat{v} + \hat{b}.$$

上下游企业的效用函数分别用 $u_U(\cdot)$ 和 $u_D(\cdot)$ 表示,它们都是关于利润的拟凹的增函数。

上下游企业之间就如何分配利润进行讨价还价,假设在讨价还价过程中两个企业轮流出价,一个企业给出出价后,另一个企业立即进行还价。如果一个企业的出价被另一个企业拒绝,则另一个企业在

时间后才能出价。用 x_U 表示上游企业的出价, x_D 表示下游企业的出价。为简单起见,每个企业的出价表示它要求在协议生效期间获得的利润流。如果一个企业的出价被接受,则在协议生效的时期内,出价的企业获得它所提出的利润流,还价企业获得剩余的利润流。协议一旦达成,可以一直执行下去。如果一个出价被拒绝并且两个企业暂时中止供应链关系,则上游企业获得保留的利润流 \hat{v} , 下游企业获得保留的利润流 \hat{b} (可以将 \hat{v} 和 \hat{b} 视为一个企业对另一个企业实施最严厉的惩罚时两个企业分别获得的利润流);如果在讨价还价期间企业选择继续维持供应链关系,则两个企业可以获得的利润流分别为 \hat{v} 和 \hat{b} 。上游企业对利润流的贴现因子为 r_U , 下游企业对利润流的贴现因子为 r_D 。令 $\delta_U = \exp(-r_U)$, $\delta_D = \exp(-r_D)$ 。

3 均衡求解

命题 1 上述讨价还价模型存在一个如下战略的子博弈精炼 Nash 均衡,并且当 $\hat{v} > \hat{b}$ 或 $\hat{v} < \hat{b}$ 时,该子博弈精炼 Nash 均衡是该模型唯一的子博弈精炼 Nash 均衡。在均衡中,双方的战略如下:

- 1) 当轮到上游企业出价时,它总是出价 x_U^* ;当轮到下游企业出价时,只有当下游企业的出价小于等于 x_D^* 时,它才接受下游企业的出价,并在下一次出价之前,选择中止供应链关系。
- 2) 当轮到下游企业出价时,它总是出价 x_D^* ;而当轮到上游企业出价时,只有当上游企业的出价小于等于 x_U^* 时,它才接受上游企业的出价,并在下一次出价之前,选择中止供应链关系。其中

$$x_U^* = \frac{1 - \delta_D}{1 - \delta_U \delta_D} (\hat{v} - \hat{v}) + \hat{v},$$

$$x_D^* = \frac{1 - \delta_U}{1 - \delta_U \delta_D} (\hat{b} - \hat{b}) + \hat{b},$$

$$\hat{v} = \hat{v} + \hat{b}, \quad \hat{b} = \hat{v} + \hat{b}.$$

证明 两个企业效用是关于利润的增函数,因此在没有不确定性的情况下,企业效用的最大化等价于其所获得利润的最大化。

下面证明,如果上游企业采用命题 1 中的战略,

下游企业的战略——由命题 1 所定义——在博弈的任一时点都是最优的。

这个模型是一个无限重复的讨价还价博弈,因此轮到某个参与者出价的的所有子博弈都是相同的。考察下游企业必须向上游企业出价的时点 t (如果上游企业首先出价,则 t 是奇数;如果下游企业首先出价,则 t 是偶数)。如果下游企业运用命题 1 的战略,则它从时点 t 开始可获得 x_D^* 的利润流。

考察下游企业的任一可选战略,用 x_t 表示其在时点 t 的出价。如果 $x_t < x_D^*$,则上游企业将会接受下游企业的出价,下游企业将从时点 t 开始可以获得 x_t 的利润流,因此偏离至这一可选战略并不是有利可图的。如果 $x_t > x_D^*$,则上游企业将不会接受下游企业的出价,博弈将进入时点 $(t + 1)$,由于上游企业采用命题 1 的战略,下游企业最多从时点 $(t + 1)$ 开始获得 $1 - x_U^*$ 的利润流,或者从时点 $(t + 2)$ 开始获得 x_D^* 的利润流。两种情况下下游企业的利润流的贴现都没有在时点 t 开始获得 x_D^* 的利润流的贴现高。故下游企业的任何偏离都是无利可图的。

