

基于质量意识和工艺创新的供应链质量决策^①

温小琴¹, 胡奇英²

(1. 上海大学管理学院, 上海 200444; 2. 复旦大学管理学院, 上海 200433)

摘要: 消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力影响产品的质量选择. 考虑到这种影响, 本文分别研究在中心化供应链和由一制造商与一零售商组成的两级分散化供应链中产品的质量选择和数量决策. 前者为优化问题而后者为以制造商为领导者的 Stackelberg 博弈问题. 为以上问题建立数学模型并获得其解析解. 进而, 从理论上分析质量成本参数、消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链的决策、利润以及消费者剩余的影响. 同时, 利用算例分析在分散化供应链中消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链决策、利润及消费者剩余的影响程度. 最后发现: 消费者的质量意识水平越高或制造商的工艺创新能力越强, 供应链趋于选择越高的产品质量和数量; 这种高质高产的决策在给供应链带来更多利润的同时, 消费者剩余也得到提高, 从而整个社会福利相应提高且社会资源得到合理的利用. 此外, 如果考虑到渠道选择对消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的影响, 双边化效应在分散化供应链中不总是占优的; 随着在分散化供应链中消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的增强, 双边化效应将逐渐弱化甚至消失. 研究也为政府等公共管理部门针对质量问题的引导和监管提供了相应的洞见.

关键词: 质量意识水平; 工艺创新能力; 质量选择; Stackelberg 博弈; 消费者剩余

中图分类号: F273.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2018)02-0080-11

0 引言

一些日本制造企业尽管其产品的质量较高, 但在新兴的发展中国家市场并不占优势, 有人认为是因为日本企业为新兴市场的消费者设计了过度的质量. 然而, 日本本土的消费者一直以来都强烈要求日本企业确保产品的质量^[1]. 显然, 针对不同市场的消费意愿企业要有不同的质量选择战略. 尤其对于快速演变的新兴市场而言, 质量选择战略需根据消费者的质量意识的转变而做出相应地调整. 在过去的 30 年里, 尤其 2008 年在接连爆发了一系列食品安全事件后, 中国消费者与发达国家的消费者一样, 已经变得更具质量意识. 为

确保质量, 中国的消费者越来越愿意为好的海外品牌支付溢价^[2]. 可见消费者会根据自身的质量偏好去选择更能满足其效用的产品. 此外, 在产能和资源有限的情况下, 企业会基于对消费者的质量意识水平的考虑去选择更具盈利潜力的市场. 在第 12 届中国纺织品服装巴黎贸易展览会 <http://www.chinairn.com/yjbg/moref15f6f23ff1.html> 上, 中国纺织服装企业在接受经济日报记者采访时表示希望以新的消费思路和创新产品进一步开拓欧洲市场^[3]. 然而, 中国纺织行业副会长林云峰表示“中国纺织服装企业面对竞争和成本提升的双重压力, 企业应提高新技术新工艺的采用、不断提升研发设计水平和与国外机构合作等

① 收稿日期: 2014-11-13; 修订日期: 2017-11-01.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71671046; 11671250).

作者简介: 温小琴(1971), 女, 江西宜春人, 博士, 讲师. Email: wenxq_8@163.com

方式以积极应对”^[3]。由此,工艺创新与供应链合作在提升产品质量和市场开拓上显得尤为重要。在借助供应链合作开拓市场并利用工艺创新提升产品质量方面,格兰仕是一个成功的典范。通过与在法国拥有广泛经销渠道的翡利建立伙伴关系,格兰仕甩掉了终端销售的压力,1998年其产品在法国市场的占有率达25%。就如格兰仕董事长梁庆德所说“格兰仕在海外的销售需靠经销商完成,而公司在制造方面却可以专注创新以降低成本和提升品质,最大挖掘潜力”^[4]。

无论发达国家还是发展中国家,一方面城市化进程使得消费者对商品数量的需求膨胀;另一方面随着经济的发展和收入的上升,消费者的质量偏好正在发生迅速的变化,消费者的期望也日益复杂化。在欧洲,一份关于消费者对食品、营养和健康态度的调查显示,影响消费者对食品选择的首要因素是质量^[5]。此外,中国国务院1996年发布的质量振兴纲要中提到要动员广大人民群众投身质量振兴事业,形成全社会重视质量的环境和风气。那么,消费者的质量意识水平是如何影响制造商对其产品的质量水平的选择?制造商的工艺创新能力如何影响其对产品的质量和数量决策?消费者的质量意识水平、制造商的工艺创新能力和渠道选择的相互作用对产品的数量和数量的影响又如何?对公共管理部门来说,为合理利用资源和提高社会福利,从政策上如何引导制造商和消费者的行为?为回答这些问题,基于对消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的考虑,本文研究中心化(直销渠道模式)和分散化(分销渠道模式)供应链中产品的质量和数量决策。

与本研究相关的文献涉及质量选择、供应链质量决策、消费者的质量意识、制造商的工艺创新能力与质量成本四个分支。关于产品质量水平的选择在产业组织研究领域备受关注,Melumad和Ziv^[6]讨论了质量选择的意义和对质量进行干预的社会福利效果,Wang^[7]分析了生产高品质产品所具有的优势且Kranton^[8]提出了对生产高品质产品的激励,Lauga和Ofek^[9]强调在产品定位过程中不可忽视质量成本因素,从而每个组织应结合其资源条件来选择合理的质量水平以获取差异

化竞争的优势。

关于供应链产品的质量决策问题,Robinson和Malhotra^[10]认为质量实践必须从以公司为中心的基于产品的传统思维方式转向包括顾客、供应商和其他伙伴的组织间的供应链方式。Hsieh和Liu^[11]研究了在不同程度的信息揭示下供应商和制造商的质量投资和检验策略,并分析了信息相关的检验对均衡策略和双方利润的影响。Xie等^[12]的研究表明供应链战略和风险厌恶对质量投资具有重要的影响。为研究食品供应链中有关质量控制的问题,Chen等^[13]对2008年中国的三聚氰胺牛奶事件执行了探索性的案例分析,其分析结果表明是食品供应链针对质量的纵向监管不力才导致了该起事件。国内针对供应链质量管理的研究有:李丽娟等^[14]研究了双边道德风险条件下供应链的质量控制策略;鲁其辉和朱道立^[15]对质量与价格竞争供应链的均衡与协调策略进行了较为深入的研究;而朱立龙等^[16]分析了两级供应链产品的质量决策模型。

