

基于零售商延保服务的竞争供应链销售回扣合同

马建华¹, 艾兴政², 赵海霞³, 李晓静²

(1. 深圳大学管理学院, 广东 深圳 518060;

2. 电子科技大学经济与管理学院, 四川 成都 610054;

3. 西南石油大学经济管理学院, 四川 成都 610500)

摘要: 构建两个制造商和两个排他性零售商组成的链与链价格竞争模型, 其中零售商提供有偿延保服务. 每条供应链拥有两个纵向合同选择策略: 批发价格合同和销售回扣合同. 基于制造商和零售商利润双赢的角度, 研究销售回扣合同的占优性条件和设计机制, 揭示零售商延保和市场竞争对销售回扣合同选择策略的影响. 研究表明, 当市场竞争强度低于严重依赖于延保期的特定阈值时, 设置销售回扣合同参数在合理范围内, 则将形成两条供应链同时采用销售回扣合同的占优策略均衡, 该均衡实现业界所有制造商和零售商利润Pareto改进.

关键词: 零售商延保; 竞争供应链; 销售回扣合同; 渠道管理; 协调

中图分类号: F273

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2018)04-0520-16

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2018.04.009

Sales-rebate contract for competing supply chains with retailers' extended warranty services

Ma Jianhua¹, Ai Xingzheng², Zhao Haixia³, Li Xiaojing²

(1. College of Management, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China;

2. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China;

3. School of Management and Economics, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: This paper constructs a chain-to-chain price competition model consisting of two manufacturers and two exclusive retailers, where the retailers provide pay-needed extended warranty services. Each supply chain has two types of vertical contract strategy options: Either a wholesale price or a sales-rebate contract. The research aims to study the dominant conditions and design mechanism for sales-rebate contract under which both the manufacturer and the retailer can be better off, and to reveal how the retailers' extended warranties and market competition affect the choice of sales-rebate contracts. The results show that when market competition is lower than a certain threshold which depends on extended warranty length significantly, and when the sales-rebate parameters are set in a rational range, both supply chains conducting the sales-rebate contract are the dominant strategy equilibrium which profits all members in the industry.

Key words: retailer extended warranty; competing supply chain; sales-rebate contract; channel management; coordination

1 引言

在电脑、汽车、重型设备等行业中,产品生产和销售主要集中于少数几家大型制造商手中,为赢取竞争优势,寡头制造商必须构建有效的分销渠道,其中授权排他性零售商进行产品配送和销售是行业实践中较为流行的渠道模式^[1,2]。以汽车行业为例,在欧盟和美国等发达国家和地区,营销渠道均以品牌专卖店为主,即汽车制造商授权零售商在特定区域内从事指定品牌汽车的营销活动^[3];品牌专营也是当前我国汽车销售的主流模式。寡头汽车制造商通过排他性零售商在同一目标市场进行产品的生产和配送,呈现出典型的“供应链与供应链竞争(链与链竞争)”产业结构。在汽车行业链与链竞争格局下,终端零售商一方面受制于强势品牌制造商的渠道控制,另一面又要承受激烈的市场竞争,整车销售利润不断遭受缩减,为寻求新的盈利增长空间,越来越多的汽车零售商开始凭借有偿延长保修服务(简称延保服务)来赢取竞争优势。有偿延保服务是可供消费者选择的一项服务协议,是指消费者在购买新产品的同时额外支付一个固定费用便可获得厂家基本保修期之后的一段延长保修期。延保服务同基本保修服务一样,是产品质量出现缺陷时支付给顾客的现金赔偿^[4],可以作为企业的承诺和激励机制起到保证和提高产品质量作用^[5,6]。延保服务还具有差异化定价和市场细分的作用^[7,8],零售商提供延保服务可以获得新的服务增值利润,增加市场份额,提高顾客满意度和忠诚度。在汽车和家电行业,从零售商处购买延保也已成为一种普遍的消费习惯^[9]。

制造商往往通过合同来管理排他性零售商,以明确渠道成员的权利和义务、解决潜在矛盾和冲突。在诸多合同中,制造商偏好于提供批发价格合同^[10],因为其形式简单易于执行。采用批发价格合同的供应链被称为分散化结构供应链,制造商按照预设的批发价格销售产品给下游零售商。相比于批发价格合同,复杂合同(例如销售回扣、收入共享合同等)可以协调供应链,提高供应链效率并实现节点企业的利润双赢。作为一种常见的复杂合同形式,销售回扣合同要求制造商根据实际销售量给予零售商一定的批发价格折扣,在电脑软、硬件市场、汽车等渠道管理实践中发挥了巨大作用^[11]。在汽车行业,销售回扣合同被称为“有效的零售商激励机制”。据美国汽车资讯网站Edmunds在其1999年2月的一篇报道:包括克莱斯勒、福特、通用和丰田等在内的13家汽车制造商都提供销售回扣激励,总共包括188种车型,回扣中值高达1 000美元。可见,在许多行业尤其是汽车行业中,已形成链与链竞争与零售商延保相叠加的复杂市场环境,同时批发价格合同和销售回扣合同被广为采用。市场竞争和零售商延保相叠加的复杂环境势必会影响供应链的纵向合同选择策略,从而影响节点企业的利润。鉴于此,本文将基于零售商延保构建竞争供应链纵向合同选择博弈模型,以批发价格为基准,探讨能够实现制造商和零售商利润双赢的销售回扣合同的占优性条件和设计机制;揭示产品竞争和零售商延保相叠加的复杂市场环境的影响作用;识别两条供应链同时采用销售回扣合同的占优策略均衡能够实现所有节点企业利润Pareto改进时的市场条件和特征。

目前已有许多学者基于供应链运作管理的视角研究延保服务:针对单制造商和单零售商构成的供应链模型,Desai等^[12]探讨了延保服务协调渠道价格的作用,Li等^[13]比较分析了不同渠道结构和延保配置模式的均衡决策和绩效,Jiang等^[14]揭示了零售商延保服务对制造商基保服务的影响,王素娟等^[15]运用延保服务吸引力指数对厂商向消费者提供产品和延保服务的不同结构模式进行分析比较,张旭梅等^[16]研究了服务水平对制造商延保服务销售渠道选择的影响,易余胤等^[17]基于网络外部性,考察零售商提供延保服务的供应链的运作优化决策和协调策略。易余胤等^[18]分析了渠道权力结构对供应链最优延保服务配置模式的影响。针对两个竞争性制造商共用一个零售商的供应链模型,Heese^[19]考察了延保服务对制造商基保服务的影响。Bian等^[20]通过构建一个制造商和两个竞争性零售商构成的两阶段供应链博弈模型,研究零售商延保服务对供应链成员企业利润和制造商基保服务的影响。基于两条竞争性供应链,马建华等^[21]分析了制造商延保对供应链渠道结构选择的影响。现有研究都未探讨市场竞争和零售商延保的叠加效应如何影响供应链的协调合同选择和设计策略。

基于双边垄断的单制造商和单零售商构成的供应链,制造商和零售商分散决策的批发价格合同会产生

降低系统利润的双边效应;而复杂合同可以通过协调节点企业以渠道整体利润最优为目标进行决策来实现渠道利润最大化^[22-25]。然而这样的结论并不适用于竞争供应链,因为横向竞争本身会损害供应链系统利润,纵向整合(或以达到整合效果为目标的纵向协调)和纵向分离结构都无法完全抵消这种无效率性,究竟哪种渠道模式能够改善供应链系统利润依赖于具体市场条件。MeGuire等^[1]的研究表明当市场竞争比较激烈时分散化结构为竞争供应链系统利润占优结构,文献[26-34]也分别基于不同视角探讨了竞争供应链渠道结构的占优性条件和选择博弈均衡,为竞争供应链合同选择和设计的研究奠定了理论基础。竞争供应链合同方面的研究主要集中于占优合同选择、合同设计以及合同对竞争均衡的影响等方面^[35-38]。已有的关于竞争供应链合同的理论研究都没有考虑零售商延保服务的影响。

综上所述,基于零售商延保服务的竞争供应链纵向销售回扣合同选择策略的研究尚属理论空白,鉴于此,本文通过构建合理模型对该主题做出以下研究:首先分析了不同链与链竞争模式下零售商提供延保服务的市场条件;进一步基于制造商和零售商利润双赢的视角,探讨了销售回扣合同策略的占优性市场条件和设计机制;最终揭示了市场竞争和零售商延保对竞争供应链纵向销售回扣合同选择均衡的影响。本文通过考查零售商延保和价格竞争相叠加的复杂市场环境对竞争供应链纵向销售回扣合同选择策略的影响,充分拓展了MeGuire等^[1]等关于竞争供应链纵向渠道结构和协调合同选择的理论研究,所得创新性结论同时丰富和完善了供应链渠道管理和延保服务运营管理两个方面的理论。

