

# 考虑货主价格参照效应的海运运力合同定价策略<sup>①</sup>

卜祥智<sup>1</sup>, 许 垒<sup>2</sup>, 赵泉午<sup>3</sup>

(1. 汕头大学商学院, 汕头 515063; 2. 南开大学商学院, 天津 300071;  
3. 重庆大学贸易与行政学院, 重庆 400030)

**摘要:** 研究了考虑货主价格参照效应时的2级海运链的运力合同分配和定价问题. 分别建立了考虑与不考虑下游货主价格参照效应时的运力合同分配与定价数学模型, 分析了模型的性质, 并通过数值仿真比较分析了货主的价格参照效应对货运代理运力采购量与承运商运力定价策略的影响. 研究发现: 货运代理的最优运力合同采购量受到运力合同价格和下游货主价格参照效应的双重影响, 而承运商的最优合同价格会小于不考虑参照效应时的定价, 且随着参照效应的增加, 承运商的最优合同价格和最大利润都会降低; 同时, 参照效应存在上限, 如果货主价格参照效应大于该值, 那么承运商会选择完全的现货市场交易.

**关键词:** 海运链; 运力合同; 定价; 价格参照效应; 行为运作管理

**中图分类号:** U169.2; F550 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2012)02-0028-09

## 0 引言

现实的海运运力销售中, 承运商为了减少运力销售的风险, 往往会采取提前预售的策略, 也即以合同的形式, 将一定的运力提前出售给货运代理或者部分较大的客户, 以减少未来的不确定性. 随着电子商务的发展, 海运承运商虽然也开始在现货市场直接将部分运力销售给零星货主, 但目前长期运力合同仍占了货运需求的很大比例, 海运80%以上的运力会通过合同的形式提前出售给一些货运代理或大客户<sup>[1]</sup>. 通常情况下, 承运商与货运代理每年在运输旺季开始前2-3个月进行一次合同的协商会议. 例如, 泛太平洋(Trans-Pacific)航线的旺季一般在每年的6月到11月间, 因而在这条航线上涉及到的运力合同的协商工作通常是在每年4月份进行. 而泛大西洋(Trans-Atlantic)航线运力合同签署一般在每年的11月份, 因为这条航线的运力旺季一般在当年12

月到次年的2月间. 而在这个过程中有关这些运力合同的定价问题以及如何对这些运力进行分配是承运人十分关注的问题.

Hellermann<sup>[2]</sup>指出长期销售合同是货运收益管理中非常关键的问题, 但是现有文献对该问题的研究还远远不够. 该文献研究了航空货运业中的长期运力分配问题, 提出了实物期权合同定价的方法, 通过实例验证了方法的有效性, 并将模型在考虑超额预订情况下进行了扩展. Gupta<sup>[3]</sup>研究了航空货运收益管理中航空公司和航空货运代理公司之间的协调问题, 提出了两类弹性合同机制, 一类是航空公司收取一定的运力预订费用而运价是由市场确定的, 第二类协调机制是货运代理公司不需要支付运力预订费用但航空公司可以控制最终的运价. 他们的研究指出这两类机制都能够使航空公司有效地分配其运力. Amaruchkul等<sup>[4]</sup>研究了市场信息不对称下的运力合同应用, 并提

① 收稿日期: 2009-11-09; 修订日期: 2010-07-19.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70701022; 71002070); 广东省自然科学基金资助项目(9151503101000015; 07301452); 教育部人文

社会科学研究所资助项目(09YJC630244); 汕头大学创新团队建设资助项目(11110904)

作者简介: 卜祥智(1976—), 男, 山东青州人, 博士, 副教授. Email: xzpu@stu.edu.cn

出了最优的运力合同. 陈剑等<sup>[5]</sup>从供应链的角度研究了航空公司和旅行社之间的协作机制问题, 得到了航空公司对旅行社机票的最佳销售量以及二者之间基于中间价格的协作策略.

需要指出的是, 以上文献的基本假设都是顾客是风险中性的, 需求不受公司当前能力剩余情况的影响, 顾客行为作为外生变量, 即没有考虑顾客的选择行为. 然而顾客选择行为对于公司最优决策的影响是巨大的, 市场学中对此问题已有大量的研究成果. 近年来开始有一些学者将顾客选择行为放到收益管理的框架下进行研究<sup>[6]</sup>. 目前这些有关顾客选择行为的文献总体上可分为两个大的方面, 一是有关顾客战略购买行为( strategic customer behavior), 即顾客会根据自己对未来价格走势的判断优化购买的时机<sup>[7-8]</sup>; 另外一种顾客的参照点效应( reference effect), 即顾客会将以往购买经历的价格设为标杆, 如果当前价格高于这个标杆价格, 顾客就认为是“高价”, 反之, 顾客将认为当前价格属于“低价”. 实际上企业的促销行为就是利用了这后半效应来提高企业的短期利润的, 然而对于促销企业来说, 降价实际上是降低了顾客对于未来高价的预期, 这将意味着今天的高利润可能导致未来需求的减少, 间接导致未来利润的下降<sup>[9]</sup>. 这也正是 Kahneman 和 Tversky<sup>[10]</sup>提出的展望理论( prospect theory) 所揭示的现象. Heidhues 和 Köszegi<sup>[11]</sup>指出在收益管理模型中引入这些因素的可行性和必要性, 而目前已有货运收益管理模型中还没有考虑这些因素. 刘作仪和查勇<sup>[12]</sup>在对有关行为运作管理文献分析的基础上, 总结了行为运作管理的研究范式, 并进而提出了未来研究的方向.

