基于广告－研发的供应链合作博弈分析①

胡本勇[1]，彭其渊[2]
(1. 西南交通大学经济管理学院，成都 610031；2. 西南交通大学交通运输学院，成都 610031)

摘要： 对生产商投资研发、销售商投资广告的优势互补的异质型供应链合作问题，构建了博弈模型。分析论证了生产商在斯坦克尔伯格均衡时的收益大于纳什均衡的收益，而且当其边际收益足够大时才会承担一定比例的销售商广告费用。而在纳什均衡中生产商不会承担广告费用。销售商在斯坦克尔伯格均衡时的收益与纳什均衡的收益的大小由具体参数值确定。生产商的研发投入在纳什均衡和斯坦克尔伯格均衡时均与其边际收益正相关，而销售商的广告投入与其边际收益在纳什均衡中正相关，但在斯坦克尔伯格均衡时负相关。进一步论证了博弈的合作均衡相对于非合作博弈均衡具有帕累托优势，并利用罗宾斯坦讨价还价模型对增加的利润进行了分配，得出一种帕累托最优合作方案。最后将合作拓展到多销售商情形。

关键词： 供应链；异质型合作；博弈论；讨价还价
中图分类号： F252 **文献标识码：** A **文章编号：** 1007－9807(2008)02－0061－10

0 引 言

供应链合作有利于提升企业竞争优势，合作的内容和形式多种多样，其中有关研发－广告合作是当前供应链合作的新领域。针对研发与社会福利的关系，D' Aspremont 和 Jacquemin[1]论证了在研发存在溢出效应时，合作能够增加研发投入，提高社会福利。Suzumura[2]推广了 D' Aspremont 和 Jacquemin[1]的研究，研究了在供大于求的市场上研发的社会效应。Kamien 和 Muller[3]研究了4种研发方式对研发行为和社会福利的影响。针对研发合作系统复杂性问题，盛昭瀚等[4]研究了具有溢出效应的企业研发投入动态竞争系统的全局复杂性，分别就系统局部稳定性、演化特征、可行域边界、路径依赖性特征进行了详细的分析。李洪波等[5]研究了垄断产品链中革新合作问题，得出最优革新投资量及合作效率是合作时间的减函数、供应链存续时间的增函数。王冰和张子刚[6]讨论了合作创新的供应链稳定条件。针对研发投入的博弈互动关系，李勇等[7]利用 C-D 生产函数描绘研发投入产出关系，并对供应链合作研发博弈互动关系进行了研究。易余胤等[8]利用演化博弈对企业间合作研发中的机会主义行为进行演化分析，并讨论了监督机制对防范研发中机会主义行为的有效性。另外 Banerjee[9]研究了垂直研发合作的风险问题。在供应链广告合作方面，Nerlove 和 Arrow[10]、Jorgensen 和 Pierre[11]、张庶萍和张世英[12]等研究了供应链广告合作的动态性问题。Dant 和 Berger[13]、Huang 和 Li[14,15]等利用博弈理论对生产商分担部分经销商的广告费用的供应链广告合作问题进行了研究。Yue 等[16]在 Huang 和 Li[14,15]研究基础上，利用 Abad[17]和 Li 等[18]有关价格折扣与供应链收益的成果，讨论了价格折扣对供应链的影响。张玉林等[19]、梁樑和余雁[20]对企业间广告及投资分配、供应链最优广告合作策略问题进行了相关研究。从相关文献中可发现3个显著特点：第一，对研发合作的研究主要是针对生产企业，很少将研发合作拓展到生产

① 收稿日期：2005－12－27；修订日期：2007－01－05.
作者简介：胡本勇(1974—)，男，河南信阳人，博士生. Email：huby2008@163.com

企业与非生产企业之间;第二,对供应链广告合作的研究,主要以两个或多个企业同时做广告的形式进行的,并假定生产企业进行品牌投资,开发潜在市场,而销售商在当地进行广告宣传,激发直接需求.但是这两种广告宣传效应是高度相关的,目前这一类研究并没区分它们的相关性.第三,合作的形式是同质的,即研发对研发、广告对广告,对以研发－广告为合作内容的异质型合作研究不足.

本文是在前人研究的基础上,对一个生产商和一个销售商组成的供应链的合作展开研究,并将研究结论拓展到复杂供应链.合作是以生产商投资研发、销售商投资广告宣传、生产商并分担部分销售商广告费用的形式进行的,其内容是异质的,即以研发－广告的形式进行合作.这种异质型合作具有明显优势:首先,广告宣传和开发有竞争力的产品(即研发)是拓展市场不可或缺的两大要素;其次,生产企业具有研发优势,通过研发投入,构思新产品,设计新工艺,对产品不断进行革新和创新,以新颖独特、物美价廉的产品供应市场;再次,销售商位于市场前沿,对顾客需求特性及市场信息更为了解,让销售商负责广告宣传更有优势.因为充分利用了彼此的优势,能够形成优势互补的合作.

本文利用博弈理论,对基于广告－研发的供应链异质型合作进行了研究.分析比较了非合作均衡及合作均衡,并对合作增加的利润进行了分配,获得了可行的帕累托最优合作方案,对建立供应链合作的协调及优化,具有一定的理论意义和应用价值.另外,本文对走出产业组织理论中纵向控制"困境"有一定的借鉴意义.在传统产业组织理论中,上游企业凭借自身垄断力,控制下游企业经济活动,实现企业目标,由于没有考虑下游企业的收益变化,降低了下游企业参与的积极性,导致"下游企业"逆向选择和道德风险等问题的出现,会使纵向控制效果减弱甚至失效[21,22].本文得出的基于合作均衡的利润再分配合作方案,具有帕累托优势,能够促进参与企业合作的积极性.