2 链与链竞争模式下供应链绩效分析

考察由两个制造商和两个零售商构成的竞争供应链模型,其中两个制造商生产两类替代性产品,并通过其排他性零售商向同一市场进行产品销售和配送,零售商针对所售产品提供有偿延保服务。两条竞争供应链除了纵向合同选择策略有所不同其他参数设置均相同,即为对称竞争供应链。对称竞争供应链适用于竞争比较成熟的市场,在实践和理论研究中较为常见^[30-38]。两类产品满足线性需求函数: $q_i = a - \gamma p_i + b\gamma p_{3-i}, i = 1, 2$ 。其中 a 表示产品潜在市场需求; q_i 和 p_i 分别为产品 i 的需求量和价格; $\gamma > 0$ 为自身价格效应; b 为两类产品的替代性参数,也反映市场竞争强度:取值越大表示两类产品差异性越小,市场竞争越激烈($0 \leq b < 1$)。该线性需求函数能够准确刻画需求与竞争之间的内在关系且易于定量分析,因此被广泛使用^[30,31]。经计算发现参数 γ 的取值并不影响竞争供应链的纵向合同选择策略,为简化分析借鉴文献[1,34,38]的处理方法令 $\gamma = 1$,于是产品需求函数简化为

$$q_i = a - p_i + bp_{3-i}, i = 1, 2. \quad (1)$$

沿用Li等^[13]的假设,零售商 $i(i = 1, 2)$ 的延保服务主要包含两个参数:延保期 t 与延保价格 x_i ,其中 t 为行业外生变量而 x_i 为零售商的决策变量。消费者对产品延保服务的需求为

$$Q_i = \begin{cases} a - p_i + bp_{3-i} - dx_i/t, & t \neq 0 \\ 0, & t = 0, \end{cases} \quad (2)$$

其中 x_i/t 表示单位延保期价格, d 为延保需求对 x_i/t 的敏感性程度($d > 0$)。延保需求 Q_i 派生于产品需求 q_i ,因此延保需求不会超过产品需求。零售商承担延保产品在期限 t 内发生故障时的维修费用。

沿用文献[39-41]的假设,产品发生故障的时间独立同分布,且服从失效率参数为 λ 和形状参数为 n 的Weibull分布 $F(t) = 1 - e^{-(\lambda t)^n}$,由此可推出每个产品在延保期 t 内的预期故障次数为 $\lambda^n t^n$ 。借鉴文献[13,41],假设 $n = 2$,即预期故障次数是关于时间的二次函数,这样处理易于定量分析且体现了故障次数关于时间递增的性质。设 k 表示产品发生故障时的平均维修成本,则零售商 i 提供延保服务的(预期)维修成本为 et^2Q_i ,其中 $e = k\lambda^2$ 。

制造商生产产品的单位成本记为 c 。设 M_i, R_i, π_i ,分别表示第 i 供应链的制造商利润,零售商利润,整体

渠道利润, 显然有 $\pi_i = M_i + R_i$, $i = 1, 2$. 设 $S_i = (p_i - c)q_i$, $E_i = (x_i - et^2)Q_i$, 分别表示供应链 i 的产品增值利润和延保增值利润, 则又有 $\pi_i = S_i + E_i$, 即供应链整体利润包含产品增值利润和延保增值利润两部分.

考察竞争供应链的两个纵向合同选择策略: 批发价格合同和销售回扣合同. 当零售商定货量为 q_i 时, 批发价格合同下, 制造商利润为 $M_i = w_i q_i$, 其中 w_i 为单位订货产品批发价格; 销售回扣合同下, 制造商利润为 $M_i = w_i q_i - r_i(q_i - T_i)^+$, T_i 为订货阈值且 $T_i > 0$, r_i 表示销售回扣参数, 零售商订货量超出阈值 T_i 的部分, 每单位产品可获得制造商回扣支付 r_i [10, 11]. 采用批发价格合同时, 制造商基于自身利润最大化决策批发价格. 需要指出的是, 与文献 [35–38] 等的假设相同, 相比于批发价格合同, 制造商采用销售回扣、收入共享等复杂合同是为了协调供应链以实现与整合结构相同的决策和系统利润并实现供应链节点企业利润 Pareto 改进. 因此, 在销售回扣合同下, 制造商对合同参数的制订是以供应链整体利润最大化且达成节点企业利润双赢为目标.

博弈顺序为制造商为领导者的 Stackelberg: 首先, 两个制造商同时提供一种合同给其零售商, 零售商选择接受还是拒绝该合同. 相比于批发价格合同, 如果实施销售回扣合同能够实现本链整体渠道利润 Pareto 改进, 则制造商和零售商将达成协议采用销售回扣合同, 制造商设置合理的合同参数以实现节点企业利润双赢, 否则采用批发价格合同; 然后, 基于确定的合同, 两个零售商同时决策零售价格和延保价格; 最后, 制造商执行按订单式生产模式并满足订单, 所有订单产品都将被投入市场. 假设

1) $a > (1 - b)c$, 该假设保证产品边际利润为正即产品具有市场价值.

2) $0 < t \leq 2d$, 该假设可以保证均衡解的存在唯一性和非负性. 延保期越长, 产品发生故障的概率越大, 提供延保服务的成本越高, 为控制延保成本, 在汽车、电脑、家用电器等行业中, 零售商的延保期都是有限的, 因此该假设不会降低本研究的适用性.

3) 合同类型可以被竞争对手供应链节点企业观测到, 但合同参数信息无法被竞争对手供应链节点企业所观测. 在商业实践中, 由于贸易事务往来、行业惯例等因素的影响, 合同类型通常是共同知识, 但是合同参数通常是商业机密 [35, 38, 42].

考察三种可能的链与链竞争模式: 两条供应链均采用批发价格合同(记为 WW 模式)或均采用销售回扣合同(记为 RR 模式)的对称合同模式; 一条供应链采用批发价格合同而另一条供应链采用销售回扣合同的混合合同模式(记为 RW 和 WR 模式). 以下采用逆向递推法, 求解给定链与链竞争模式下的均衡结果.

2.1 WW 模式: 两条供应链均采用批发价格合同

首先考察两个制造商均提供批发价格合同时的博弈均衡. 给定本链制造商的批发价格, 零售商的定价优化问题为

$$\max_{p_i, x_i > 0} R_i = (p_i - w_i)(a - p_i + bp_{3-i}) + (x_i - et^2)(a - p_i + bp_{3-i} - dx_i/t), \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

由于合同参数不可观测, 零售商无法观测到竞争对手供应链制造商的批发价格信息, 只能根据本链制造商的批发价格来决策零售价格和延保价格. 由式(3)可知 R_i 是 (p_i, x_i) 的联合凹函数, 因此问题(3)存在唯一最优解. 经计算, 零售商的定价决策(反应函数)为

$$\begin{cases} p_i(p_{3-i}, x_{3-i}|w_i) = [(2d - t)(a + bp_{3-i}) + 2dw_i + det^2]/(4d - t) \\ x_i(p_{3-i}, x_{3-i}|w_i) = t(a + bp_{3-i} - w_i + 2det - et^2)/(4d - t), \quad i = 1, 2. \end{cases} \quad (4)$$

预测到零售商的定价决策后, 制造商的批发价格决策模型为

$$\max_{w_i} M_i = (w_i - c)(a - p_i + bp_{3-i}), \quad i = 1, 2. \quad (5)$$

由式(5)求得制造商的批发价格决策为

$$w_i(p_i, p_{3-i}) = \frac{(2 + b)\{a(2d + 2bd - bt) + d[2c - (1 - b)et^2]\} + b(2d - t)[bp_i + (b^2 - 2)p_{3-i}]}{2d(4 - b^2)}, \quad i = 1, 2. \quad (6)$$

记 $L_{WW} = 4d - 3bd - t + bt$, 则由式(4)和式(6), 得到均衡的零售价格, 延保价格和批发价格决策分别为

$$p_i^{WW} = [(6d - 2t)a + d(2c + et^2)]/(2L_{WW}), \quad i = 1, 2, \quad (7)$$

$$x_i^{WW} = t[2(a - c + bc) + (8d - 6bd + 3bt - 3t)et]/(4L_{WW}), \quad i = 1, 2, \quad (8)$$

$$w_i^{WW} = (4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(4L_{WW}) + c, \quad i = 1, 2. \quad (9)$$

由式(7)~式(9), 可进一步得到均衡的产品需求、延保需求和供应链节点企业利润分别为

$$q_i^{WW} = d[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(2L_{WW}), \quad i = 1, 2, \quad (10)$$

$$Q_i^{WW} = d[2a - (1 - b)(2c + et^2) - (8 - 6b)det]/(4L_{WW}), \quad i = 1, 2, \quad (11)$$

$$M_i^{WW} = (4d - t)d[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2/(8L_{WW}^2), \quad i = 1, 2, \quad (12)$$

$$R_i^{WW} = d\{4(4d - t)(a - c + bc)[a - (1 - b)(c + et^2)] + [(3t^2 - 20dt + 36d^2)b^2 - 6b(4d - t)^2 + (64d^2 - 28dt + 3t^2)]e^2t^3\}/(16L_{WW}^2), \quad i = 1, 2. \quad (13)$$

由式(11)可知, 当且仅当 $a > a^{WW} = (1 - b)c + (8d - 6bd - t + bt)et/2$ 时, $Q_i^{WW} > 0$, 即零售商选择提供延保服务. 这是因为延保需求派生于产品需求, 当产品潜在市场需求较高时, 会产生较高的产品(实际)需求, 较高的产品需求充分拉动了延保需求, 零售商提供延保服务将会有利可图. 因此当两条供应链同时采用批发价格合同时, 两个零售商同时提供延保服务的市场条件为 $a > a^{WW}$.

2.2 RW/WR 模式: 一条供应链采用批发价格合同另一条供应链采用销售回扣合同

本小节考虑两条竞争供应链分别实施不同合同的混合模式, 并以RW模式为例进行分析, 即第一条供应链实施销售回扣合同, 第二条供应链实施批发价格合同. 由对称性可得WR模式下的相应结果. 记 $A = 4d + 3bd - t - bt$, $B = 4d + 2bd - t - bt$, $T^{RW} = Ad[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/L_{RW}$, $L_{RW} = (1 - b^2)t^2 + (5b^2 - 8)dt + (16 - 6b^2)d^2$. 有如下结论.

