

供应链中产品与信息质量改进的战略联盟策略研究^①

鲁其辉^{1,2}, 朱道立²

(1. 浙江大学管理学院管理科学与工程系, 杭州 310058 2 复旦大学管理学院, 上海 200433)

摘要: 本文分析了一个包含单个供应商和单个制造商的供应链, 研究了关于供应商的产品质量和市场需求的信息质量改进的战略联盟策略的设计, 分析了成本共担策略能提高供应链绩效的条件及其对供应链的影响和价值. 在供应链联盟中制造商参与到供应商的质量改进活动中, 使供应商具有改进质量水平的激励, 相应的使市场需求均值增加或使需求信息精度提高, 供应商的期望收益比分散决策的供应链中的收益增加, 当质量成本共担参数满足某些条件时, 制造商也将获得比无战略联盟情况中更高的收益.

关键词: 供应链; 质量管理; 战略联盟; 协调; 一体化

中图分类号: F253 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2010)10-0079-10

0 引言

经过近 20 年的科学探索和实践应用, 供应链管理已经成为当前最为重要的一种管理范式, 其最重要的影响是使人们对企业的许多管理活动从传统的单个企业的维度向供应链的网络维度转变^[1]. 供应链管理理论对质量管理的影响是深远的, 以往将产品质量管理活动理解为企业内部运作层面的活动, 现在人们从供应链战略联盟的角度来重新定义质量管理, Mellatparast & Dignan 给出了战略联盟内部的质量管理的概念: 协调和一体化所有的商业活动, 如生产, 技术等, 将联盟中所有合作者通过过程的连续提高, 来实现提高绩效和顾客满意度的目标^[2]. 本文的研究内容是在供应链中关于产品与信息质量改进的战略联盟策略的设计及其价值分析.

因供应链往往是由分散且独立的经济体组成, 供应链管理的一个关键的论点就是发展一种能使各成员的目标一致, 或使成员的行动能提高整个供应链系统绩效的机制. 目前, 研究者提出各

种供应链管理的合作策略, 如, 信息共享、VMI 期权定价、柔性订货策略等^[1]. 不同的供应链结构和背景需要采用不同的供应链策略. 对于本文研究的产品质量和信息质量改进问题, 文中分析了一种成本共担策略, 这种策略能在供应链成员都接受的条件下使供应链整体的绩效得以提高.

近年来, 有些研究者已经开始从供应链角度来研究产品的质量策略问题. Baiman et al 分析了一个“供应商—买主”的供应链, 供应商可以通过增加质量成本来提高产品的质量水平(表示为生产出合格产品的概率), 买主可以通过增加鉴别供应商的中间产品的成本来提高其最终产品的质量(表示为供应商的不合格产品被检测出的概率), 文中分析了最优质量水平与质量成本和合同中的信息之间的关系^[3]. Zhu et al 研究了供应链中不同成员在质量改进中扮演的角色, 分析指出下游企业的参与对供应链的所有成员的利益有巨大的影响, 在供应链中下游企业不能把所有的质量提高的责任交给上游企业, 而应该采用合作

① 收稿日期: 2008-01-14 修订日期: 2010-04-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71002084 70832005); 上海市重点学科建设资助项目(B210).

作者简介: 鲁其辉(1977-), 男, 湖南益阳人, 博士, 讲师. Email: qihuik@163.com

的态度来共同提高产品质量^[4]. Lin 分析了在非完全信息情况下, 供应链关于产品质量的合同设计问题, 文中从下游企业的角度考虑选择何种交易合同使上游企业参与交易并使本方收益最大化^[5]. 李丽君等采用委托代理理论的方法探讨了双边道德风险条件下的质量控制策略^[6]. Reyniers & Tapiero 研究了质量合同参数 (价格回补和售后保修) 对上游企业的质量选择、下游企业的质检策略和最终产品质量的影响, 该文的研究突出了战略合同对质量策略的重要性^[7]. Singer et al. 考虑了产品质量水平表示为所有产品中次品的概率, 供应商和零售商都通过提高检测的努力程度来提高产品的质量, 文中研究了供应链一体化决策的均衡解, 并分析了边际收益对供应商的质量决策的影响^[8].

本文的研究角度与以往的研究有多个不同点: 首先以往的研究都说明了供应链成员对质量改进的投入将影响最终产品的质量, 但较少考虑产品质量通过对市场需求的影响产生对供应链策略的影响; 其次以往的研究大多在供应链分散决策的情况中分析质量改进策略问题, 而没有研究采用何种合同机制使供应链的整体绩效提高; 最后本文不仅考虑了产品质量的改进问题, 而且将关于产品的市场需求信息的质量改进问题同时进行了研究.

1 研究背景与供应链模型

战略联盟是现代产业发展与激烈的市场竞争的产物, 与传统的充满敌对关系的买方—卖方关系不同, 战略联盟通过增加相互信任、共享信息和统一目标等方法, 取得双方共同的持久利益而形成一种长期合作的关系. 戴姆勒—克莱斯勒汽车公司和 Rockwell 公司允许双方的工程师在汽车的设计阶段就开始共同合作, 这种战略联盟关系使产品的投放时间大大缩短、生产成本也大幅降低^[9]. 供应链战略联盟关系将得到传统供应链关系所不能得到的利益, 如: 削减成本, 改善质量, 缩短时间周期, 提高顾客满意度, 增强整体竞争优势^[10]. 在本研究中, 将在供应链战略联盟中分析关于质量改进的合作合同的形成条件以及战略联盟策略对供应链成员收益与成本的影响.

在本文考虑的供应链中, 一个供应商向其下游制造商提供某种关键的中间产品, 该产品的质量水平 μ 直接决定了制造商生产的最终产品的质量. 这里所指的质量水平是指从基本质量水平基础上的改进值, 为简化说明这里一致称之为质量水平. 最终产品的市场需求量 x 是随机的, 并假设市场需求服从正态分布 $N(\mu_x, \sigma_x)$, 其中 μ_x 为均值, σ_x 为标准方差.

