

零售商主导下供应链信息策略及减排激励研究

肖莉莉, 王晓锋

东华大学旭日工商管理学院, 上海

收稿日期: 2023年11月8日; 录用日期: 2024年1月8日; 发布日期: 2024年1月19日

摘要

本文基于碳税环境下的二级服装供应链结构, 考虑制造商私有减排信息同时零售商私有需求信息, 探究制造商的减排信息谎报和零售商的需求信息共享策略及其对供应链减排和利润的影响, 并设计零售商主导下提升供应链减排的激励契约。研究表明: 当零售商掌握供应链的话语权时, 制造商没有谎报减排信息的动机; 无论市场状态高低, 零售商均愿意共享信息, 仅有市场状态高时信息共享有利于供应链减排但和集中决策相比存在效益损失。进而针对市场状态为高时, 设计成本分担-收益共享契约, 可促进供应链的减排提升同时供应链总体利润增长, 且零售商可以通过控制收益共享比例来进行供应链的利润分配。

关键词

激励契约, 减排信息谎报, 需求信息共享

Research on Supply Chain Information Strategy and Emission Reduction Incentive under Retailer's Leading

Lili Xiao, Xiaofeng Wang

Glorious Sun School of Business & Management, Donghua University, Shanghai

Received: Nov. 8th, 2023; accepted: Jan. 10th, 2024; published: Jan. 19th, 2024

Abstract

Based on the structure of the second-level garment supply chain under the carbon tax environment, this paper considers the manufacturer's private emission reduction information and the retailer's private demand information, explores the manufacturer's emission reduction information misreporting and retailer's demand information sharing strategies and their impact on supply chain emission reduction and profits, and designs incentive contracts to promote supply

chain emission reduction under the leadership of retailers. The research shows that when retailers have the right to speak in the supply chain, manufacturers have no incentive to lie about emission reduction information; Retailers are willing to share information no matter the market state is high or low. Only when the market state is high, information sharing is conducive to supply chain emission reduction, but there is benefit loss compared with centralized decision-making. Furthermore, when the market state is high, the design of cost-sharing—revenue sharing contract can promote the emission reduction of the supply chain and the overall profit growth of the supply chain, and retailers can control the proportion of revenue sharing to carry out the profit distribution of the supply chain.

Keywords

Incentive Contract, Misrepresentation of Emission Reduction Information, Demand Information Sharing

Copyright © 2024 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

目前, 纺织服装行业已成为全球第二大耗水量的行业, 每年的废水产生量占全球废水量的约 20%; 中国纺织工业联合会会长孙瑞哲曾在 2019 年的气候创新·时尚峰会上提出, 纺织服装行业已成为全球第二大污染行业, 仅次于石油行业。由此可看出, 服装行业对环境的污染程度不可小觑。在双碳目标自 2020 年被提出以及相关环保政策的倒逼下, 服装行业不得不主动适应外部环境, 走绿色转型发展之路。申洲国际集团控股有限公司作为中国具规模的纵向一体化针织制造商, 是国际头部品牌零售商如耐克等公司的 ODM 代工厂, 身处供应链的上游, 积极与品牌企业合作, 提升公司的环保水平, 是自《印染企业准入条件》颁布以来第一批符合条件的服装制造企业之一, 并于 2013 年开始在年报中披露有关节能减排、社会责任等相关可持续发展的信息。本文以申洲国际与其品牌商现实背景为例, 抽象出数学模型, 探究供应链存在信息不对称时的信息策略及相应的减排激励契约设计, 与本文有关的文献包括以下三方面。

第一, 信息共享策略。信息策略的研究起源于牛鞭效应, Lee [1]在研究牛鞭效应时分析其现象的成因后指出零售商对制造商进行销售信息的共享能解决牛鞭效应带来的损失。延伸至今, 关于信息共享的研究更加丰富多样, Zhang [2]等在制造商可以获取消费者偏好类型信息而零售商无法获得时的奢侈品供应链中, 探讨了产品的定价策略、制造商的市场定位策略以及制造商和零售商有关信息共享策略的倾向。胡华清[3]等在制造商提供异质品且双渠道的背景下, 探讨零售商不同信息策略时的零售商、制造商的最优决策。结论证明当基础产品质量较好或渠道间产品差异性大时, 零售商将和制造商共享信息, 完成供应链的帕累托优化。以上研究仅关注供应链中单方的需求信息共享策略, 王文隆[4]等探讨在含制造商创新因素的二级供应链中, 制造商和零售商进行双向需求信息共享对供应链的影响。研究发现, 零售商的信息共享价值将会随着制造商创新能力的提升而增加。