实践中,质量决策依赖于特定区域市场的消费者的质量意识水平。Iyer和Kuksov^[17]认为消费者是基于他们对产品的感知质量而做出购买决定的,并验证了消费者对产品的感知质量与产品的客观质量和一些诱导消费者的质量感知情感的活动呈正相关关系。McMahon^[18]分析了影响消费者感知产品质量的内外两方面因素并认为消费者如何评估质量对企业决策者来说非常重要。感知质量除了与零售商店的声望、价格、产品的物理属性等相关,消费者的收入和教育水平也会影响他们对质量的看法,并且两者是以复杂的方式相互作用的^[19]。Bertine等^[20]认为消费者对质量的敏感度涉及消费者自身对质量的品味和与具体市场有关的外部因素。对某个特定区域或市场的所有消费者而言,这些公共的外部因素影响他们对质量的重视程度且水平一致,本文称这种对质量的重视度为消费者的公共质量意识水平,简称质量意识水平。产品线的设计^[20,21]、生态环保意识教育^[22,23]和地域文化价值观^[24,25]都会影响到消费者的质量意识水平,进而影响其支付意愿和产品选择行为。

此外,与质量相关的成本也是影响质量决策

的主要因素,而工艺创新是改变质量成本结构的途径之一。以下文献主要探讨组织结构、工艺创新能力与质量成本之间的关系。Riley^[26]认为工艺创新能使资源得到有效地利用,从而在给定需求的情况下可以为制造商创造更高的利润。Peters等^[27]和Lambertini和Orsini^[28]提到创新可以采取可能影响生产过程从而影响边际成本的工艺创新形式,并且证明了工艺创新导致未来的生产率提高从而引致成本的下降。Jaumandreu和Lin^[29]强调生产力随公司的工艺创新而变化,公司引进新工艺以提高生产力并因此带来较低的产品价格,从而旨在降低成本的工艺创新能够期望以下降的趋势转换边际成本函数。由此,工艺创新活动通过提高生产力的方式可降低边际质量成本。由于不同的组织管理创新活动的的能力不同,从而导致不一样的创新效率,那么如何度量组织的创新能力^[30]? Smith等^[31]概括了影响组织创新能力的因素,其中从资源和组织结构两方面的因素来看,拥有分销渠道的分散化供应链能使上游制造商集中资源并更加专注于制造环节,从而其工艺创新能力得到增强^[4]。可以看出,渠道选择影响制造商的工艺创新能力,从而影响质量成本,最终影响其质量决策。此外,渠道结构本身直接影响供应链产品的质量决策^[32]。

与本研究最相近的是Xu^[32],但两者之间存在以下差异:1) Xu^[32]考虑制造商决定产品的批发价和质量,零售商确定零售价。本研究考虑制造商选择产品的质量水平并确定批发价,零售商确定订购量;2) Xu^[32]假设所有消费者在质量上的偏好是同质的。本研究假设消费者的个性特征将导致他们在质量偏好上存在异质性;3) Xu^[32]没涉及讨论消费者的公共质量意识和制造商的工艺创新能力这些影响质量决策的因素。本研究主要考虑到消费者的质量意识和制造商的工艺创新能力的影响,从而在消费者需求和质量成本函数中分别引入代表质量意识和工艺创新能力的两个因子,并探讨它们对供应链的质量决策、利润和消费者剩余的影响。这些不同的模型假设和研究侧重点导致两者在研究结论上的差异;4) Xu^[32]主要发现在直销和分销两种渠道模式中产品的质量选择与边际收益函数的凹凸性有关,

如当边际收益函数为严格凸时,在分销渠道中的产品质量高于直销渠道中的产品质量。本研究表明若考虑渠道选择可能导致在中心化和分散化供应链中非对称的消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力,如在分销渠道中制造商一方面可以集中资源更加专注于制造环节从而提升其产品的工艺创新能力,另一方面可以借助代理零售商的口碑声誉和广告而使得消费者更具质量意识。那么当分散化供应链中制造商的工艺创新能力或消费者的质量意识水平提高到一定程度时,分散化供应链中的产品质量、供应链的利润和消费者剩余将高于中心化供应链中的。进而研究显示尽管分销渠道会导致双边际化效应,如果考虑到渠道选择对消费者的质量意识和制造商的工艺创新能力的影响,这种双边际化效应不总是占优,在一定条件下,它将逐渐弱化甚至消失。

本研究阐明了一些管理洞见,即主要的贡献和创新:提高消费者的质量意识水平或制造商的工艺创新能力使供应链企业和消费者双方都受益,但双方更加受益于对方行为的完善。当各自的行为完善需要付出代价时,消费者将优先考虑更具创新力的企业的产品(如优质的海外品牌),而企业则会优先选择更具质量意识的消费者(如经济发达的海外市场)。对于政府等公共管理部门来说,为提升整个社会福利从而使社会资源得到有效地利用,一方面可通过税收减免/资本投资补贴等从政策上大力扶植创新型企业,注重渠道建设以帮助企业培育和提升其创新能力;另一方面需发挥新闻媒介、行业组织、群众团体的舆论宣传和监督作用,开展“质量月”、“质量万里行”等活动,加强国民质量意识教育,提高消费者的质量意识文化水平。

1 符号说明与相关假设

1.1 符号说明

Q_i : 供应链 i 中的产品质量 $i = 0, 1$ 。其中 $i = 0$ 代表中心化供应链; $i = 1$ 代表分散化供应链。这里的质量是指由产品的物理属性所决定的产品在总体意义上的一个客观质量水平,所以质量决策实际上是针对产品的客观质量水平的

选择^[32, 34].

q_i : 供应链 i 中的产量或订购量, 也称之为供应链的产品数量, $i = 0, 1$.

w : 分散化供应链中的产品批发价.

p_i : 供应链 i 中的产品零售价, $i = 0, 1$.