1 模型描述

生产商以研发、销售商以广告形式进行供应链合作,目的是开发潜在需求、拓展目标市场、激发顾客需求,实现企业利润最大化.市场需求潜在容量是研发投入和广告投入的函数.李勇等[7]利用 C-D 生产函数研究供应链研发合作对市场需求拉动作用,Jorgensen[11]利用累积函数、Huang等[15]利用幂函数研究供应链广告合作对市场需求拉动作用.本文在借鉴文献[15]的基础上,以幂函数的形式考虑研发投入和广告投入对市场需求影响,而且只考虑单一周期.若环境不确定性对其影响的期望值为零,则研发、广告对市场需求的拉动作用为

$$S(x,y) = \alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta} \tag{1}$$

其中:$S(x,y)$②是通过研发和广告宣传共同实现的市场容量,是 x、y 的非减函数;x 是生产商研发投入;y 是销售商广告投入;α 是供应链通过研发和广告合作所能实现的最大市场销售量;γ、δ 可看作研发投入弹性和广告弹性.α、β、γ、δ 为正的常数,一般 γ 和 δ 是不相等的,反映了它们对市场拉动的差异性.

假定供应链每销售 1 单位产品,生产商的边际收益为 ρ_m,销售商的边际收益 ρ_r.ρ_m 为单位批发价扣除不包含广告和研发费用的单位平均成本的剩余部分,ρ_r 为零售价扣除不包含广告费用的单位平均成本的剩余部分.假设边际收益不变,即如果单位成本增加,则相应的提高售价.它们均为正的常数,均可从企业的实际财务数据中预测得出.生产商分担销售商广告费用的比例为 t,总额为 ty.π_m、π_r、π 分别表示生产商、销售商以及供应链的利润函数,具体如下

$$\pi_m = \rho_m(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - ty - x \tag{2}$$

$$\pi_r = \rho_r(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - (1-t)y \tag{3}$$

$$\begin{aligned}\pi &= \pi_m + \pi_r \\ &= (\rho_m + \rho_r)(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - y - x\end{aligned} \tag{4}$$

② 对于价格敏感的产品,根据 Abad[14] 和 Li[15] 研究成果:$S(p) = \theta p^{-e}$(其中:θ 为市场需求,p 为产品价格,e 为价格弹性),可得到考虑价格因素的决策模型:$S(x,y,p) = (\alpha' - \beta' x^{-\gamma} y^{-\delta})p^{-e}$.为了着重研究研发－广告对需求的拉动作用,假定市场价格不变(或者市场需求对价格非敏感)、需求价格弹性为常数,令 $\alpha = \alpha' p^{-e}$,$\beta = \beta' p^{-e}$,那么根据 $S(x,y,p)$ 可得本文所采用的模型 $S(x,y,)$.

2 非合作博弈均衡分析

2.1 纳什均衡分析

当供应链一方对另一方不具有垄断能力时，参与企业是平等的，在没有达成任何有约束力协议情况下，企业间的博弈是非合作的. 此时企业的目标是给定对方策略，选择在满足自己约束下企业收益最大的策略，以这种策略实现的均衡称为纳什均衡. 这一过程可表示为：生产商的选择为

$$\max_{x,t} \pi_m = \rho_m(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - ty - x \tag{5}$$

$$\text{s.t.} \quad 0 \leqslant t \leqslant 1, x \geqslant 0$$

销售商的选择为

$$\max_{y \geqslant 0} \pi_r = \rho_r(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - (1-t)y \tag{6}$$

生产商选择 x、t，实现问题(5) 的最大值，其目标函数的一阶条件为

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial x} = \rho_m \beta \gamma x^{-\gamma-1} y^{-\delta} - 1 = 0 \tag{7}$$

因为 π_m 是 t 在整个定义域的减函数，而 $t \in [0, 1]$，所以 $t=0$ 为生产商最优的广告分担率. 销售商选择 y，实现问题(6) 的最大值，其目标函数的一阶条件为

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial y} = \rho_r \beta \delta x^{-\gamma} y^{-\delta-1} - (1-t) = 0 \tag{8}$$

将式(7)、(8) 联立求解，此时 $t=0$，可得到供应链进行研发－广告合作的唯一纳什均衡解

$$x^* = \left[\frac{\beta \gamma^{\delta+1} \rho_m^{\delta+1}}{\delta^\delta \rho_r^\delta}\right]^{\frac{1}{\gamma+\delta+1}} \tag{9}$$

$$t^* = 0 \tag{10}$$

$$y^* = \left[\frac{\beta \delta^{\gamma+1} \rho_r^{\gamma+1}}{\gamma^\gamma \rho_m^\gamma}\right]^{\frac{1}{\gamma+\delta+1}} \tag{11}$$

由式(9)、(11) 可得 $\frac{\partial x^*}{\partial \rho_m} > 0$、$\frac{\partial y^*}{\partial \rho_r} > 0$. 因此结合式(10) 可得如下命题1.

命题1 生产商的研发投入量 x 与本企业的产品边际收益 ρ_m 正相关；销售商的广告投入量 y 与本企业的产品边际收益 ρ_r 正相关；纳什均衡时，生产商不会分担销售商的广告费用.

该命题说明在参与企业以纳什博弈时，合作的动力源于本企业的产品边际收益，由于两企业的合作投入都与本企业的产品边际收益正相关，所以只要合作有利可图[$\pi_m(x^*, y^*, t^*) > 0$, $\pi_r(x^*, y^*, t^*) > 0$]，参与企业都会有合作的意愿.

2.2 斯坦克尔伯格均衡分析

如果供应链参与企业地位不对等，假定生产商在合作中处于主导地位，此时供应链的博弈为斯坦克尔伯格博弈. 生产商首先选择使本企业收益最大的研发投入 x，以及对销售商广告费用分担比例 t，销售商在观察到 x、t 后，选择广告费用投入 y，最大化本企业的收益.