这里假定供应商的产品质量 μ 与市场需求的均值 μ_x 满足函数关系 $\mu_x(\mu)$, 并满足一般假定条件 $\lim_{\mu \rightarrow 0} \mu_x(\mu) = \alpha$, $\lim_{\mu \rightarrow \infty} \mu_x(\mu) = \infty$, $\mu'_x(\mu) \geq 0$, $\mu''_x(\mu) \leq 0$. Banker et al 在研究竞争情况下的质量改进策略时, 假定市场需求与质量改进水平和价格满足线性关系^[11]. 为研究的简便起见, 假定市场平均需求与供应商的产品质量满足线性关系 $\mu_x(\mu) = \alpha + m\mu$. 本文考虑的产品质量改进成本 $C_1(\mu)$ 是指一种固定投资, 为了简便起见这里仅考虑成本的一种特殊情况 $C_1(\mu) = v\mu^2$. 在供应链成员分散决策的情况下, 质量成本由供应商独立承担, 当供应链采用战略联盟策略后, 产品质量成本由供应链成员分担.

在分散决策的情况中, 供应商独自承担收集市场信息的质量水平直接反映在需求信息的精度上, 即 σ_x . 当 σ_x 越小时, 信息质量水平越高, 但关于收集信息的成本越高. 仅考虑成本函数形式 $C_2(\sigma_x) = k/\sigma_x^2$. 由于当需求信息精度太差时, 供应链成员承担的风险太大而使期望收益过小, 故这里设定最低信息质量, 即信息质量改进的起点 $\sigma_x \leq \sigma_0$. 当供应链形成战略联盟策略时, 供应链成员分担信息质量成本.

供应商与制造商订立买卖合同, 并假定订货量能及时交付且不失一般性的令配送费用为零. 由于市场需求是不确定的, 订货具有销售风险, 当缺货发生时, 制造商将承担机会损失; 销售时间段过后, 多余货品具有固定的残值. 下面是模型中的主要记号.

$f(x)$: x 的概率密度函数;

$F(x)$: x 的概率分布函数; $F^{-1}(\cdot)$ 表示其反函数;

$\phi(x)$: 标准正态分布密度函数, 即 $\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$;

$\Phi(x)$: 标准正态分布函数; $\Phi^{-1}(\cdot)$ 表示其反函数;

p : 单位商品零售价;

w : 供应商提供给制造商的批发价;

s 未售出商品的残值;

g : 销售机会损失的惩罚单价;

c 供应商的单位商品生产成本;

q 制造商向供应商订购的商品数量, 即订货量。

不失一般性的这里假定模型中参数满足下列基本条件: $g < c < w < p, s < c$

与以往的研究方式相一致, 这里采用单阶段库存模型 (newsvendor problem) 作为产品的订货决策模型。首先考虑当供应链与制造商集成为一个整体时, 分析供应链的最优决策, 注意到这里的订货量实际表示为供应链的产量。由 Pasternack^[12], 鲁其辉等^[13] 可知, 对于给定的供应商产品质量与信息质量水平 μ, σ_x , 下式给出了供应链的期望收益

$$\Pi_{sc}(\mu, \sigma_x; q) = (p-c)q - \int_0^q g(x-q)f(x) dx + \int_0^q (q-x)f(x) dx - (v\mu^2 + k/\sigma_x^2)$$

记

$$\lambda = \frac{p+g-c}{p+g-s} B(q) = \int_q^{\infty} (x-q)\phi(x) dx$$

因为对于固定的 μ, σ_x , 供应链的产品生产量决策是一个 Newsvendor 问题, 那么最优订货量为

$$q^* = F^{-1}(\lambda) = \mu + \Phi^{-1}(\lambda)\sigma_x$$

由 [13] 易知, 在采用最优订货量时供应链的期望收益为

$$\Pi_{sc}(\mu, \sigma_x) = (p-c)\mu - t\sigma_x - (v\mu^2 + k/\sigma_x^2)$$

其中, $t = (c-s)\Phi^{-1}(\lambda) + (p+g-s)B(\Phi^{-1}(\lambda))$ 。

命题 1 对于任意的参数 $\lambda > 0$ 有 $t > 0$

证明 由 [13] 中引理 11 和引理 12 可知, 对任意的 $\lambda > 0$ 有 $\Phi^{-1}(\lambda) + B(\Phi^{-1}(\lambda)) > 0$ 又显然有 $B(\Phi^{-1}(\lambda)) > 0, p-s > c-s$ 那么 $t > (c-s)(\Phi^{-1}(\lambda) + B(\Phi^{-1}(\lambda))) + gB(\Phi^{-1}(\lambda)) > 0$

下面分析最优质量解, 由于 $\frac{\partial^2 \Pi_{sc}(\mu, \sigma_x)}{\partial \mu^2} =$

$$(p-c)u''(\mu) - 2v < 0, \frac{\partial^2 \Pi_{sc}(\mu, \sigma_x)}{\partial \sigma_x^2} = -6k/\sigma_x^4 < 0$$

那么,

$$\frac{\partial \Pi_{sc}(\mu, \sigma_x)}{\partial \mu} = (p-c)m - 2v\mu = 0 \Rightarrow \mu^* = \frac{(p-c)m}{2v}$$

$$\frac{\partial \Pi_{sc}(\mu, \sigma_x)}{\partial \sigma_x} = -t + 2k/\sigma_x^3 = 0 \Rightarrow \sigma_x^* = \sigma_1^* = \sqrt[3]{\frac{2k}{t}}$$

其中假定 $\sigma_1^* \leq \sigma_0$ 。

相应的供应链的最大期望收益为

$$\Pi_{sc}^* = \Pi_{sc}(\mu^*, \sigma_x^*) = (p-c)\alpha + (p-c)m^2/4v - \frac{3}{2}\sqrt[3]{2kt^2} \quad (1)$$