Π_i : 供应链 i 的利润, $i = 0, 1$.

Π_i^j : 分散化供应链中成员 j 的利润, $j = M, R$. 其中 $j = M$ 代表制造商 $j = R$ 代表零售商.

CS_i : 供应链 i 中的消费者剩余, $i = 0, 1$.

1.2 消费者的需求假设

首先, 将相应于供应链 i 的特定区域市场的消费者人数正则化为 1. 考虑到制造商执行的是新产品的开发和生产, 假设其产品在一定时期内将占据垄断的市场地位. 尽管直接影响消费者对产品的选择是消费者的感知质量^[17], 不过 Iyer 和 Kuksov^[17] 和 Mitra 和 Golder^[33] 从实证的角度验证了产品的客观质量和消费者的感知质量之间存在很强的相关性. 于是这类似于 Economides^[34], 本文假设每个消费者至多需要一单位的产品, 并且消费者以价格 p_i 购买质量为 Q_i 的产品, 其效用为 $V(\theta) = \gamma_i \theta Q_i - p_i$, $i = 0, 1$ ^[20]. 其中 $\gamma_i \theta Q_i$ 为消费者的感知质量; $\gamma_i \theta$ 为消费者对客观质量的敏感度, 代表消费者的类型, 并且在 $\gamma_i \theta$ 上取值越大的消费者其对产品的支付意愿越高. γ_i 代表了在供应链 i 中特定区域市场的公共外部因素综合影响下所形成的消费者的公共质量意识水平; θ 描述了由消费者的个性特征(如个人收入、教育背景)所导致的消费者在质量评价和支付意愿方面的异质性. 类似 Lauga 和 Ofek^[9] 以及 Bertine 等^[20], 本文假设 γ_i 为常数而 θ 服从 0 与 1 之间的均匀分布, 即 $\theta \sim U[0, 1]$; 同时只要产品给消费者提供非负效用, 消费者则选择购买, 于是在特定区域市场中边际顾客类型为 $p_i / (\gamma_i Q_i)$, 从而可得到 $D(p_i) = 1 - p_i / (\gamma_i Q_i)$ 为供应链 i 的市场需求. 因此, 当供应链 i 的产品数量为 q_i 时, 相应的逆需求函数即产品的出清价格为 $p_i(q_i) = (1 - q_i) \gamma_i Q_i$.

需要强调的是至于在垄断产品市场中消费者如何判断自己对质量的偏好这个问题, 实践中有很多解决的方法. 一方面消费者可以与其他消费者比较(如口碑)来发现自己的偏好^[20]; 在更多

的情况下, 如 Kuksov 和 Lin^[35] 所提到的, 制造商会采用各种方式帮助消费者揭示其对质量的偏好, 如产品的提前免费试用和广告等.

1.3 产品的成本假设

为研究方便, 只考虑与产品质量相关的研发和生产成本. 供应链 i 设计、开发和制造 q_i 单位质量为 Q_i 的产品所引发成本为 $c(Q_i) = fQ_i^2 + h_i Q_i q_i$, $i = 0, 1$. 其中 $f > 0$ 和 $h_i > 0$ 分别为影响成本效率的技术参数. 显然, 成本结构中的第一项 fQ_i^2 可视为固定成本, 代表与设计 and 开发相关的研发成本. 第二项中的 $h_i Q_i$ 代表与质量相关的边际生产成本. 事实上, 该成本结构在产业组织理论文献中得到了广泛应用^[36]. 为确保供应链 i 获得正的利润, 进一步令 $h_i < \gamma_i$. 如果考虑工艺创新能力对与质量相关的边际生产成本的影响, 类似 Jaumandreu 和 Lin^[29], 这假设 $h_i = e^{-\alpha_i \hat{h}}$, 从而 $c(Q_i) = fQ_i^2 + e^{-\alpha_i \hat{h}} Q_i q_i$. 其中, 创新能力因子 α_i 代表供应链 i 中制造商管理工艺创新活动的的能力, \hat{h} 为 $\alpha_i = 0$ 时初始的边际质量成本效率参数.

需要强调的是, 正如引言中提到, 由于渠道选择可能导致在中心化和分散化供应链中非对称的消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力, 所以假设消费者的公共质量意识因子 γ_i 和企业的工艺创新能力因子 α_i 与供应链的类型 i 有关. 譬如 Su 和 Zhang^[37] 也曾假设消费者对经销商的有限供应承诺的信任水平在中心化和分散化供应链中是不一样的.

2 模型与求解

2.1 中心化供应链

在中心化供应链中, 所有的决策都由制造商集中制定, 其对应的产品销售模式为直销渠道模式. 假设制造商为风险中性. 中心化供应链的问题是基于产品的质量成本结构和消费者对质量的敏感度去选择产品的质量和产量水平, 使整条链的利润达到最大. 于是, 中心化供应链的目标函数为

$$\max_{Q_0 \geq 0, 0 \leq q_0 \leq 1} \Pi_0 = p_0(q_0) q_0 - c(Q_0) = -\gamma_0 Q_0 q_0^2 + (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) Q_0 q_0 - fQ_0^2 \quad (1)$$

且其一阶条件为

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_0}{\partial Q_0} = -2fQ_0 - \gamma_0 q_0^2 + (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) q_0 = 0 \\ \frac{\partial \Pi_0}{\partial q_0} = -2\gamma_0 Q_0 q_0 + (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) Q_0 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

求解以上方程组可得满足一阶条件的唯一解为

$$\begin{cases} Q_0^* = (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}})^2 / (8\gamma_0 f) \\ q_0^* = (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) / (2\gamma_0) \end{cases} \quad (3)$$

进而,以上极值问题的 Hessian 矩阵为

$$H_0 = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_0}{\partial Q_0^2} & \frac{\partial^2 \Pi_0}{\partial Q_0 \partial q_0} \\ \frac{\partial^2 \Pi_0}{\partial q_0 \partial Q_0} & \frac{\partial^2 \Pi_0}{\partial q_0^2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2f & -2\gamma_0 q_0 + (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) \\ -2\gamma_0 q_0 + (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}}) & -2\gamma_0 Q_0 \end{vmatrix} \quad (4)$$