采用逆向递归法求解这一博弈均衡. 首先，销售商在观察到生产商的决策变量 x、t 后，选择 y，使其利润 π_r 最大化. 则将式(3) 对 y 求偏导，并令其为零

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial y} = \rho_r \beta \delta x^{-\gamma} y^{-\delta-1} - (1-t) = 0$$

可得销售商的反映函数

$$y = \left[\frac{\beta \delta \rho_r}{1-t}\right]^{\frac{1}{1+\delta}} x^{\frac{-\gamma}{1+\delta}} \tag{12}$$

将式(12) 分别对 x、t、ρ_r 求偏导数可得到

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -\frac{\gamma}{1+\delta}\left[\frac{\beta \delta \rho_r}{1-t}\right]^{\frac{1}{1+\delta}} x^{\frac{-(1+\gamma+\delta)}{1+\delta}} < 0 \tag{13}$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{1+\delta}(\beta \delta \rho_r)^{\frac{1}{1+\delta}} (1-t)^{\frac{-(2+\delta)}{1+\delta}} x^{\frac{-\gamma}{1+\delta}} > 0 \tag{14}$$

$$\frac{\partial y}{\partial \rho_r} = \frac{1}{1+\delta}(\beta \delta)^{\frac{1}{1+\delta}} (1-t)^{\frac{-(2+\delta)}{1+\delta}} \rho_r^{\frac{-\delta}{1+\delta}} x^{\frac{-\gamma}{1+\delta}} > 0 \tag{15}$$

由式(13)、(14)、(15)，可得如下命题2：

命题2 在合作中，销售商的广告投入与生产商研发投入负相关，与生产商对广告费用分担比例正相关，与本企业收益正相关.

销售商广告投入与生产商研发投入负相关，意味着销售商在合作中存在搭便车的可能，减少广告投入依然可以享受生产企业研发带来的好处；与生产商对广告费用分担比例正相关，说明生产企业通过调整广告分担比例，能够影响销售商的广告投入，实现企业利润最大化；与本企业收益正相关，说明销售企业有合作的动力，增加广告投入能够增加受益.

生产商在预测到销售商反映函数后，选择 x、t 以实现其利润最大化. 将式(12) 代入生产商的利润函数式(2)，生产商的选择可表示为

$$\max_{x,t} \pi_m$$

$$\text{s.t.}\quad 0 \leqslant t \leqslant 1, x \geqslant 0 \tag{16}$$

其中

$$\begin{aligned}\pi_{\mathrm{m}} &= \rho_{\mathrm{m}}(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - ty - x \\ &= \rho_{\mathrm{m}}\left[\alpha - \beta\left(\frac{\beta\delta\rho_{\mathrm{r}}}{1-t}\right)^{\frac{-\delta}{1+\delta}} x^{\frac{-\gamma}{1+\delta}}\right] - \\ &\quad t\left(\frac{\beta\delta\rho_{\mathrm{r}}}{1-t}\right)^{\frac{-1}{1+\delta}} x^{\frac{-\gamma}{1+\delta}} - x\end{aligned}$$

将问题(16)的目标函数分别对 x、t 依次求偏导，并令其等于零，可得生产商最优研发投入、广告分担比例，它们分别为

$$x^{**} = [\delta^{-\delta}\gamma^{1+\delta}\beta(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})]^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}} \tag{17}$$

$$t^{**} = \begin{cases}\dfrac{\rho_{\mathrm{m}} - (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}}} & \text{当 } \rho_{\mathrm{m}} > (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}} \\ 0 & \text{当 } \rho_{\mathrm{m}} \leqslant (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}\end{cases} \tag{18}$$

将 x^{**}、t^{**} 代入式(12)，可得销售商的最优广告投入

$$y^{**} = [\gamma^{-\gamma}\delta^{1+\gamma}\beta(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})]^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}} \tag{19}$$

则(x^{**}, t^{**}, y^{**})为供应链合作的斯坦克尔伯格均衡点. 由 式(17)、(18)、(19)可得

$$\frac{\partial x^{**}}{\partial \rho_{\mathrm{m}}} = \frac{(\delta^{-\delta}\gamma^{1+\delta}\beta)^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}}}{(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})^{\frac{\gamma+\delta}{1+\gamma+\delta}}(1+\gamma+\delta)} > 0 \tag{20}$$

$$\frac{\partial t^{**}}{\partial \rho_{\mathrm{m}}} = \frac{\rho_{\mathrm{r}}}{(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})^2} > 0 \tag{21}$$

$$\frac{\partial t^{**}}{\partial \rho_{\mathrm{r}}} = \frac{-\rho_{\mathrm{m}}}{(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})^2} < 0 \tag{22}$$

$$\frac{\partial y^{**}}{\partial \rho_{\mathrm{r}}} = -\frac{\delta(\gamma^{-\gamma}\delta^{1+\gamma}\beta)^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}}}{(\rho_{\mathrm{m}} - \delta\rho_{\mathrm{r}})^{\frac{\gamma+\delta}{1+\gamma+\delta}}(1+\gamma+\delta)} < 0 \tag{23}$$

由式(18)、(20)、(21)、(22)、(23)可得如下命题3.

命题3 ①生产商的最优研发投入与其边际收益正相关；②生产商对销售商的最优广告分担比例与其边际收益正相关，与销售商的边际收益负相关，当 $\rho_{\mathrm{m}} > (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}$ 时，生产商分担一定比例的销售商广告费用，否则不分担；③ 销售商的最优广告投入与其边际收益负相关.

命题3说明，在合作中生产商增加研发投入能够提高其边际收益，而销售商提高广告投入却减少边际收益，因此要平衡总收益，需要生产商承担更多的合作成本，表现为 $x^{**} > y^{**}$ 和／或 $t^{**} > 0$. 如果 $\rho_{\mathrm{m}} > (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}$，生产商必须分担一定比例销售商的广告费用，具体比例由 ρ_{m}、δ、ρ_{r} 决定. 当 $\rho_{\mathrm{m}} \leqslant (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}$ 时，生产商不分担广告费用. 而结论③正反映了销售商合作中的机会主义倾向.

比较纳什均衡(x^*, t^*, y^*)、斯坦克尔伯格均衡(x^{**}, t^{**}, y^{**})结果，可得如下命题4.