第二: 信息谎报策略。近年来, 随着对制造商成本的关注, 各类成本信息的谎报策略受到学术界的关注。Zhao [5]等在制造业产能共享背景下, 探究产能供应商的成本谎报行为和平台运营商串通行为对供应链的影响。结论发现, 在一定范围内供应商会倾向于高报成本以此获得更多利润。Vosooghidizaji [6]在二级供应链中考虑双边企业社会责任成本信息不对称, 研究信息不对称谎报和预估两种情形对供应链

各成员以及整体的影响。结果表明除对成本信息的准确估计外, 无论是在何种信息不对称情形下, 供应链利润都会因此损失。李小燕[7]等探讨在碳交易制度下且制造商存在竞争时, 低碳制造商谎报减排成本信息对供应链的影响, 并引入联合契约对供应链进行协调, 结论验证了联合契约可以基本避免信息非对称造成的利润损失。

第三, 激励契约设计。张艳芬[8]等在市场不确定且存在供应商竞争时, 以供应商连续价值作为指标来衡量其绩效, 帮助平台设计面向供应商的收益分配机制动态激励供应商提供最优质量的产品。程粟粟[9]等在二级供应链中考虑制造商采用两种不同的减排技术, 研究罚款分担契约对供应链的作用。结论证明无论何种减排技术, 罚款分担契约均可以激励制造商减排投资的积极性。刘振[10]等在碳交易制度且消费者有低碳偏好时, 探讨制造商外包碳减排的问题并比较技术交易型与合作共享型两种契约的异同点。结论证明技术交易型契约的减排激励效果更好, 而当制造商与服务提供商在契约选择中产生冲突时, 制造商可采用转移支付的方法进行协调。

综上所述, 现有文献大多考虑下游需求信息不对称或上游成本信息不对称, 本文则同时关注上下游企业的双方信息不对称, 考虑制造商私有减排信息和零售商私有市场需求信息, 研究零售商主导的二级供应链中双方的信息共享/谎报策略, 并探究促进供应链减排提升的激励机制。本文的研究是将不对称信息下供应链在双向信息策略方面的拓展与深入, 同时为低碳减排政策下服装供应链的运作提供实践指导。

2. 基础模型

本文研究由单个风险中性的制造商 m 和单个风险中性的零售商 r 组成的二级供应链, 如图 1 所示。在碳税政策的约束下, 政府对制造商生产产品过程中排放的二氧化碳收取单位税费 t , e_0 为单位产品初始碳排放量。制造商受碳税政策的影响, 将投资技术以减少生产过程二氧化碳排放量, Δe 是投资减排技术后单位产品碳排放减少量且 $\Delta e < e_0$, k 为减排投资系数, 制造商投资减排的成本为 $k\Delta e^2/2$ 。

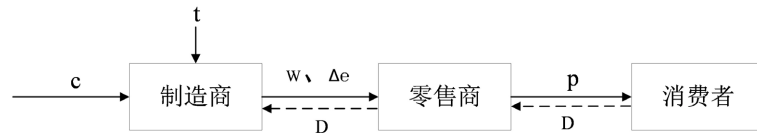


Figure 1. Basic model diagram
图 1. 基础模型示意图

制造商生产产品的单位成本为 c , 单位批发价为 w , 零售商单位产品售价为 p , 产品需求量为 D 。假设产品的市场需求量会受到销售价格以及减排量的影响, 故需求函数为: $D = A - b_1 p + b_2 \Delta e$ 。其中, b_1 为需求对零售价格的敏感度, b_2 为需求对减排量的敏感度。此外, A 为基本市场需求。参考 Iyer [11] 等的研究, 假设市场具有两种状态, H 表示市场的高需求状态, L 表示市场的低需求状态, 显然 $L < H$ 。不失一般性, 本章将低市场需求状态标准化为 1, 即 $L = 1$, 那么 $H > 1$ 可以表示市场波动程度。且 $A \in \{H, L\}$ 为随机变量, 服从等概率的二元分布, 即 $P_r(A = H) = P_r(A = L) = 1/2$ 。

制造商、零售商及供应链的利润分别用 Π_m 、 Π_r 、 Π_s 表示, 上标 c 表示集中决策。

综合以上符号, 制造商、零售商以及供应链的利润分别可表示为:

$$\Pi_m = (w - c)D - t(e_0 - \Delta e)D - k\Delta e^2/2 \quad (1)$$

$$\Pi_r = (p - w)D \quad (2)$$

$$\Pi_s = (p - c)D - t(e_0 - \Delta e)D - k\Delta e^2/2 \quad (3)$$

集中决策时制造商和零售商作为整体, 即目标为式(3)利润最大化。将供应链利润式(3)对减排量 Δe 和零售价格 p 求一阶导后联立可解出最优减排量 $\Delta e^c = \frac{(tb_1 + b_2)(-A + b_1(c + te_0))}{t^2b_1^2 + b_2^2 - 2b_1(k - tb_2)}$ 、市场需求