命题 1 RW模式下, 当第一供应链制造商的批发价格和订货阈值决策分别满足 $w_1 = r_1 + c$ 和 $0 < T_1 < T^{RW}$ 时, 可以实现第一供应链的协调; 进一步通过调节回扣参数可以调节第一供应链制造商和零售商的利润分配份额.

证明见附录.

由命题1, RW模式下两个零售商的定价优化问题分别为

$$\max_{p_1, x_1 > 0} R_1 = (p_1 - r_1 - c)(a - p_1 + bp_2) + r_1(a - p_1 + bp_2 - T_1)^+ + (x_1 - et^2)(a - p_1 + bp_2 - dx_1/t), \quad (14)$$

$$\max_{p_2, x_2 > 0} R_2 = (p_2 - w_2)(a - p_2 + bp_1) + (x_2 - et^2)(a - p_2 + bp_1 - dx_2/t). \quad (15)$$

第二制造商的批发价格决策模型为

$$\max_{w_2} M_2 = (w_2 - c)(a - p_2 + bp_1).$$

由逆向递推法得出各定价均衡分别为

$$p_1^{RW} = [2a(2d - t)A + d(2c + et^2)(8d + 2bd - 2t - bt)]/(2L_{RW}), \quad (16)$$

$$p_2^{RW} = [2a(3d - t)B + d(2c + et^2)(4d + 6bd - t - 2bt)]/(2L_{RW}), \quad (17)$$

$$x_1^{RW} = t[2(a - c + bc)A + et(2t^2 - 2b^2t^2 - 12dt + bdt + 8b^2dt + 16d^2 - 6b^2d^2)]/(2L_{RW}), \quad (18)$$

$$x_2^{RW} = t[2(a - c + bc)B + et(3t^2 - 3b^2t^2 - 20dt + 2bdt + 12b^2dt + 32d^2 - 12b^2d^2)]/(4L_{RW}), \quad (19)$$

$$w_2^{\text{RW}} = (4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]B/(4L_{\text{RW}}) + c. \quad (20)$$

由均衡价格可得均衡的产品需求, 延保需求, 零售商利润和制造商利润分别为

$$q_1^{\text{RW}} = d[2a - (1 - b)(2c + et^2)]A/L_{\text{RW}}, \quad (21)$$

$$q_2^{\text{RW}} = d[2a - (1 - b)(2c + et^2)]B/(2L_{\text{RW}}), \quad (22)$$

$$Q_1^{\text{RW}} = d[2(a - c + bc)A + cet(4t - 16d + bt + 6b^2d - 2b^2t)]/(2L_{\text{RW}}), \quad (23)$$

$$Q_2^{\text{RW}} = d[2(a - c + bc)B + et(12b^2d^2 - 8b^2dt + b^2t^2 + 2bdt - 32d^2 + 12dt - t^2)]/(4L_{\text{RW}}), \quad (24)$$

$$\begin{aligned} R_1^{\text{RW}} = & d\{4(4d - t)(a - c + bc)[a - (1 - b)(c + et^2)]A^2 + de^2t^3[2(b^2 - 1)(b + 2)t^3 + \\ & (4b^4 - 14b^3 - 45b^2 + 16b + 48)dt^2 - 4(6b^4 - 6b^3 - 41b^2 + 8b + 48)d^2t + \\ & 4(3b^2 - 8)^2d^3]\}/(4L_{\text{RW}}^2) - r_1T_1, \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} R_2^{\text{RW}} = & d\{4(4d - t)(a - c + bc)[a - (1 - b)(c + et^2)]B^2 + e^2t^3[3(b^2 - 1)^2t^4 - 4(8b^4 - b^3 - \\ & 21b^2 + b + 13)dt^3 + 4(32b^4 - 6b^3 - 109b^2 + 8b + 84)d^2t^2 - 16(14b^4 - 2b^3 - \\ & 61b^2 + 4b + 60)d^3t + 16(3b^2 - 8)^2d^4]\}/(16L_{\text{RW}}^2), \end{aligned} \quad (26)$$

$$M_1^{\text{RW}} = r_1T_1, \quad (27)$$

$$M_2^{\text{RW}} = (4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2dB^2/(8L_{\text{RW}}^2), \quad (28)$$

当产品潜在市场需求满足 $a > a^{\text{RW}} = (1 - b)c - (12b^2d^2 - 8b^2dt + b^2t^2 + 2bdt - 32d^2 + 12dt - t^2)et/(2B)$ 时, 零售商才会提供延保服务以获取增值利润。

2.3 RR 模式: 两条供应链均采用销售回扣合同

两条竞争供应链均采用销售回扣合同时, 为保证销售回扣合同能够协调供应链, 制造商的批发价格和订货阈值决策分别满足 $w_i = r_i + c$ 和 $0 < T_i < T^{\text{RR}}$, 其中 $T^{\text{RR}} = [2a - (1 - b)(2c + et^2)]d/L_{\text{RR}}$, $L_{\text{RR}} = 4d - 2bd - t + bt$. RR 模式下零售商的定价优化问题为

$$\text{Max}_{p_i, x_i > 0} R_i = (p_i - r_i - c)(a - p_i + bp_{3-i}) + r_i(a - p_i + bp_{3-i} - T_i)^+ + (x_i - et^2)(a - p_i + bp_{3-i} - dx_i/t), \quad i = 1, 2. \quad (29)$$

由式(29)可得RR模式下的均衡结果分别为

$$p_i^{\text{RR}} = [a(2d - t) + (2c + et^2)d]/L_{\text{RR}}, \quad i = 1, 2, \quad (30)$$

$$x_i^{\text{RR}} = t[a - c + bc + (2d - bd - t + bt)et]/L_{\text{RR}}, \quad i = 1, 2, \quad (31)$$

$$q_i^{\text{RR}} = d[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/L_{\text{RR}}, \quad i = 1, 2, \quad (32)$$

$$Q_i^{\text{RR}} = e[a - c + bc - (2 - b)det]/L_{\text{RR}}, \quad i = 1, 2, \quad (33)$$

$$R_i^{\text{RR}} = \frac{d\{(4d - t)(a - c + bc)[a - (1 - b)(c + et^2)] + (4d - t - 4bd + bt + b^2d)de^2t^3\}}{L_{\text{RR}}^2} - r_iT_i, \quad i = 1, 2, \quad (34)$$

$$M_i^{\text{RR}} = r_iT_i, \quad i = 1, 2. \quad (35)$$

当产品潜在市场需求满足 $a > a^{\text{RR}} = (1 - b)c + (2 - b)det$ 时, 零售商才会提供延保服务以获取增值利润。经计算 $a^{\text{RW}} - a^{\text{WW}} = bcdt(4d - t)/B > 0$, $a^{\text{WW}} - a^{\text{RR}} = et(1 - b)(4d - t)/2 > 0$, 即 $a^{\text{RW}} > a^{\text{WW}} > a^{\text{RR}}$ 成立。由此可得如下结论。

命题2 零售商选择提供延保服务的产品潜在市场需求下限在混合合同链与链竞争模式下达到最大, 在销售回扣合同链与链竞争模式下达到最小.

本文重点基于零售商延保研究竞争供应链的销售回扣合同选择策略, 因此为保证两个零售商均提供延保服务, 以下分析将假设 $a > a^{\text{RW}}$ 成立; 同时为保证销售回扣合同的有效性, 假设 $0 < T_i < T^{\text{RR}}$ (注意当 $0 < t \leq 2d$ 且 $a > a^{\text{RW}}$ 时, $T^{\text{RR}} < T^{\text{RW}}$).

3 竞争供应链销售回扣合同选择策略

本节主要考察给定竞争对手供应链纵向合同策略时(批发价格合同或者销售回扣合同), 本链选择销售回扣合同时的占优性市场条件和参数范围. 记 $M_1^{\text{RW}} = M_1^{\text{WW}}$, $R_1^{\text{RW}} = R_1^{\text{WW}}$, $M_1^{\text{RR}} = M_1^{\text{WR}}$, $R_1^{\text{RR}} = R_1^{\text{WR}}$ 关于销售回扣参数 r_1 的边界值为 r_{1a} , r_{1b} , r_{1c} , r_{1d} . 相对称的, 记 $M_2^{\text{WR}} = M_2^{\text{WW}}$, $R_2^{\text{WR}} = R_2^{\text{WW}}$, $M_2^{\text{RR}} = M_2^{\text{RW}}$, $R_2^{\text{RR}} = R_2^{\text{RW}}$ 关于销售回扣参数 r_2 的边界值为 r_{2a} , r_{2b} , r_{2c} , r_{2d} , 则有

$$r_{ia} = d(4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (8T_i L_{\text{WW}}^2), \quad i = 1, 2,$$

$$r_{ib} = d(4d - t)^2(4d - t - 3b^2d + b^2t)(48d^2 - 24b^2d^2 + 17b^2dt - 24dt - 3b^2t^2 + 3t^2) \times \\ [2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (16T_i L_{\text{RW}}^2 L_{\text{WW}}^2), \quad i = 1, 2,$$

$$r_{ic} = d(4d - t)(4d - t + 2bd - bt)^2[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (8T_i L_{\text{RW}}^2), \quad i = 1, 2,$$

$$r_{id} = d(4d - t)^2(4d - t - 2b^2d + b^2t)(48d^2 - 16b^2d^2 + 14b^2dt - 24dt - 3b^2t^2 + 3t^2) \times \\ [2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (16T_i L_{\text{RW}}^2 L_{\text{RR}}^2), \quad i = 1, 2.$$

记 $\pi_i^{\text{RR}} = \pi_i^{\text{WW}}$, $\pi_1^{\text{RW}} = \pi_1^{\text{WW}}$, $\pi_2^{\text{RR}} = \pi_2^{\text{RW}}$ 关于产品替代性参数的边界值为 b_1 , b_2 , b_3 , 则有

$$b_1 = (4d - t) / [2(3 + \sqrt{3})d - t],$$

$$b_2 = (4d - t) / \sqrt{(3d - t)[2(3 + \sqrt{3})d - t]},$$

$$b_3 = (4d - t) / \sqrt{(2d - t)[2(3 + \sqrt{3})d - t]}.$$

不难证明 $b_1 < b_2 < b_3$ 成立. 给定竞争对手供应链的纵向合同策略, 如下命题3给出了能够同时实现本链制造商和零售商利润Pareto改进的销售回扣合同的占优性条件.