2 分散型供应链模型中质量改进策略

这一节将分析在分散型供应链中, 制造商的订货决策和供应商的产品与信息质量水平的决策。对制造商来说, 在给定的 μ, σ_x 的条件下, 最优订货量由最大化下列期望收益函数得出

$$\Pi_M(q | \mu, \sigma_x) = (p-w)q - \int_q^{\infty} g(x-q)f(x) dx + \int_0^q (q-x)f(x) dx$$

由于以上问题显然是一个经典的 newsvendor 问题, 易得最优订货量为 $\bar{q}(\mu, \sigma_x) = \mu + \Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x$, 其中记 $\bar{\lambda} = \frac{p+g-w}{p+g-s}$ 。相应的, 制造商的最大期望收益为

$$\bar{\Pi}_M(\bar{q} | \mu, \sigma_x) = (p-w)\mu - \bar{t}\sigma_x$$

其中, $\bar{t} = (w-s)\Phi^{-1}(\bar{\lambda}) + (p+g-s)B(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))$ 。按命题 1 的证明步骤容易知道 $\bar{t} > 0$

供应商在考虑到制造商将采用最优订货量 \bar{q} 向其订货的情况下, 供应商面临的质量决策问题是在满足 $\sigma_x \leq \sigma_0$ 的条件下最大化下列收益函数

$$\Pi_S(\mu, \sigma_x) = (w-c)\bar{q}(\mu, \sigma_x) - C_1(\mu) - C_2(\sigma_x) = (w-c)\mu - v\mu^2 + (w-c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x - k/\sigma_x^2 \quad (2)$$

由 $\frac{\partial \Pi_S(\mu, \sigma)}{\partial \mu} = 0$ 可得, 最优产品质量水平为

$$\pi = \frac{(w - c)m}{2v} \quad (3)$$

因为当 $\bar{\lambda} < 1/2$ 有 $\Phi^{-1}(\bar{\lambda}) < 0$ 当 $\bar{\lambda} \geq 1/2$ 有 $\Phi^{-1}(\bar{\lambda}) \geq 0$ 所以在 (2) 中求解最优信息质量水平时, 需要分别考虑这两种情况. 最优市场信息质量水平为

$$\bar{\pi}_s = \begin{cases} (w - c)\alpha + \frac{m^2(w - c)^2}{4v} - \frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_1 < \sigma_0 \\ (w - c)\alpha + \frac{m^2(w - c)^2}{4v} + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_0 - k/\sigma_0^2, & \text{否则} \end{cases} \quad (5)$$

制造商在供应商采用最优决策的条件下的最大期望利润为

$$\bar{\pi}_M = \begin{cases} (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v} - t \sqrt[3]{\frac{2k}{(w - c)|\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_1 < \sigma_0 \\ (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v} - t\sigma_0, & \text{否则} \end{cases} \quad (6)$$

注意到, 与以往的研究不同, 在本文考虑的供应链模型中, 价格是由供应链的外部因素决定的, 供应链成员只考虑影响其收益的产品质量、市场信息的质量以及相关的成本等非价格因素, 但是供应链成员之间的支付关系(批发价格)对供应链成员的决策和收益有巨大的影响. 由最优解 (3), (4) 可知, 当批发价格越高时, 供应商设定的产品质量水平越高, 收集市场信息的努力程度提高使信息质量提高 ($\bar{\sigma}$ 降低), 这将使供应链成员的收益发生变化. 由于无法得到相应的分析解, 下面通过一个示例来分析批发价格对供应链中的收益的影响情况.

例 1 考虑在供应链模型中的参数值为 $p = 220$ $c = 100$ $s = 20$ $g = 20$ $\alpha = 10$ $m = 0.8$ 质量改进的支出参数为 $v = 0.2$ $k = 40000$ 且 $\sigma_0 = 15$ 当供应链成为集成式的供应链时, 最优质量解为 $\bar{\mu}^* = 240$ $\bar{\sigma}_x^* = 9.89$ 相应的供应链最大期望总收益为 $\bar{\pi}_{sc}^* = 11494$ 在质量改进中投入的成本为 $C_1(\bar{\mu}^*) + C_2(\bar{\sigma}_x^*) = 11929$ 对于分散型的供应链, 考虑产品的批发价在区间中 $[140, 210]$ 变化, 图 1 给出了供应链成员的期望收益的变化情况, 其中 $\bar{\pi}_{sc} = \bar{\pi}_M + \bar{\pi}_S$.

由图 1 可以看出, 当批发价格提高时, 供应商具有更大的动力来提高产品的质量和市场信息质量, 并相应地得到更大的收益, 使供应链的总收益提高. 对制造商来说, 随着批发价的提高, 先其收益有上升后下降, 存在一个最优的批发价格使制

$$\bar{\sigma} = \begin{cases} \bar{\sigma}_1, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_1 < \sigma_0 \\ \sigma_0, & \text{否则} \end{cases}$$

$$\text{其中, } \bar{\sigma}_1 = \sqrt[3]{\frac{2k}{(w - c)|\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}} \quad (4)$$

相应的, 供应商的最大期望利润为

造商得到最大的期望收益. 从图 1 可以看出, 对任意的批发价格, 分散型供应链的总利润总要小于集成式供应链的收益, 因此, 对于本文研究的供应链管理问题, 不能采用控制批发价格来使供应链的收益达到集成式供应链中的收益.