$$D^c = -\frac{kb_1(A - b_1(c + te_0))}{t^2b_1^2 + b_2^2 - 2b_1(k - tb_2)}, \text{ 供应链利润 } \Pi_s^c = -\frac{k(A - b_1(c + te_0))^2}{2(t^2b_1^2 + b_2^2 - 2b_1(k - tb_2))} \text{ 和最优零售价}$$

$$p^c = \frac{-Ak + Atb_2 + b_2^2(c + te_0) + b_1(-ck + At^2 - kte_0 + tb_2(c + te_0))}{t^2b_1^2 + b_2^2 - 2b_1(k - tb_2)}.$$

其中最优解存在的条件是 $k > \frac{t^2b_1^2 + 2tb_1b_2 + b_2^2}{2b_1}$ 。而在制造商不进行投资减排且产品零售价与成本相

等($p = c + te_0$)的极限情况时, 产品的市场需求仍应大于零, 即 $D = A - b_1(c + te_0) > 0$, 解得 $0 < e_0 < \frac{A - cb_1}{tb_1}$ 。

综合 $\Delta e < e_0$ 、 $0 < e_0 < \frac{A - cb_1}{tb_1}$ 以及 $k > \frac{t^2b_1^2 + 2tb_1b_2 + b_2^2}{2b_1}$, 可解得各参数间关系及范围为:

$$0 < c < \frac{A}{b_1} \& \& 0 < e_0 < \frac{A - cb_1}{b_1 t} \& \& k > \frac{Atb_1 - ctb_1^2 + Ab_2 - cb_1b_2 + tb_1b_2e_0 + b_2^2e_0}{2b_1e_0}.$$

3. 考虑双向信息不对称的减排模型

在实际供应链运作中, 制造商会私有减排信息, 零售商会私有需求信息, 如图 2 所示。

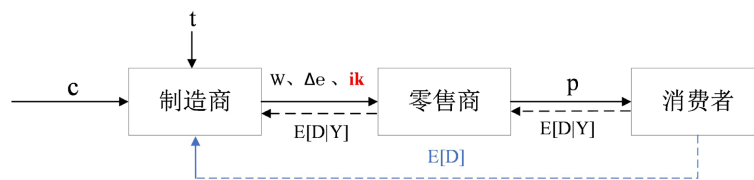


Figure 2. Diagram of information asymmetry model
图 2. 信息不对称模型示意图

3.1. 问题描述

3.1.1. 信息共享假设

由于零售商能够与消费者更近距离地接触, 通过销售数据探查出有关需求的市场数据, 从而使得自身能够拥有相对更多关于需求不确定的市场需求预测信息 Y , 很显然这部分信息是零售商私有的。预测信息 Y 与基本市场需求 A 相对应的, 也有两种可能性, $Y = h$ 表示零售商的预测信息表示市场需求是 H , $Y = l$ 表示零售商的预测信息表示市场需求是 L 。参考 ATL [12] 等的研究, 本章设定预测信息 $Y \in \{h, l\}$ 与真实市场需求 $A \in \{H, L\}$ 之间独立, 且以概率 $\rho \in (1/2, 1]$ 发生, 即 $P_r(h|H) = P_r(l|L) = \rho$, 此信息结构在信息共享领域里也是广泛适用的。

综上, 根据条件概率公式, 测出预测信息 $Y \in \{h, l\}$ 的概率为:

$$P_r(h) = P_r(H)P_r(h|H) + P_r(L)P_r(h|L) = \frac{1}{2}$$

$$P_r(l) = P_r(H)P_r(l|H) + P_r(L)P_r(l|L) = \frac{1}{2}$$

基于以上提到的预测信息与真是市场需求独立, 故可得:

$$P_r(H|h) = \frac{P_r(H)P_r(h|H)}{P_r(h)} = \rho, \quad P_r(L|l) = \frac{P_r(L)P_r(l|L)}{P_r(l)} = \rho$$

$$P_r(H|l) = \frac{P_r(H)P_r(l|H)}{P_r(l)} = 1-\rho, \quad P_r(L|h) = \frac{P_r(L)P_r(h|L)}{P_r(h)} = 1-\rho$$