命题3 给定竞争对手供应链的纵向合同策略, 本链在两种不同合同策略下的制造商利润和零售商利润满足如下结论:

- 1) 当 $0 \leq b < b_2$, $r_{1a} < r_1 < r_{1b}$ 时, $M_1^{\text{RW}} > M_1^{\text{WW}}$, $R_1^{\text{RW}} > R_1^{\text{WW}}$.
- 2) 当 $0 < t \leq 0.845 \, 3d$, $0 \leq b < b_3$ 时, 或者当 $0.845 \, 3d < t \leq 2d$ 时, 如果 $r_{2c} < r_2 < r_{2d}$, 则 $M_2^{\text{RR}} > M_2^{\text{RW}}$, $R_2^{\text{RR}} > R_2^{\text{RW}}$.

证明见附录.

由对称性和命题3结论1共同表明, 基于竞争对手供应链实施批发价格合同的供应链而言, 如果产品替代性程度低于某一较小阈值, 该链制造商和零售商将采用销售回扣合同并通过设置合理的销售回扣参数实现双方利润Pareto改进. 命题3结论2表明, 基于竞争对手供应链实施销售回扣合同的供应链而言, 当延保期较短且产品替代性程度低于某一较大阈值, 或者延保期较长时, 该链制造商和零售商将采用销售回扣合同并通过设置合理的销售回扣参数实现双方利润Pareto改进. 为深入揭示命题3的产生原因, 给出如下命题4.

命题4 给定竞争对手供应链的纵向合同选择策略, 相比于采用批发价格合同, 本链采用销售回扣合

同可以实现更低的产品价格, 更高的产品需求、延保价格和延保需求。

证明见附录.

产生命题4的结论是因为给定竞争对手供应链的纵向合同策略, 本链采用批发价格合同会产生制造商和零售商的双重加价行为, 因此本链采用销售回扣合同更能够驱使零售商实施低价促销策略; 同时销售回扣合同下较高的产品需求派生出较高的延保需求, 而较高的延保需求又抬高了延保价格. 由命题4可以得到如下推论1.

推论 1 给定竞争对手供应链的纵向合同策略, 本链实施销售回扣合同可以获取更高的延保增值利润, 即 $E_1^{RW} > E_1^{WW}$, $E_2^{RR} > E_2^{RW}$.

推论1表明本链实施销售回扣合同可以获取更高的延保增值利润, 这是由于销售回扣合同下较高的延保需求和延保价格直接导致的结果.

销售回扣合同实现制造商和零售商利润双赢的前提是能够获得高于采用批发价格合同时的整体渠道利润. 结合命题3, 命题4和推论1可知: 给定竞争对手供应链的合同策略, 当市场竞争强度和延保期都处于较低水平时, 相比于采用批发价格合同, 本链采用销售回扣合同能够同时获取较高的产品增值利润和延保增值利润, 因而能够获取较高的供应链整体渠道利润, 此时该链制造商和零售商将达成一致采用销售回扣合同并通过设置合理的回扣合同参数来实现双方利润Pareto改进. 随着市场竞争的加剧或者延保期的延长, 相比于采用批发价格合同, 本链采用销售回扣合同的产品增值利润偏低而延保增值利润偏高, 因此会产生两种可能的结果: 延保增值利润在整体渠道利润中占据主导地位而导致较高的整体渠道利润, 此时该链制造商和零售商将采用销售回扣合同以实现利润双赢; 或者产品增值利润在整体渠道利润中占据主导地位而导致较低的整体渠道利润, 此时该链制造商和零售商将采用批发价格合同.

为直观揭示市场竞争强度和延保期对本链在不同纵向合同下的延保增值利润和产品增值利润的影响, 取参数值 $a = 350$, $c = 100$, $e = 10$, $d = 2$, $T = 100$ 进行数值模拟, 得到图1~图4的结果. 图1~图4表明给定竞争对手供应链的纵向合同策略: 1) 本链采用销售回扣合同比采用批发价格合同可以获取更高的延保增值利润, 并且本链在销售回扣合同与批发价合同下产生的延保增值利润之差随着延保期的延长或者市场竞争的加剧而扩大. 2) 当延保期或市场竞争强度低于其特定阈值时, 本链采用销售回扣合同比采用批发价格合同可以获取更高的产品增值利润; 当延保期或者市场竞争强度超过其特定阈值时, 采用销售回扣合同时的产品增值利润低于采用批发价格合同时的产品增值利润; 并且本链在销售回扣合同与批发价合同下产生的产品增值利润之差随着延保期的延长或者市场竞争的加剧而逐渐减小至负值.

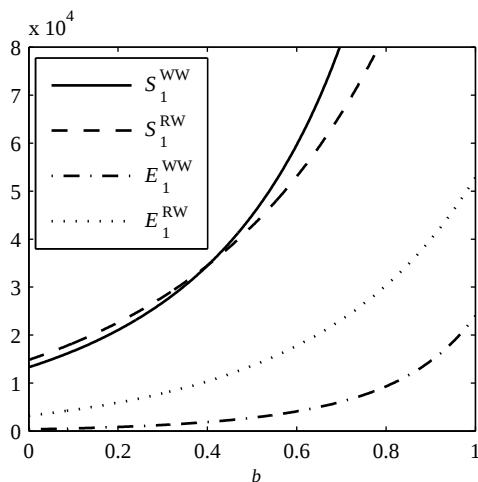


图1 $t = 2$ 时 S_1^{WW} , S_1^{RW} , E_1^{WW} , E_1^{RW} 与 b 的关系

Fig.1 The relations between S_1^{WW} , S_1^{RW} , E_1^{WW} , E_1^{RW} and b with $t = 2$

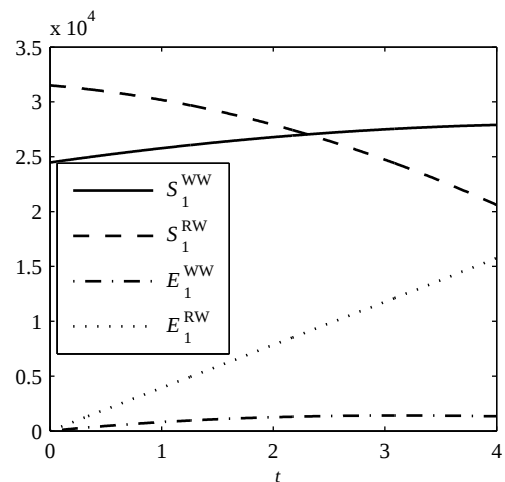
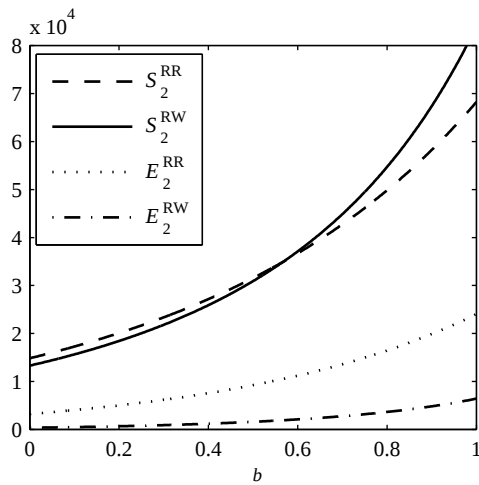
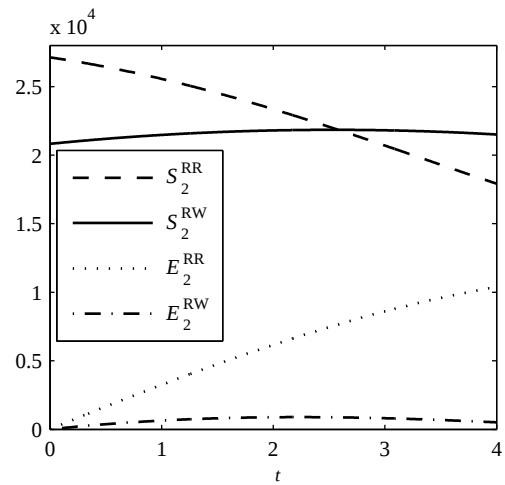