而在海运服务链中, 下游货主的选择行为也将对货运代理和承运商的决策产生重要影响. 货运代理下游顾客在运力现货价格还未确定前做出的购买决策就不简单的是对货运代理的价格的反应, 同时结合了自身对于未来现货市场价格的预期, 并在此基础上做出运力购买决策. 这就使得承运商和货运代理在确定运力合同价格、运力购买量以及终端运力销售价格时必须考虑下游客户是不是具有价格参照效应及参照效应的大小, 从而

承运商和货运代理在进行合同协调时做出最优的定价和运力分配决策. 基于这样的考虑, bu 等<sup>[13]</sup>将价格参照效应引入海运服务供应链系统, 分析了在信息不对称情况下, 货主的价格参照行为对承运商和货运代理之间的协调问题的影响, 并进行了机制设计, 但该文献没有考虑现货市场销售价格对货运合同订价和货运代理合同采购量的影响. 本文将研究在考虑现货市场和合同市场并存情况下, 下游货主以现货市场价格作为参照价格时, 对运力合同定价以及货运代理最佳运力购买量的影响, 并试图分析货主的这种选择行为对海运服务链总体收益的影响.

## 1 问题描述

本文研究由单承运商和单货运代理组成的二级海运链运力分配和定价问题. 假设承运商采用最常见的批发价格合同与货运代理签订运力销售协议. 承运商和货运代理的决策过程为: 首先, 承运商在每期公布其合同批发价格  $k$ , 货运代理根据承运商公布的批发价格  $k$  和对下游市场需求的预测确定订购量  $q$  并实现其收益最大化. 假设承运商的成本结构为<sup>②</sup>

$$c(W, z) = \beta W + bz$$

其中:  $\beta$  和  $b$  分别表示承运商的单位运力成本和单位边际销售成本;  $z$  表示承运商的运力销售量.  $\beta W$  表示承运商持有  $W$  的总运力量的固定持有成本,  $bz$  为销售  $z$  量的运力产生的销售和运营成本(可变成本). 同时, 由于考虑到两个市场, 本文假设合同市场的边际销售成本  $b^c$  不大于现货市场的边际销售成本  $b^s$ , 这也符合现实运作情形<sup>[14]</sup>. 同时本文采用文献[2]的货运代理与长期货主之间的加成定价方式, 加成比例为  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ), 且固定不变, 加成比例包括了货运代理提供增值服务的成本和预期的利润部分. 这样, 货运代理销售给其下游顾客的运力价格为  $p = k + \lambda$ .

为将参照效应引入需求曲线, 采用 Varian<sup>[15]</sup>的分段线性需求函数形式, 即

$$D_{ref} = a - bp + \theta(p_r - p) + \varepsilon \quad (1)$$

其中:  $a, b > 0$ , 且为常数;  $\theta$  是参照效应因子  $\theta = \begin{cases} \theta_1, & p_r > p \\ \theta_2, & p_r \leq p \end{cases}$ , 且  $\theta_1 > \theta_2 > 0$ ;  $p_r$  是下游货主的参照价格. 这里取  $p_r = E(p^s)$ , 即现货市场的期望价格, 用来刻画货主在现货市场和合同市场的选择行为.  $\varepsilon$  服从均值为  $E(\varepsilon) = 0$ , 方差为  $Var[\varepsilon] = \sigma_\varepsilon^2$  的正态分布, 即  $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ .  $D_{ref}$  是  $p$  和  $p_r$  的双线性需求函数  $\mu + \theta p_r$  是当价格  $p = 0$  时的最大市场需求规模; 斜率  $-(b + \theta)$  描述市场需求对于价格变动时的变化比例. 那么, 市场需求  $D_{ref}$  服从均值和方差分别为下式的正态分布

$$E[D_{ref}] = E[a - bp + \theta(p_r - p) + \varepsilon] = a - bp + \theta(p_r - p) \quad (2)$$

$$Var[D_{ref}] = Var[\varepsilon] = \sigma_\varepsilon^2$$

同时假设合同市场需求的概率密度函数和累计分布函数分别  $g(D)$  和  $G(D)$ .

货运代理和承运商面对共同的不确定需求  $D(p_r, p)$  这里假设 现货市场销售存在一定的风险因子  $m$  且  $0 \leq m \leq 1$ <sup>[16]</sup>, 考虑到海运市场的运力现实情况, 运力完全销售的概率大于 50%, 也即  $m \geq 1/2$ . 现货市场价格为完全竞争的市场均衡价格  $p^s$ , 服从均值为  $\mu_{p^s}$  和方差为  $\sigma_{p^s}$ , 密度函数为  $f(p^s)$ , 分布函数为  $F(p^s)$  的正态分布. 承运商和货运代理都是市场价格的接受者 (price-taker). 货运代理在合同市场的购买量为  $q(p)$ . 对于合同市场和现货市场, 需求都代表一定数量的客户需求的加总. 根据 Porteus<sup>[17]</sup> 的证明, 由中心极限定理, 累加的市场需求极限值近似服从正态分布<sup>③</sup>. Lau<sup>[18]</sup> 认为  $\sigma/\mu < 0.3$  时, 可以忽略需求为负值的截尾部分的概率, 因此, 为了模型处理的方便本文假设  $\mu > 3\sigma$ .