承上, 可计算得出基于预测信息 $Y \in \{h, l\}$ 的期望基本市场需求 A :

$$\hat{H} = E[A|h] = HP_r(H|h) + LP_r(L|h) = 1 + (H-1)\rho$$

$$\hat{L} = E[A|l] = HP_r(H|l) + LP_r(L|l) = H - (H-1)\rho$$

ρ 可看作为测量信息的精度。当 $\rho=1$ 时, $P_r(H|h) = P_r(L|l) = 1$ 。即预测信息是完全贴合实际情况的, 是完美的; 当 $\rho = \frac{1}{2}$ 时, $P_r(H|h) = P_r(H) = \frac{1}{2}$, $P_r(L|l) = P_r(L) = \frac{1}{2}$ 。即预测信息的先验概率和后验概率是相同的, 换言之, 预测信息没有发挥作用; 当 $\frac{1}{2} < \rho < 1$ 时, $P_r(H|h) = P_r(L|l) > P_r(h) = P_r(l)$ 。即随着 ρ 的增加, 销售商对于市场需求预测的精确度也随之增加。

如图 2 所示, $E[D|Y]$ 表示零售商预测的市场需求, 如果零售商不共享该信息, 制造商只能观察市场的概率, 得到期望的市场需求 $E[D]$, 即蓝色虚线部分。如果零售商共享该信息, 则制造商的市场需求同零售商。因此, 零售商的利润函数为:

$$E[\Pi_r|Y] = (p-w)E[D|Y] = (p-w)(E[A|Y] - b_1p + b_2\Delta e) \quad (4)$$

无信息共享和有信息共享时制造商的利润分别为:

$$E[\Pi_m] = (w-c-t(e_0-\Delta e))E[D] - \frac{1}{2}k\Delta e^2$$

$$= (w-c-t(e_0-\Delta e))(\bar{A} - b_1E[p(w,\Delta e)] + b_2\Delta e) - \frac{1}{2}k\Delta e^2 \quad (5)$$

$$E[\Pi_m|Y] = (w-c-t(e_0-\Delta e))E[D|Y] - \frac{1}{2}k\Delta e^2$$

$$= (w-c-t(e_0-\Delta e))(E[A|Y] - b_1p(w,\Delta e|Y) + b_2\Delta e) - \frac{1}{2}k\Delta e^2 \quad (6)$$

3.1.2. 信息谎报假设

设定制造商对减排投资系数 k 进行谎报, 谎报系数为 i , 其中 $0 < i < 1$ 表示制造商低报减排投资系数; $i > 1$ 表示制造商高报减排投资系数; $i = 1$ 表示制造商不谎报减排投资系数。故此时零售商的利润函数同式(4), 制造商在无信息共享和有信息共享时的实际利润分别同式(5)、(6)。制造商在无信息共享和有信息共享时的公开利润分别为:

$$E[\Pi_{fm}] = (w-c-t(e_0-\Delta e))E[D] - \frac{1}{2}ik\Delta e^2$$

$$= (w-c-t(e_0-\Delta e))(\bar{A} - b_1E[p(w,\Delta e)] + b_2\Delta e) - \frac{1}{2}ik\Delta e^2 \quad (7)$$

$$E[\Pi_{fm}|Y] = (w-c-t(e_0-\Delta e))E[D|Y] - \frac{1}{2}ik\Delta e^2$$

$$= (w-c-t(e_0-\Delta e))(E[A|Y] - b_1p(w,\Delta e|Y) + b_2\Delta e) - \frac{1}{2}ik\Delta e^2 \quad (8)$$

3.1.3. 博弈顺序

综合信息是否共享与是否谎报的 2×2 因素矩阵, 博弈场景可分为四个。假设信息共享场景用 S 指代, 信息不共享场景用 N 指代; 谎报场景用 F 指代, 不谎报场景用 T 指代。故四种场景应为: $[N, T]_{RS}$ 、 $[S, T]_{RS}$ 、 $[N, F]_{RS}$ 、 $[S, F]_{RS}$, 下标 RS 表示零售商主导。故在零售商主导下的主要事件决策顺序如图 3 所示。

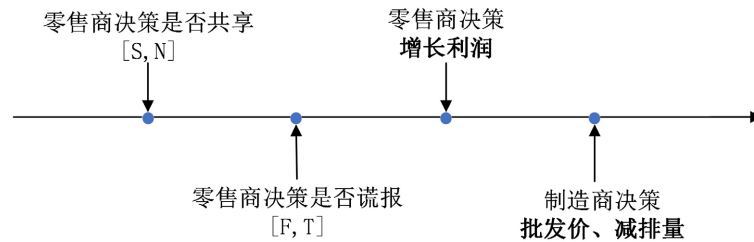


Figure 3. Order of model game under retailer dominance

图 3. 零售商主导下模型博弈顺序

3.2. 四种场景的减排决策模型

3.2.1. 无信息共享无减排谎报时的博弈分析

无信息共享无减排谎报即场景 $[N, T]_{RS}$, 制造商、零售商的利润函数分别为式(5)、(4)。在确定博弈场景后, 供应链上的决策顺序为: 1) 零售商先决策增长利润 m ; 2) 制造商决策批发价格 w 和减排量 Δe 。