由于该矩阵的一阶和二阶主子式分别满足

$$\begin{aligned} (-1) H_0^{(1)} |_{(Q_0, q_0) = (Q_0^*, q_0^*)} &= (-1) | -2f | > 0 \\ (-1)^2 H_0^{(2)} |_{(Q_0, q_0) = (Q_0^*, q_0^*)} &= (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}})^2 / 2 > 0 \end{aligned}$$

故由最优化理论知 (Q_0^*, q_0^*) 是 Π_0 的唯一极大值点,且极大值为

$$\Pi_0^* = (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}})^4 / (64\gamma_0^2 f) \quad (5)$$

此时,产品的价格和消费者剩余分别为

$$p_0^* = (1 - q_0^*) \gamma_0 Q_0^* = (\gamma_0 + e^{-\alpha_0 \hat{h}}) \times (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}})^2 / (16\gamma_0 f) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} CS_0 &= \int_{p_0^* / (\gamma_0 Q_0^*)}^1 (\gamma_0 \theta Q_0^* - p_0^*) d\theta \\ &= (\gamma_0 - e^{-\alpha_0 \hat{h}})^4 / (64\gamma_0^2 f) \end{aligned} \quad (7)$$

2.2 分散化供应链

供应链以成员间的合作为基础,通过在生产、物流、库存、销售等方面的合作可提高供应链整体的竞争和盈利能力.在上节分析的基础上,引入零售商来讨论由一制造商和一零售商组成的二级分散化供应链中的质量选择和数量决策.

类似于 Xu^[32],本文假设制造商为 Stackelberg 博弈的领导者而零售商为跟随者,其对应的产品销售模式为分销渠道模式.同时假设他们都为风险中性.在制造商与零售商的两阶段博弈中,事件发生的顺序为:首先,制造商基于供应链产品的成本结构和对零售商订购反应的预期,选择产品的质量水平和确定批发价以最大化自身的利润;然

后,零售商根据制造商所提供的批发价和产品的质量水平并基于市场的需求结构,做出最大化自身利润的订购决策.于是,制造商和零售商各自的目标函数如下

$$\max_{Q_1, w \geq 0} \Pi_1^M = (w - e^{-\alpha_1 \hat{h}} Q_1) q_1 - fQ_1^2 \quad (8)$$

$$\max_{0 \leq q_1 \leq 1} \Pi_1^R = p_1(q_1) q_1 - wq_1 = -\gamma_1 Q_1 q_1^2 + (\gamma_1 Q_1 - w) q_1 \quad (9)$$

下面利用逆序归纳法求解该两阶段 Stackelberg 完全信息动态博弈的纯策略精炼纳什均衡解.

阶段2 零售商根据制造商所提供的产品的质量水平和批发价,选择使自身利润最大化的订购量.

$$\text{由于 } \frac{d\Pi_1^R}{dq_1} = -2\gamma_1 Q_1 q_1 + (\gamma_1 Q_1 - w), \frac{d^2 \Pi_1^R}{dq_1^2} = -$$

$2\gamma_1 Q_1 \leq 0$, Π_1^R 是 q_1 的凹函数.解一阶条件 $\frac{d\Pi_1^R}{dq_1} = 0$, 可得在制造商给定质量水平 Q_1 和批发价 w 时,零售商关于其订购量的最优反应函数为

$$q_1(Q_1, w) = (\gamma_1 Q_1 - w) / (2\gamma_1 Q_1) \quad (10)$$

阶段1 制造商根据对零售商订购行为的预期,选择令自身利润函数最大化的质量水平和批发价.将最优反应函数式(10)代入 Π_1^M 可得

$$\begin{aligned} \Pi_1^M(Q_1, w) &= (w - e^{-\alpha_1 \hat{h}} Q_1) \times \\ &(\gamma_1 Q_1 - w) / (2\gamma_1 Q_1) - fQ_1^2 \end{aligned} \quad (11)$$

求解制造商问题的一阶条件

$$\frac{\partial \Pi_1^M}{\partial Q_1} = (w^2 - e^{-\alpha_1 \hat{h}} \gamma_1 Q_1^2) / (2\gamma_1 Q_1^2) - 2fQ_1 = 0,$$

$$\frac{\partial \Pi_1^M}{\partial w} = ((\gamma_1 + e^{-\alpha_1 \hat{h}}) Q_1 - 2w) / (2\gamma_1 Q_1) = 0$$

可得

$$\begin{cases} Q_1^* = (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^2 / (16\gamma_1 f) \\ w^* = (\gamma_1 + e^{-\alpha_1 \hat{h}}) (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^2 / (32\gamma_1 f) \end{cases} \quad (12)$$

进而, $\Pi_1^M(Q_1, w)$ 的 Hessian 矩阵为

$$H_1 = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 \Pi_1^M}{\partial Q_1^2} & \frac{\partial^2 \Pi_1^M}{\partial Q_1 \partial w} \\ \frac{\partial^2 \Pi_1^M}{\partial w \partial Q_1} & \frac{\partial^2 \Pi_1^M}{\partial w^2} \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} -w^2/(\gamma_1 Q_1^3) - 2f & w/(\gamma_1 Q_1^2) \\ w/(\gamma_1 Q_1^2) & -1/(\gamma_1 Q_1) \end{vmatrix} \quad (13)$$

由于该矩阵的一阶和二阶主子式分别满足 $(-1)H_1^{(1)} = w^2/(\gamma_1 Q_1^3) + 2f > 0$, $(-1)^2 H_1^{(2)} = 2f/(\gamma_1 Q_1) > 0$, H_1 是负定的, 即 $\Pi_1^M(Q_1, w)$ 是关于 (Q_1, w) 的严格凹函数, 因此由最优化理论可知 (Q_1^*, w^*) 是 $\Pi_1^M(Q_1, w)$ 的唯一极大值点, 也即分散化供应链中最优的质量水平和批发价. 将 (Q_1^*, w^*) 代回最优反应函数式 (10) 可得分散化供应链中最优的产量与价格分别为

$$q_1^* = (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}}) / (4\gamma_1) \quad (14)$$

$$p_1^* = (1 - q_1^*) \gamma_1 Q_1^* = (3\gamma_1 + e^{-\alpha_1 \hat{h}}) \times (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^2 / (64\gamma_1 f) \quad (15)$$