同理可以证明:如果下游企业采用命题 1 中的战略,则上游企业的战略——由命题 1 所定义——在博弈的任一时点都是最优的。故命题 1 的战略组合构成子博弈精炼 Nash 均衡。当 $\hat{v} > \hat{b}$ 或者 $\hat{v} < \hat{b}$ 时,在讨价还价期间必定有一个企业会选择暂时终止供应链关系,此时命题 1 的战略组合是模型的唯一子博弈精炼 Nash 均衡(证明可参考文献[5])。

从命题 1 的结论来看,如果企业在讨价还价期间可以选择中止供应链关系,在均衡中,上下游企业单独决策时获得的利润流 \hat{v} 和 \hat{b} 不会对联合决策时利润流的分配产生影响。这是因为当一个企业拒绝另一个企业的出价时,只有当两个企业都愿意时他们才能获得单独决策时的利润流 \hat{v} 和 \hat{b} 。虽然这种利润流很可能比保留利润流 \hat{v} 和 \hat{b} 高,但是由于对某个企业来说,在讨价还价没有达成协议之前大家都只能获取保留的利润流是对对方的一种威胁。为了保持威胁的可信度,从而获得对他来说相对有利的协议,他必须坚持这种战略,哪怕需为此做出暂时的牺牲。

定义 1(理性预期原则) 在一个扩展式博弈中,如果始于某个结点的子博弈中存在多个子博弈精炼 Nash 均衡,并且存在一个子博弈精炼 Nash 均衡,使得至少存在一个参与者,无论其他参与人的行动如何,该参与者都能够使始于该结点的博弈的历史和该子博弈精炼 Nash 均衡的战略吻合,同时如果采取这种战略能够使博弈的结果发生有利于自身的偏离,则该子博弈精炼 Nash 均衡就是一个理性预期

均衡,该参与人即为该理性预期均衡的决定者.

理性预期原则意味着如果存在着(至少)一个特殊的参与人和一个特殊的子博弈精炼 Nash 均衡,当轮到他行动时,他能够决定博弈的走向(实际上是一种可信的威胁),从而确定与该走向相容的子博弈精炼 Nash 均衡.如果该参与人在这种始于某个结点的子博弈精炼 Nash 均衡(可能并不是原博弈的子博弈精炼 Nash 均衡)中的收益大于原博弈的某个子博弈精炼 Nash 均衡,则原博弈的这个子博弈精炼 Nash 均衡便不会出现.

命题 2 如果要求均衡必须满足理性预期原则并且讨价还价的周期无限趋近于 0,即使当 $\frac{0}{b} < \frac{1}{b}$ 以及 $\frac{0}{u} < \frac{1}{u}$ 时,上述模型不存在如下战略的均衡解.其中,双方的战略如下:

1) 当轮到上游企业出价时,它总是出价 x_u^{**} ;当轮到下游企业出价时,只有当下游企业的出价小于等于 x_u^{**} ,它才接受下游企业的出价,在讨价还价期间,企业之间维持供应链关系.

2) 当轮到下游企业出价时,它总是出价 x_d^{**} ;而当轮到上游企业出价时,只有当上游企业的出价小于等于 x_d^{**} ,它才接受上游企业的出价,在讨价还价期间,企业之间维持供应链关系.其中

$$x_u^{**} = \frac{1-p}{1-u} \left(\frac{1}{b} - \frac{0}{b} \right) + \frac{1}{u},$$

$$x_d^{**} = \frac{1-p}{1-u} \left(\frac{1}{u} - \frac{0}{u} \right) + \frac{1}{d},$$

$$1 = \frac{1}{u} + \frac{1}{d}.$$

证明 容易证明上述战略构成子博弈精炼 Nash 均衡.那么如果有企业偏离了命题 2 中规定的战略,另外一个企业会怎么认为呢?难道他还会坚持认为对方在所有的子博弈中都采取命题 2 而非命题 1 所描述的战略吗?