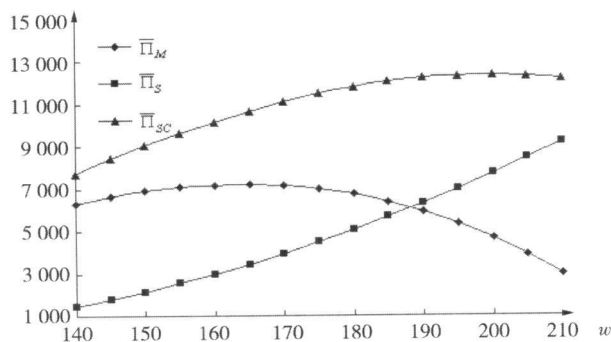


图 1 供应链成员的收益与批发价的关系

Fig. 1 Relation of profits of supply chain members with wholesale prices

3 产品质量改进的战略联盟策略分析

市场进入、成本降低、质量改进和降低风险是建立战略联盟的四个主要动机, 而产品质量改进是形成战略联盟策略的主要目标之一^[9-10]. 本文考虑的产品质量改进是供应链成员通过改进供应商的产品质量水平来使最终的产品质量水平提高. 制造商加入到供应商的产品设计、制造与检测等各项企业流程中, 共担产品质量改进的成本, 供

应商在制造商分担部分成本的情况下决定产品的质量水平. 制造商在质量改进中所承担的成本份额(定义为参数 τ_1)反映了制造商在产品质量改进中的努力程度. 制造商与供应商通过设定合理的成本分担合同使供应链成员的收益比分散决策的情况的收益提高.

在采用产品质量成本共担策略后, 制造商的期望收益函数为 $\Pi_{M1}(q | \mu, \sigma_x; \tau_1) = \Pi_M(q | \mu, \sigma_x) - \tau_1 v \mu^2$. 则最优订货量为 $\hat{q}_1(\mu, \sigma_x) = \mu_x + \Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x$, 相应的, 制造商的最大期望收益为

$$\Pi_{M1}(\mu, \sigma_x; \tau_1) = (p - w)\mu_x - \bar{i}\sigma_x - \tau_1 v \mu^2$$

在制造商采用最优订货量向供应商订货的情况下, 供应商的期望收益为

$$\hat{\Pi}_{S1}(\tau_1) = \begin{cases} (w - c)\alpha + \frac{(w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)v} - \frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(w - c)^2 (\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_1 < \sigma_0 \\ (w - c)\alpha + \frac{(w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)v} + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_0 - k/\sigma_0^2 & \text{否则} \end{cases} \quad (8)$$

相应的, 制造商的最大期望利润为

$$\hat{\Pi}_{M1}(\tau_1) = \begin{cases} (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2(1 - \tau_1)v} - \bar{i} \sqrt[3]{\frac{2k}{h(w - c) | \Phi^{-1}(\bar{\lambda}) |}} - \frac{\tau_1 (w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)^2 v}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_1 < \sigma_0 \\ (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2(1 - \tau_1)v} - \bar{i}\sigma_0 - \frac{\tau_1 (w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)^2 v}, & \text{否则} \end{cases} \quad (9)$$

定理 1 当供应链参数满足 $(w - c) \geq 2(p - w)$ 时, 成本共担策略不能使供应链帕雷托改进; 当 $(w - c) < 2(p - w)$ 时, 若合同参数 τ_1 满足 $0 < \tau_1 \leq \hat{\tau}_1$, 成本共担策略使供应链帕雷托改进, 其中 $\hat{\tau}_1 = 1 - \frac{(w - c)}{2(p - w)}$.

证明 比较供应商的利润函数式 (5) 和 (8), 容易知道, 对任意的 $0 < \tau_1 < 1$, 供应商的利润满足 $\hat{\Pi}_{S1}(\tau_1) \geq \bar{\Pi}_S$. 比较制造商的利润函数式 (6) 和 (9) 可得

$$\hat{\Pi}_{M1}(\tau_1) \geq \bar{\Pi}_M$$

$$\Leftrightarrow \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2(1 - \tau_1)v} - \frac{\tau_1 (w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)^2 v} \geq \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{S1}(\mu, \sigma_x | \tau_1) &= (w - c)\hat{q}_1(\mu, \sigma_x) - (1 - \tau_1)v\mu^2 - k/\sigma_x^2 \\ &= (w - c)\mu_x - (1 - \tau_1)v\mu^2 + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x - k/\sigma_x^2 \end{aligned} \quad (7)$$

由 $\frac{\partial \Pi_{S1}(\mu, \sigma_x | \tau_1)}{\partial \mu} = 0$ 可知最优产品质量水平为

$$\hat{\mu}_1 = \frac{(w - c)m}{2(1 - \tau_1)v}$$

比较供应商的目标函数 (2) 和 (7) 可知, 当供应链采用质量成本共担策略时, 最优市场信息质量水平解为 $\hat{\sigma}_1 = \bar{\sigma}$. 那么在采用产品质量的成本共担策略后, 供应商的最大期望利润为

$$\begin{aligned} &\Leftrightarrow \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v} \frac{\tau_1}{1 - \tau_1} \geq \frac{\tau_1 (w - c)^2 m^2}{(1 - \tau_1)^2 4v} \\ &\Leftrightarrow \tau_1 \leq 1 - \frac{(w - c)}{2(p - w)} = \hat{\tau}_1 \end{aligned}$$

显然, 当 $\hat{\tau}_1 \leq 0$ 时 (即 $(w - c) \geq 2(p - w)$), 成本共担策略不能使供应链帕雷托改进; 当 $\hat{\tau}_1 > 0$ 时, 若合同参数 τ_1 在区间 $(0, \hat{\tau}_1]$ 中取值时, 成本共担策略使供应链帕雷托改进. 证毕.

定理 1 说明了质量成本共担策略能使供应链系统的整体绩效提高. 在成本共担合同中不同的参数值 τ_1 使供应链成员的收益与成本不同. 下面用一个示例来说明供应链成员的收益和成本与参数 τ_1 的关系.

