

邮轮旅游供应链研发投入研究

——基于演化博弈模型

黄雨晴, 刘 峥

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年8月7日; 录用日期: 2023年10月4日; 发布日期: 2023年10月12日

摘 要

向绿色低碳转型是我国船舶工业当今的发力点, 今年年初起, 针对现有船只的碳强度指数及排放指数正式生效, 航运业的低碳转型之路开始加速。造船厂和邮轮公司对减排技术和广告宣传的合理投入, 对提升邮轮的品牌形象以及供应链的整体收益有重要意义。本文建立了造船厂和邮轮公司之间的博弈模型, 比较研究了两个主体合作与否以及邮轮公司是否分担造船厂对减排技术投入成本对邮轮旅游供应链整体收益的影响。研究发现, 两个主体合作时的供应链整体收益以及对减排技术和广告宣传的研发投入水平均高于不合作时; 两个主体不合作时的两种情形下, 其供应链整体收益以及对减排技术和广告宣传的研发投入水平的高低取决于旅游社出售价格和邮轮公司价格之间的大小关系。

关键词

邮轮旅游, 减排技术, 供应链, 演化博弈

Research on R&D Investment in Cruise Tourism Supply Chain

—Based on Evolutionary Game Model

Yuqing Huang, Zheng Liu

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Aug. 7th, 2023; accepted: Oct. 4th, 2023; published: Oct. 12th, 2023

Abstract

The transformation to green and low-carbon is the driving force of China's shipbuilding industry

文章引用: 黄雨晴, 刘峥. 邮轮旅游供应链研发投入研究[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(5): 4781-4792.

DOI: 10.12677/orf.2023.135479

today. Starting from the beginning of this year, the carbon intensity index and emission index for existing ships have officially come into effect, and the low-carbon transformation of the shipping industry has begun to accelerate. The reasonable investment of shipyards and cruise companies in emission reduction technology and advertising is of great significance to enhance the brand image of cruise ships and the overall revenue of the supply chain. This paper establishes a game model between shipyards and cruise lines, and compares the impact of whether the two entities cooperate and whether cruise companies share the input cost of shipyards on the emission reduction technology input costs on the overall revenue of cruise tourism supply chain. The study found that the overall revenue of the supply chain when the two entities cooperated, as well as the average level of R&D investment in emission reduction technology and advertising, was higher than that of non-cooperation; in both cases when the two entities do not cooperate, the overall revenue of the supply chain and the level of investment in R&D and investment in emission reduction technology and advertising depend on the size of the relationship between the selling price of the tour agency and the price of the cruise company.

Keywords

Cruise Tourism, Emission Reduction Technologies, Supplychain, Evolutionary Game

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

航运业脱碳计划正处于“水深火热”中，邮轮业看似置身事外，保持沉默，实则暗自努力，已经开始提高现有船队效率，预计在未来几十年内争取达到“二氧化碳零排放”。在“双碳”背景下，社会越来越重视各个行业碳减排举措的实施情况。因此，对于邮轮旅游行业来说，应该响应社会号召，积极采取减排措施。其次，随着数字化网络的普遍化，邮轮公司采取一定的广告宣传，对提升品牌形象大有作用。对此，本文通过建立演化博弈模型，对邮轮旅游行业采取减排技术和广告宣传进行研究，这对提升公司利益和社会环境都有一定的现实意义。

梳理现有文献可以发现，有不少学者对邮轮旅游的碳排放和营销策略进行了研究。如李倩等以2009~2019年我国开展邮轮旅游的省份为研究对象，运用排放因子法测算我国邮轮旅游碳排放量[1]。刘晓菲等指出为完善邮轮污染预防法律制度，实现邮轮旅游业的绿色健康发展，从邮轮旅游的污染风险入手，分析相关的国际公约、国内法和海事监管机制存在的问题[2]。罗玉杰等基于供应链理论和绿色低碳发展理念，将低碳发展模式引入到邮轮旅游过程中。通过分析邮轮旅游发展现状和邮轮污染的现实背景，总结以往邮轮旅游供应链模式和分析它们的不足之处，初步建立起了具有低碳因素的邮轮旅游供应链模型[3]。杨晓梅等指出邮轮旅游对于中国旅游经济发展的促进作用明显，但是邮轮旅游环境问题也逐渐暴露，在生态文明建设的趋势下，走可持续发展的邮轮旅游是旅游产业的发展趋势[4]。李华等在总结和介绍邮轮主要污染类型及其影响的基础上，对我国作为目的地市场接待邮轮乘客产生的污染物量进行定量估算，并着重对上海港邮轮环境污染进行控制情景分析[5]。叶欣梁等对邮轮对港口环境的影响、国外绿色邮轮港口建设情况、国内绿色邮轮建设情况以及国内绿色邮轮建设路径和对策等进行研究[6]。蒋永旭等根据当前相关研发技术的发展水平，展望新型能源在邮轮行业的应用趋势。研究认为，综合多种新型能源的环保型邮轮将成为未来邮轮新的研发方向[7]。胡顺利先介绍我国邮轮旅游业发展状况，然后指出

中国邮轮旅游业营销策略中存在的问题, 最后再据此提出了一些策略建议[8]。杜峰帅等结合邮轮旅游网络营销进行分析, 探索了互联网时代背景下邮轮旅游网络营销的具体策略[9]。辛普阳等基于场景营销的理论, 分析了目前邮轮旅游场景营销的应用情况和困境, 并提出相应的对策, 旨在提高邮轮旅游的营销效率、建立正面的邮轮品牌形象、刺激邮轮旅游的需求, 从而带动邮轮市场的恢复和发展[10]。