零售商不与制造商共享需求信息时, 制造商的市场需求为期望市场需求 $E[D]$, 利润函数式(5)中的

$\bar{A} = \frac{H+1}{2}$, 即期望的市场需求。首先求式(5)对批发价格 w 和减排量 Δe 的一阶导, 可得:

$$\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial \Delta e} = -k\Delta e + t(\bar{A} - (m+w)b_1 + \Delta e b_2) + b_2(-c+w-t(-\Delta e+e_0)) \quad (9)$$

$$\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial w} = \bar{A} - (m+w)b_1 + \Delta e b_2 - b_1(-c+w-t(-\Delta e+e_0)) \quad (10)$$

令 $Q = tb_1 + b_2$, $M = c + te_0$, $L = -\bar{A} + E[A|Y]$, 当 $k > \frac{Q^2}{2b_1}$ 时, 制造商利润关于 Δe 和 w 的海塞矩阵

为负定, 存在唯一最优解。再将式(9)、(10)联立解出 Δe 和 w 的反应函数带入式(4)中, 解得最优解 $m^{[N, T]_{RS}}$, 再通过最优解 $m^{[N, T]_{RS}}$ 得出其期望值, 再带入制造商决策变量及利润中, 得出最优解 $w^{[N, T]_{RS}}$ 、 $\Delta e^{[N, T]_{RS}}$ 和 $E[\Pi_m]^{[N, T]_{RS}}$ 。最后, 通过 $m^{[N, T]_{RS}}$ 、 $w^{[N, T]_{RS}}$ 和 $\Delta e^{[N, T]_{RS}}$ 求解得出 $E[\Pi_r | Y]^{[N, T]_{RS}}$, 综合上述求出 $E[\Pi_s]^{[N, T]_{RS}}$, 结果如下:

$$m^{[N, T]_{RS}} = \frac{-b_2^2 L - b_1^2 (Mk + t^2 L) + b_1 (-\bar{A}(k - 2tb_2) + 2(k - tb_2)E[A|Y])}{2kb_1^2}$$

$$\Delta e^{[N, T]_{RS}} = \frac{Q(-\bar{A} + b_1 M)}{2(Q^2 - 2b_1 k)}$$

$$w^{[N, T]_{RS}} = -\frac{\bar{A}k - t^2 b_1^2 M - b_2(\bar{A}t + 2b_2 M) + b_1(3kM - \bar{A}t^2 - 3tb_2 M)}{2(Q^2 - 2b_1 k)}$$

3.2.2. 有信息共享无减排谎报时的博弈分析

有信息共享无减排谎报即场景 $[S, T]_{RS}$, 制造商、零售商的利润函数分别为式(6)、(4)。在确定博弈

场景后, 供应链上的决策顺序同 $[N, T]_{RS}$ 场景。

故依旧首先求式(5-3)关于批发价格 w 和减排量 Δe 的一阶导, 表达式如下:

$$\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial \Delta e} = -k\Delta e + b_2(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) + t((-m - w)b_1 + \Delta e b_2 + E[A|Y]) \quad (11)$$

$$\frac{\partial E[\Pi_m]}{\partial w} = (-m - w)b_1 + \Delta e b_2 - b_1(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) + E[A|Y] \quad (12)$$

海塞矩阵计算后有最优解时条件同 $[N, T]_{RS}$ 场景, 不再赘述。将式(11)、(12)联立解出 Δe 和 w 的反应函数带入式(4)中, 解得最优解 $m^{[S, T]_{RS}}$, 再带入制造商决策变量及利润中, 得出最优解 $w^{[S, T]_{RS}}$ 、 $\Delta e^{[S, T]_{RS}}$ 、 $E[\Pi_m]^{[S, T]_{RS}}$ 、 $E[\Pi_r | Y]^{[S, T]_{RS}}$ 和 $E[\Pi_s | Y]^{[S, T]_{RS}}$, 结果如下:

$$m^{[S, T]_{RS}} = \frac{-b_1 M + E[A|Y]}{2b_1}$$

$$w^{[S, T]_{RS}} = -\frac{(-t^2 b_1^2 - 2b_2^2 + 3b_1(k - tb_2))M + (k - tQ)E[A|Y]}{2(Q^2 - 2b_1 k)}$$

$$\Delta e^{[S, T]_{RS}} = \frac{Q(b_1 M - E[A|Y])}{2(Q^2 - 2b_1 k)}$$

3.2.3. 无信息共享有减排谎报时的博弈分析

无信息共享有减排谎报即场景 $[N, F]_{RS}$, 零售商的利润函数为式(4), 制造商的实际利润和公开利润分别为式(5)、(7)。在确定博弈场景后, 供应链上的决策顺序为: 1) 零售商确定不与制造商进行需求信息共享; 2) 制造商确定谎报系数 i ; 3) 零售商决定单位产品增长利润 m ; 4) 制造商决定单位产品减排量 Δe 和批发价格 w 。