## 2 基本模型

在不考虑货主价格参照的情形下, 下游货主的市场需求为经典的线性需求函数

$$D_{no-ref} = a - bp + \varepsilon$$

这样, 基本市场需求  $D_{no-ref}$  服从均值和方差分别为

下式的正态分布, 即

$$E[D_{no-ref}] = E[a - bp + \varepsilon] = a - bp, \\ Var[D_{no-ref}] = Var[\varepsilon] = \sigma_\varepsilon^2 \quad (3)$$

假设合同市场需求的概率密度函数和累计分布函数分别为  $g(D_{no-ref})$  和  $G(D_{no-ref})$ . 这样, 可以得到承运商和货运代理在不考虑价格参照效应情形下的决策模型.

### 2.1 货运代理的决策问题

不考虑折现因子, 货运代理的收益函数可以表示为

$$V_{no-ref}(q) = (k + \lambda) D_{no-ref} - kq - p^s (D_{no-ref} - q)^+ \\ \text{s. t. } q \geq 0 \quad (4)$$

其中, 第 1 项表示货运代理的运力销售收益, 第 2 项为货运代理的运力订购成本, 第 3 项表示货运代理从现货市场补充运力的成本.

定理 1 货运代理的收益函数  $V_{no-ref}(q)$  是  $q$  的凹函数.

很容易验证模型 (4) 属于凸规划, 定理 1 得证.

定理 2 货运代理的最优合同购买量为

$$q^* = \arg \max E[V_{no-ref}(q)]$$

证明 由定理 1, 货运代理存在最优运力购买量, 对于式 (4) 应用库恩—塔克条件, 可得其拉格朗日方程式为

$$L(q) = (k + \lambda) D_{no-ref} - kq - p^s \int_q^\infty (D_{no-ref} - q) g(D_{no-ref}) dD_{no-ref} + \gamma q$$

其一阶条件为

$$\frac{\partial L(q)}{\partial q} = -k - p^s [G(q) - 1] + \gamma = 0,$$

$$\gamma q = 0$$

所以有, 当  $\gamma = 0$  时

$$G_{no-ref}(q^*) = \frac{p^s - k}{p^s}$$

当  $\gamma > 0$  时,  $q^* = 0$ , 即

$$q^* = \begin{cases} G_{no-ref}^{-1}\left[\frac{p^s - k}{p^s}\right], & p^s > k \\ 0, & p^s \leq k \end{cases} \quad (5)$$

定理 2 的结果类似于标准报童模型的结果, 缺货成本为  $p^s - k$ , 等于期望现货市场溢价

(expected spot market premium). 如果货运代理的合同购买量超过最终客户需求, 由于不考虑二次市场销售, 所以每单位滞销成本为  $k$ .  $p^s$  为货运代理在现货市场补充舱位支付. 式(5)中条件  $k < p^s$  是货运代理参与合同市场的约束条件. 当  $k \geq p^s$  时, 是完全现货市场交易的情形. 由定理2可知, 承运商在确定合同价格的时候不仅要考虑货运代理的支付意愿, 同时还必须考虑到现货市场的价格  $p^s$ .

为计算  $q^*$  这里定义

$$z_q = \frac{q^* - \mu_{D_{no-ref}}}{\sigma_\varepsilon}$$

$\varphi(\cdot)$  和  $\Phi(\cdot)$  分别表示标准正态分布的概率密度函数和累积分布函数, 所以有

$$q_{no-ref}^* = \begin{cases} a - bp + z_q \sigma_\varepsilon & \text{且 } z_q = \Phi^{-1}\left[1 - \frac{k}{p^s}\right], p^s > k \\ 0, & p^s \leq k \end{cases} \quad (6)$$

**推论1** 最优合同购买量  $q^*$  是现货市场价格  $p^s$  的增函数, 是合同价格  $k$  的减函数.

**证明** 根据隐函数求导法则, 求解  $q^*$  的一阶条件, 可得

$$\frac{\partial q^*}{\partial p^s} = \frac{\partial G_{no-ref}(q^*) / \partial p^s}{\partial G_{no-ref}(q^*) / \partial p^s} = \frac{k}{g(q^*)(p^s)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial q^*}{\partial k} = \frac{\partial G_{no-ref}(q^*) / \partial k}{\partial G_{no-ref}(q^*) / \partial p^s} = -\frac{1}{g(q^*)p^s} < 0$$

即可证明推论的成立.