图2 $b = 0.3$ 时 S_1^{WW} , S_1^{RW} , E_1^{WW} , E_1^{RW} 与 t 的关系

Fig.2 The relations between S_1^{WW} , S_1^{RW} , E_1^{WW} , E_1^{RW} and t with $b = 0.3$

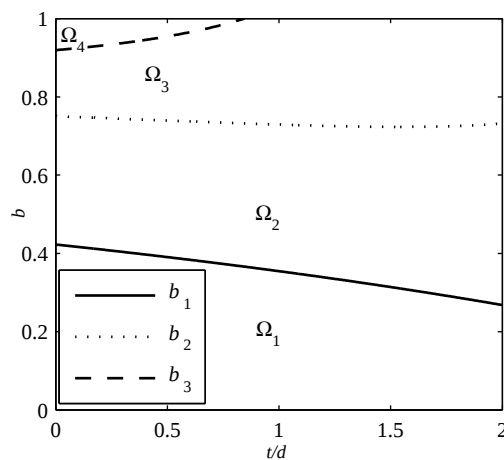
图3 $t=2$ 时 S_2^{RR} , S_2^{RW} , E_2^{RR} , E_2^{RW} 与 b 的关系Fig.3 The relations between S_2^{RR} , S_2^{RW} , E_2^{RR} , E_2^{RW} and b with $t=2$ 图4 $b=0.3$ 时 S_2^{RR} , S_2^{RW} , E_2^{RR} , E_2^{RW} 与 t 的关系Fig.4 The relations between S_2^{RR} , S_2^{RW} , E_2^{RR} , E_2^{RW} and t with $b=0.3$

4 均衡分析

本节主要考察竞争供应链纵向合同选择均衡. 由命题3 可得如下关于竞争供应链纵向合同选择均衡的结论.

命题5 当 $0 < t \leq 0.845\ 3d$, $0 \leq b < b_3$ 时, 或者当 $0.845\ 3d < t \leq 2d$ 时, RR模式为竞争均衡; 当 $b_2 < b < 1$ 时, WW模式为竞争均衡.

命题5表明两条供应链采用相同合同的对称模式都有可能成为竞争均衡. 当延保期较短且产品替代性程度低于较大阈值 b_3 时, 或者当延保期较长时, RR模式成为竞争均衡; 当产品替代性程度大于较小阈值 b_2 时, WW模式成为竞争均衡.

图5 b_1 , b_2 , b_3 与 t/d 的关系Fig.5 The relations between b_1 , b_2 , b_3 and t/d

由 b_2 和 b_3 的表达式可知参数 t 和 d 对 b_2 和 b_3 的影响恰为反方向, 对边界值 b_2 求偏导可得当 $0 < t < 1.552\ 0d$ 时, $\frac{\partial b_2}{\partial t} < 0$, $\frac{\partial b_2}{\partial d} > 0$; 当 $1.552\ 0d < t < 2d$ 时, $\frac{\partial b_2}{\partial t} > 0$, $\frac{\partial b_2}{\partial d} < 0$. 这表明随着延保期的逐

渐延长(或者延保需求对单位延保价格的敏感性程度的逐渐降低),使得WW模式成为竞争均衡的产品替代性程度的范围先缓慢扩大后又开始缓慢缩小(见图5中的区域 $\Omega_3 + \Omega_4$).对边界值 b_3 求偏导可得 $\frac{\partial b_3}{\partial t} > 0$, $\frac{\partial b_3}{\partial d} < 0$.表明延保期越长(或者延保需求对单位延保价格的敏感性程度越低),使得RR模式成为竞争均衡的产品替代性程度的范围越大,尤其当延保期延长到一定程度时(或者当延保需求对单位延保价格的敏感性程度降低到一定程度时),无论产品替代性程度如何,RR模式必然成为竞争均衡(见图5中的区域 $\Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3$).

下面对链与链竞争的两个均衡结果RR和WW进行比较静态分析,并重点揭示能够实现业界所有企业利润Pareto改进的销售回扣合同的占优性条件.记 $M_i^{RR} = M_i^{WW}$, $R_i^{RR} = R_i^{WW}$ 关于销售回扣参数 r_i 的边界值为 r_{ie} , r_{if} ,则

$$r_{ie} = d(4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (8T_i L_{WW}^2), i = 1, 2,$$

$$r_{if} = d(1 - b)(4d - t)^2(12d - 8bd - 3t + 3bt)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 / (16T_i L_{RR}^2 L_{WW}^2), i = 1, 2.$$

比较边界值 $r_{ij}(i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ 的大小关系,可以得到如下结论.

引理1 当 $0 \leq b < b_1$ 时, $r_{ic} < r_{ia} = r_{ie} < r_{if} < r_{id} < r_{ib}$, $i = 1, 2$.

证明见附录.

由引理1可得如下结论.

引理2 1) $p_i^{RR} < p_i^{WW}$, $q_i^{RR} > q_i^{WW}$, $x_i^{RR} > x_i^{WW}$, $Q_i^{RR} > Q_i^{WW}$, $i = 1, 2$; 2) 当 $0 \leq b < b_1$, $r_{ie} < r_i < r_{if}$ 时, $M_i^{RR} > M_i^{WW}$, $R_i^{RR} > R_i^{WW}$, $i = 1, 2$.

证明见附录.

引理2结论1表明,相比于WW模式,RR模式会导致更低的产品零售价格和更高的产品需求;RR模式下较高的产品需求派生出较高的延保需求,客观上抬高了延保价格,从而产生了更高的延保增值利润.引理2结论2表明,当两产品的市场竞争强度较低时:WW模式下的双重加价行为会严重降低产品增值利润,损害供应链整体利润,从而导致较低的制造商利润和零售商利润;而RR模式下的产品增值利润和延保增值利润都会处于相对较高的水平,产生较高的供应链整体利润,此时只要将销售回扣合同设置在合理的范围内,即可实现制造商和零售商的利润双赢.由引理2和 b_1 的表达式可以推出如下重要结论.

命题6 1) 当 $0 \leq b < b_1$, $r_{ie} < r_i < r_{if}$ 时,竞争供应链纵向合同选择的动态演化过程为WW $\rightarrow$ WR/RW $\rightarrow$ RR,且RR模式是能够同时实现制造商和零售商利润Pareto改进的占优策略均衡. 2) $0.2679 < b_1 \leq 0.4226$,且 $\frac{\partial b_1}{\partial t} < 0$, $\frac{\partial b_1}{\partial d} > 0$.

命题6结论1表明,如果市场竞争不是非常激烈且销售回扣合同设置在合理范围之内,则每条竞争供应链的节点企业都有动机采用销售回扣合同以实现利润Pareto改进,最终形成销售回扣合同链与链竞争的均衡局面,同时实现了业界所有制造商和零售商的利润Pareto改进.命题6结论2表明,说明使得市场上所有制造商和零售商实现Pareto利润改进的RR模式的产品替代性程度的占优性范围(见图5中的区域 Ω_1)随着延保期的延长而逐渐缩减,随着延保需求对单位延保价格的敏感性程度的增加而逐渐扩大.

由命题6并结合图5可进一步推出:从市场竞争的视角来看,当市场竞争强度较低($0 \leq b < b_1$)时,能够同时实现所有制造商和零售商利润Pareto改进的销售回扣参数范围存在,当市场竞争强度较高($b > b_1$)时,该范围不存在;从延保期的视角来看,能够同时实现所有制造商和零售商利润Pareto改进的销售回扣合同的回扣参数范围,受延保期动态变化的影响依赖于市场竞争强度,当市场竞争强度较低($0 \leq b < 0.2679$)时,该范围始终存在;当市场竞争强度适中($0.2679 < b < 0.4226$)时,该范围在延保期较短时存在,而在延保期较长时不存在;当市场竞争强度较高($0.4226 < b < 0.1$)时,该范围不存在.

为直观显示销售回扣参数边界值同市场竞争强度和延保期的关系,取参数值 $a = 350$, $c = 100$, $e = 10$,

$d = 2, T = 100$ 进行数值模拟得到 $r_{ij} (i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ 与参数 b 和 t 的函数关系如图6和图7所示. 图6表明, 能够同时实现竞争供应链所有制造商和零售商利润Pareto改进的销售回扣参数范围, 随着产品替代性程度的增加而逐渐缩小直至消失(见图6中区域I), 这是因为市场竞争的加剧充分弱化了批发价格合同的双重加价行为, 从而使得销售回扣合同的优势地位逐渐减弱直至消失. 图7表明当市场竞争强度适中时(注意 $b = 0.3$), 该销售回扣参数范围随着延保期的延长而逐渐缩小直至消失, 说明此时延保期的延长会削减实施销售回扣合同带来的系统利润增长空间.