在讨价还价期间,无论对方愿意与否,一个企业总可以对另一个企业实施惩罚.因此,在博弈的任意节点,每个企业都能够采取相应的战略,使得博弈的历史和命题 1 中的战略相容,每个企业都可能是命题 1 中均衡的决定者.

考虑上游企业向下游企业的出价,在下次出价之前,它只有选择暂时中止供应链关系才可能使在下次出价的子博弈中达成命题 1 的均衡.如果 $(1 - (u)^2) \frac{0}{u} + (u)^2 x_u^* > x_u^{**}$, (1) 则上游企业在讨价还价期间选择中止供应链关系的威胁就是可信的.

将 $\frac{0}{u}, x_u^*$ 和 x_u^{**} 代入式(1),经化简得

$$\frac{1}{u} - \frac{0}{u} < \frac{1-p}{1-u} \left[(u)^2 \left(\frac{1}{b} - \frac{0}{b} \right) - \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{u} \right) \right]. \quad (2)$$

同理可得出当下式

$$\frac{1}{d} - \frac{0}{d} < \frac{1-p}{1-u} \left[(d)^2 \left(\frac{1}{u} - \frac{0}{u} \right) - \left(\frac{1}{u} - \frac{1}{d} \right) \right] \quad (3)$$

成立时,下游企业的威胁也是可信的.

只要式(2)或(3)中的一个成立(不可能同时成立),那么命题 2 中的战略所描述的均衡就不满足理性预期原则.此时即使 $\frac{0}{b} < \frac{1}{b}$ 和 $\frac{0}{u} < \frac{1}{u}$,命题 2 的战略组合也不大可能成为讨价还价博弈的解.这是因为在多个子博弈精炼 Nash 均衡上,不同参与人可能有不同的偏好.如果一个参与人的故意偏离能够迫使对方改变其最初的均衡预期,从而使均衡偏离到对他来说更有利的均衡上,同时这种偏离的成本又足够的小,那么他便有动机这么做.

如果 $0 < \frac{0}{b}$,式(2)和(3)就会分别变成

$$r_u \left(\frac{1}{u} - \frac{0}{u} \right) < r_d \left(\frac{1}{b} - \frac{0}{b} \right), \quad (4)$$

$$r_d \left(\frac{1}{b} - \frac{0}{b} \right) < r_u \left(\frac{1}{u} - \frac{0}{u} \right). \quad (5)$$

只要 $r_d \left(\frac{1}{b} - \frac{0}{b} \right) > r_u \left(\frac{1}{u} - \frac{0}{u} \right)$,式(4)和(5)必定有一个成立,相应的上游企业或者下游企业就有偏离命题 2 的均衡的动机.

式(4)和(5)表明,在讨价还价期间,如果一个出价被拒绝后另一个企业能够立即进行还价,那么只有当企业选择中止供应链关系给两个企业带来的损失正好处于某个比例关系时(和贴现率成正比),两个企业才会选择维持供应链关系;否则某个企业宁愿选择受到损失也要维持其威胁的可信度.

4 结 论

本文通过建立一个讨价还价模型,探讨了供应链库存管理中上下游企业的库存管理利润分配机制,证明了一般情形下,联合库存的利润分配只受双方在讨价还价期间暂时中止供应链关系获得的保留效用以及双方贴现率的影响,与双方在讨价还价期间维持供应链但单独决策时获得的利润流无关.如果一个企业在讨价还价关系中能够在自身损失很小的情况下,对其他企业的不合作态度实施很严重的惩罚,则在这种讨价还价关系中它将会处于一个十分有利的地位.因此,在供应链关系中,如果企业之间开展联合库存,则处于关键地位的企业可能会攫取绝大部分的增值利润,而其他企业只能获得很少甚至无法获得增值利润的份额.如果一般的企业希望在讨价还价中改变被动的地位,则他们应在讨价还价开始之前与处于关键地位的企业签订有约束力的协议,然后再进行联合库存利润分配的讨价还价.