例 2 考虑例 1 中供应链系统的其他参数不

变,且令批发价 $w = 170$ 的情况.对于分散型供应链系统, 供应商的最优质量解为 $\mu = 140$ $\sigma_x = 13.42$ 相应的, 供应链成员的最大期望总收益为 $\bar{\Pi}_S = 3\,953.8$ $\bar{\Pi}_M = 5\,046.7$ $\bar{\Pi}_{sc} = 9\,000.4$ 在质量改进中供应商投入的成本为

$C_1(\mu) + C_2(\sigma_x) = 4\,142.1$ 表 1给出了当采用成本共担策略以后, 供应链中的最优解和期望最大收益, 以及供应链成员在质量改进中的支出与参数 τ_1 的变化情况, 其中 \hat{C}_{S1} , \hat{C}_{M1} 和 \hat{C}_{sc1} 分别表示供应商、制造商和供应链整体在产品质量改进中的成本.

表 1 供应链的最优解, 收益和支出与 τ_1 的变化关系
Table 1 Changes of optimal profits and quality costs with τ_1

τ_1	$\hat{\mu}_1$	$\hat{\Pi}_{S1}$	$\hat{\Pi}_{M1}$	$\hat{\Pi}_{sc1}$	\hat{C}_{S1}	\hat{C}_{M1}	\hat{C}_{sc1}
0.10	155.6	4 389.3	6 740.5	11 129.8	4 577.6	484.0	5 061.6
0.15	164.7	4 645.5	5 221.1	9 866.6	4 833.8	813.8	4 647.6
0.20	175.0	4 933.8	5 221.7	10 155.5	5 122.1	1 225.0	6 347.1
0.25	186.7	5 260.4	5 171.1	10 431.5	5 448.7	1 742.2	7 190.9
0.30	200.0	5 633.8	5 046.7	10 680.5	5 822.1	2 400.0	8 222.1
0.35	215.4	6 064.5	4 814.7	10 879.2	6 252.8	3 247.3	9 500.1

由表 1可以看出, 对供应商来说, 当 τ_1 增大时, 供应商有更大的激励来提高产品的质量, 相应地增加了在质量改进中的成本, 但获得的收益要大于支出, 那么对供应商来说 τ_1 越大越有利. 对制造商来说, 当 τ_1 增大时, 其在质量改进中的成本更大, 当 $0 < \tau_1 \leq \hat{\tau}_1$ 时, 产品质量提高带来收益要大于或等于支出使制造商获利, 当 $\tau_1 > \hat{\tau}_1$ 时, 制造商在质量改进中的增加成本大于获得的收益. 因此在供应链的合同谈判中, 制造商能接受的最大成本分担额为 $\hat{\tau}_1$.

注意到表 1中供应链的总利润总是随着 τ_1 的增大而增加的, 这说明供应链能在牺牲制造商利益的前提下提高系统的总体利润, 但是制造商不会参与到这种牺牲自身利润的交易中. 如果供应商能共担由产品质量改进带来的收益, 可能使供应链的绩效有更大的改进, 这一点的研究有待进一步的发展. 供应链中关于质量的成本在 τ_1 增加时都随之增加, 这是由于 τ_1 的增大使产品质量水平增加而使总质量成本增加, 在例 1中供应商的质量成本在总的质量成本中的比例减少但数值却是增大的. 从这方面来说, 改进供应链的绩效不一定是通过降低成本来达到的, 通过增加供应链的总体竞争力(这里是提高产品质量)在增加成本的同时也使供应链的绩效提高.

4 市场信息质量改进的战略联盟策略分析

市场信息质量反映了对市场需求掌握的精确程度, 在分散决策的情况下, 供应商根据信息质量对其投入与收益的影响情况决定信息质量的水平. 下面分析若供应链采用成本共担策略, 在什么条件下这种战略联盟策略能够得以形成. 当制造商与供应商采用市场信息质量的成本共担策略以后, 制造商的期望收益为 $\Pi_{M2}(q | \mu, \sigma_x; \tau_2) = \Pi_M(q | \mu, \sigma_x) - \tau_2 k / \sigma_x^2$. 同样易知, 对于给定的

(μ, σ_x) , 制造商的最优订货量函数 $\hat{q}_2(\mu, \sigma_x) = \mu_x + \Phi^{-1}(\bar{\lambda}) \sigma_x$, 制造商期望收益为

$$\hat{\Pi}_{M2}(\mu, \sigma; \tau_2) = (p - w)\mu_x - \bar{t}\sigma_x - \tau_2 k / \sigma_x^2$$

在制造商采用最优订货量向供应商订货的情况下, 供应商的期望收益为

$$\begin{aligned} \Pi_{S2}(\mu, \sigma | \tau_2) &= (w - c)\hat{q}_2(\mu, \sigma_x) - v\mu^2 - (1 - \tau_2)k / \sigma_x^2 \\ &= (w - c)\mu_x - v\mu^2 + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x - (1 - \tau_2)k / \sigma_x^2 \end{aligned} \quad (10)$$

由 $\frac{\partial \Pi_{S2}(\mu, \sigma_x | \tau_2)}{\partial \mu} = 0$ 可知最优产品质量

水平为 $\hat{\mu}_2 = (w - c)m / (2v)$. 比较供应商的目标函数 (2) 和 (10) 可知, 当供应链采用成本共担策略时, 最优市场信息质量水平解为

$$\hat{\sigma}_2 = \begin{cases} \bar{\sigma}_2, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_2 < \sigma_0 \\ \sigma_0, & \text{否则} \end{cases}$$

$$\hat{\Pi}_{S2}(\tau_2) = \begin{cases} (w - c)\alpha + \frac{(w - c)m^2}{4w} - \frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_2 < \sigma_0 \\ (w - c)\alpha + \frac{(w - c)m^2}{4w} + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_0 - (1 - \tau_2)k/\sigma_0^2, & \text{否则} \end{cases} \quad (11)$$

其中, $\bar{\sigma}_2 = \frac{\sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)}}{\sqrt{(w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}}$

那么在采用信息质量的成本共担策略后, 供应商的最大期望利润为

相应的, 制造商的最大期望利润为

$$\hat{\Pi}_{M2}(\tau_2) = \begin{cases} (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v} - \bar{t} \frac{\sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)}}{\sqrt{(w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}} - \frac{\tau_2}{2} \frac{\sqrt[3]{2k(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}}{(1 - \tau_2)^2}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_2 < \sigma_0 \\ (p - w)\alpha + \frac{(p - w)(w - c)m^2}{2v} - \bar{t}\sigma_0 - \tau_2 k/\sigma_0^2, & \text{否则} \end{cases} \quad (12)$$