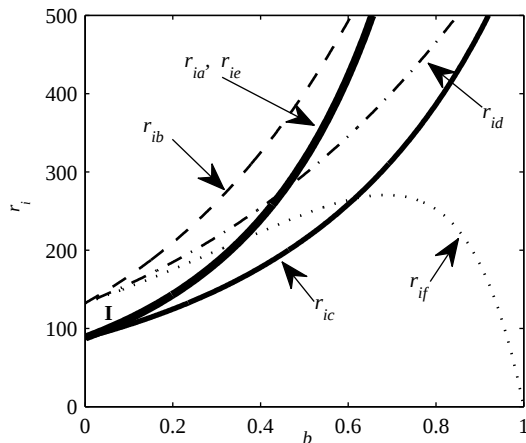


图6 $t = 2$ 时 $r_{ij} (i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ 与 b 的关系

Fig.6 The relation between $r_{ij} (i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ and b with $t = 2$

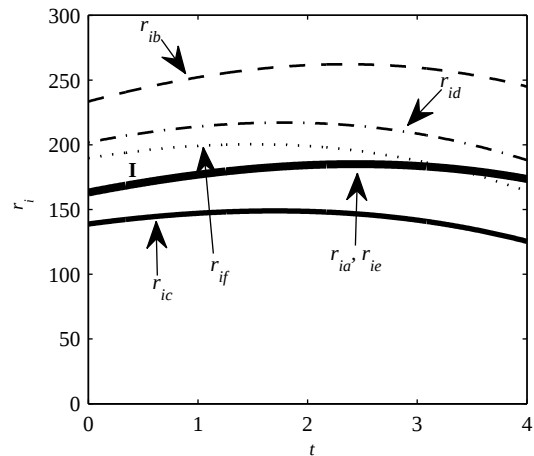


图7 $b = 0.3$ 时 $r_{ij} (i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ 与 t 的关系

Fig.7 The relations between $r_{ij} (i = 1, 2; j = a, b, c, d, e, f)$ and t with $b = 0.3$

5 结束语

本文通过构建零售商提供延保服务的竞争供应链纵向合同选择博弈模型, 分析了销售回扣合同策略的占优性市场条件, 并揭示了市场竞争和零售商延保对博弈均衡的影响. 最终基于业界所有制造商和零售商利润改进的视角, 识别了两条供应链同时采用销售回扣合同的占优策略均衡的演化路径、市场条件和销售回扣参数范围. 主要研究结论有: 1) 链与链竞争环境下, 零售商提供延保服务的市场条件为产品潜在市场需求高于特定规模水平. 2) 销售回扣合同成为竞争供应链合同选择策略的市场条件同时依赖于市场竞争强度和零售商延保期, 且该市场条件随竞争对手供应链合同策略的不同而不同. 3) 当市场竞争强度低于特定阈值时(该阈值随延保期的延长而降低), 两条供应链同时实施销售回扣合同成为唯一竞争均衡, 实现所有制造商和零售商利润Pareto改进. 4) 数值分析表明, 能够同时实现制造商和零售商利润Pareto改进的销售回扣参数范围, 随市场竞争的加剧而逐渐缩小直至消失; 在市场竞争强度比较适中时, 随延保期的延长而逐渐缩减直至消失. 这些研究结论为零售商提供延保服务的竞争供应链协调合同选择和设计提供了理论依据.

本文基于零售商延保研究对称性竞争供应链的销售回扣合同选择策略, 现实中还存在非对称竞争供应链的情况, 例如主从竞争供应链. 基于零售商延保的主从竞争供应链纵向合同选择将是进一步的研究内容.

参考文献:

- [1] McGuire W, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration. *Marketing Science*, 1983, 2(2): 161–191.
- [2] Azoulay P, Shane S. Entrepreneurs, contracts, and the failure of young firms. *Management Science*, 2001, 47(3): 337–358.
- [3] Brenkers R, Verboven F. Liberalizing a distribution system: The European car market. *Journal of the European Economic Association*, 2006, 4(1): 216–251.

- [4] Heal G. Guarantees and risk sharing. *Review of Economic Studies*, 1977, 44(3): 549–560.
- [5] Grossman S. The informational role of warranties and private disclosure about product quality. *Journal of Law and Economics*, 1981, 24(3): 461–483.
- [6] Myung N, Eger R J. Modeling the extended warranty: A managerial focus. *Journal of Applied Business and Economics*, 2015, 17(3): 126–140.
- [7] Padmanabhan V, Rao R C. Warranty policy and extended service contracts: Theory and an application to automobiles. *Marketing Science*, 1993, 12(3): 230–247.
- [8] Gallego G, Wang R, Hu M, et al. No claim? Your gain: Design of residual value extended warranties under risk aversion and strategic claim behavior. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2015, 17(1): 87–100.
- [9] Huffman M. Why retailers are betting you'll buy the extended warranty. <http://www.consumeraffairs.com/news/why-retailers-are-betting-youll-buy-the-extended-warranty-010715.html>, 2015–07–01.
- [10] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts. de Kok A G, Graves S C. *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management*. North-Holland: Elsevier, 2003.
- [11] Taylor T. Coordination under channel rebates with sales effort. *Management Science*, 2002, 48(8): 992–1007.
- [12] Desai P, Padmanabhan P. Durable goods, extended warranty and channel coordination. *Review of Marketing Science*, 2004, 2(2): 1–23.
- [13] Li K, Mallik S, Chhajed D. Design of extended warranties in supply chains under additive demand. *Production and Operations Management*, 2012, 21(4): 730–746.
- [14] Jiang B, Zhang X B. How does a retailer's service plan affect a manufacturer's warranty. *Management Science*, 2011, 57(4): 727–740.
- [15] 王素娟, 胡奇英. 基于延保服务吸引力指数的服务模式分析. *计算机集成制造系统*, 2010, 16(10): 2277–2284.
Wang S J, Hu Q Y. Service modes analysis based on extended warranty services desirability index. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2010, 16(10): 2277–2284. (in Chinese)
- [16] 张旭梅, 刘翔宇, 伏红勇. 基于服务水平的制造商延保服务销售渠道选择. *工业工程*, 2012, 15(6): 44–49.
Zhang X M, Liu X Y, Fu H Y. Manufacturer's sales channel selection for extended warranty based on the influence of service level. *Industrial Engineering Journal*, 2012, 15(6): 44–49. (in Chinese)
- [17] 易余胤, 姚俊江. 网络外部性下考虑延保服务的供应链协调. *计算机集成制造系统*, 2014, 20(8): 1987–1999.
Yi Y Y, Yao J J. Supply chain coordination for extended warranty provided by strong retailer under network externality. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2014, 20(8): 1987–1999. (in Chinese)
- [18] 易余胤, 姚俊江. 考虑渠道权力结构的供应链延保服务模式. *计算机集成制造系统*, 2015, 21(12): 3292–3302.
Yi Y Y, Yao J J. Supply chain extended warranty modes under different channel power. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2015, 21(12): 3292–3302. (in Chinese)
- [19] Heese H S. Retail strategies for extended warranty sales and impact on manufacturer base warranties. *Decision Sciences*, 2012, 43(2): 341–367.
- [20] Bian Y, Yan S, Zhang W, et al. Warranty strategy in a supply chain when two retailer's extended warranties bundled with the products. *Journal of Systems Science & Systems Engineering*, 2015, 24(3): 364–388.
- [21] 马建华, 艾兴政, 唐小我. 基于延保服务的竞争供应链纵向渠道结构选择. *系统工程学报*, 2015, 30(4): 539–553.
Ma J H, Ai X Z, Tang X W. Vertical channel structure choices for competing supply chains with extended warranty services. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(4): 539–553. (in Chinese)
- [22] Jeuland A P, Shugan S M. Managing channel profits. *Marketing Science*, 1983, 2(3): 239–272.
- [23] Seifbarghy M, Nouhi K, Mahmoudi A. Contract design in a supply chain considering price and quality dependent demand with customer segmentation. *International Journal of Production Economics*, 2015, 167: 108–118.
- [24] Zhang J X, Liu G W, Zhang Q, et al. Coordinating a supply chain for deteriorating items with a revenue sharing and cooperative investment contract. *Omega*, 2015, 56: 37–49.
- [25] 罗春林, 田 歆. 基于收益共享的风险厌恶供应链的协调研究. *系统工程学报*, 2015, 30(2): 210–217.
Luo C L, Tian X. Risk averse supply chain coordination with revenue-sharing contract. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(2): 210–217. (in Chinese)
- [26] Coughlan A. Competition and cooperation in marketing channel choice: Theory and application. *Marketing Science*, 1985, 4(2): 110–129.
- [27] Moorthy K S. Strategic decentralization in channels. *Marketing Science*, 1988, 7(4): 335–355.