命题4 ①$\pi_{\mathrm{m}}^{**} \geqslant \pi_{\mathrm{m}}^{*}$，②$\pi_{\mathrm{r}}^{**}$ 与 π_{r}^{*} 大小关系由具体参数值确定.

证明 ①根据Basar和Olsder理论[23]，作为主导者的生产商最优收益肯定不小于非合作的纳什均衡收益，即 $\pi_{\mathrm{m}}^{**} \geqslant \pi_{\mathrm{m}}^{*}$. ②因为

$$\pi_{\mathrm{r}}^{**} - \pi_{\mathrm{r}}^{*} = (1+\delta)\rho_{\mathrm{r}}\rho_{\mathrm{m}}^{\frac{-(\gamma+\delta)}{1+\gamma+\delta}}(\beta\delta^{-\delta}\gamma^{-\gamma})^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}} \times \left[\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{-\delta}{1+\gamma+\delta}} - \left(1 - \delta\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{-(\gamma+\delta)}{1+\gamma+\delta}}\right]$$

当 $\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}} + \delta\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right) < 1$ 时，$\pi_{\mathrm{r}}^{**} - \pi_{\mathrm{r}}^{*} > 0$，当 $\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}} + \delta\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right) > 1$ 时，$\pi_{\mathrm{r}}^{**} - \pi_{\mathrm{r}}^{*} < 0$.

命题4说明，生产商作为主导者时收益较大. 对于销售商，当 $\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}} + \delta\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right) < 1$ 时，作为追随者时收益较大，当 $\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}} + \delta\left(\frac{\rho_{\mathrm{r}}}{\rho_{\mathrm{m}}}\right) > 1$ 时，同时行动时收益较大.

3 博弈的合作均衡解

如果供应链能达成有约束力的合作协议，参与方以供应链利益最大化为目标，此时企业间的博弈为合作型，这一行为过程可表示为

$$\max_{x,y} \pi = (\rho_{\mathrm{m}} + \rho_{\mathrm{r}})(\alpha - \beta x^{-\gamma} y^{-\delta}) - y - x$$

$$\text{s.t.}\quad x \geqslant 0,\ y \geqslant 0 \tag{24}$$

将问题(24)的目标函数分别对 x、y 求偏导，并令其等于零，则有

$$\frac{\partial \pi}{\partial x} = \beta\gamma(\rho_{\mathrm{m}} + \rho_{\mathrm{r}})x^{-\gamma-1}y^{-\delta} - 1 = 0 \tag{25}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial y} = \beta\delta(\rho_{\mathrm{m}} + \rho_{\mathrm{r}})x^{-\gamma}y^{-\delta-1} - 1 = 0 \tag{26}$$

联立式(25)、(26)，可得均衡结果

$$\bar{x} = [\delta^{-\delta}\gamma^{1+\delta}\beta(\rho_m + \rho_r)]^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}} \quad (27)$$

$$\bar{y} = [\gamma^{-\gamma}\delta^{1+\gamma}\beta(\rho_m + \rho_r)]^{\frac{1}{1+\gamma+\delta}} \quad (28)$$

分别将式(9)和(11)、式(17)和(19)、式(27)和(28)代入式(4)，可得合作企业以纳什均衡、斯坦克尔伯格均衡、博弈的合作均衡时供应链收益. 比较它们的大小关系，则有如下命题5.

命题5　$\bar{\pi} > \pi^{**} > \pi^{*}$. 这里的$\bar{\pi}$、$\pi^{**}$、$\pi^{*}$分别为博弈的合作均衡、斯坦克尔伯格均衡、纳什均衡时的供应链收益.

证明　为了简化分析，假设有不等式

$$\left(\frac{\rho_r}{\rho_m}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}} + \delta\left(\frac{\rho_r}{\rho_m}\right) < 1$$

根据命题4，知$\pi_m^{**} > \pi_m^{*}$、$\pi_r^{**} > \pi_r^{*}$，又因$\pi^{**} = \pi_m^{**} + \pi_r^{**}$、$\pi^{*} = \pi_m^{*} + \pi_r^{*}$，所以$\pi^{**} > \pi^{*}$.

又因为供应链整体收益为

$$\begin{aligned}\pi &= \pi_m + \pi_r \\ &= (\rho_m + \rho_r)(\alpha - \beta x^{-\gamma}y^{-\delta}) - y - x\end{aligned}$$

令

$$f(x,y) = (\rho_m + \rho_r)(\alpha - \beta x^{-\gamma}y^{-\delta}) - y - x$$

博弈的合作均衡的解$(\bar{x},\bar{y})$是函数$f(x,y)$的解，此时

$$\left.\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right|_{x=\bar{x}} = 0, \left.\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right|_{y=\bar{y}} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x \partial y} = -\beta\gamma\delta(\rho_m + \rho_r)x^{-\gamma-1}y^{-\delta-1} < 0$$

所以$(\bar{x},\bar{y})$为$f(x,y)$极大值点，即

$$f(\bar{x},\bar{y}) > f(x,y)$$

故有$\bar{\pi} > \pi^{**}$. 综上分析，则有

$$\bar{\pi} > \pi^{**} > \pi^{*}.$$

命题5表明，如果t同时满足下列条件

$$\Delta\pi_m(t) = \pi_m(\bar{x},t,\bar{y}) - \pi_m \geq 0 \quad (29)$$

$$\Delta\pi_r(t) = \pi_r(\bar{x},t,\bar{y}) - \pi_r \geq 0 \quad (30)$$

则博弈的合作均衡具有帕累托优势，记为$(\bar{x},t,\bar{y}) \in B$. 于是，参与企业的帕累托合作方案为

$$A = \{(\bar{x},t,\bar{y}): \Delta\pi_m(t) \geq 0, \Delta\pi_r(t) \geq 0, (\bar{x},t,\bar{y}) \in B, t_{\min} \leq t \leq t_{\max}\}$$