定理 2 当供应链中参数满足 $\bar{\lambda} \geq 1/2$ 时, 成本共担策略不能使供应链帕雷托改进; 当 $\bar{\lambda} < 1/2$ 时, 如果 $(w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})| / \bar{t} < 2/3$ 且参数 τ_2 满足 $\tau_2 < \tau_2 \leq \hat{\tau}_2$ 那么成本共担策略使供应链帕雷托改进, 其中,

$$U(\tau_2) = 2(\sqrt[3]{(1 - \tau_2)^2} - (1 - \tau_2)) / \tau_2$$

$$\hat{\tau}_2 = \{ \tau_2 \mid U(\tau_2) = (w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})| / \bar{t}$$

$$0 < \tau_2 < 1\}$$

$$\tau_2 = \begin{cases} \tau_2^0, & \text{若 } \bar{\sigma}_2(0) \geq \sigma_0 \text{ 其中 } \bar{\sigma}_2(\tau_2^0) = \sigma_0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

证明 因为当 $\bar{\lambda} \geq 1/2$ 时, 对任意的 τ_2 都有 $\hat{\Pi}_{M2}(\tau_2) < \bar{\Pi}_M$, 所以成本共担策略不能使供应链帕雷托改进.

当 $\bar{\lambda} < 1/2$ 时, 若 $\bar{\sigma}_1 < \sigma_0$ 或 $\bar{\sigma}_1 \geq \sigma_0$ 且 $\bar{\sigma}_2 \geq \sigma_0$ 比较供应商的收益 (5) 和 (11) 可知, 显然对所有的 $\tau_2 > 0$ 有 $\hat{\Pi}_{S2}(\tau_2) > \bar{\Pi}_S$; 若 $\bar{\sigma}_1 \geq \sigma_0$ 且 $\bar{\sigma}_2 < \sigma_0$ 比较供应商的收益 (5) 和 (11) 可知

$$\hat{\Pi}_{S2}(\tau_2) - \bar{\Pi}_S$$

$$= -\frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2} - (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_0 + k/\sigma_0^2$$

$$> -\frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2} - (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\bar{\sigma}_2 + k/\bar{\sigma}_2^2$$

那么,

$$\hat{\Pi}_{S2}(\tau_2) \geq \bar{\Pi}_S$$

$$\Leftrightarrow \frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2} > -$$

$$(3/2 - \tau_2) \frac{\sqrt[3]{2k(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}}{(1 - \tau_2)^2}$$

$$\Leftrightarrow 3/2(1 - \tau_2) < 3/2 - \tau_2 \Leftrightarrow \tau_2 > 0$$

因此, 当 $\bar{\lambda} < 1/2$ 时, 成本共担策略总能提高供应商利润.

当 $\bar{\lambda} < 1/2$ 时, 比较制造商的利润函数有

$$\hat{\Pi}_{M2}(\tau_2) \geq \bar{\Pi}_M$$

$$\Leftrightarrow \bar{t} \frac{1 - \sqrt[3]{1 - \tau_2}}{\sqrt{(w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}} \geq$$

$$\frac{\tau_2}{2} \frac{\sqrt[3]{(w - c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}}{(1 - \tau_2)^2}$$

$$\Leftrightarrow 2(\sqrt[3]{(1 - \tau_2)^2} - (1 - \tau_2)) / \tau_2 \geq$$

$$(w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})| / \bar{t}$$

$$\Leftrightarrow U(\tau_2) \geq (w - c) |\Phi^{-1}(\bar{\lambda})| / \bar{t}$$

令 $x = \sqrt[3]{1 - \tau}$ 因为有 $U(\tau_2) = U(x) = \frac{2x^2}{1 + x + x^2}$ 且 $\lim_{\tau_2 \rightarrow 0} U(\tau_2) = \lim_{x \rightarrow 1} U(x) = 2/3$ $\lim_{\tau_2 \rightarrow 1} U(\tau_2) = \lim_{x \rightarrow 0} U(x) = 0$ $U'(x) = 2x(1 + x)/(1 + x + x^2)^2 > 0$ $U'(\tau_2) < 0$ 那么函数 $U(\tau_2)$ 在 $(0, 1)$ 中是一个单调递减的函数, 值域为 $(0, 2/3)$. 因

此 $\tau_2 \leq \hat{\tau}_2$

比较 (6) 和 (12) 式可知, 当 $\hat{\Pi}_{M2}(\tau_2) \geq \bar{\Pi}_M$ 时必有 $\bar{\sigma}_2(\tau_2) < \sigma_0$. 又由于 $\bar{\sigma}_2(\tau_2)$ 关于 τ_2 单调递减, 那么, 当 $\bar{\sigma}_2(0) \geq \sigma_0$ 时, τ_2 必须取值大于 τ_2^0 , 其中 $\bar{\sigma}_2(\tau_2^0) = \sigma_0$, 否则 τ_2 取 0 那么有 $\tau_2 > \tau_2$.

综上所述, 若参数 τ_2 在 $(\tau_2, \hat{\tau}_2]$ 中取值, 成本共担策略能使供应链成员的利润同时提高, 即供应链帕雷托改进. 证毕.