## 2.2 承运商的决策问题

假设承运商是风险中性的经济主体, 承运商的决策目标为最大化其期望收益, 那么其决策函数可以表示为

$$\Pi_{no-ref}(k) = (k - b^c) q^* + m(W - q^*)(p^s - b^s) - \beta W$$

$$\text{s. t. } q^* = \begin{cases} G^{-1}\left[\frac{p^s - k}{p^s}\right], & p^s > k \\ 0, & p^s \leq k \end{cases} \quad (7)$$

其中第1项为合同市场的利润, 第2项为风险因子  $m$  条件下的现货市场的利润, 第3项为运力  $W$  持有成本. 由于现货市场价格存在不确定性, 货运代理对于承运商合同运力的购买水平是有差异的. 货运代理选择在两个市场购买运力, 合同市场和现货市场的最优运力购买量分别为  $q^*$  和  $E[D_{no-ref}] - q^*$ .

于是, 承运商的决策函数式(7)可以表示为

$$\Pi_{no-ref}(k) = \begin{cases} [k - b^c - m(p^s - b^s)]q^* + (m(p^s - b^s) - \beta)W, & p^s > k \\ (m(p^s - b^s) - \beta)W, & p^s \leq k \end{cases} \quad (8)$$

**定理3** 承运商的利润函数  $\Pi_{no-ref}(k)$  是合同价格  $k$  的凹函数.

**证明** 当  $p^s > k$  时, 对式(8)进行整理, 可得

$$\Pi_{no-ref}(k) = [k - b^c - m(p^s - b^s)]q^* + [m(p^s - b^s) - \beta]W \quad (9)$$

令  $\Lambda = b^c + m(p^s - b^s)$ . 对式(9)求一阶条件, 可得

$$\frac{\partial \Pi_{no-ref}(k)}{\partial k} = \frac{\partial [(k - \Lambda)(\mu_{D_{no-ref}} + z_q \sigma_\varepsilon)]}{\partial k} = (a - bp + z_q \sigma_\varepsilon) + (k - \Lambda) \times \left( \frac{\partial \mu_{D_{no-ref}}}{\partial k} + \sigma_\varepsilon \frac{\partial z_q}{\partial k} \right) \quad (10)$$

其中  $z_q = \Phi^{-1}\left[1 - \frac{k}{p^s}\right]$ .

式(10)再对  $k$  求导可得

$$\frac{\partial^2 \Pi_{no-ref}(k)}{\partial k^2} = -2\left(b + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q)p^s}\right) + (k - \Lambda) \frac{\sigma_\varepsilon z_q}{[\varphi(z_q)p^s]^2}$$

其中  $b > 0$ ,  $\varphi(z_q) > 0$ ,  $p^s > 0$ ,  $\sigma_\varepsilon > 0$ , 所以有

$$-2\left(b + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q)p^s}\right) < 0$$

由于

$$k - b^c = m(p^s - b^s)$$

是合同市场的零利润点, 承运商选择在合同市场提前预售必须满足必要条件

$$k \geq b^c + m(p^s - b^s)$$

同时根据对市场销售风险的假设,  $z_q \leq 0$ , 因此有

$$(k - \Lambda) \frac{\sigma_\varepsilon z_q}{[\varphi(z_q)p^s]^2} \leq 0 \quad \text{证毕.}$$

**定理4** 承运商的最优合同定价, 当  $p^s > k$  时为

$$\left[ a - b(k + \Lambda) + \Phi^{-1}\left(1 - \frac{k}{p^s}\right)\sigma_\varepsilon \right] - [k - b^c - m(p^s - b^s)]\left(b + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q)p^s}\right) = 0$$

当  $p^s \leq k$  时, 不存在最优合同定价.

证明 由定理3,当 $p^s > k$ 时,承运商存在最优合同定价,令式(10)等于零,即

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_{no-ref}(k)}{\partial k} &= \frac{\partial [(k - \Lambda)(\mu_{D_{no-ref}} + z_q \sigma_\varepsilon)]}{\partial k} \\ &= (a - bp + z_q \sigma_\varepsilon) + \\ &\quad (k - \Lambda) \left( \frac{\partial \mu_{D_{no-ref}}}{\partial k} + \sigma_\varepsilon \frac{\partial z_q}{\partial k} \right) \\ &= \left[ a - b(k + \lambda) + \Phi^{-1} \left( 1 - \frac{k}{p^s} \right) \sigma_\varepsilon \right] - \\ &\quad (k - \Lambda) \left( b + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right) = 0 \end{aligned}$$

当 $p^s \leq k$ 时,  $\frac{\partial \Pi_{no-ref}(k)}{\partial k} = 0$ , 承运商选择完全在现货市场销售运力。

由定理3和定理4可知,在考虑现货市场与合同市场并存情况下,承运商存在最优合同定价,且定价是与成本结构及市场需求有关的函数。

### 3 考虑货主价格参照行为的模型

#### 3.1 货运代理的决策问题

由于下游货主价格参照效应的影响,货运代理面临的市场需求发生了变化,在其他条件不变情况下,货运代理的决策函数可以表示为

$$\begin{aligned} V_{ref}(q, k, p^s) &= (k + \lambda) D_{ref} - kq - p^s (D_{ref} - q) + \\ \text{s. t. } & q \geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

与模型(4)类似,在考虑参照效应情况下,货运代理仍然存在最优运力合同购买量,根据式(6)的结果,其值可以表示为

$$q_{ref}^* = \begin{cases} a - bp + \theta(p_r - p) + z_q \sigma_{D_{ref}} & \text{且 } z_q = \Phi^{-1} \left[ 1 - \frac{k}{p^s} \right], p^s > k \\ 0, & p^s \leq k \end{cases} \quad (12)$$