均衡中制造商和零售商获得的利润分别为

$$\begin{aligned} \Pi_1^{M*} &= \Pi_1^M(Q_1^*, w^*) \\ &= (w^* - e^{-\alpha_1 \hat{h}} Q_1^*) q_1^* - f Q_1^{*2} \\ &= (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^4 / (256\gamma_1^2 f) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \Pi_1^{R*} &= \Pi_1^R(q_1^*) \\ &= -\gamma_1 Q_1^* q_1^{*2} + (\gamma_1 Q_1^* - w^*) q_1^* \\ &= (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^4 / (256\gamma_1^2 f) \end{aligned} \quad (17)$$

进而, 供应链的利润和消费者剩余分别为

$$\begin{aligned} \Pi_1^* &= \Pi_1^{M*} + \Pi_1^{R*} \\ &= (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^4 / (128\gamma_1^2 f) \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} CS_1 &= \int_{p_1^*/(\gamma_1 Q_1^*)}^1 (\gamma_1 \theta Q_1^* - p_1^*) d\theta \\ &= (\gamma_1 - e^{-\alpha_1 \hat{h}})^4 / (512\gamma_1^2 f) \end{aligned} \quad (19)$$

3 灵敏度分析

3.1 质量成本参数的影响

本节研究固定的质量成本参数 f 和初始的边

际质量成本参数 \hat{h} 对供应链中的最优决策, 供应链的利润及消费者剩余的影响.

引理 1 $(\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2$ 随 \hat{h} 递减; $(3\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2$ 随 \hat{h} 递减.

证明 因为

$$\begin{aligned} d((\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) / d\hat{h} &= \\ e^{-\alpha_i} (3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 - \gamma_i^2 - 2\gamma_i e^{-\alpha_i \hat{h}}) &< \\ e^{-\alpha_i} (3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 - (e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 - 2(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) &= 0, \\ d((3\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) / d\hat{h} &= \\ e^{-\alpha_i} (3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 + 2\gamma_i e^{-\alpha_i \hat{h}} - 5\gamma_i^2) &< \\ e^{-\alpha_i} (3\gamma_i^2 + 2\gamma_i^2 - 5\gamma_i^2) &= 0, \end{aligned}$$

所以, 引理得证.

定理 1 在中心化和分散化供应链中, 最优产品数量随 \hat{h} 递减; 最优产品质量、最优零售价格、供应链的利润和消费者剩余随 \hat{h} 和 f 递减; 分散化供应链的批发价和成员利润随 \hat{h} 和 f 递减.

证明 根据式 (3)、式 (5) ~ 式 (7)、式 (12)、式 (14) ~ 式 (19) 和引理 1 容易得到本定理的结论.

为直观起见, 将定理 1 所阐述的结论列于表 1 中. 如表 1 所示, 当研发和与质量相关的边际生产成本都偏高时, 供应链选择低质低产的策略, 获得较低的利润, 从而导致较低的消费者剩余和社会福利; 当研发成本和与质量相关的边际生产成本偏低时, 供应链选择高质高产的策略, 获得较高的利润, 并带来较高的消费者剩余和社会福利. 因此, 制造商若能采用一些降低成本的方法, 如加大工艺创新力度, 这将有利于产品质量和数量的提高, 最终供应链的利润和消费者剩余也将得到提高. 消费者剩余的提高有利于消费者的培育, 这对于新产品的引进和供应链中小企业的成长极为重要. 所以, 以下分析消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的影响.

表 1 不同成本结构下供应链的质量与数量决策及其利润和消费者剩余

Table 1 The optimal policies of quality and quantity for supply chain and its profits and consumers' surplus with different costs

	研发成本低	研发成本高
生产成本低	低产量; 在质量、利润、消费者剩余上不存在单调关系	低质量、低产量、低利润、低消费者剩余
生产成本低	高质量、高产量、高利润、高消费者剩余	高产量; 在质量、利润、消费者剩余上不存在单调关系

3.2 消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的影响

本节通过改变参数 γ_i 和 α_i 的取值来研究消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链中的最优决策,供应链的利润及消费者剩余的影响.

引理2 $(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 / \gamma_i$ 随 γ_i 递增.

证明 由于

$$d((\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 / \gamma_i) / d\gamma_i = 1 - (e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 / \gamma_i^2 > 0, \text{所以,引理得证.}$$

定理2 在中心化和分散化供应链中,最优产品数量、最优产品质量、最优零售价格、供应链的利润和消费者剩余随 γ_i 递增;分散化供应链的批发价和成员利润随 γ_i 递增.

证明 根据式(3)、式(5)~式(7)、式(12)、式(14)~式(19)和引理2,容易得到本定理的结论.

定理2表明当消费者的质量意识水平较高时,供应链选择高质高价高产的策略,此决策给供应链带来较高利润的同时,消费者剩余也得到提高,从而整个社会福利相应提高且社会资源得到合理地利用.反之,当消费者的质量意识水平较低时,低质低价低产的决策造成整个社会福利低下,并且社会资源无法得到合理地利用甚至被浪费.

引理3 $(\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2$ 随 α_i 递

增; $(3\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2$ 随 α_i 递增.

证明 因为

$$\begin{aligned} d((\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) / d\alpha_i &= \\ e^{-\alpha_i \hat{h}}(-3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 + \gamma_i^2 + 2\gamma_i e^{-\alpha_i \hat{h}}) &> \\ e^{-\alpha_i \hat{h}}(-3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 + (e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 + 2(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) &= 0, \\ d((3\gamma_i + e^{-\alpha_i \hat{h}})(\gamma_i - e^{-\alpha_i \hat{h}})^2) / d\alpha_i &= \\ e^{-\alpha_i \hat{h}}(-3(e^{-\alpha_i \hat{h}})^2 - 2\gamma_i e^{-\alpha_i \hat{h}} + 5\gamma_i^2) &> \\ e^{-\alpha_i \hat{h}}(-3\gamma_i^2 - 2\gamma_i^2 + 5\gamma_i^2) = 0, \text{所以,引理} &\text{得证.} \end{aligned}$$

定理3 在中心化和分散化供应链中,最优产品数量、最优产品质量、最优零售价格、供应链的利润和消费者剩余随 α_i 递增;分散化供应链的批发价和成员利润随 α_i 递增.