表 2 供应链的最优解, 收益和支出与 τ_2 的变化关系

Table 2 Changes of optimal profits and quality costs with τ_2

τ_2	$\hat{\sigma}_2$	$\hat{\Pi}_{S2}$	$\hat{\Pi}_{M2}$	$\hat{\Pi}_{sc2}$	\hat{C}_{S2}	\hat{C}_{M2}	\hat{C}_{sc2}
0.1	12.96	3 976.8	5 059.2	9 036.0	4 134.4	23.8	4 158.2
0.2	12.46	4 001.5	5 070.6	9 072.1	4 126.2	51.5	4 177.7
0.3	11.92	4 028.4	5 080.2	9 108.6	4 117.2	84.5	4 201.7
0.4	11.32	4 058.1	5 086.7	9 144.8	4 107.3	124.9	4 232.2
0.5	10.65	4 091.2	5 087.7	9 178.9	4 096.3	176.3	4 272.6
0.6	9.89	4 129.1	5 078.4	9 207.5	4 083.6	245.5	4 329.1
0.7	8.98	4 174.0	5 048.0	9 222.0	4 068.7	346.9	4 415.6
0.8	7.85	4 230.4	4 964.5	9 194.9	4 049.9	519.5	4 569.4

表 2 所反映的规律与表 1 中的规律基本一致, 唯一不同的是在表 2 中, 当 τ_2 增大时, 供应商的质量改进成本减少, 这一规律可由比较供应商的成本函数得出.

5 同时改进的成本共担策略分析

在供应链中, 供应链成员可以合作同时改进产品质量和市场信息质量. 按照上两节同样的研究思路, 这一节将在质量同时改进的情况下, 分析供应链中战略联盟策略的成本共担合同的设计.

首先, 若采用同时质量改进的成本共担策略后, 制造商的期望收益为 $\Pi_{M3}(q | \mu, \sigma_x, \tau_1, \tau_2) = \Pi_M(q | \mu, \sigma_x) - \tau_1 v \mu^2 - \tau_2 k / \sigma_x^2$. 容易知道制造商

$$\hat{\Pi}_{S3}(\tau_1, \tau_2) = \begin{cases} (w - c)\alpha + \frac{(w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)v} - \frac{3}{2} \sqrt[3]{2k(1 - \tau_2)(w - c)^2 (\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_3 < \sigma_0 \\ (w - c)\alpha + \frac{(w - c)^2 m^2}{4(1 - \tau_1)v} + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_0 - (1 - \tau_2)k/\sigma_0^2, & \text{否则} \end{cases} \quad (13)$$

当供应链的参数满足定理 2 中的条件时, 成本共担策略能使供应链成员的利益同时提高或不变. 同样对不同的参数 τ_3 , 供应链成员的收益与成本不同. 以下示例说明了成本共担策略对供应链成员的收益和成本的影响.

例 3 考虑例 2 中供应链示例. 表 2 给出当采用成本共担策略以后, 供应链中的最优解和期望最大收益, 以及供应链成员在质量改进中的支出与参数 τ_2 的变化情况, 其中 \hat{C}_{S2} , \hat{C}_{M2} 和 \hat{C}_{sc2} 分别表示供应商、制造商和供应链整体在质量改进中的成本.

的最优订货量为 $\hat{q}_3(\mu, \sigma_x) = \mu_x + \Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x$, 其相应的最大期望收益为

$$\hat{\Pi}_{M3}(\mu, \sigma_x; \tau_1, \tau_2) = (p - w)\mu_x - \tau_1 v \mu^2 - \bar{r}\sigma_x - \tau_2 k / \sigma_x^2$$

在制造商采用最优订货量向供应商订货的情况下, 供应商的期望收益为

$$\Pi_{S3}(\mu, \sigma_x | \tau_1, \tau_2) = (w - c)\mu_x - (1 - \tau_1)v\mu^2 + (w - c)\Phi^{-1}(\bar{\lambda})\sigma_x - (1 - \tau_2)k/\sigma_x^2$$

由于供应商的收益函数关于决策变量 μ, σ_x 是可分离的, 由上两节的分析易知, 最优产品质量水平为 $\hat{\mu}_3 = \hat{\mu}_1$, 最优市场信息质量水平解为 $\hat{\sigma}_3 = \hat{\sigma}_2$.

那么在采用同时成本共担策略的情况下, 供应商的最大期望利润为

相应的, 制造商的最大期望利润为

$$\hat{\Pi}_{M3}(\tau_1, \tau_2) = \begin{cases} (p-w)\alpha + \frac{(p-w)(w-c)m}{2(1-\tau_1)v} - \frac{\tau_1(w-c)^2 m^2}{4(1-\tau_1)^2 v} - \bar{t} \sqrt[3]{\frac{2k(1-\tau_2)}{(w-c)|\Phi^{-1}(\bar{\lambda})|}} - \\ \frac{\tau_2}{2} \sqrt[3]{\frac{2k(w-c)^2(\Phi^{-1}(\bar{\lambda}))^2}{(1-\tau_2)^2}}, & \text{若 } \bar{\lambda} < 1/2 \text{ 且 } \bar{\sigma}_3 < \sigma_0 \\ (p-w)\alpha + \frac{(p-w)(w-c)m}{2(1-\tau_1)v} - \frac{\tau_1(w-c)^2 m^2}{4(1-\tau_1)^2 v} - \bar{t}\sigma_0 - \tau_2 k/\sigma_0^2, & \text{否则} \end{cases} \quad (14)$$

从 (13) 可知, 供应商的期望利润总是大于没有采用质量成本共担策略的期望利润, 因此对于供应商来说, 总是愿意采用成本共担策略. 由于制造商的期望收益 (14) 关于参数 τ_1, τ_2 的关系是非线性的, 很难得到明确的解析分析, 下面采用分析算例的方法来分析采用同时质量改进策略后, 制造商的期望收益变化情况.

例 4 同样考虑例 2 中的示例. 图 2 给出了制造商的最大期望收益关于参数 τ_1, τ_2 的变化情况.