由式(12)可见,货运代理的最优合同购买量除了与需求状况有关外,还与参照价格以及参照效应系数的大小有关。

推论2 货运代理最优合同购买量 $q^*$ 是下游货主参照价格 $p_r$ 的增函数。

证明 对式(12)求一阶条件,可得

$$\frac{\partial q_{ref}^*}{\partial p_r} = \frac{\partial}{\partial p_r} \left[ a - bp + \theta(p_r - p) + \sigma_\varepsilon \Phi^{-1} \left[ 1 - \frac{k}{p^s} \right] \right]$$

$$= \theta \geq 0$$

该推论说明货主对现货市场价格的期望越高,在同等价格条件下其购买量将越大,因而货运代理的合同购买量越大。正如Heidhues和Köszegei<sup>[11]</sup>所言,客户在决定购买量时一般会观察市场价格的期望值,并做比较后决定购买与否。

#### 3.2 承运商的决策问题

类似地,承运商的决策函数可以表示为

$$\Pi_{ref}(k) = \begin{cases} [k - b^c - m(p^s - b^s)] q^* + \\ [m(p^s - b^s) - \beta] W, & p^s > k \\ [m(p^s - b^s) - \beta] W, & p^s \leq k \end{cases} \quad (13)$$

定理5 承运商的利润函数 $\Pi_{ref}(k)$ 是合同价格 $k$ 的凹函数。

证明 类似定理3的证明过程,求 $\Pi_{ref}(k)$ 的二阶条件,可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Pi_{ref}(k)}{\partial k^2} &= -2 \left[ (b + \theta) + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right] + \\ &\quad (k - \Lambda) \frac{z_q \sigma_\varepsilon}{[\varphi(z_q) p^s]^2} < 0 \end{aligned}$$

定理6 承运商的最优合同定价,当 $p^s > k$ 时为

$$\begin{aligned} [a - (b + \theta)(2k + \lambda - \Lambda) + \theta p_r + \\ \Phi^{-1} \left( 1 - k/p^s \right) \sigma_\varepsilon] - (k - \Lambda) \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

当 $p^s \leq k$ 时,不存在最优的合同定价。

证明过程与定理(4)类似。

定理5和定理6说明在可考虑货主参照效应情况下,承运商仍然存在最优合同定价,而且该定价与参照效应大小及参照价格有关,其具体关系如定理7所示。

定理7 当 $\Lambda \leq k < p^s$ 时,承运商取得最大利润,且最优合同定价是参照效应 $\theta$ 的减函数。

证明 应用隐函数求导法则,对式(14)求导可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \theta} \left\{ [a - (b + \theta)(2k + \lambda - \Lambda) + \theta p_r + \right. \\ \left. \Phi^{-1} \left( 1 - \frac{k}{p^s} \right) \sigma_\varepsilon] - (k - \Lambda) \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right\} = 0 \end{aligned}$$

$$p_r - (k + \lambda) - (k - \lambda) = \left[ 2 \left( b + \theta + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right) + (k - \lambda) \frac{\sigma_\varepsilon}{(\varphi(z_q) p^s)^2} \right] \frac{\partial k}{\partial \theta}$$

则

$$\frac{\partial k}{\partial \theta} = \frac{(p_r - k - \lambda) - (k - \lambda)}{\left[ 2 \left( b + \theta + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right) + (k - \lambda) \frac{\sigma_\varepsilon}{(\varphi(z_q) p^s)^2} \right]}$$

由定理 5 可得, 承运商取得最大利润的条件是  $p^s > k$  且  $k - \lambda \geq 0$ 。那么在这种情况下, 由于  $\varphi(z_q) > 0$  故有

$$\left[ 2 \left( b + \theta + \frac{\sigma_\varepsilon}{\varphi(z_q) p^s} \right) + (k - \lambda) \frac{\sigma_\varepsilon}{(\varphi(z_q) p^s)^2} \right] > 0$$

同时, 当  $k - \lambda \geq 0$  时, 有  $k > p_r - \lambda$ , 即  $p_r - (k + \lambda) < 0$ , 因此  $\frac{\partial k}{\partial \theta} < 0$ 。定理得证。

定理 7 说明合同的最优定价随着参照效应的增大而减小。这主要是因为当参照效应越强时, 价格变动对于合同量的影响越大, 此时减少合同价格带来的合同购买量越大, 从而提高了承运商的利润。

## 4 数值仿真分析

考虑到实际运算的复杂性, 本文借助算例仿真分析参照效应对货运代理和承运商决策的影响。与本文相关的主要变量和参数的设定值为:  $W = 400$ ,  $\mu = 400$ ,  $b = 8$ ,  $\sigma = 20$ ,  $\lambda = 8$ ,  $b^c = 4$ ,  $b^s = 5$ ,  $\beta = 8$ ,  $\theta = 5$ ,  $p_r = \mu_{p^s} = 20$ ,  $\sigma_{p^s} = 5$ ,  $m = 0.8$ 。