(下转第 1120 页)

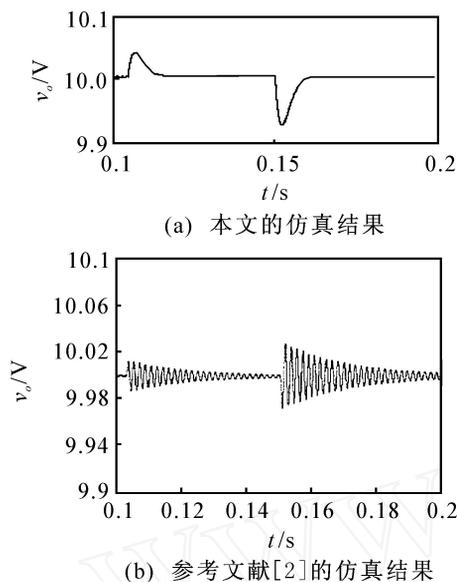


图3 $R = 20$, $P = 10W$ 跳变至 $R = 1000$, $P = 10W$ 再跳变至 $R = 1000$, $P = 20W$ 时,输出电压 v_o 的动态响应

供稳定的电压,同时向恒功率负载提供恒定的功率,具有大信号稳定特性.与参考文献[2]对比可以看出,负载变化时,采用本文的控制方法,系统超调量略大于后者,但稳定性和快速性都优于后者.

5 结 论

本文采用状态反馈精确线性化控制技术设计了BUCK变换器带恒功率负载系统的非线性控制律,用SABER软件对求出的控制律进行了仿真验证.结果表明,采用反馈精确线性化方法可以实现对BUCK变换器带恒功率负载的控制,表现出大信号稳定特性.

参考文献(References)

[1] Jusoh Awang Bin. The instability effect of constant

power loads [C]. National Power and Energy Conf. Malaysia, 2004: 175-179.

[2] Ali Emadi, Mehrdad Ehsani. Negative impedance stabilizing controls for PWM DC/DC converters using feedback linearization techniques [C]. 35th Intersociety Energy Conversion Engineering Conf. Las Vegas, 2000: 613-620.

[3] 卢强, 孙元章. 电力系统非线性控制 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.

(Lu Q, Sun Y Z. The nonlinear control of power system [M]. Beijing: Science Press, 1993.)

[4] Sir Ramirez H, Silva-Ortigoza R. Control design techniques in power electronics devices [M]. London: Springer, 2006.

[5] 邓卫华, 张波, 胡宗波, 等. CCM BUCK 变换器的状态反馈精确线性化的非线性解耦控制研究 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(5): 120-125.

(Deng W H, Zhang B, Hu Z B, et al. Research of nonlinear decouple control law using state variable feedback linearization method based on the CCM BUCK converter [J]. Proc of the CSEE, 2004, 24(5): 120-125.)

[6] Erickson Robert W, Maksimovic Dragan. Fundamentals of power electronics [M]. Chapman & Hall, 1997.

[7] 邢继祥, 张春蕊, 徐洪泽. 最优控制应用基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(Xing J X, Zhang C R, Xu H Z. The application basis of the optimal control [M]. Beijing: Science Press, 2003.)

[8] Katsuhiko Ogata. 现代控制工程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

(Katsuhiko Ogata. Modern control engineering [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2007.)

(上接第 1116 页)

参考文献(References)

[1] 程洵. 确良供应链环境下库存管理 [J]. 市场周刊, 2008, 4(2): 44-45.

(Cheng X. Inventory management in supply chain environment [J]. Weekly of Market, 2008, 4(2): 44-45.)

[2] 张广霞. 联合库存管理法在供应链库存控制中的应用 [J]. 中国市场, 2008, 6(15): 14-15.

(Zhang G X. An application of joint inventory management in supply chain inventory control [J]. Market of China, 2008, 6(15): 14-15.)

[3] 蔡建湖, 黄卫来, 张子刚. 一个考虑回收契约的两级供

应链库存决策模型研究 [J]. 管理工程学报, 2008, 22(1): 122-124.

(Cai J H, Huang W L, Zhang Z G. Study on a two-echelon supply chain inventory model under buy back contract [J]. J of Industrial Engineering/Engineering Management, 2008, 22(1): 122-124.)

[4] Clark A J, Scarf H. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem [J]. Management Science, 1960, 6(4): 475-490.

[5] Muthoo A. Bargaining theory with application [M]. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics Press, 2005.