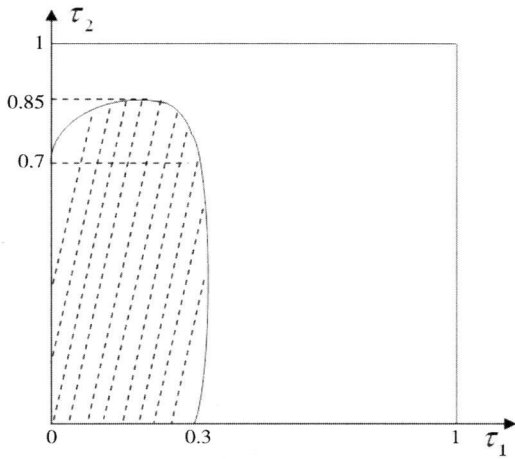


图 2 制造商的期望收益与参数 τ_1, τ_2 的关系

Fig. 2 Relation of expected profits of distributor with parameters τ_1, τ_2

在图 2 的阴影部分中, 制造商的期望收益 $\hat{\Pi}_{M3}(\tau_1, \tau_2)$ 大于没有采用质量成本共担策略的期望利润 $\bar{\Pi}_M$. 从这里可以看到, 当同时采用质量成本共担策略后, 供应链形成战略联盟的可选区域增加, 譬如当 $\tau_1 = 0.15$ 时, τ_2 的可选区域由 $\tau_1 = 0$ 时的 $[0, 0.7]$ 扩展为 $[0, 0.85]$.

参考文献:

[1] Li X ihui, Wang Q inan. Coordination mechanisms of supply chain system[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 179: 1-16.

6 结束语

本文在包含一个供应商和一个制造商的供应链中, 研究了战略联盟策略中质量成本共担策略的设计及其对供应链的价值. 文中考虑了两个方面的质量改进问题: 供应商的产品质量和市场需求的信息质量. 当制造商参与到供应商的质量改进活动中以后, 供应商具有改进质量水平的激励, 使市场需求增加和使需求信息精度提高, 并使供应商的期望收益增加. 当制造商在质量改进中获得的收益大于其在质量改进中的支出时, 制造商也将获得比无战略联盟情况中更高的收益. 这样最终使战略联盟策略得以实现.

在供应链战略联盟中, 本文仅考虑了关于质量成本的共担策略, 这使这种策略在一些条件下无法使供应链的绩效提高, 若同时还考虑其他策略, 如, 价格折扣、补偿策略等可能将得到更大范围内的绩效改善, 这些有待进一步研究. 与其他分析模型一样, 本文的模型建立在一些假设条件之上, 对这些条件进行放松或扩展将能使关于质量改进的战略联盟策略的研究更加深入. 例如, 本文仅考虑了产品质量与需求均值为线性形式的情况, 对一般函数形式的分析可得到更深入的结论; 文中考虑了质量水平对固定成本的影响, 而没有考虑对产品的单位生产成本的影响, 从边际成本角度研究质量改进策略可能得到更新颖的策略合同形式.

- [2] Melatparast M, Dignan L A. A framework for quality management practices in strategic alliances[J]. *Management Decision*, 2007, 45(4): 802–818
- [3] Baiman S, Fischer P E, Rajan M V. Information, contracting and quality costs[J]. *Management Science*, 2000, 46(6): 776–789.
- [4] Zhu K, Zhang R Q, Tsung F. Pushing quality improvement along supply chains[J]. *Management Science*, 2007, 53(3): 421–436
- [5] Lin W S. Producer-supplier contracts with incomplete information[J]. *Management Science*, 2001, 47(5): 709–715.
- [6] 李丽君, 黄小原, 庄新田. 双边道德风险条件下供应链的质量控制策略[J]. *管理科学学报*, 2004, 8(1): 42–47.
LI Lijun, Huang Xiaoyuan, Zhuang Xin-tian. Strategy of quality control in supply chain under double moral hazard condition[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 8(1): 42–47. (in Chinese)
- [7] Reyniers D J, Tapiero C S. The delivery and control of quality in supplier-producer contracts[J]. *Management Science*, 1995, 41(10): 1581–1589.
- [8] Singer M, Donoso P, Traverso P. Quality strategies in supply chain alliances of disposable items[J]. *OMEGA, the International Journal of Management Science*, 2003, 31: 499–509
- [9] 罗伯特·蒙兹卡, 罗伯特·特伦特, 罗伯特·汉德菲尔德, 刘秉镰, 李莉, 刘洋(译). 采购与供应链管理[M]. 北京: 2004. 中信出版社,
Monczka R M, Trent R J, Handfield R B. *Purchasing and Supply Chain Management*[M]. Beijing: CIFIC Publishing House, 2004. (in Chinese)
- [10] 皮埃尔·杜尚哲, 贝尔纳·加雷特. 战略联盟[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2006
Dussauge P, Garrette B. *Cooperative Strategy*[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2006. (in Chinese)
- [11] Banker R D, Khosla I K, Sinha K. Quality and competition[J]. *Management Science*, 1998, 44(9): 1179–1192
- [12] Pasternack B A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities[J]. *Marketing Science*, 1985, 4(2): 166–176
- [13] 鲁其辉, 朱道立, 林正华. 带有快速反应策略供应链系统的补偿策略研究[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(4): 14–23.
LU Qihui, Zhu Dao-li, Lin Zheng-hua. Return policies in supply chain system with quick response strategy[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(4): 14–23. (in Chinese)

Research on strategic alliances strategy of quality and information improvement in supply chains

LU Qihui^{1, 2}, ZHU Dao-li²

1. School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

Abstract We consider a supply chain with one supplier and one manufacturer. We investigate the design of strategic alliance for improvement of supplier product quality and information quality of market demand. We analyze a cost sharing mechanism, and conditions under which supply chain's performance would be improved and also the effects and values to the supply chain. After the manufacturer participates in the activity of quality improvement with the supplier in the strategic alliance, the supplier has more incentive to improve the qualities, and correspondingly the mean of market demand becomes higher or the accuracy of demand information be improved. The supplier would gain more profits than those in decentralized supply chain cases. When the parameters of cost sharing satisfying some conditions, the manufacturer will also gain more profits in the strategic alliance.

Key words supply chain; quality management; strategic alliances; coordination; integration