### 4.1 货运代理运力采购量分析

由于最优合同购买量  $q^*$  是招揽客户参照价格  $p_r$  的增函数, 即在相同的下游售价情况下, 由于参照价格的影响, 如果售价低于参照价格, 那么货运代理下游客户会得到更多的期望收益; 如果售价高于参照价格, 下游货主的期望损失会更低。如图 1 所示, 在参照价格  $p_r < k + \lambda$  时, 货运代理的最优合同购买量小于无参照价格的情形, 在参照价格  $p_r > k + \lambda$  时, 货运代理的最优合同购买量大于无参照价格的情形。而图中 A 点即  $p_r = k + \lambda$  的情况, 此时参照效应对货运代理最优运力购买量没有影响。

下面继续考虑参照效应大小对最优合同采购量的影响。由式(11)的一阶条件可得

$$\frac{\partial q_{ref}^*}{\partial \theta} = p_r - k - \lambda$$

那么, 当  $k > p_r - \lambda$  时,  $\frac{\partial q_{ref}^*}{\partial \theta} < 0$ ;  $k \leq p_r - \lambda$  时,  $\frac{\partial q_{ref}^*}{\partial \theta} \geq 0$ 。即当  $k > p_r - \lambda$  时, 货运代理的最优合同购买量是参照效应  $\theta$  的减函数; 当  $k \leq p_r - \lambda$  时, 货运代理的最优合同购买量是参照效应  $\theta$  的增函数。如图 2 所示 A 点即为  $k = p_r - \lambda$  点。在点 A 左侧, 最优合同购买量为参照效应  $\theta$  的增函数, 相反在点 A 右侧, 最优合同购买量为参照效应  $\theta$  的减函数。

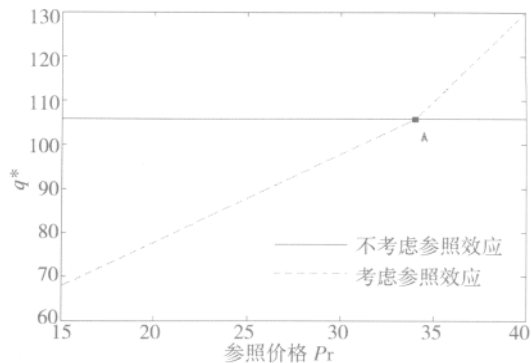


图 1 货运代理合同购买量与参照价格关系图

Fig. 1 Relationship between ordering quantity of the forwarder and reference price

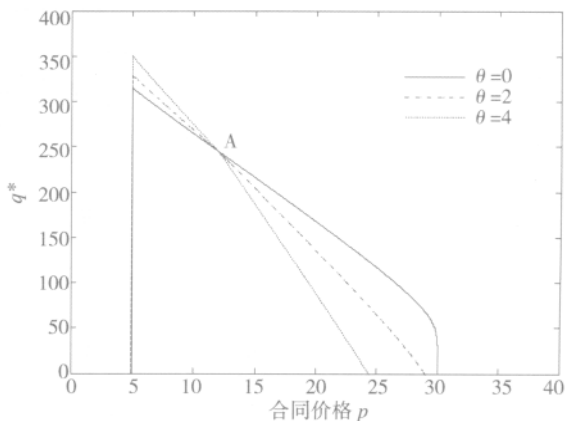


图 2 货运代理合同购买量与参照效应大小的关系

Fig. 2 Relationship between ordering quantity of the forwarder and reference effect

### 4.2 承运商的利润与定价策略分析

图 3 和图 4 分别为现货市场价格大于参照价格 ( $p \geq p_r$ ) 和现货市场价格小于参照价格 ( $p <$

$p_r$ ) 的两组曲线. 如图3所示, 当  $p^s < p_r$  时, 有无参照效应下货运代理合同购买量为零的条件都是合同价格等于现货市场价格, 即  $k^0 = p^s$ . 而当  $p^s \geq p_r$  时, 货运代理的合同购买量零点不相等, 无参照效应的合同定价高于有参照效应的情况, 即  $K_{no-ref}^0 > k_{ref}^0$ .

图4中交点A和B为不同现货市场价格下  $k = \Lambda$  的点, 此点承运商的期望利润与完全在现货市场销售运力是无差异的, 承运商为获取大于完全现货市场销售的利润, 其定价必须满足  $k > \Lambda$ ; 点C为  $k = p_r - \lambda$  的点, 在该点参照效应不影响货主的运力需求. 由图4可以看出, 在考虑参照效应时, 承运商的利润函数是合同价格的凹函数, 最优合同定价会小于没有参照效应时的合同定价, 而且参照效应越强, 承运商的最优合同定价和最大利润会越小.