其中，$t_{\min}$、$t_{\max}$由下列运算决定③，令

$$\begin{aligned}k_1 = \beta\rho_m[(x^{**})^{-\gamma}(y^{**})^{-\delta} - (\bar{x})^{-\gamma}(\bar{y})^{-\delta}] + \\ (x^{**} - \bar{x}) + t^{**}y^{**}\end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned}k_2 = \beta\rho_r[(x^{**})^{-\gamma}(y^{**})^{-\delta} - (\bar{x})^{-\gamma}(\bar{y})^{-\delta}] + \\ (y^{**} - \bar{y}) - t^{**}y^{**}\end{aligned} \quad (32)$$

$$t_{\min} = -\frac{k_2}{\bar{y}} \quad (33)$$

$$t_{\max} = -\frac{k_1}{\bar{y}} \quad (34)$$

则有$\Delta\pi_m(t) = k_1 - t\bar{y}$，$\Delta\pi_r(t) = k_2 + t\bar{y}$，当$k_2 < 0$时，$A$可简化为

$$A = \{(\bar{x},t,\bar{y}): t_{\min} \leq t \leq t_{\max}\} \quad (35)$$

所以，当t满足$0 < t_{\min} \leq t \leq t_{\max} < 1$时，$A$为具有帕累托优势的合作方案. 显然，当$t = t_{\max}$时，合作增加的利润全部被销售商所占有；当$t = t_{\min}$时，合作增加的利润全部被生产商所占有. t值成为生产商和销售商分得增加利润份额的决定因素，也是合作双方谈判的焦点.

4　合作利润的分配

根据上述分析，博弈的合作均衡具有帕累托优势，如果生产商和销售商同意以博弈的合作形式开展合作，那么这种合作所带来的额外收益如何分配?即对帕累托方案$(\bar{x},t,\bar{y})$，$\Delta\pi = \Delta\pi_m(\bar{x},t,\bar{y}) + \Delta\pi_r(\bar{x},t,\bar{y}) > 0$如何分配$\Delta\pi$. 因为在均衡点$(\bar{x},\bar{y})$，$t$是变化的，$t \in [t_{\min}, t_{\max}]$，所以基于$t$的不同，存在多个可行的帕累托合作方案，生产商希望$t$更接近于$t_{\min}$，而销售商则希望$t$更接近于$t_{\max}$. 双方通过谈判决定$t$值，也就决定了对$\Delta\pi$的分配.

本文采用罗宾斯坦讨价还价模型分配合作增加的利润. 罗宾斯坦证明了在无限期轮流出价博弈中，唯一的子博弈精炼纳什均衡结果为

$$k = \frac{1 - \delta_r}{1 - \delta_m\delta_r}$$

其中，δ_m、δ_r分别为生产商、销售商基于耐心度的贴现因子[24]. 耐心度是谈判者的风险厌恶度、谈判成本、谈判能力、竞争优势的综合体现，耐心度

③　假定供应链所增加的利润是从斯坦克尔伯格均衡到合作均衡，即：$\Delta\pi = \bar{\pi} - \pi^{**}$. 如果是从纳什均衡到合作均衡，则供应链增加的利润为：$\Delta\pi = \bar{\pi} - \pi^{*}$.

越大在谈判中得到的份额越大. 耐心度与风险厌恶度、谈判成本负相关,与谈判能力、竞争优势正相关.

给定 δ_m、δ_r,由罗宾斯坦讨价还价模型,生产商、销售商所分得的合作增加利润分别为

$$\Delta\pi_m = k_1 - t\bar{y} = \kappa\Delta\pi = \frac{1-\delta_r}{1-\delta_m\delta_r}\Delta\pi \quad (36)$$

$$\Delta\pi_r = k_2 - t\bar{y} = (1-\kappa)\Delta\pi = \frac{\delta_r(1-\delta_m)}{1-\delta_m\delta_r}\Delta\pi \quad (37)$$

将式(33)、(34) 分别代入式(36)、(37),可得到帕累托合作最优广告费用分担比例

$$\bar{t} = t_{\max} - \frac{\Delta\pi_m}{\bar{y}} = t_{\min} + \frac{\Delta\pi_r}{\bar{y}} \quad (38)$$

由式(36)、(37) 反映了参与企业在谈判时,他的贴现因子越大,即:风险厌恶度小、谈判成本小、谈判能力强、竞争优势明显,则分得的收益越多;相反,则分得的收益少.

5 模型拓展

简单供应链(1 个生产商和 1 个销售商) 是对现实问题的简化,便于发现类似问题的主要规律. 实际情况可能是 1 个生产商和多个销售商,或者多个生产商和 1 个销售商,而且可能是多阶段的博弈,问题较为复杂. 比如对 1 个生产商和多个销售商的合作,须从每一销售商的参与约束、激励约束以及结盟情况去考虑,而且简单供应链的相关研究结论对复杂供应链的价值不大. 考虑上述原因,本文把简单供应链拓展到 1 个生产商和多个销售商作为一个整体参与博弈的单阶段复杂供应链合作. 须对简单供应链模型结论作如下处理: 1) 只有 1 个生产商,生产商处于"卖方" 市场,生产商和多个销售商"集体" 进行博弈,作为主导的生产商可以采用两厂商简单供应链模型,分析生产商与"集体" 的非合作及合作博弈,得出销售商"集体" 所应承担的最优广告费用 Y. 2) 作为主导的生产商根据 Y,确定每一个销售商应承担广告费用 y_i($Y = \sum_{i=1}^{n} y_i$). 这与中央确定地方财政上缴比例[25]、集团公司在分公司之间分派管理费用[26] 等问题是一致的.