综上所述, 对邮轮旅游的研究大多偏分析型, 主要是定性分析邮轮旅游带来的碳排放量以及邮轮旅游的营销策略, 缺乏基于数学模型的定量分析。因此, 本文主要通过构造船厂和邮轮公司之间的演化博弈模型, 并根据造船厂和邮轮公司合作与否、邮轮公司是否分担减排技术划分为三种情形考虑, 通过计算各个博弈模型的最优解来比较三种情形下供应链的整体收益以及对减排技术和广告宣传的研发投入水平。基于演化博弈模型来分析邮轮旅游的减排策略和广告营销策略, 不仅可以分析某些因素对供应链整体收益、减排技术和广告宣传研发投入水平的影响, 其研究结果对造船厂和邮轮公司作出相关决策也具有一定的数据支持意义。

2. 问题描述与基本假设

本文重点研究造船厂和邮轮公司对减排技术和广告宣传的研发投入问题, 对集中式供应链模型和分散式供应链模型下的最优决策进行对比。建立了一个造船厂和一个邮轮公司之间的二级供应链, 邮轮公司为了保证旅客的满意度等, 愿意为造船厂提供部分减排技术的成本补贴, 补贴比例为 λ 。消费者将偏好于使用减排技术和广告宣传的产品, 为评价对减排技术和广告宣传研发投入的水平, 进行如下假设。

假设 1: 通过减排技术和广告宣传的研发投入可以提高旅客对邮轮的品牌形象, 但旅客对邮轮的品牌形象随着时间的推移会有自然衰减的现象, 旅客对邮轮的品牌形象随时间变化的情况为:

$$\bar{Q}(t) = aJ(t) + bL(t) - cQ(t) \quad (1)$$

式(1)中 $Q(t)$ 表示 t 时刻旅客对邮轮的品牌形象, 且设 $Q(0) = Q_0$; $J(t)$ 为 t 时刻采取广告宣传的努力水平; $L(t)$ 为 t 时刻采取减排技术的努力水平; $a > 0$ 为广告宣传的使用效率, 表示广告宣传的投入对邮轮品牌形象的正向影响; $b > 0$ 为减排技术的使用效率, 表示减排技术的投入对邮轮品牌形象的正向影响; $c > 0$ 为品牌形象的递减率, 表示随时间的增长品牌形象将会降低。

假设 2: 理性消费者倾向于选择使用了减排技术、品牌形象高、价格低廉的邮轮, 因此市场的需求函数为:

$$S(t) = ZG(t)(u - vp(t)) \quad (2)$$

式(2)中 $S(t)$ 表示 t 时刻邮轮的市场需求量; $p(t)$ 表示 t 时刻旅行社的售价; u 为市场规模, v 为旅客价格敏感系数, Z 为旅客品牌形象敏感系数。

假设 3: 实施减排技术和广告宣传的成本为各自技术投入水平的凸函数:

$$C_J = \frac{K}{2} J^2 \quad (3)$$

$$C_L = \frac{M}{2} L^2 \quad (4)$$

式(3)中 C_J 表示邮轮公司投入广告宣传的成本, $K > 0$ 为广告宣传的投入水平对成本的相关系数; 式(4)中 C_L 表示造船厂实施减排技术的成本, $M > 0$ 为减排技术的投入水平对成本的相关系数。

假设 4: 造船厂和邮轮公司都为理性决策人, 在较长的运行时间内造船厂和邮轮公司的贴现率都为 ρ ($\rho > 0$), 造船厂的批发价为 ω , 造船厂承担减排技术的投入成本用 C_1 表示, 邮轮公司承担广告宣传的投入成本用 C_2 表示。则供造船厂、邮轮公司和供应链的长期收益分别为:

$$T_S = \int_0^\infty e^{-\rho t} [\varpi ZQ(u-vp) - C_1] dt \tag{5}$$

$$T_R = \int_0^\infty e^{-\rho t} [(p-\varpi)ZQ(u-vp) - C_2] dt \tag{6}$$

$$T_V = \int_0^\infty e^{-\rho t} [pZQ(u-vp) - C_1 - C_2] dt \tag{7}$$

3. 模型求解与分析

3.1. 分散式供应链模型

3.1.1. 邮轮公司不分担减排技术投入成本

在这种情形下, 造船厂和邮轮公司各自承担减排技术的投入成本和广告宣传的投入成本, 此时, 双方以各自利润最大化为原则, 独立的选择各自的投入水平。在无限时间内造船厂和邮轮公司的利润以相同的贴现因子进行贴现, 此时造船厂和邮轮公司的目标函数分别为:

$$\max T_S = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\varpi ZQ(u-vp) - \frac{M}{2} L^2 \right] dt \tag{8}$$

$$\max T_R = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[(p-\varpi)ZQ(u-vp) - \frac{K}{2} J^2 \right] dt \tag{9}$$

记在 t 时刻以后, 造船厂和邮轮公司的长期利润最优价值函数可表示为 $T_S(L) = e^{-\rho t} V_S^1(Q)$ 和 $T_R(J) = e^{-\rho t} V_R^1(Q)$, 根据最优控制理论, $V_S^1(Q)$ 和 $V_R^1(Q)$ 对任意 $Q \geq 0$ 都满足 HJB 方程, 即

$$\rho V_S^1(G) = \max \left[\varpi ZQ(u-vp) - \frac{M}{2} L^2 + \widetilde{V}_S^1(aJ + bL - cG) \right] \tag{10}$$

$$\rho V_R^1(G) = \max \left[(p-\varpi)ZQ(u-vp) - \frac{K}{2} J^2 + \widetilde{V}_R^1(aJ + bL - cG) \right] \tag{11}$$