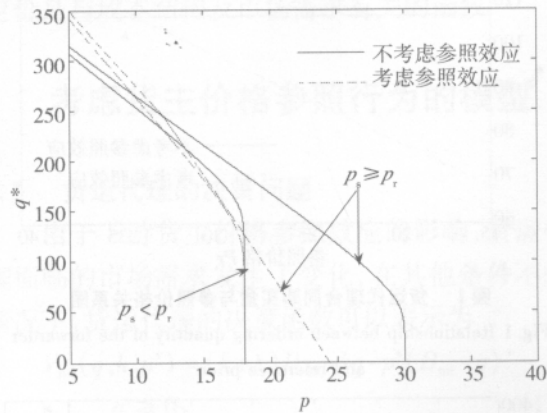


图3 承运商合同价格与合同购买量关系

Fig. 3 Relationship between contract pricing and ordering quantity

对式(13) 求一阶条件, 可得

$$\frac{\partial \Pi_{ref}(k)}{\partial \theta} = \frac{\partial [k - b^c - m(p^s - b^s)] q^*}{\partial \theta} = (k - \Lambda)(p_r - k - \lambda)$$

所以当  $k \geq p_r - \lambda$  时, 如果  $k < \Lambda$ , 则  $\frac{\partial \Pi_{ref}(k)}{\partial \theta} \geq 0$

0. 如果  $k \geq \Lambda$  时, 则  $\frac{\partial \Pi_{ref}(k)}{\partial \theta} \leq 0$ . 正如图4所示,

当  $k < \Lambda$  时, 承运商的利润是参照效应的增函数, 这时在相同的合同价格下, 货主参照效应越大, 承运商的利润越高. 而当  $k \geq \Lambda$  时, 承运商的利润是参照效应的减函数, 这时在相同的合同价格下, 货主的参照效应越大, 承运商的利润越低.

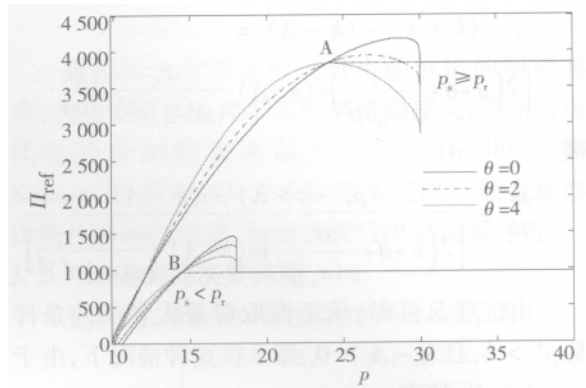


图4 承运商的利润与合同价格关系

Fig. 4 The profit of the carrier and contract price

由于只有承运商的合同定价满足  $k \leq p^s$  的条件时, 货运代理才会选择提前在合同市场预订运力. 由式

$$a - bp + \theta(p_r - p) + z_q \sigma_\varepsilon = a - bp + z_q \sigma_\varepsilon = 0, \quad k < p^s$$

可得

$$k_{no-ref}^0 = \frac{a + z_q \sigma_\varepsilon}{b} - \lambda, \quad k_{ref}^0 = \frac{a + z_q \sigma_\varepsilon + \theta p_r}{\theta + b} - \lambda$$

令

$$\Delta = k_{no-ref}^0 - k_{ref}^0 = \frac{\theta(a + z_q \sigma_\varepsilon - bp_r)}{b(\theta + b)} > 0$$

因无参照效应时货运代理合同采购量为零的合同价格为现货市场价格, 即  $k_{no-ref}^0 = p^s$ . 则有  $k_{ref}^0 = p^s - \Delta$ . 承运商参与合同市场交易的运力预订价格必须满足  $k_{ref}^0 = p^s - \Delta \geq \Lambda$  此时

$$\theta \leq \frac{b^2(p^s - \Lambda)}{a - bp_r + z_q \sigma_\varepsilon - b(p^s - \Lambda)}$$

这说明存在一个参照效应值, 如果参照效应强度大于该值, 那么承运商会选择完全的现货市场交易.

## 5 结束语

本文研究了考虑货运代理下游客户(货主)价格参照效应时的海运链运力分配和定价问题. 通过将货主的价格参照效应引入需求函数来刻画货主的选择行为, 建立了海运服务链中考虑货主战略选择行为的运力合同价格决策模型和购买量

决策模型,对模型性质进行分析并通过数值仿真得到了一系列对现实决策有意义的结论.研究发现,在运力合同定价大于参照价格与加成比例之和时,货运代理的合同购买量小于不考虑参照效应的情形,且最优运力订购量是参照效应大小的减函数;反之,货运代理的合同购买量则大于不考虑参照价格的情形,且最优运力订购量是参照效应大小的增函数.同时,考虑价格参照效应时,承运人的最优合同价格会小于不考虑参照效应时的定价.且随着参照效应的增加,承运人的最优合同价格和最大利润都会降低.另外,研究还发现存在一个参照效应上限,如果货主参照效应大于该上

限,那么承运商会选择完全的现货市场交易.

本文仅在现实海运操作的基础上研究了一定条件下承运人和货运代理在针对现货市场和货运代理下游客户两个市场的协调,并没有给出解决货运代理下游客户信息不完全的机制,以及货主参照效应大小衡量的具体方法.因此,未来的研究扩展应集中解决承运商如何有效设计合同参数或合同形式以及相应的激励机制,从而达到与信息完全一致的协调结果.另外可以采用实验研究的方法对实际交易中货主的参照行为进行实证研究.还可以考虑海运链其他参与商具有参照效应或战略选择行为时的供应链协调策略.