故首先求制造商公开利润式(7)关于减排量 Δe 和批发价格 w 的一阶导, 表达式如下:

$$\frac{\partial E[\Pi_{fm}]}{\partial \Delta e} = -ik\Delta e + t(\bar{A} - (m + w)b_1 + \Delta e b_2) + b_2(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) \quad (13)$$

$$\frac{\partial E[\Pi_{fm}]}{\partial w} = \bar{A} - (m + w)b_1 + \Delta e b_2 - b_1(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) \quad (14)$$

海塞矩阵计算后有最优解时条件同 $[N, T]_{RS}$ 场景。再将式(13)、(14)联立解出 Δe 和 w 的反应函数带入式(4)中, 解得最优解 $m^{[N, F]_{RS}}$, 再通过最优解 $m^{[N, F]_{RS}}$ 得出其期望值, 再带入制造商决策变量及利润中, 得出最优解 $w^{[N, F]_{RS}}$ 、 $\Delta e^{[N, F]_{RS}}$ 、 $E[\Pi_m]^{[N, F]_{RS}}$ 和 $E[\Pi_{fm}]^{[N, F]_{RS}}$ 。最后, 通过 $m^{[N, F]_{RS}}$ 、 $\Delta e^{[N, F]_{RS}}$ 和 $w^{[N, F]_{RS}}$ 求解得出 $E[\Pi_r | Y]^{[N, F]_{RS}}$, 结果如下:

$$m^{[N, F]_{RS}} = \frac{-b_2^2 L - b_1^2(ikM + Lt^2) + b_1(-\bar{A}(ik - 2tb_2) + 2(ik - tb_2)E[A|Y])}{2ikb_1^2}$$

$$\Delta e^{[N, F]_{RS}} = \frac{Q(-\bar{A} + b_1 M)}{2(Q^2 - 2b_1 ik)}$$

$$w^{[N, F]_{RS}} = -\frac{\bar{A}ik - t^2 b_1^2 M - b_2(\bar{A}t + 2b_2 M) + b_1(3ikM - \bar{A}t^2 - 3tb_2 M)}{2(Q^2 - 2b_1 ik)}$$

$$E[\Pi_{fm}]^{[N,F]_{RS}} = -\frac{ik(\bar{A} - b_1M)^2}{8(Q^2 - 2b_1ik)}$$

3.2.4. 有信息共享有减排谎报时的博弈分析

有信息共享有减排谎报即场景 $[S, F]_{RS}$, 零售商的利润函数为式(4), 制造商的实际利润和公开利润分别为式(6)、(8)。在确定博弈场景后, 供应链上的决策顺序大体上同 $[N, F]_{RS}$, 除了第二步时有所不同, 此时零售商会选择与制造商共享需求信息。

由首先求制造商公开利润式(8)关于减排量 Δe 和批发价格 w 的一阶导, 表达式如下:

$$\frac{\partial E[\Pi_{fm}]}{\partial \Delta e} = -ik\Delta e + b_2(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) + t((-m - w)b_1 + \Delta eb_2 + E[A|Y]) \quad (15)$$

$$\frac{\partial E[\Pi_{fm}]}{\partial w} = (-m - w)b_1 + \Delta eb_2 - b_1(-c + w - t(-\Delta e + e_0)) + E[A|Y] \quad (16)$$

海塞矩阵计算后有最优解时条件同 $[N, T]_{RS}$ 场景。将式(15)、(16)联立解出 Δe 和 w 的反应函数带入式(4)中, 解得最优解 $m^{[S,F]_{RS}}$, 再带入制造商决策变量及利润中, 得出最优解 $w^{[S,F]_{RS}}$ 、 $\Delta e^{[S,F]_{RS}}$ 、 $E[\Pi_m]^{[S,F]_{RS}}$ 、 $E[\Pi_{fm}]^{[S,F]_{RS}}$ 和 $E[\Pi_r|Y]^{[S,F]_{RS}}$, 结果如下:

$$m^{[S,F]_{RS}} = \frac{-b_1M + E[A|Y]}{2b_1}$$

$$w^{[S,F]_{RS}} = -\frac{(-t^2b_1^2 - 2b_2^2 + 3b_1(ik - tb_2))M + (ik - tQ)E[A|Y]}{2(Q^2 - 2b_1ik)}$$