在拓展模型中,合理分担广告费用 y_i 是合作有效的关键. 假设作为主导的生产商按"收益费用配比、兼顾销售商效率" 原则分配广告费用. 销售商首先向生产商提供预测收益 I_i,生产商根据 I_i 决定每一销售商应承担的广告费用比例 x_i,则销售商应承担广告费用 $y_i = I_i x_i$. 假设销售商的成本函数 $c_i(I_i) = a_i I_i^2$($a_i > 0$)、效率系数 λ_i($0 \leqslant \lambda_i \leqslant 1$, $\sum_{i=1}^{n}\lambda_i = 1$). 显然,销售商经营效率越高,$a_i$ 越小,w_i 越大. 生产商和销售商在广告费用分派问题中,生产商希望能使广告费用分派,既能体现公平又能体现企业效率的差异;销售商则通过上报适当的收益,最大化本企业受益. 因此,生产商的决策问题为

$$\max_{x_i} U = \sum_{i=1}^{n} w_i \log[(1-x_i)I_i]$$
$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^{n} x_i I_i = Y \quad (39)$$

销售商的决策问题为

$$\max_{I_i} U_i = (1-x_i)I_i - a_i I_i^2 \quad (40)$$

由于生产商在合作中处于主导地位,假设生产商与销售商进行斯坦克尔伯格博弈,销售商之间进行的是纳什博弈. 可采用逆向递推方法求解上述博弈. 销售商先行动,选择 I_i 实现问题(40) 的优化,则销售商的反映函数为

$$I_i = \frac{1-x_i}{2a_i} \quad (41)$$

把式(41) 代入问题(39),则生产商最优决策可重新表示为

$$\max_{x_i} U = \sum_{i=1}^{n} w_i \log\left[\frac{(1-x_i)^2}{2a_i}\right]$$
$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i(1-x_i)}{2a_i} = Y \quad (42)$$

为求解问题(42),构造拉格朗日函数

$$L = \sum_{i=1}^{n} w_i \log\left[\frac{(1-x_i)^2}{2a_i}\right] + \lambda\left[\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i(1-x_i)}{2a_i} - Y\right] \quad (43)$$

λ 为拉格朗日常数,问题(42) 的一阶条件为

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = -\frac{2w_i}{1-x_i} + \lambda\frac{1-2x_i}{2a_i} = 0 \quad (44)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i(1-x_i)}{2a_i} - Y = 0 \quad (45)$$

由式(44) 可消去 λ,则有

$$\frac{(1-x_i)(1-2x_i)}{w_i a_i}=\frac{(1-x_j)(1-2x_j)}{w_j a_j},$$

$$i\neq j,i,j=1,2,\cdots,n \qquad (46)$$

因涉及高阶多项式，求解一阶条件的解析解较困难，但从式(45)、(46) 可得出如下命题 6.

命题 6 ① 销售商所承担的广告费用比例 x_i 或者都小于 0.5、或者都大于 0.5；② 销售商应承担的广告费用比例 x_i 与 w_i 成正向比例关系、与 a_i 成反向比例关系. ③ 当 $w_i=w_j,a_i=a_j,i\neq j$ 时，即销售商无差异，则销售商承担的广告费用相等，即 $y_1=y_2=\cdots=y_n=Y/n$.

命题 6 中结论 ① 是由式(46) 的恒等关系得出的，否则式(46) 不成立，结论 ① 说明生产商在确定销售商所承担的广告费用比例 x_i 时，不能相差太大. 结论 ② 说明在确定广告费用承担比例 x_i 时，既考虑了公平又兼顾了效率，因为 a_i 越小，x_i 越大，这体现的是公平，而 w_i 越大，x_i 越小，则体现的是效率. 结论 ③ 提供了一个特例，当多个销售商无差异时，它们平摊广告费用.

6 数值模拟

某半导体芯片生产商与其下游销售商针对 IC 卡芯片的生产和销售展开供应链合作. 生产商加大研发投入，开发出新颖独特、物美价廉的 IC 卡芯片，销售商利用其广告宣传优势，开展 IC 卡芯片的宣传促销活动. 生产商和销售商通过“研发 - 广告” 这种“分工” 合作共同开拓 IC 卡芯片产品市场. 假设在研发 - 广告的供应链异质型合作中，相应的市场参数分别为：

$\alpha=8\times10^4$、$\beta=9\times10^8$、$\gamma=0.4$、$\delta=0.5$、$\rho_m=100$、$\rho_r=60$、$\delta_m=0.8$、$\delta_r=0.85$.

6.1 纳什均衡与斯坦克尔伯格均衡比较

根据纳什均衡和斯坦克尔伯格均衡特征，代入上述参数，可得相应的参数值，如表 1（表中字母含义同本文原假设）.

表 1 印证了本文非合作博弈分析的结论：

1）纳什均衡时 $t=0$；斯坦克尔伯格均衡时 $t=14.29\%$，满足条件：$\rho_m>(1+\delta)\rho_r$，印证了命题 3 的结论.

2）对于销售商，纳什均衡时的利润 3 926 633 大于斯坦克尔伯格均衡时的利润 3 899 797，满足 $\left(\frac{\rho_r}{\rho_m}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma+\delta}}+\delta\left(\frac{\rho_r}{\rho_m}\right)>1$，印证了命题 4 的结论.

3）对于生产商，纳什均衡时的利润 6 641 325 小于斯坦克尔伯格均衡时的利润 6 670 284，印证了命题 4 的结论.

表 1　纳什均衡与斯坦克尔伯格均衡比较

Table 1 Comparison between Nash equilibrium and Stackelberg equilibrium

参数	x	y	$S(x,y)$	t	π_m	π_r	π
NE	3 878 46	290 887	70 292	0	6 641 354	3 926 633	10 567 987
SE	281 032	351 294	70 015	14.29%	6 670 284	3 899 797	10 570 081
C	- 106 814	+ 60 407	- 277	+ 14.29%	+ 28 930	- 26 836	+ 2 094

注：NE：纳什均衡，SE：斯坦克尔伯格均衡，C = SE - NE

6.2 合作均衡与斯坦克尔伯格均衡比较

根据斯坦克尔伯格均衡和合作博弈均衡特征，以及讨价还价模型，可得相应的参数值，如表 2（表中字母含义同原文假设）：

表 2　合作均衡与斯坦克尔伯格均衡比较

Table 2 Comparison between Stackelberg equilibrium and cooperative game equilibrium