方程(10) (11)分别对 L 和 J 求一阶偏导, 并令其等于零, 得到:

$$L_1 = \frac{b\widetilde{V}_S^1}{M}; J_1 = \frac{a\widetilde{V}_R^1}{K} \tag{12}$$

将(12)式代入(10) (11)两式整理可得:

$$\rho V_S^1(G) = \left[\varpi Z(u-vp) - \eta\widetilde{V}_S^1 \right] Q + \frac{a^2 \widetilde{V}_S^1 \widetilde{V}_R^1}{K} + \frac{b^2 (\widetilde{V}_S^1)^2}{2M} \tag{13}$$

$$\rho V_R^1(G) = \left[(p-\varpi)Z(u-vp) - \eta\widetilde{V}_R^1 \right] Q + \frac{a^2 (\widetilde{V}_R^1)^2}{2K} + \frac{b^2 \widetilde{V}_S^1 \widetilde{V}_R^1}{M} \tag{14}$$

由(13) (14)两式得, 关于 Q 的线性最优值函数是 HJB 方程的解, 令 $V_S^1 = m_1 Q + m_2$, $V_R^1 = n_1 Q + n_2$, 其中 m_1, m_2, n_1, n_2 均为常数, 则 $\widetilde{V}_S^1 = m_1, \widetilde{V}_R^1 = n_1$, 将其带入(13) (14)两式可得:

$$m_1 = \frac{\varpi Z(u-vp)}{\rho+c} \quad m_2 = \frac{\varpi a^2 Z^2 (p-\varpi)(u-vp)^2}{K\rho(\rho+c)^2} + \frac{b^2 \varpi^2 Z^2 (u-vp)^2}{2M\rho(\rho+c)^2}$$

$$n_1 = \frac{Z(p-\varpi)(u-vp)}{\rho+c} \quad n_2 = \frac{a^2 Z^2 (p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{2K\rho(\rho+c)^2} + \frac{\varpi b^2 Z^2 (p-\varpi)(u-vp)^2}{M\rho(\rho+c)^2}$$

将 $\widetilde{V}_S^1 = m_1 = \frac{\varpi Z(u-vp)}{\rho+c}$ 和 $\widetilde{V}_R^1 = n_1 = \frac{Z(p-\varpi)(u-vp)}{\rho+c}$ 代入(12)式可得:

$$L_1 = \frac{\varpi b Z(u-vp)}{M(\rho+c)}; \quad J_1 = \frac{a Z(p-\varpi)(u-vp)}{K(\rho+c)} \quad (15)$$

此时造船厂、邮轮公司以及供应链的最优价值函数如下:

$$V_{S1} = \frac{\varpi Z Q(u-vp)}{\rho+c} + \frac{\varpi a^2 Z^2 (p-\varpi)(u-vp)^2}{K \rho(\rho+c)^2} + \frac{b^2 \varpi^2 Z^2 (u-vp)^2}{2M \rho(\rho+c)^2} \quad (16)$$

$$V_{R1} = \frac{(p-\varpi)(u-vp)ZQ}{\rho+c} + \frac{a^2 Z^2 (p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{2K \rho(\rho+c)^2} + \frac{\varpi b^2 Z^2 (p-\varpi)(u-vp)^2}{M \rho(\rho+c)^2} \quad (17)$$

$$V_{T1} = \frac{pZQ(u-vp)}{\rho+c} + \frac{\alpha^2 Z^2 (p^2 - \varpi^2)(u-vp)^2}{2K \rho(\rho+c)^2} + \frac{\varpi Z^2 b^2 (2p-\varpi)(u-vp)^2}{2M \rho(\rho+c)^2} \quad (18)$$

3.1.2. 邮轮公司分担部分减排技术投入成本

此时邮轮公司会承担比例为 λ 的减排技术的投入成本, 在这种情况下, 造船厂和邮轮公司之间进行 Stackelberg 博弈。基于利润最大化的原则, 邮轮公司先确认广告宣传的投入水平 J 和减排技术成本的承担份额 λ , 造船厂再据此确认减排技术的投入水平 L 。利用逆向归纳法, 造船厂先确认自己对减排技术的投入水平。在无限时间内造船厂和邮轮公司的利润以相同的贴现因子 ρ 进行贴现, 此时造船厂和邮轮公司的目标函数分别为:

$$\max T_S = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\varpi Z Q(u-vp) - \frac{(1-\lambda)}{2} M L^2 \right] dt \quad (19)$$

$$\max T_R = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[(p-\varpi) Z Q(u-vp) - \frac{K}{2} J^2 - \frac{\lambda}{2} M L^2 \right] dt \quad (20)$$

记在 t 时刻以后, 造船厂和邮轮公司的长期利润最优价值函数可表示为 $T_S(L) = e^{-\rho t} V_S^2(Q)$ 和 $T_R(J) = e^{-\rho t} V_R^2(Q)$, 根据最优控制理论, $V_S^2(Q)$ 和 $V_R^2(Q)$ 对任意 $Q \geq 0$ 都满足 HJB 方程, 即

$$\rho V_S^2(Q) = \max \left[\varpi Z Q(u-vp) - \frac{(1-\lambda)}{2} M L^2 + \widetilde{V}_S^1(aJ + bL - cG) \right] \quad (21)$$

$$\rho V_R^2(G) = \max \left[(p-\varpi) Z Q(u-vp) - \frac{\lambda}{2} M L^2 - \frac{K}{2} J^2 + \widetilde{V}_R^1(aJ + bL - cG) \right] \quad (22)$$