证明 根据式(3)、式(5)~式(7)、式(12)、式(14)~式(19)、和引理3,容易得到本定理的结论.

定理3表明当制造商具有较强的工艺创新能力时,供应链选择高质高价高产的策略,并且该决策使供应链的利润和消费者剩余同时得到提高,从而社会资源得到有效地利用.

3.3 算例分析

本节固定 $\hat{h} = 50, f = 100, \gamma_0 = 100, \alpha_0 = \alpha_1 = 0$, 并如表2第一行所示改变 γ_1 的值来具体研究分散化供应链中消费者的质量意识水平对供应链的决策、利润及消费者剩余的影响程度.

表2 分散化供应链中消费者的质量意识水平的影响结果

Table 2 The results of sensitive analysis via consumers' quality consciousness in decentralized supply chain

γ_1	100(%)	110(%)	120(%)	130(%)	140(%)	150(%)
$(Q_1^* / Q_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-34.55	-18.33	-1.54	15.71	33.33
$(q_1^* / q_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-45.46	-41.67	-38.46	-35.71	-33.33
$(p_1^* / p_0^* - 1) \times 100\%$	-41.67	-17.09	11.61	44.41	81.29	122.22
$(\Pi_1^* / \Pi_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-14.31	33.39	93.89	167.80	255.55
$(CS_1 / CS_0 - 1) \times 100\%$	-87.5	-78.58	-66.65	-51.53	-33.05	-11.11

表2第二列的数据结果显示,当分散化供应链中消费者的质量意识水平与中心化供应链中的相同时,由双边化效应所导致的分散化供应链中的产品的质量、数量、价格,供应链的利润和消费者剩余都明显低于中心化供应链中的,并且这种差距在消费者剩余上表现尤为明显.如果考虑到在分销渠道模式下,制造商可选择具有良好零

售品牌形象和质量口碑的零售商或在经济较发达的且具有浓厚质量文化意识的国家或地区选择零售商为其产品的销售作代理,那么相比较中心化供应链来说,分散化供应链中消费者的质量敏感度即意识水平可以相应提高.随着消费者这种质量意识水平的提高,由双边化效应所导致的两种供应链在最优决策、利润和消费者剩余之间的

差距逐步缩小,进而甚至质量意识占优,即分散化供应链中的质量、利润和消费者剩余超越了中心化供应链中的。此外,表 2 的数据显示,分散化供应链中产品的数量对消费者的质量意识水平的变化不太灵敏,而质量和零售价格对消费者的质量意识水平的改变较灵敏。由此,分散化供应链的利润在产品的数量和价格同时提高的前提下得到明显地增长。相比较之下,消费者剩余随着其质量意识水平的提高虽有所提升,但其上升幅度明显低于供应链利润的提升幅度。

导致以上结果的原因是在较高的消费者的质量意识水平下,只要产品的质量得到一点完善就能较多地增加消费者的效用,从而供应链可较大幅度地提高产品的价格。在此情形下,即使价格涨

幅较大,需求仍可保持甚至小幅度地增长。与中心化供应链相比较,不变的生产成本和提高的消费者的质量意识水平促使分散化供应链趋于选择高质高价策略,同时产品的数量只是小幅度的上升。尽管产品的价格上升幅度较大,在产品的质量数量同时得到提高的前提下,消费者剩余仍有增长,但较为缓慢。有意思的是,消费者的质量意识水平的提高虽然有利于其自身,但却更有利于供应链企业;当然,这也有利于整个社会福利和资源的合理分配。

固定 $\hat{h} = 50, f = 100, \gamma_0 = \gamma_1 = 100, \alpha_0 = 0$, 并如表 3 第一行所示,改变 α_1 的值来具体研究分散化供应链中制造商的工艺创新能力对供应链决策、利润及消费者剩余的影响程度。

表 3 分散化供应链中制造商的工艺创新能力的影响结果

Table 3 The results of sensitive analysis via manufacturer's process innovation ability in decentralized supply chain

α_1	0(%)	0.2(%)	0.4(%)	0.6(%)	0.8(%)	1.0(%)
$(Q_1^*/Q_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-30.23	-11.60	5.30	20.23	33.19
$(q_1^*/q_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-40.94	-33.52	-27.44	-22.47	-18.39
$(p_1^*/p_0^* - 1) \times 100\%$	-41.67	-20.71	-1.72	14.93	29.23	41.36
$(\Pi_1^*/\Pi_0^* - 1) \times 100\%$	-50	-2.64	56.30	121.75	189.10	254.80
$(CS_1/CS_0 - 1) \times 100\%$	-87.5	-75.66	-60.93	-44.56	-27.73	-11.30

采用分销渠道模式,从产品销售中脱身出来的制造商可将有限的资源全部投入到其核心制造部分以增强竞争优势。本文考虑制造商注重的是由生产工艺创新所带来的成本的下降,在此战略下公司资源朝这方面偏移,从而有助于生产工艺创新能力的培养和提升。表 3 的数据表明,当制造商的工艺创新能力提高到一定程度时,它将占优分散化供应链中的双边化效应,这时分散化供应链中的质量、利润和消费者剩余将超越中心化供应链中的。尽管制造商的工艺创新能力对产品的数量的影响仍小于其对质量和价格的影响,但相比较于消费者的质量意识水平的影响而言,制造商的工艺创新能力的改变对产品的数量的影响更大。然而,制造商的工艺创新能力的改变对零售价格的影响则小于消费者的质量意识水平对零售价格的影响,并且二者对质量的影响则相当。进而,制造商的工艺创新能力和消费者的质量意识水平对供应链的利润的影响相当,但前者较之后者对消费者剩余的影响更大。