$$\Delta e^{[S,F]_{RS}} = \frac{Q(b_1M - E[A|Y])}{2(Q^2 - 2b_1ik)}$$

$$E[\Pi_{fm}]^{[S,F]_{RS}} = -\frac{ik(-b_1M + E[A|Y])^2}{8(Q^2 - 2b_1ik)}$$

4. 考虑双向信息不对称的减排激励契约

4.1. 场景对比分析

为了方便下文的策略分析, 将以上四种场景博弈的利润函数整合到表 1 中。

Table 1. Profit table of four game scenarios

表 1. 四种博弈场景的利润一览表

参数	$[S, T]_{RS}$	$[S, F]_{RS}$
$E[\Pi_m]$	$-\frac{k(-b_1M + E[A Y])^2}{8(Q^2 - 2b_1k)}$	$-\frac{(kQ^2 - 2b_1ik^2)(-b_1M + E[A Y])^2}{8(Q^2 - 2b_1ik^2)}$
$E[\Pi_r Y]$	$-\frac{k(-b_1M + E[A Y])^2}{4(Q^2 - 2b_1k)}$	$-\frac{ik(-b_1M + E[A Y])^2}{4(Q^2 - 2b_1ik)}$
$E[\Pi_s]$	$-\frac{3k(-b_1M + E[A Y])^2}{8(Q^2 - 2b_1k)}$	/

续表

参数	$[N, F]_{RS}$
$E[\Pi_m]$	$\frac{(kQ^2 - 2b_1ik^2)(\bar{A} - b_1M)^2}{8(Q^2 - 2b_1ik)^2}$
$E[\Pi_r Y]$	$\frac{(b_2^2L + b_1^2(ikM + t^2L) + b_1(\bar{A}(ik - 2tb_2) - 2(ik - tb_2)E[A Y]))}{4ik^2b_1^3(Q^2 - 2b_1ik)}$
参数	$[N, T]_{RS}$
$E[\Pi_m]$	$\frac{k(\bar{A} - b_1M)^2}{8(Q^2 - 2b_1k)}$
$E[\Pi_r Y]$	$\frac{(b_2^2L + b_1^2(kM + t^2L) + b_1(\bar{A}(k - 2tb_2) - 2(k - tb_2)E[A Y]))}{4k^2b_1^3(Q^2 - 2b_1k)}$
$E[\Pi_s]$	$\frac{(b_1^2(-\bar{A}ik^2 - 2tb_2(2ik - 3tb_2)L) - 2b_1b_2^2(ik - 2tb_2)L + t^4b_1^4L + b_2^4L + b_1^3(4t^3b_2L + ik(ikM - 2t^2L)))}{8k^2(Q^2 - 2b_1k)}$
	$\frac{k^3(\bar{A} - b_1M)^2 + \frac{1}{b_1^3}2(b_2^2L + b_1^2(kM + t^2L) + b_1(\bar{A}(k - 2tb_2) - 2(k - tb_2)E[A Y]))}{8k^2(Q^2 - 2b_1k)}$
	$\frac{(b_1^2(-\bar{A}k^2 - 2tb_2(2k - 3tb_2)L) - 2b_1b_2^2(k - 2tb_2)L + t^4b_1^4L + b_2^4L + b_1^3(4t^3b_2L + k(Mk - 2Lt^2)))}{8k^2(Q^2 - 2b_1k)}$

针对以上四组场景的博弈结果分别进行分组对比, 探究制造商是否有谎报动机, 并进一步分析零售商的信息共享策略。

命题 1: 零售商主导下无论零售商是否进行需求预测信息的共享, 制造商都没有减排谎报动机。

证明:

首先对比 $[N, T]_{MS}$ 和 $[N, F]_{MS}$ 两种场景下制造商的利润差 T_1 , 探究在零售商无信息共享时, 制造商是否有减排谎报动机。

$$T_1 = E[\Pi_m]^{[N, F]_{RS}} - E[\Pi_m]^{[N, T]_{RS}} = \frac{(ik - k)^2 b_1 Q^2 (\bar{A} - b_1 M)^2}{4(Q^2 - 2b_1 ik)^2 (Q^2 - 2b_1 k)}$$

根据 T_1 式的构成不难发现会有两种情形的讨论: 首先是讨论关于谎报系数 i 的取值。 i 在取值 1 和非 1 时两种情况会对 T_1 式产生不同的影响。当 i 取值 1 时, 即不谎报, T_1 式等于 0; 而当 i 取值非 1 时, $(ik - k)^2$ 式大于 0, 则需继续讨论。因 T_1 式中其他分式均大于 0, 故在 i 值非 1 时, $Q^2 - 2b_1 k$ 式的正负直接关系到 T_1 式的正负。由信息不对称时海塞矩阵条件可知 $k > \frac{Q^2}{2b_1}$ 成立, 故 $Q^2 - 2b_1 k < 0$, $T_4 < 0$ 。因此, 在零售商主导下零售商无信息共享时制造商将不会进行减排谎报。