方程(21)对 L 求一阶偏导得到

$$L_2 = \frac{b \widetilde{V}_S^1}{M(1-\lambda)} \quad (23)$$

将(23)式代入(22)式并分别对 J 和 λ 求偏导得到

$$L_2 = \frac{b \widetilde{V}_S^1}{M(1-\lambda)} \quad (24)$$

$$J_2 = \frac{a \widetilde{V}_R^1}{K} \quad (25)$$

将(23) (24) (25)式带入(21) (22)两式得到:

$$\begin{aligned} \rho V_S^2(G) &= \max \left[\varpi Z Q(u-vp) - \frac{(1-\lambda)}{2} ML^2 + \widetilde{V}_S^2(aJ+bL-cG) \right] \\ &= \left[\varpi Z(u-vp) - \eta \widetilde{V}_S^1 \right] Q + \frac{b^2 \widetilde{V}_S^2 (2\widetilde{V}_R^2 + \widetilde{V}_S^2)}{4M} + \frac{a^2 \widetilde{V}_S^2 \widetilde{V}_R^2}{K} \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \rho V_R^2(G) &= \max \left[(p-\varpi) Z Q(u-vp) - \frac{\lambda}{2} ML^2 - \frac{K}{2} J^2 + \widetilde{V}_R^2(aJ+bL-cG) \right] \\ &= \left[(p-\varpi)(u-vp) Z - c \widetilde{V}_R^2 \right] Q + \frac{b^2 (2\widetilde{V}_R^2 + \widetilde{V}_S^2)^2}{8M} + \frac{a^2 (\widetilde{V}_R^1)^2}{2K} \end{aligned} \quad (27)$$

由(26) (27)两式得, 关于 Q 的线性最优值函数是 HJB 方程的解, 令 $V_S^2 = m_3 Q + m_4$, $V_R^2 = n_3 Q + n_4$, 其中 m_3, m_4, n_3, n_4 均为常数, 则 $\widetilde{V}_S^2 = m_3, \widetilde{V}_R^2 = n_3$, 将其带入(26) (27)两式可得:

$$\begin{aligned} m_3 &= \frac{\varpi Z(u-vp)}{\rho+c} & m_4 &= \frac{b^2 Z^2 \varpi (2p-\varpi)(u-vp)^2}{4M \rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 \varpi (p-\varpi)(u-vp)^2}{K \rho(\rho+c)^2} \\ n_3 &= \frac{Z(p-\varpi)(u-vp)}{\rho+c} & n_4 &= \frac{b^2 Z^2 (2p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{8M \rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 (p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{2K \rho(\rho+c)^2} \end{aligned}$$

将和带入(24) (25) (26)式可得:

$$\begin{aligned} \widetilde{V}_S^2 &= m_3 = \frac{\varpi Z(u-vp)}{\rho+c} \\ \widetilde{V}_R^2 &= n_3 = \frac{Z(p-\varpi)(u-vp)}{\rho+c} \\ L_2 &= \frac{bZ(2p-\varpi)(u-vp)}{2M(\rho+c)}; \lambda = \frac{2n_3 - m_3}{2n_3 + m_3} = \frac{2p-3\varpi}{2p-\varpi} \end{aligned} \quad (28)$$

$$J_2 = \frac{aZ(p-\varpi)(u-vp)}{K(\rho+c)} \quad (29)$$

此时造船厂、邮轮公司以及供应链的最优价值函数如下:

$$V_{S2} = \frac{\varpi Z Q(u-vp)}{\rho+c} + \frac{b^2 Z^2 \varpi (2p-\varpi)(u-vp)^2}{4M \rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 \varpi (p-\varpi)(u-vp)^2}{K \rho(\rho+c)^2} \quad (30)$$

$$V_{R2} = \frac{(p-\varpi)(u-vp) Z Q}{\rho+c} + \frac{b^2 Z^2 (2p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{8M \rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 (p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{2K \rho(\rho+c)^2} \quad (31)$$

$$V_{T2} = \frac{pZQ(u-vp)}{\rho+c} + \frac{b^2 Z^2 (4p^2 - \varpi^2)(u-vp)^2}{8M \rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 (p^2 - \varpi^2)(u-vp)^2}{2K \rho(\rho+c)^2} \quad (32)$$

3.2. 减排技术和广告宣传研发投入下集中式供应链模型

在集中式供应链中, 造船厂和邮轮公司共享出售生鲜品的收益, 共担减排技术的投入成本及广告宣传的投入成本。在合作性决策下, 造船厂和邮轮公司不以追求自身利润最大化为目标, 而是以供应链整

体收益最大化为目标, 通过收益共享契约等形式进行利润分配。根据式(7), 且此时最优控制问题也满足 HJB 方程:

$$\rho V_T(Q) = \max \left[pZQ(u-vp) - \frac{K}{2}J^2 - \frac{M}{2}L^2 + \widetilde{V}_T(aJ+bL-cG) \right] \quad (33)$$

将(33)式分别对 J 和 L 求一阶偏导, 并令导数为 0 可得:

$$J_3 = \frac{a\widetilde{V}_T}{K}; L_3 = \frac{b\widetilde{V}_T}{M} \quad (34)$$