究其以上结果的原因是分散化供应链中制造

商的工艺创新能力的提高导致与质量相关的生产成本下降,此时供应链趋向于选择高质高产的策略,同时适度地提升价格。所以与消费者的质量意识水平的提高相比,制造商的工艺创新能力的提高在带给供应链相当利润的同时,它更有助于消费者剩余的提高。

总之,计算结果显示,消费者的质量意识水平的提高和制造商的工艺创新能力的改进都有益于供应链企业和消费者自身和整个社会福利的改善。更有意思的是,供应链企业和消费者都更加受益于对方行为的完善。因此,若供应链上游存在竞争,消费者将选择更具创新力的企业的产品。而在供应链终端竞争条件下,企业会选择更具质量意识的消费者(如经济发达的海外市场)。

4 结束语

基于对消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力的影响的考虑,本文分别研究了中心化和分散化供应链中最优的产品质量、数量和价

格决策问题. 为中心化供应链问题建立了优化模型, 为分散化供应链问题建立了 Stackelberg 博弈模型. 求解了模型并获得中心化供应链问题的最优解析解, 也获得了分散化供应链问题的博弈均衡解. 从理论上分析了质量成本参数、消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链的决策、利润以及消费者剩余的影响. 最后利用灵敏度分析研究了分散化供应链中消费者的质量意识水平和制造商的工艺创新能力对供应链决策、利润及消费者剩余的影响程度.

理论和数值结论概括为: 1) 较高的消费者的质量意识水平或较强的制造商的工艺创新能力将促使供应链选择高质高价高产的策略, 从而导致较高的供应链利润和消费者剩余; 2) 当分散化供应链中消费者的质量敏感度即意识水平逐渐提高并超过某一临界值后, 质量意识占优双边化效应, 此时分散化供应链中的质量、利润和消费者剩余将超越中心化供应链中的; 3) 当分散化供应链中制造商的工艺创新能力提高到一定程度时, 它将占优双边化效应, 这时分散化供应链中的质量、利润和消费者剩余将超越中心化供应链中的.

本研究给供应链企业、消费者和政府部门三

方提供了一些启示. 首先, 对供应链企业来说, 尤其对中小企业来说, 其产能和资源非常有限, 尽管分散化决策导致的低绩效非常明显, 但分销渠道结构模式能使企业一方面更加专注于其创新能力的培养以提升产品的核心竞争力; 另一方面, 通过选择好声誉的渠道伙伴能增强消费者对其产品质量的认可度. 这样, 提高的创新能力和质量意识让企业选择生产高品质的产品, 从而提高的消费者剩余将为企业赢得更多的消费者和长期盈利. 其次, 对消费者来说, 只有重视质量, 企业才有激励去选择生产高质量的产品, 这样消费者才能为自己赢得更多的剩余. 最后, 对政府部门来说, 为提升整个社会福利和有效利用资源, 应同时支持企业的创新能力的培育和注重消费者的质量意识文化的培养.

由于本文考虑的是风险中性的决策者, 未来研究可考虑决策者不同的风险偏好对供应链质量和数量决策的影响. 其次, 考虑制造商和零售商之间进行的是完全信息的动态博弈, 未来研究可考虑不完全信息或信息不对称情况下供应链的质量和数量决策. 最后, 进一步的研究可引入竞争, 考虑多个制造商或多个零售商的情况.

参考文献:

- [1] Matsubara K. Product Quality in Different Markets and Cost Structure [R]. http://www.rieti.go.jp/jp/events/economics-seminar/data/110928_matsubara.pdf, Working Paper, 2010.
- [2] Qiu Y. Understanding Chinese Consumers [C]. <http://www.chinabusinessreview.com/understanding-chinese-consumers>.
- [3] 中国纺织服装靠创新定制展风采并将走高端市场 [C]. <http://www.chinairn.com/news/20141008/103334124.shtml>, 2014.
Chinese Textile and Garments Show Their Own Style Through Innovative Customization and Will Take the High-End Market [C]. <http://www.chinairn.com/news/20141008/103334124.shtml>, 2014. (in Chinese)
- [4] 陈标杰. 格兰仕的海外演进 [J]. IT 经理世界, 2003, 18: 54 - 56.
Chen Biaojie. Galanz's evolution overseas [J]. IT Manager World, 2003, 18: 54 - 56. (in Chinese)
- [5] Hidier E, Mettetal G. Investing in food quality matters: The world needs to meet growing demand for food as well as meet consumer's expectations of food quality and safety [EB/OL]. <http://www.ebrd.com/pages/news/press/2014/140617.shtml>, 2014.
- [6] Melumad N D, Ziv A. Reduced quality and an unlevel playing field could make consumers happier [J]. Management Science, 2004, 50(12): 1646 - 1659.
- [7] Wang X H. A note on the high-quality advantage in vertical differentiation models [J]. Bulletin of Economic Research, 2003, 55(1): 91 - 99.
- [8] Kranton R E. Competition and the incentive to produce high quality [J]. Economica, 2003, 70: 385 - 404.
- [9] Lauga D O, Ofek E. Product positioning in a two-dimensional vertical differentiation model: The role of quality costs [J]. Marketing Science, 2011, 30(5): 903 - 923.