#### 参考文献:

- [1]He Y. Topics in Contract Pricing and Spot Markets[D]. Georgia Institute of Technology, 2008: 1 - 50.
- [2]Hellermann R. Capacity Option for Revenue Management: Theory and Applications in the Air Cargo Industry[M]. Detmold: Springer. 2006, 10 - 100.
- [3]Gupta D. Flexible carrier-forwarder contracts for air cargo business[J]. Journal of Revenue and Pricing Management, 2008, 7(4): 341 - 356.
- [4]Amaruchkul K, Cooper W L, Gupta D. Air-Cargo Capacity Contracts Under Asymmetric Information[R]. Graduate Program in Industrial & Systems Engineering, University of Minnesota, 2007: 1 - 20.
- [5]陈 剑,肖勇波,刘晓玲. 航空公司与旅行社的协作机制研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12(3): 107 - 114.  
Chen Jian, Xiao Yong-bo, Liu Xiao-ling. Research on the collaboration mechanism between airline and travel agency[J]. Chinese Journal of Management Science, 2004, 12(3): 107 - 114. (in Chinese)
- [6]Talluri K T, van Ryzin G. The Theory and Practice of Revenue Management[M]. Boston: Springer. 2004: 515 - 667.
- [7]Ovchinnikov A, Milner J. Strategic Response to Consumer Wait-or-Buy: Revenue Management Through Last-Minute Deals in the Presence of Consumer Learning[R]. University of Toronto, 2005: 1 - 20.
- [8]Liu Q, van Ryzin G. Strategic Capacity Rationing to Induce Early Purchases[R]. Columbia University, 2005: 1 - 18.
- [9]Popescu I, Wu Yaozhong. Dynamic pricing strategies with reference effects[J]. Operations Research, 2007, 55(3): 413 - 429.
- [10]Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 263 - 291.
- [11]Heidhues P, Köszegi B. The Impact of Consumer loss Aversion on Pricing[R]. University of California, Berkeley, CA. 2005: 1 - 30.
- [12]刘作仪,查 勇. 行为运作管理: 一个正在显现的研究领域[J]. 管理科学学报, 2009, 12(4): 64 - 74.  
Liu Zuoyi, Zha Yong. Behavioral operations management: An emerging research field[J]. Journal of Management Sciences in China, 2009, 12(4): 64 - 74. (in Chinese)
- [13]Bu Xiangzhi, Xu lei, Su Li. Intertemporal pricing and allotment of sea-cargo capacity under reference effect[J]. Journal of Service Science and Management, 2008, 1(3): 206 - 214.
- [14]Spinler S. Capacity Reservation for Capital-Intensive Technology: A Options Approach[M]. Berlin: Springer, 2003: 15 - 75.
- [15]Varian H. Microeconomic Analysis[M]. New York: Norton, 1992.
- [16]Kleindorfer P R, Wu D J. Integrating long-and short-term contracting via business-to-business exchanges for capital-inten-



- sive industries [J]. *Management Science*, 2003, 49(11): 1597 – 1615.
- [17] Porteus E L. *Stochastic Inventory Models*. Handbooks in Operations Research and Management Science [M]. Amsterdam: North-Holland, 1990: 605 – 652.
- [18] Lau H S. Simple formulas for the expected costs in the newsboy problem: An educational note [J]. *European Journal of Operational Research*, 1997, 100(3): 557 – 561.
- [19] Tsay A. Quantity-flexibility contract and supplier-customer incentives [J]. *Management Science*, 1999, 45(10): 1339 – 1358.
- [20] Swan W M. Airline demand distributions: Passenger revenue management and spill [J]. *Transportation Research part E*, 2002, 38(3-4): 253 – 263.
- [21] Fubich G, Gavious A, Lowengrart O. Explicit solutions of optimization models and differential games with nonsmooth (asymmetric) reference-price effect [J]. *Operations Research*, 2003, 51(5): 721 – 734.
- [22] Kopalle K P, Rao A G, Assuncao J L. Asymmetric reference price effects and dynamic pricing policies [J]. *Marketing Science*, 1994, 15(1): 60 – 85.

## Study on marine shipping contract allocation and pricing policy under shipper's pricing reference effects

*BU Xiang-zhi*<sup>1</sup>, *XU Lei*<sup>2</sup>, *ZHAO Quan-wu*<sup>3</sup>

1. Business School, Shantou University, Shantou 515063, China;

2. Business School, Nankai University, Tianjin 300071, China;

3. College of Trade and Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China

**Abstract:** The shipping contract allocation and pricing problem is studied with shipper's reference effects for a two-stage marine supply chain. The contract allocation and pricing optimization model is proposed with and without considering the shipper's reference effect, and the effects of shipper's reference behavior on the forwarder's ordering quantity and the carrier's pricing policy are studied comparatively by a analysis of the properties of the model and digital simulations. Then we get some valuable conclusions: the optimal contract ordering quantity was affected simultaneously by the price of the contract and shipper's reference effects, while the carrier's optimal contract price will be less than that without reference effects, furthermore, with the increasing of the reference effects, the optimal contract price and profit of the carrier will decrease. At the same time, we find that the carrier will choose only spot market as the shipper's reference effect increase to some extent, and which is the upper-bound of the shipper's reference effect.

**Key words:** marine supply chain; shipping contract; pricing; pricing reference effect; behavioral operations management