将(34) (35)两式带入(33)式

$$\rho V_T(Q) = \left[pZ(u-vp) - c\widetilde{V}_T \right] Q + \frac{a^2\widetilde{V}_T^2}{2K} + \frac{b^2\widetilde{V}_T^2}{2M} \quad (35)$$

由(36)式得, 关于 Q 的线性最优值函数是 HJB 方程的解, 令 $V_T = \mu_1 Q + \mu_2$, 其中 μ_1, μ_2 均为常数, 则 $\widetilde{V}_T = \mu_1$, 将其带入(35)式可得

$$\mu_1 = \frac{pZ(u-vp)}{\rho+c} \quad \mu_2 = \frac{a^2 p^2 Z^2 (u-vp)^2}{2K\rho(\rho+c)^2} + \frac{b^2 p^2 Z^2 (u-vp)^2}{2M\rho(\rho+c)^2}$$

则, 将其带入(34) (35)两式可得

$$\begin{aligned} \widetilde{V}_T = \mu_1 &= \frac{pZ(u-vp)}{\rho+c} \\ J_3 &= \frac{apZ(u-vp)}{K(\rho+c)}; L_3 = \frac{bpZ(u-vp)}{M(\rho+c)} \end{aligned} \quad (36)$$

则此时供应链的最优价值函数如下:

$$V_{T3} = \frac{pZQ(u-vp)}{\rho+c} + \frac{a^2 p^2 Z^2 (u-vp)^2}{2K\rho(\rho+c)^2} + \frac{b^2 p^2 Z^2 (u-vp)^2}{2M\rho(\rho+c)^2} \quad (37)$$

3.3. 对比与分析

根据式(18) (37)可知:

$$V_{T3} - V_{T1} = \frac{a^2 Z^2 \varpi^2 (u-vp)^2}{2K\rho(\rho+c)^2} + \frac{b^2 Z^2 (p-\varpi)^2 (u-vp)^2}{2M\rho(\rho+c)^2} \quad (38)$$

由式(38)易知 $V_{T3} - V_{T1} > 0$

根据式(32) (37)可知:

$$V_{T3} - V_{T2} = \frac{b^2 Z^2 \varpi^2 (u-vp)^2}{8M\rho(\rho+c)^2} + \frac{a^2 Z^2 \varpi^2 (u-vp)^2}{2K\rho(\rho+c)^2} \quad (39)$$

由式(39)易知 $V_{T3} - V_{T2} > 0$

根据式(18) (32)可知:

$$V_{T2} - V_{T1} = \frac{a^2 Z^2 (2p-3\varpi)(2p-\varpi)(u-vp)^2}{8K\rho(\rho+c)^2} \quad (40)$$

由式(40)知, 令 $p > \frac{3\varpi}{2}$ 得 $V_{T2} - V_{T1} > 0$, 反之当时 $\varpi < p < \frac{3\varpi}{2}$, $V_{T2} - V_{T1} < 0$

结论 1: 由式(38) (39)知 $p > \frac{3\varpi}{2}$, 分散式供应链模型下两种情形的供应链整体收益均低于集中式供应链模型下供应链的整体收益。而由式(40)可知, 当时分散式供应链中第二种情形下的供应链整体收益大于第一种情形; 反之分散式供应链中第一种情形下的供应链整体收益大于第二种情形。且三种情形下整体供应链的收益受到减排技术研发的努力水平对成本的相关系数 M 和广告宣传的投入水平对成本的相关系数 K 等因素的影响。

$$\lambda = \frac{2n_3 - m_3}{2n_3 + m_3} = \frac{2p - 3\varpi}{2p - \varpi}$$

结论 2: 由式(28)得, 可知在分散式供应链模型中邮轮公司承担部分减排技术成本情况下, 在满足造船厂和邮轮公司的收益最大化的前提时, 造船厂承担减排技术投入成本的比例 λ 与 p 和 ϖ 的关系应满足。

由(15) (34)两式可得:

$$\lambda = \frac{2p - 3\varpi}{2p - \varpi}$$

$$\Delta J_1 = J_3 - J_1 = \frac{aZ\varpi(u - vp)}{K(\rho + c)} \quad (41)$$

由(29) (34)两式可得:

$$\Delta J_2 = J_3 - J_2 = \frac{aZ\varpi(u - vp)}{2K(\rho + c)} \quad (42)$$

由(15) (29)两式可得:

$$J_2 = J_1 \quad (43)$$

结论 3: 由(41) (42)式知, $\Delta J_1 > 0$, $\Delta J_2 > 0$ 恒成立, 即集中式供应链模型下对广告宣传的投入水平不低于分散式供应链模型下对广告宣传的投入水平。由(43)式知 $J_2 = J_1$, 即分散式供应链模型中两种情形下对广告宣传的投入水平相等。

由(15) (36)两式可得:

$$\Delta L_1 = L_3 - L_1 = \frac{bZ(u - vp)(p - \varpi)}{M(\rho + c)} \quad (44)$$

由(28) (36)两式可得:

$$\Delta L_2 = L_3 - L_2 = \frac{bZ(u - vp)\varpi}{2M(\rho + c)} \quad (45)$$

由(15) (26)两式可得:

$$\Delta L_3 = L_2 - L_1 = \frac{bZ(u - vp)(2p - 3\varpi)}{2M(\rho + c)} \quad (46)$$