参数	x	y	$S(x,y)$	t	π_m	π_r	π
SE	281 032	351 294	70 015	14.29%	6 670 284	3 899 797	10 570 081
CE	434 212	542 780	73 216	20.46%	6 774 967	3 962 597	10 737 568
C	+ 153 180	+ 191 486	+ 3 201	6.17%	+ 104 683	+ 62 800	+ 167 483

注：SE：斯坦克尔伯格均衡，CE：博弈的合作均衡，C = CE - SE

由式(33),代入相应数值可得 $t_{\min} = 8.57\%$,同样,由式(34) 得 $t_{\max} = 40.96\%$. 比较斯坦克尔伯格均衡和合作博弈均衡,可知供应链增加的利润为 $\Delta\pi = 167\,483$. 按讨价还价模型,生产商分得的增加利润份额 $k = 0.625$,相应的利润为 $\Delta\pi_m = 0.625 \times 167\,483 = 104\,667$,销售商分得的利润为 $\Delta\pi_r = (1 - 0.625) \times 167\,483 = 62\,806$. 由式(38)得生产商对销售商广告费用分担比例为 $\bar{t} = 20.46\%$.

上述数值算例印证了本文博弈的合作均衡与非合作博弈分析的结论.

1) 供应链利润,博弈的合作均衡时为 10 737 568、斯坦克尔伯格均衡为 10 570 081、纳什均衡为 10 567 987,印证了命题 5 的结论.

2) $\bar{t} = 20.46\%$,介于 $t_{\min} = 8.57\%$ 和 $t_{\max} = 40.96\%$ 之间.

3) 合作均衡与斯坦克尔伯格博弈相比,销售商利润增加 62 800,生产商利润增加 104 683,印证了命题 5,同时说明博弈的合作均衡具有帕累托优势,而且存在 $\bar{t} = 20.46\%$ 的帕累托最优合作方案.

7 结 论

本文先后分析比较了供应链基于研发 - 广告异质型合作的 3 种博弈形式的研发投入、广告投入、以及收益的特征,证明了博弈的合作均衡具有帕累托优势,并采用罗宾斯坦讨价还价模型分配了合作增加的利润,最后对简单供应链模型进行了拓展. 对建立供应链合作的协调及优化,以及走出产业组织理论中纵向控制“困境”,具有一定的理论意义和应用价值. 本文结论综合如下:

1) 当合作企业间以纳什博弈时,生产商研发投入量与本企业的产品边际收益正相关;销售商广告投入量与本企业的产品边际收益正相关. 此时,生产商不会分担销售商的广告费用.

2) 当合作企业间以斯坦克尔伯格博弈时:①销售商广告投入与生产商研发投入负相关,与生产商对广告费用分担比例正相关,与本企业收益正相关. ② 生产商对销售商广告分担比例与其边际收益正相关,与销售商的边际收益负相关. ③当 $\rho_m > (1 + \delta)\rho_r$ 时,生产商承担一定比例的销售商广告费用,否则不承担;

3) 生产商作为主导者时收益最大,而销售商在两种非合作博弈中的收益大小关系有具体参数确定.

4) 供应链博弈的合作均衡收益大于非合作博弈的收益,博弈的合作均衡具有帕累托优势.

5) 对合作增加的收益分配,当合作方风险厌恶度越小、谈判成本越小、谈判能力越强、竞争优势越明显,分得的收益越多;相反,则分得的收益越少.

6) 对于多销售商的供应链异质型合作问题,可先采用简单供应链的分析方法,在此基础上再对最优广告费用进行分摊. 而且生产商在确定销售商所承担的广告费用比例时,不能相差太大,既要考虑公平又兼顾效率,如果销售商无差异,它们应平摊广告费用.

本文一些结论是在一定假设下得出的,推广应用还需进一步验证,但针对供应链异质型合作所采用量化博弈分析方法,为实践中的决策者提供了管理视角:首先,虽然本文是研究研发 - 广告的合作问题,但方法可为研究其它类似的异质型合作所借鉴;其次,同一合作问题不同博弈形式对合作方收益影响不同,如果可能,决策者可根据具体决策环境选择合适的博弈形式;再次,合作共赢是提高供应链合作质量的前提,本文得出的具有帕累托优势的博弈的合作均衡方案,使合作共赢成为可能. 本文主要研究了两层以及一种较特殊的 1 对多单阶段的供应链合作形式,对于多对 1 以及更一般的 1 对多供应链合作问题需要进一步展开研究.

参 考 文 献:

[1] D'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers[J]. American Economic Review, 1988, 78(5): 1133—1137.

[2] Suzumura K. Cooperative and noncooperative R&D in an oligopoly with spillovers[J]. American Economic Review, 1992,

82(5)：1307—1320.

[3]Kamien M, Muller E, Zang I. Research joint venture and R&D cartels[J]. American Economic Review, 1992, 82(5)：1293—1306.

[4]盛昭瀚，李 煜，陈国华，等. 企业RD投入动态竞争系统的全局复杂性分析[J]. 管理科学学报，2006，9(3)：1—10.

Sheng Zhaohan, Li Yu, Chen Guohua, *et al.* Global complexity of a RD dynamic competition model[J]. Journal of Management Sciences in China, 2006, 9(3)：1—10. (in Chinese)

[5]李洪波，熊中楷，杨秀苔. 垄断产品链中革新合作机制的研究[J]. 系统工程学报，2005，20(1)：98—103.

Li Hongbo, Xiong Zhongkai, Yang Xiutai. Study on cooperate mechanism of supplier' s innovation a complete monopoly product chain[J]. Journal of Systems Engineering, 2005, 20(1)：98—103. (in Chinese)

[6]王 冰，张子刚. 基于帕累托原则的供应链企业间创新活动的合作模型[J]. 科研管理，2003，24(2)：36—40.

Wang Bin, Zhang Zigang. The cooperation model on innovation activity between supply chain enterprises based on Pareto principle[J]. Science Research Management, 2003, 24(2)：36—40. (in Chinese)

[7]李 勇，张 异，杨秀苔. 供应链中制造商－供应商合作研发博弈模型[J]. 系统工程学报，2005，20(1)：12—18.