- [28] Trivedi M. Distribution channels: An extension of exclusive retailership. *Management Science*, 1998, 44(7): 896–909.
- [29] Bonanno G, Vickers J. Vertical separation. *Industry Economic*, 1988, 36(3): 247–265.
- [30] Gupta S, Loulou R. Process innovation, production differentiation, and channel structure: Strategic incentives in a duopoly. *Marketing Science*, 1998, 17(4): 301–316.
- [31] Gupta S, Loulou R. Channel structure with knowledge spillovers. *Marketing Science*, 2008, 27(2): 247–261.
- [32] 艾兴政, 唐小我, 涂智寿. 不确定环境下链与链竞争的纵向控制结构绩效. *系统工程学报*, 2008, 28(2): 188–193.
Ai X Z, Tang X W, Tu Z S. Performance of vertical control structure of chain to chain competition under uncertainty. *Journal of Systems Engineering*, 2008, 28(2): 188–193. (in Chinese)
- [33] Fang Y, Shou B. Managing supply uncertainty under supply chain Cournot competition. *Europe Journal of Operational Research*, 2015, 1(16): 156–176.
- [34] Barib O, Berman O, Wu D. Bargaining within the supply chain and it implications in an industry. *Decision Sciences*, 2016, 47(2): 193–218.
- [35] Ha A Y, Tong S L. Contracting and information sharing under supply chain competition. *Management Science*, 2008, 54(4): 701–715.
- [36] Ai X Z, Chen J, Ma J H. Contracting with demand uncertainty under supply chain competition. *Annals of Operations Research*, 2012, 201(1): 17–38.
- [37] 徐 兵, 孙 刚. 需求依赖于货架展示量的供应链链间竞争与链内协调研究. *管理工程学报*, 2011, 25(1): 197–202.
Xu B, Sun G. Supply chain competition between to SCs and SC coordination modes for shelf-display-quantity. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2011, 25(1): 197–202. (in Chinese)
- [38] 赵海霞, 艾兴政, 马建华, 等. 风险规避型零售商的链与链竞争两部定价合同. *系统工程学报*, 2013, 6 (1): 20–31.
Zhao H X, Ai X Z, Ma J H, et al. Two-part tariffs contract under chain-to-chain competition with risk-averse retailers. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 6 (1): 20–31. (in Chinese)
- [39] Anderson E. Product price and warranty terms: An optimization model. *Operations Research*, 1977, 28(3): 739–741.
- [40] Sinha S, Sarmah S P. Price and warranty competition in a duopoly supply chain. Choi T M, Cheng T C. *Supply Chain Coordination under Uncertainty*. Berlin: Springer-Verlag, 2012: 281–314.
- [41] Wu C C, Lin P C, Chou C Y. Optimal price, warranty length and production rate for free replacement policy in the static demand market. *Omega: International Journal of Management Science*, 2009, 37(1): 29–39.
- [42] O'Brien D P, Shaffer G. Vertical control with bilateral contracts. *Rand Journal of Economics*, 1992, 23(3): 299–308.

作者简介:

马建华 (1979—), 女, 河北邯郸人, 博士, 讲师, 研究方向: 竞争供应链管理, Email: majianhuamail@126.com;

艾兴政 (1969—), 男, 四川华蓥人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 供应链运作模式与协调机制, Email: aixz@uestc.edu.cn;

赵海霞 (1984—), 女, 江西九江人, 博士, 讲师, 研究方向: 竞争供应链管理, Email: zhx00024@163.com;

李晓静 (1981—), 女, 河南安阳人, 博士生, 研究方向: 供应链渠道管理, Email: jing811207@163.com.

附录

命题1及式(16)~式(28)的证明:

RW模式下, 当 $w_1 = r_1 + c$ 时, 零售商1的利润函数为

$$R_1 = (p_1 - r_1 - c)(a - p_1 + bp_2) + r_1(a - p_1 + bp_2 - T_1)^+ + (x_1 - et^2)(a - p_1 + bp_2 - dx_1/t),$$

因此, 当 $q_1 = a - p_1 + bp_2 > T_1$ 时, 零售商1的利润函数为

$$R_{1x} = (p_1 - c)(a - p_1 + bp_2) + r_1T_1 + (x_1 - et^2)(a - p_1 + bp_2 - dx_1/t) = \pi_1 - r_1T_1,$$

当 $q_1 = a - p_1 + bp_2 \leq T_1$ 时, 零售商1的利润函数为

$$R_{1y} = (p_1 - r_1 - c)(a - p_1 + bp_2) + (x_1 - et^2)(a - p_1 + bp_2 - dx_1/t).$$

计算出RW模式下零售商1的利润函数分别为 R_{1x} 和 R_{1y} 时的定价均衡, 并由此得到两种情况下的产品需求均衡 q_{1x} 和 q_{1y} . 令订货阈值满足 $T_1 < \min\{q_{1x}, q_{1y}\}$, 即 $T_1 < q_{1x}$, $T_1 < q_{1y}$ 成立, 这种情况下零售商1的利润函数只能为 R_{1x} .

即 $R_1 = \pi_1 - r_1 T_1$, 相应的, 制造商1的利润函数为 $r_1 T_1$. 此时, 零售商1的定价决策同整合结构时的决策一致, 实现了供应链的协调, 且通过调节回扣参数 r_1 可以调节零售商和制造商的利润分配份额. 因此制造商1将设置销售回扣合同参数满足 $w_1 = r_1 + c$, 且令 T_1 足够小. 以下给出了具体的 T_1 的上界的推导过程, 以及式(16)~式(28)的证明过程.

1) 根据逆向递推法, 首先考虑两个零售商的定价决策. 设

$$p_{T1} = \frac{(4d-t)T_1 - 2ad + 2cd + det^2}{2bd}, \quad p_{T2} = p_{T1} + \frac{r_1}{b}, \quad p_T = p_{T1} + \frac{r_1}{2b},$$

$$\begin{cases} p_{10} = \frac{(2d-t)(a+bp_2) + (2c+et^2)d}{4d-t} \\ x_{10} = \frac{t(a+bp_2-c-et^2+2det)}{4d-t} \end{cases}, \quad \begin{cases} p_{11} = \frac{(2d-t)(a+bp_2) + (2c+et^2+2r)d}{4d-t} \\ x_{11} = \frac{t(a+bp_2-c-et^2+2det-r)}{4d-t} \end{cases}.$$

由式(14)可知零售商1的利润函数 R_1 为连续分段函数, 在其连续性区域 $\{p_1 | p_1 > a_1 + bp_2 - T_1\}$ 或 $\{p_1 | p_1 < a_1 + bp_2 - T_1\}$ 上有 $\frac{\partial^2 R_1}{\partial p_1^2} = -2 < 0$, $\frac{\partial^2 R_1}{\partial p_1^2} \frac{\partial^2 R_1}{\partial x_1^2} - \left(\frac{\partial^2 R_1}{\partial p_1 \partial x_1}\right)^2 = \frac{4d-t}{t} > 0$, 即 R_1 在其连续性区域上总为凹函数. 解方程组 $\frac{\partial R_1}{\partial p_1} = 0$ 和 $\frac{\partial R_1}{\partial x_1} = 0$, 并分析可得: 当 $p > p_{T2}$ 时, (p_{10}, x_{10}) 为 R_1 的唯一极大值点也即最大值点; 当 $p < p_{T1}$ 时, (p_{11}, x_{11}) 为 R_1 的唯一极大值点也即最大值点; 当 $p_{T1} < p < p_{T2}$ 时, R_1 存在两个极大值点 (p_{10}, x_{10}) 和 (p_{11}, x_{11}) , 将两个极大值点分别代入到 R_1 中进行比较计算得: 当 $p_2 \geq p_T > p_{T1}$ 时, $R_1(p_{10}, x_{10}) \geq R_1(p_{11}, x_{11})$, 当 $p_2 < p_T < p_{T2}$ 时, $R_1(p_{10}, x_{10}) < R_1(p_{11}, x_{11})$. 因此, 当 $p_2 \geq p_T$ 时, 零售商1的定价决策(反应函数)为 (p_{10}, x_{10}) , 当 $p_2 < p_T$ 时, 零售商1的定价决策(反应函数)为 (p_{11}, x_{11}) .

给定制造商2的批发价格 w_2 , 由式(15)可得 $\frac{\partial^2 R_2}{\partial p_2^2} = -2 < 0$, $\frac{\partial^2 R_2}{\partial p_2^2} \frac{\partial^2 R_2}{\partial x_2^2} - \left(\frac{\partial^2 R_2}{\partial p_2 \partial x_2}\right)^2 = \frac{4d-t}{t} > 0$, R_2 为关于 (p_2, x_2) 的联合凹函数. 零售商2的定价决策(反应函数)为

$$\begin{cases} p_2(p_1, x_1 | w_2) = [(2d-t)(a+bp_1) + 2dw_2 + det^2]/(4d-t) \\ x_2(p_1, x_1 | w_2) = t(a+bp_1-w_2+2det-et^2)/(4d-t). \end{cases} \quad (A1)$$

2) 考虑制造商2的决策: 预测到零售商的定价决策之后, 制造商利润函数满足 $\frac{d^2 M_2}{dw_2^2} = \frac{4d}{t-4d} < 0$, 因此制造商的批发价格决策满足 $\frac{dM_2}{dw_2} = 0$, 解得

$$w_2(p_1, p_2) = [(2d-bt+2bd)a + 2(1+b)cd + (t-2d)bp_1 + (2d-t)b^2p_2 + det^2(1-b)]/(4d). \quad (A2)$$

3) 由两个零售商的定价决策和制造商2的批发价格决策可以推导出零售商的定价均衡, 其中零售商1的均衡满足: 当 $T_1 < T^{RW}$ 时, 定价均衡恰好为 (p_1, x_1) 和 (p_2, x_2) 的交点, 也为唯一交点, 均衡价格即为式(16)和式(18); 零售商2的定价均衡为式(17)和式(19). 将零售商的定价均衡代入式(A2)中求得制造商批发价格决策均衡即为式(20). 基于式(16)~式(20), 可以求得产品需求、延保需求、制造商利润、零售商利润等均衡结果如式(21)~式(28)所示. 可以证明当 $0 < t \leq 2d$, $a > a^{RW}$ 成立时, $L_{RW} > 0$, 且零售商定价决策, 订货量决策, 延保需求, 制造商利润, 零售商利润等均衡结果均为正. 证毕.