结论 4: 由(44) (45)式知, $\Delta L_1 > 0$, $\Delta L_2 > 0$ 恒成立, 即集中式供应链模型下对减排技术的投入水平不低于分散式供应链模型下对减排技术的投入水平; 而由(46)式知, 令 $\Delta L_3 > 0$ 可解得 $p > \frac{3\varpi}{2}$, 即当价格

p 在区间内取值时 $p > \frac{3\varpi}{2}$, 分散式供应链模型下第二种情形下对减排技术的投入水平要大于第一种情形; 反之, 当价格 p 在区间内取值时 $\varpi < p < \frac{3\varpi}{2}$, 分散式供应链模型下第二种情形下对减排技术的投入水平要小于第一种情形。

4. 数值仿真

为验证上一部分结论, 并分析某些重要参数变化对造船厂和邮轮公司对减排技术的投入水平和对广告宣传的投入水平的影响, 为了方便计算将部分初始参数设置为 $\rho = 0.3$, $c = 0.2$, $Z = 0.5$, $Q_0 = 10$, $u = 5$, $v = 1$, $\varpi = 2$, $a = 0.6$, $b = 0.4$, $K = 0.1$, $M = 0.1$ 。

将上述参数带入(18) (32) (37)三式, 可得图 1。其中 SY1 表示分散式供应链模型下邮轮公司不承担减排技术投入成本时供应链的整体收益, SY2 表示分散式供应链模型下邮轮公司承担减排技术投入成本时供应链的整体收益, SY3 表示集中式供应链模型下供应链的整体收益。如图 1 所示, 集中式供应链模型下供应链的整体收益大于两种分散式的供应链整体收益; 而对比分散式供应链模型下邮轮公司不承担减排技术成本和邮轮公司承担减排技术成本下各自的供应链整体收益曲线可以看出, 两者存在一个交点, 在交点左侧邮轮公司不承担减排技术成本时的供应链整体收益较高, 而在交点右侧邮轮公司承担减排技术成本时的供应链整体收益较高, 正如结论 1 所得。

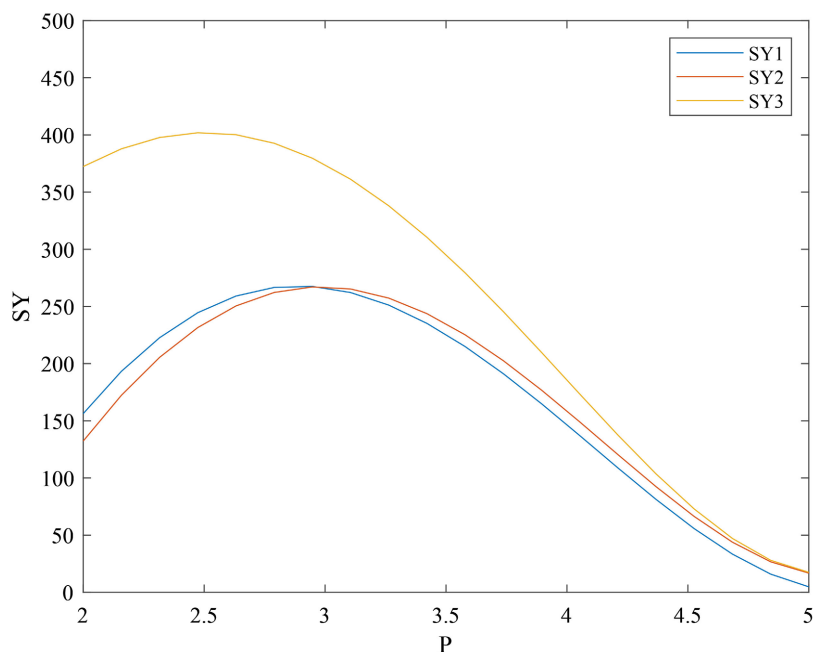


Figure 1. The impact of price p on supply chain earnings
图 1. 价格 p 对供应链收益的影响

将上述参数代入(21) (36) (43)三式, 将参数 M 的值设为 0.1, 参数 K 为自变量, 可得图 2。将参数 K 的值设为 0.1, 参数 M 为自变量, 可得图 3。由图 2、图 3 所示, 三种情形下的供应链整体收益均随着参数 K 和参数 M 值的增大先减小然后逐渐趋于平稳; 同时, 集中式供应链模型下供应链的整体收益一直大于分散式供应链模型下供应链的整体收益, 而对于分散式模型下的两种情况, 第一种情形时的供应链整体收益要大于第二种情形时的供应链整体收益。