Li Yong, Zhang Yi, Yang Xiutai. Cooperative R&D game models of manufacturer-supplier in a supply chain[J]. Journal of Systems Engineering, 2005, 20(1)：12—18. (in Chinese)

[8]易余胤，肖条军，盛昭瀚. 合作研发中机会主义行为的演化博弈分析[J]. 管理科学学报，2005，8(4)：80—87.

Yi Yuyin, Xiao Tiaojun, Sheng Zhaohan. Evolutionary game analysis on opportunistic behavior in cooperative R&D market [J]. Journal of Management Sciences in China, 2005, 8(4)：80—87. (in Chinese)

[9]Banerjee S, Lin P. Vertical research joint ventures[J]. International Journal of Industrial Organization, 2001, 31(7)：106—108.

[10]Nerlove M, Arrow K J. Optimal advertising policy under dynamic conditions[J]. Economica, 1962, 39(2)：129—142.

[11]Jorgensen S, Pierre S. Dynamic cooperrative advertising in a channel[J]. Journal of Retailing, 2000, 76(1)：71—92.

[12]张庶萍，张世英. 基于微分对策的供应链合作广告决策研究[J]. 控制与决策，2006，21(2)：153—162.

Zhang Shuping, Zhang Shiying. Dynamic cooperative advertising strategies based on differential games in a supply chain [J]. Control and Decision, 2006, 21(2)：153—162. (in Chinese)

[13]Dant R P, Berger P D. Modelling cooperative advertising decisions in franchising[J]. Journal of the Operational Research Society, 1996, 49(9)：1120—1136.

[14]Huang ZM, Li SX. Co-op advertising models in a manufacturing-retailing supply chain：A game theory approach[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 135(3)：527—544.

[15]Huang ZM, Li SX, Mahajan V. An analysis of manufacturer-retailer supply chain coordination in cooperative advertising [J]. Decision Sciences, 2002, 33(3)：469—494.

[16]Yue J, Austin J, Wang M, *et al.* Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 168(1)：65—85.

[17]Abad PL. Supplier pricing and lot-sizing when demand is price sensitive[J]. European Journal of Operational Research, 1994, 78(3)：334—354.

[18]Li SX, Huang ZM, Ashley A. Inventory, channel coordination and bargaining in a manufacturer-retailer system[J]. Annals of Operations Research, 1996, 68(1)：47—60.

[19]张玉林，仲伟俊，梅姝娥. 企业间生产与广告投资分配的竞争分析[J]. 管理科学学报，2002，5(4)：34—38.

Zhang Yulin, Zhong Weijun, Mei Shue. Competition analysis between enterprises in allocation of production and advertising investment[J]. Journal of Management Sciences in China, 2002, 5(4)：34—38. (in Chinese)

[20]梁 樑，余 雁. 供应链中制造商与代理商广告合作的博弈[J]. 系统工程理论方法应用，2004，13(6)：490—494.

Liang Liang, Yu Yan. Game analyses of cooperative advertising in manufacturer-agent supply chains[J]. Systems Engineering—Theory Methodology Applications, 2004, 13(6)：490—494. (in Chinese)

[21]泰勒尔. 产业组织理论[M]. 北京：中国人民大学出版社，1997. 216—248.

Tirole J. The Theory of Industrial Organization[M]. Beijing：China Renmin University Press, 1997. 216—248. (in Chinese)

[22]于 立，吴绪亮. 纵向限制的经济逻辑与反垄断政策[J]. 中国工业经济，2005，209(8)：20—26.

Yu Li, Wu Xuliang. Economic logic of vertical restraints and antitrust concern[J]. China Industrial Economy, 2005, 209 (8): 20—26. (in Chinese)

[23]Basar T, Olsder J. Dynamic Noncooperative Game Theory[M]. New York: Academic Press, 1982. 249—304.

[24](美)弗登博格，梯诺尔. 博弈论[M]. 北京：中国人民大学出版社，2002. 100—128.

Fudenberg Tirole. Game Theory[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2002. 100—128. (in Chinese)

[25]Ma Jun. Modeling certral-local fiscal relations in China[J]. China Economic Review, 1995, 6(1): 105—136.

[26]周 晶，盛昭瀚，何建敏. 基于动态博弈的企业集团政策动态一致性分析[J]. 管理科学学报，2000，3(2)：49—53.

Zhou Jing, Sheng Zhaohan, He Jianmin. The policy dynamic consistency based on dynamic game for enterprise group[J]. Journal of Management Sciences in China, 2000, 3(2): 49—53. (in Chinese)

Game analysis on cooperation based on R&D-advertisement in supply chain

HU Ben-yong[1], *PENG Qi-yuan*[2]

1. School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;
2. School of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

Abstract: We constructed game model based on R&D-advertisement cooperation in a manufacturer-retailer supply chain. The cooperation was heterogeneous and "advantage-advantage", in which the retailer invested advertisement and the manufacturer invested R&D. We analyzed and proved that the manufacturer's profit is larger in Stackelberg equilibrium than in Nash equilibrium, here the manufacturer will provide a portion of retailer's advertising allowance if the manufacturer's marginal profit is several times as much the retailer's marginal profit, but in Nash equilibrium the manufacture provides nothing. The relation of the retailer's profit with his marginal profit is uncertain both in Stackelberg equilibrium and in Nash equilibrium. The manufacturer's investment in R&D is positive related to his marginal profit both in Nash equilibrium and in Stackelberg equilibrium, and the retailer's investment in advertisement is positive related to his marginal profit in Nash equilibrium, but negative correlation in Stackelberg equilibrium. We have proved the cooperative game equilibrium has more Pareto advantage than non-cooperative game equilibrium. Further, we distribute the surplus by Rubintein bargaining model, and get the best Pareto scheme. Finally, we analyzed a model including many retailers.

Key words: supply chain; heterogeneous cooperation; game theory; bargaining