- [10] Robinson C J, Malhotra M K. Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice[J]. *International Journal of Production Economics*, 2005, 96: 315 – 337.
- [11] Hsieh C, Liu Y. Quality investment and inspection policy in a supplier-manufacturer supply chain[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 202(3): 717 – 729.
- [12] Xie G, Yue W, Wang S, et al. Quality investment and price decision in a risk-averse supply chain[J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 214: 403 – 410.
- [13] Chen C, Zhang J, Delaurentis T. Quality control in food supply chain management: An analytical model and case study of the adulterated milk incident in China[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 152: 188 – 199.
- [14] 李丽娟, 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*, 2005, 8(1): 42 – 47.
Li Lijuan, Huang Xiaoyuan, Zhuang Xintian. Strategy of quality control in supply chain under double moral hazard condition[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(1): 42 – 47. (in Chinese)
- [15] 鲁其辉, 朱道立. 质量与价格竞争供应链的均衡与协调策略研究[J]. *管理科学学报*, 2009, 12(3): 56 – 64.
Lu Qihui, Zhu Daoli. Research on equilibriums and coordination strategies of supply chains with quality and price competition[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(3): 56 – 64. (in Chinese)
- [16] 朱立龙, 于涛, 夏同水. 两级供应链产品质量控制契约模型分析[J]. *中国管理科学*, 2013, 21(1): 71 – 79.
Zhu Lilong, Yu Tao, Xia Tongshui. Product quality control contract model in a two-echelon supply chain[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2013, 21(1): 71 – 79. (in Chinese)
- [17] Iyer G, Kuksov D. Consumer feelings and equilibrium product quality[J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2010, 19(1): 137 – 168.
- [18] McMahon M. What factors affect the perception of quality? [EB/OL]. <http://www.wisegeek.com/what-factors-affect-the-perception-of-quality.htm>, 2014.
- [19] Wheatley J, Chiu J. The effects of price, store image, and product and respondent characteristics on perceptions of quality[J]. *Journal of Marketing Research*, 1977, 14(2): 181 – 186.
- [20] Bertine M, Wathieu L, Iyengar S S. The discriminating consumer: Product proliferation and willingness to pay for quality[J]. *Journal of Marketing Research*, 2012, 49(1): 39 – 49.
- [21] Johnson R L, Kellaris J J. An exploratory study of price/perceived-quality relationships among consumer services[J]. *Advances in Consumer Research*, 1988, 15: 316 – 322.
- [22] Haghjou M, et al. Factors affecting consumers' potential willingness to pay for organic food products in Iran: Case study of Tabriz [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, 15(2): 191 – 202.
- [23] Laroche M, Bergeron J, Barbaro-Forleo G. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products[J]. *Journal of Consumer Marketing*, 2001, 18(6): 503 – 520.
- [24] Ackerman D, Tellis G. Can culture affect prices? A cross-culture study of shopping and retail prices[J]. *Journal of Retailing*, 2001, 77: 57 – 82.
- [25] Perera C R, Hewege C R. An analysis of the controlling function of national culture in product choice preferences of Japanese consumers[J]. *Contemporary Management Research*, 2007, 3(2): 119 – 138.
- [26] Riley G. Technological change, costs and supply in the long-run [EB/OL]. <http://tutor2u.net/economics/revision-notes/a2-micro-technological-change.html>, 2012.
- [27] Peters B, et al. Estimating Dynamic R&D Demand: An Analysis of Costs and Long-Run Benefits[R]. <http://www.nber.org/papers/w19374>, Working Paper, 2013.
- [28] Lambertini L, Orsini R. Process and product innovation in a vertically differentiated monopoly[J]. *Economics Letters*, 2000, 68: 333 – 337.
- [29] Jaumandreu J, Lin S. Innovation and Prices[R]. <http://people.bu.edu/jordij/papers/innoprices405.pdf>, Working Paper, 2014.
- [30] Gamal D. How to Measure Organization Innovativeness? [R]. *Technology Innovation and Entrepreneurship Center*, 2011, 1 – 35. [http://tiec.com.eg/backend/Reports/Measuring Organization Innovativeness.pdf](http://tiec.com.eg/backend/Reports/Measuring%20Organization%20Innovativeness.pdf)
- [31] Smith M, et al. Factors influencing an organisations ability to manage innovation: A structured literature review and conceptual model[J]. *International Journal of Innovation Management*, 2008, 12(4): 655 – 676.

- [32] Xu X. Optimal price and product quality decisions in a distribution channel [J]. *Management Science*, 2009, 55(8): 1347–1352.
- [33] Mitra D, Golder P. How does objective quality affect perceived quality? Short-term effects, long-term effects, and asymmetries [J]. *Marketing Science*, 2006, 25(3): 230–247.
- [34] Economides N. Quality choice and vertical integration [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 1999, 17: 903–914.
- [35] Kuksov D, Lin Y. Information provision in a vertically differentiated competitive market place [J]. *Marketing Science*, 2010, 29(1): 122–138.
- [36] Thatcher M E, Pingry D E. Understanding the business value of information technology investments: Theoretical evidence from alternative market and cost structure [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2004, 21(2): 61–85.
- [37] Su X, Zhang F. Strategic customer behavior, commitment, and supply chain performance [J]. *Management Science*, 2008, 54(10): 1759–1773.

Quality choice in a supply chain based on quality consciousness and process innovation

WEN Xiao-qin¹, HU Qi-ying²

1. School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China;
2. School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

Abstract: The consumers' quality consciousness and manufacturer's process innovation ability in a supply chain have an impact on the level of quality choice. Taking this into account, this paper investigates the optimal decisions-making on both quality and quantity in a centralized and a two-stage decentralized supply chain, respectively. The decentralized supply chain consists of a manufacturer and a retailer; the former is an optimization problem and the latter is a Stackelberg game in which the manufacturer is the leader and the retailer is the follower. These two problems above are modeled, and closed-form solutions are obtained. The paper also examines the impacts of the parameters of quality cost, consumers' quality consciousness and manufacturer's process innovation ability on supply chain decisions, supply chain profits and consumers' surplus. Also, a computational study is used to explore the sensitivities of the optimal decisions, profits and consumers' surplus in the decentralized supply chain to the consumers' quality consciousness and manufacturer's process innovation ability. It is found that the higher the consumers' quality consciousness or the stronger the manufacturer's process innovation ability is, the higher the quality and quantity are in the supply chain; the high-quality, high-yield policy brings to the supply chain more profits and the consumers' surplus can also be improved. Further social welfare increases and the resources are effectively utilized. In addition, the double marginalization effect is not always dominant in the distribution channel in view of the impact of channel selection on both the consumer's quality consciousness and manufacturer's process innovation ability. This kind of double marginalization effect will diminish or even disappear as the consumer's quality consciousness and manufacturer's process innovation ability increase in the distribution channel. This study also shows some management insights into the public sector's (such as government) guidance and supervision of quality problems.

Key words: consumers' quality consciousness; manufacturer's process innovation ability; quality choice; Stackelberg game; consumers' surplus