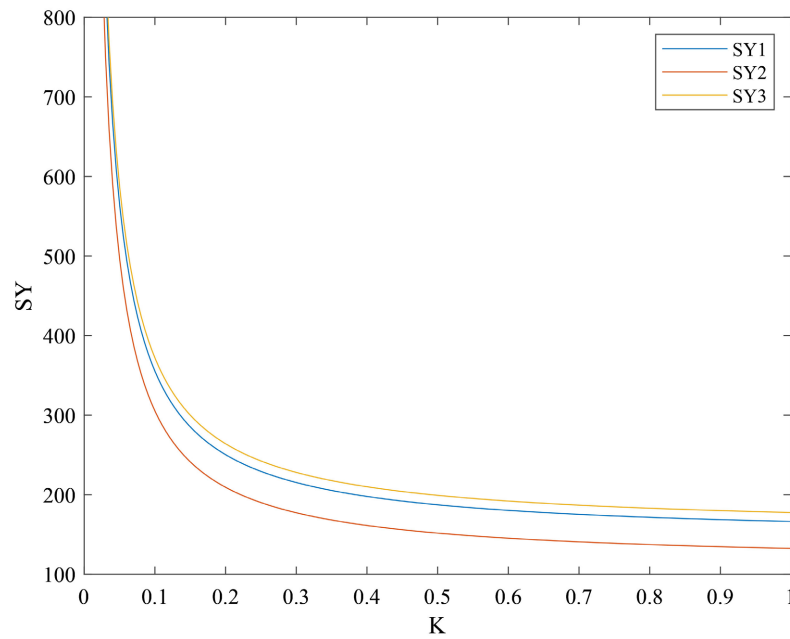


Figure 2. The impact of parameter K on supply chain revenue
图 2. 参数 K 对供应链收益的影响

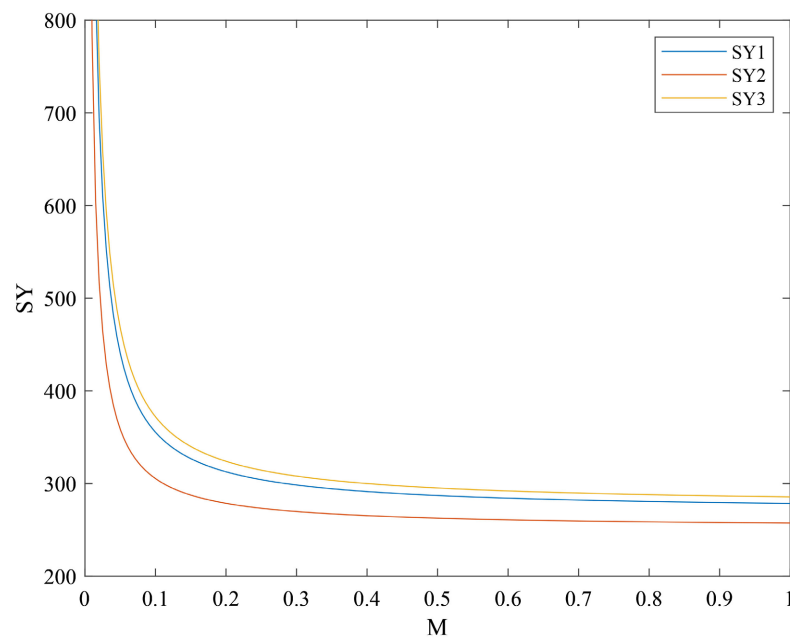


Figure 3. The impact of parameter M on supply chain revenue
图 3. 参数 M 对供应链收益的影响

图 4 中 J1 表示分散式供应链模型下邮轮公司不承担减排技术成本对广告宣传的投入水平, J2 表示分散式供应链模型下邮轮公司承担减排技术成本对广告宣传的投入水平, J3 表示集中式供应链模型下对广告宣传的投入水平。由图 4 所示, 集中式供应链模型下对广告宣传的投入水平大于两种分散式的供应链模型; 而对于分散式模型来说, 两种情形下对广告宣传的投入水平相等, 正如结论 3 所示。

图 5 中 L1 表示分散式供应链模型下邮轮公司不承担减排技术成本时, 造船厂对减排技术的投入水平;

L2 表示分散式供应链模型下邮轮公司承担减排技术成本时, 造船厂对减排技术的投入水平; L3 表示集中式供应链模型下对减排技术的投入水平。由图 5 所示, 集中式供应链模型下对减排技术的投入水平大于两种分散式的供应链模型; 而对比分散式供应链模型下两种情形的曲线可以看出, 两者存在一个交点, 在交点左侧邮轮公司不承担减排技术成本时, 造船厂对减排技术的研发投入水平较高, 而在交点右侧邮轮公司承担减排技术成本时, 造船厂对减排技术的研发投入水平较高, 正如结论 4 所示。