命题3的证明:

由 r_{1a} 和 r_{1b} 的表达式可得

$$r_{1b} - r_{1a} = d(4d-t)[2a - (1-b)(2c+et^2)]^2 H_{ba} / (16T_1 L_{WW}^2 L_{RW}^2) = (\pi_1^{RW} - \pi_1^{WW}) / T_1,$$

其中 $H_{ba} = (t-3d)^2(t^2-12dt+24d^2)b^4 - 2(3d-t)(6d-t)(4d-t)^2b^2 + (4d-t)^4$. 可以证明当 $0 \leq b < b_2$ 时, $H_{ba} > 0$, 从而有 $r_{1b} > r_{1a}$. 由式(25)和式(27)可以证明 $\frac{\partial M_1^{RW}}{\partial r_1} = -\frac{\partial R_1^{RW}}{\partial r_1} = T_1 > 0$, 因此当且仅当 $0 \leq b < b_2$, $r_{1a} < r_1 < r_{1b}$ 时, 有 $M_1^{RW} > M_1^{WW}$ 和 $R_1^{RW} > R_1^{WW}$ 成立. 命题3结论1得证. 同理, 由 r_{2d} 和 r_{2c} 的表达式可得

$$r_{2d} - r_{2c} = d(4d-t)[2a - (1-b)(2c+et^2)]^2 H_{dc} / (16T_2 L_{RR}^2 L_{RW}^2) = (\pi_2^{RR} - \pi_2^{RW}) / T_2,$$

其中 $H_{dc} = (t^2-12dt+24d^2)(t-2d)^2b^4 - 2(2d-t)(6d-t)(4d-t)^2b^2 + (4d-t)^4$. 可以证明当 $0 < t \leq 0.8453d$, $0 \leq b < b_3$ 时, 或者当 $0.8453d < t < 2d$ 时, $H_{dc} > 0$, 从而有 $r_{2d} > r_{2c}$. 由式(34)和式(35)可以证明 $\frac{\partial M_2^{RR}}{\partial r_2} = -\frac{\partial R_2^{RR}}{\partial r_2} = T_2 > 0$,

因此当 $0 < t \leq 0.845\ 3d$, $0 \leq b < b_3$ 时, 或者当 $0.845\ 3d < t < 2d$ 时, 若 $r_{2c} < r_2 < r_{2d}$, 则 $M_2^{\text{RR}} > M_2^{\text{RW}}$, $R_2^{\text{RR}} > R_2^{\text{RW}}$. 证毕.

命题4的证明:

比较第一供应链在WW模式和RW模式下的均衡结果可得

$$p_1^{\text{WW}} - p_1^{\text{RW}} = d(4d - t)^2[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(2L_{\text{WW}}L_{\text{RW}}) > 0,$$

$$q_1^{\text{WW}} - q_1^{\text{RW}} = -d(4d - t)(4d - t - 3b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(2L_{\text{WW}}L_{\text{RW}}) < 0,$$

$$x_1^{\text{WW}} - x_1^{\text{RW}} = -t(4d - t)(4d - t - 3b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(4L_{\text{WW}}L_{\text{RW}}) > 0,$$

$$Q_1^{\text{WW}} - Q_1^{\text{RW}} = -d(4d - t)(4d - t - 3b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(4L_{\text{WW}}L_{\text{RW}}) < 0.$$

比较第二供应链在RR模式和RW模式下的均衡结果可得

$$p_2^{\text{RR}} - p_2^{\text{RW}} = -d(4d - t)^2[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(2L_{\text{RR}}L_{\text{RW}}) < 0,$$

$$q_2^{\text{RR}} - q_2^{\text{RW}} = d(4d - t)(4d - t - 2b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(2L_{\text{RR}}L_{\text{RW}}) > 0,$$

$$x_2^{\text{RR}} - x_2^{\text{RW}} = t(4d - t)(4d - t - 2b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(4L_{\text{RR}}L_{\text{RW}}) > 0,$$

$$Q_2^{\text{RR}} - Q_2^{\text{RW}} = d(4d - t)(4d - t - 2b^2d + b^2t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]/(4L_{\text{RR}}L_{\text{RW}}) > 0.$$

综合以上结论得 $p_1^{\text{WW}} > p_1^{\text{RW}}$, $q_1^{\text{WW}} < q_1^{\text{RW}}$, $x_1^{\text{WW}} < x_1^{\text{RW}}$, $Q_1^{\text{WW}} < Q_1^{\text{RW}}$; $p_2^{\text{RW}} > p_2^{\text{RR}}$, $q_2^{\text{RW}} < q_2^{\text{RR}}$, $x_2^{\text{RW}} < x_2^{\text{RR}}$, $Q_2^{\text{RW}} < Q_2^{\text{RR}}$. 再由竞争供应链的对称性即可推出命题4的结论. 证毕.

引理1的证明:

由 r_{ie} 和 r_{if} 的表达式可得

$$r_{if} - r_{ie} = d(4d - t)[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 H_{fe} / (16T_i L_{\text{WW}}^2 L_{\text{RW}}^2) = (\pi_i^{\text{RR}} - \pi_i^{\text{WW}}) / T_i,$$

其中 $H_{fe} = (t^2 - 12dt + 24d^2)b^2 - 2(4d - t)(6d - t)b + (4d - t)^2$, 可以证明当 $0 \leq b < b_1$ 时, $H_{fe} > 0$, 从而有 $r_{if} > r_{ie}$.

由 r_{ia} 和 r_{ie} 的表达式可得 $r_{ia} = r_{ie}$. 由 r_{ic} 和 r_{ie} 的表达式可得

$$r_{ie} - r_{ic} = bd^2(t - 4d)^2[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 H_{ec} / (8T_i L_{\text{WW}}^2 L_{\text{RW}}^2),$$

其中 $H_{ec} = -2(2d - t)(3d - t)b^2 - d(4d - t)b + 2(4d - t)^2$. 可以证明当 $0 \leq b < b_1$ 时, $H_{ec} > 0$, 从而有 $r_{ie} > r_{ic}$.

由 r_{id} 和 r_{if} 的表达式可得

$$r_{if} - r_{id} = -bd^2(t - 4d)^2[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 H_{ec} / (16T_i L_{\text{WW}}^2 L_{\text{RW}}^2) = -(r_{ie} - r_{ic})/2,$$

因此当 $0 \leq b < b_1$ 时, $r_{if} < r_{id}$.

由 r_{ib} 和 r_{id} 的表达式可得

$$r_{id} - r_{ib} = bd^2(4d - t)^3[2a - (1 - b)(2c + et^2)]^2 H_{db} / (16T_i L_{\text{WW}}^2 L_{\text{RR}}^2 L_{\text{RW}}^2),$$

其中

$$H_{db} = 2(8d - 3t)(3d - t)(2d - t)b^4 - (280d^3 - 300d^2t + 105dt^2 - 12t^3)b^3 + (35d - 12t)(4d - t)^2b - 6(4d - t)^3.$$

可以证明, 当 $0 \leq b < b_1$ 时, $H_{db} < 0$. 因此当 $0 \leq b < b_1$ 时, $r_{id} < r_{ib}$.

综合以上结论即可得当 $0 \leq b < b_1$ 时, $r_{ic} < r_{ia} = r_{ie} < r_{if} < r_{id} < r_{ib}$.

证毕.

引理2的证明:

比较WW模式和RR模式下的产品定价、产品需求、延保定价和延保需求, 得

$$p_i^{RR} - p_i^{WW} = -d(4d-t)[2a - (1-b)(2c+et^2)]/(2L_{RR}L_{WW}) < 0,$$

$$q_i^{RR} - q_i^{WW} = d(4d-t)(1-b)[2a - (1-b)(2c+et^2)]/(2L_{RR}L_{WW}) > 0,$$

$$x_i^{RR} - x_i^{WW} = t(4d-t)(1-b)[2a - (1-b)(2c+et^2)]/(4L_{RR}L_{WW}) > 0,$$

$$Q_i^{RR} - Q_i^{WW} = d(4d-t)(1-b)[2a - (1-b)(2c+et^2)]/(4L_{RR}L_{WW}) > 0.$$

其中 $i = 1, 2$, 引理2结论1得证.

由式(34)和式(35)可以证明 $\frac{\partial M_i^{RR}}{\partial r_i} = -\frac{\partial R_i^{RR}}{\partial r_i} = T_i > 0$. 由引理1已知, 当 $0 \leq b < b_1$ 时, $r_{if} > r_{ie}$. 因此当 $0 \leq b < b_1$, $r_{ie} < r < r_{if}$ 时, $M_i^{RR} > M_i^{WW}$, $R_i^{RR} > R_i^{WW}$. 证毕.

(上接第499页)

- [43] 王春峰, 黄 凝, 房振明. 公司视角下基于动态面板的中国股市收益与波动关系研究. 管理评论, 2016, 28(4): 3–11.
Wang C F, Huang N, Fang Z M. Research on return-volatility relationship based on dynamic panels from the perspective of firm level in China's stock market. Management Review, 2016, 28(4): 3–11. (in Chinese)
- [44] Clark P. A subordinated stochastic process model with finite variance for speculative prices. Econometrica, 1973, 41(1): 135–155.
- [45] Andersen T. Return volatility and trading volume: An information flow interpretation of stochastic volatility. Journal of Finance, 1996, 51(1): 169–204.
- [46] 张 兵, 范致镇, 李心丹. 中美股票市场的联动性研究. 经济研究, 2010, 45(11): 141–151.
Zhang B, Fan Z Z, Li X D. Comovement between China and U.S.'s stock markets. Economic Research Journal, 2010, 45(11): 141–151. (in Chinese)

作者简介:

叶 莉 (1963—), 女, 北京人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 金融市场与风险管理, Email: yeli.cn@163.com;
李伯龙 (1991—), 男, 河北承德人, 硕士, 研究方向: 金融计量, Email: libolong2014@outlook.com.