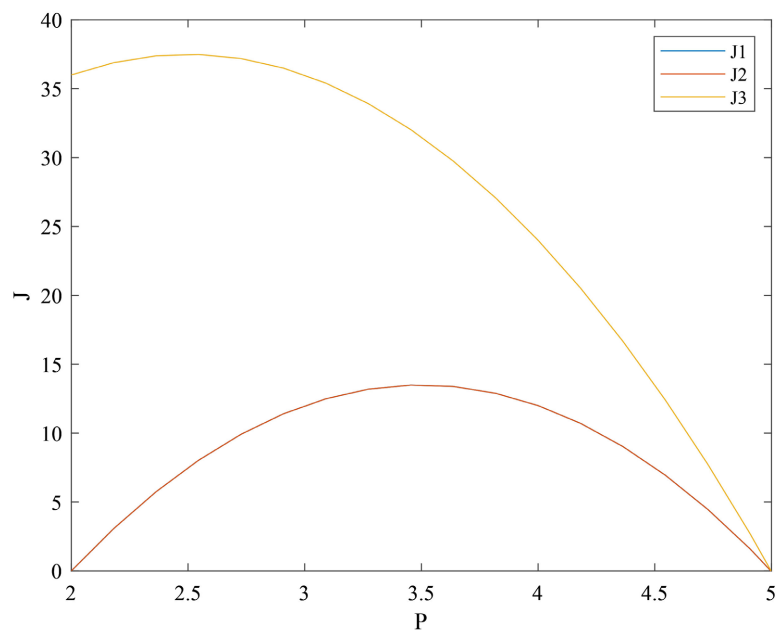


Figure 4. The level of investment in advertising at different prices

图 4. 不同价格下对广告宣传的投入水平

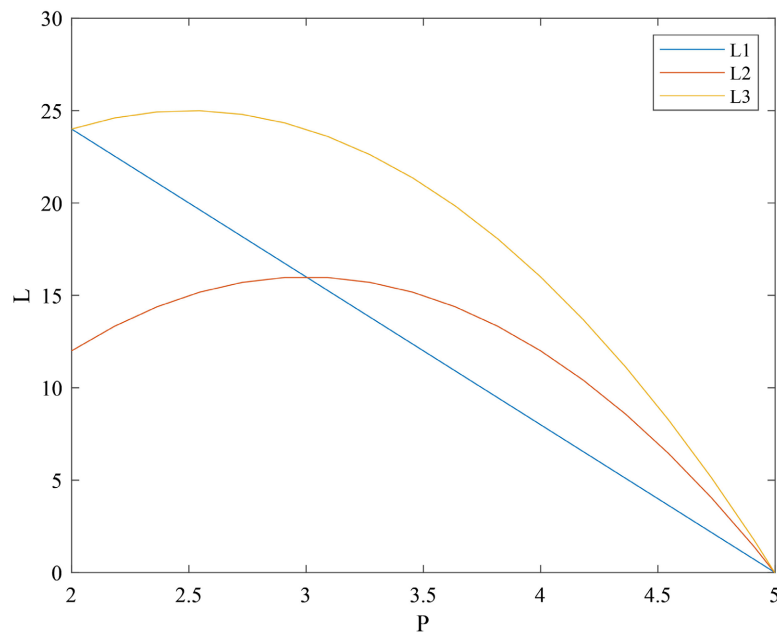


Figure 5. The level of technical effort to reduce emissions at different prices

图 5. 不同价格下的减排技术努力水平

5. 结论与展望

本文利用微分博弈, 构建了分散式供应链模型和集中式供应链模型, 其中分散式供应链模型又分为邮轮公司是否分担减排技术投入成本这两种情形, 然后探讨了不同参数以及价格 p 对三种情形下减排技术和广告宣传投入水平及供应链整体收益的影响, 研究得到主要结论如下:

1) 在只考虑价格 p 对供应链整体收益的影响时, 三种情形下集中式供应链模型的供应链整体收益最大。而对于分散式供应链模型下两种情形的供应链整体收益来说, 当价格 p 和 σ 的大小满足, $p > \frac{3\sigma}{2}$ 分散式供应链模型下邮轮公司分担减排技术投入成本时供应链整体收益大于邮轮公司不分担减排技术投入成本时的供应链整体收益; 反之分散式供应链模型下邮轮公司分担减排技术投入成本时供应链整体收益小于邮轮公司不分担减排技术投入成本时的供应链整体收益。

2) 参数 K 、 M 对三种情形下供应链整体收益的影响均为, 随着参数值的增大供应链的整体收益均呈现先减少然后再逐渐趋于稳定, 且三种情形下供应链整体收益的大小为, 集中式供应链的整体收益最高, 邮轮公司分担减排技术投入成本时的供应链整体收益最低。

3) 在只考虑价格 p 对三种情形下减排技术和广告宣传的研发投入水平影响时, 三种情形下集中式供应链模型对减排技术和广告宣传的研发投入水平最高。而对于分散式供应链模型的两种情形下对减排技术和广告宣传的研发投入水平来说, 当价格 p 在区间内取值时 $p > \frac{3\sigma}{2}$, 邮轮公司分担减排技术投入成本时造船厂对减排技术投入水平高于邮轮公司不分担减排技术投入成本时造船厂对减排技术的投入水平; 反之邮轮公司分担减排技术投入成本时造船厂对减排技术投入水平低于邮轮公司不分担减排技术投入成本时造船厂对减排技术的投入水平。而对于广告宣传的投入水平来说, 分散式供应链模型下两种情形的投入水平相等。

本文对造船厂和邮轮公司对减排技术、广告宣传的研发投入进行研究分析, 但研究不够透彻, 未来可以采取其他模型换个角度对这个方向进行更深层次的研究。

参考文献

- [1] 李倩彧, 孙瑞红. 碳中和背景下我国邮轮旅游碳排放测算及分析[J]. 物流科技, 2023, 46(17): 53-56+72.
- [2] 刘晓菲, 张晏瑜. 低硫低碳时代邮轮污染防治的困境与法律进路[J]. 大连海事大学学报(社会科学版), 2021, 20(1): 7-15.
- [3] 罗玉杰, 叶欣梁, 孙瑞红. 我国邮轮旅游业低碳供应链的构建研究[J]. 物流科技, 2018, 41(10): 119-123.
- [4] 杨晓梅, 陈丽萍. 可持续发展视域下的低碳旅游经济发展对策分析[J]. 环境工程, 2022, 40(9): 299.
- [5] 李华, 吕思莉. 邮轮旅游的环境污染测算和控制情景分析——以上海港为例[J]. 海洋开发与管理, 2016, 33(12): 32-38.
- [6] 叶欣梁, 孙瑞红, 刘萌萌. 绿色邮轮港口发展态势及突围路径[J]. 中国船检, 2017(7): 60-63+112-113.
- [7] 蒋永旭, 李晨, 高蕾. 双碳背景下新型能源在邮轮行业的应用及展望[J]. 船舶与海洋工程, 2022, 38(6): 1-4.
- [8] 胡顺利. 浅析邮轮旅游营销策略研究——以中国市场为例[J]. 知识经济, 2019(9): 75-76.
- [9] 杜峰帅, 石兴, 肖素雅, 等. 互联网时代下邮轮旅游网络营销策略分析[J]. 商讯, 2021(16): 8-10.
- [10] 辛普阳, 闫国东, 李晓玉. 邮轮旅游场景营销的应用及困境研究[J]. 中国水运, 2021(1): 42-44.