然后对比 $[S, T]_{RS}$ 和 $[S, F]_{RS}$ 两种场景, 探究在零售商共享市场需求信息时, 制造商的减排谎报动机。根据零售商预测市场状态的不同, 制造商在两种场景的利润差值也不同, 市场状态为高时作差结果为 T_2 , 市场状态为低时作差结果为 T_3 。

$$T_2 = E[\Pi_m | Y]^{[S, F]_{RS}}(H) - E[\Pi_m | Y]^{[S, T]_{RS}}(H) = \frac{(ik - k)^2 b_1 Q^2 (\hat{H} - b_1 M)^2}{4(Q^2 - 2b_1 ik)^2 (Q^2 - 2b_1 k)}$$

$$T_3 = E[\Pi_m | Y]^{[S,F]_{RS}}(L) - E[\Pi_m | Y]^{[S,T]_{RS}}(L) = \frac{(ik - k)^2 b_1 Q^2 (\hat{L} - b_1 M)^2}{4(Q^2 - 2b_1 ik)^2 (Q^2 - 2b_1 k)}$$

观察 T_2 、 T_3 式的结构发现, 同 T_1 式的讨论过程相同, 此处省略分析过程。无论零售商预测的市场需求状态高或低, 制造商谎报都会降低自身利润, 因此, 制造商在零售商主导且零售商信息共享时不会进行减排谎报。

证毕。

命题 2: 零售商主导下, 制造商不进行减排谎报时, 市场状态高时信息共享能提升最优减排; 市场状态低时, 则无信息共享对减排更有利。

证明:

本文研究处于碳税环境的供应链, 故还应关注零售商预测高低市场状态时有无信息共享的减排量, 记 $N_i (i \in \{1, 2\})$ 为零售商主导下高低市场状态时有无信息共享的减排量作差表达式。

$$N_1 = \Delta e^{[S,T]_{RS}}(H) - \Delta e^{[N,T]_{RS}}(H) = -\frac{(-1+H)(-1+2\rho)Q}{4(Q^2 - 2b_1 k)}$$

$k > \frac{Q^2}{2b_1}$, 故 $N_1 > 0$, 即市场状态为高时有信息共享减排量大于无信息共享。

$$N_2 = \Delta e^{[S,T]_{RS}}(L) - \Delta e^{[N,T]_{RS}}(L) = \frac{(-1+H)(-1+2\rho)Q}{4(Q^2 - 2b_1 k)}$$

$k > \frac{Q^2}{2b_1}$, 故 $N_2 < 0$, 即市场状态为低时有信息共享减排量小于无信息共享。

证毕。

即在零售商主导下零售商预测市场状态为高时, 零售商应该共享市场信息达到提升最优减排的效果; 而零售商预测市场状态低时, 零售商则不需要信息共享时减排最优。

以上是实际情况下信息共享与否对供应链减排的影响, 但是信息共享与否对供应链利润和零售商利润的影响还需要进一步探究。

进一步对比分析 $[N, T]_{RS}$ 、 $[S, T]_{RS}$ 两种场景下零售商和供应链的利润, 在不同市场状态下的表现。

参考文献[13], 采集相关数据为 $b_1 = 3$, $b_2 = 10$, $c = 60$, $t = 1.4$, $e_0 = 25$, $H = 100000$ 。 $k > \frac{Q^2}{2b_1}$, 即 k

的范围为 $k > 33.6$, 以市场预测精度和减排投资系数为变量, 分析有无信息共享时供应链和零售商的利润, 分别见图 4 和图 5。

图 4(a)、图 4(b) 分别代表预测市场状态为高和低时的供应链利润, 比较两图纵坐标, 显而易见的是, 高市场状态时供应链利润远高于低市场状态, 且减排投资系数 k 对利润的影响远远小于市场精度 ρ 。

随着 ρ 的提升, 在高市场状态下, 信息共享更有利于供应链利润增长, 有无信息共享时的供应链利润都有明显增长且随着 ρ 的提升, 有信息共享时供应链利润的增幅大于无信息共享时利润; 但低市场状态下, $\rho \in (0.5, 0.87)$ 时, 无信息共享时供应链利润大于 0, $\rho \in (0.5, 0.997)$ 时, 有信息共享时供应链利润大于 0, 故横坐标取 $\rho \in (0.5, 0.87)$ 。另外, 由上图可看出, 且随着 ρ 的提升, 有无信息共享时的供应链利润都随之降低, 在 $\rho \in (0.5, 0.83)$ 范围内, 无信息共享时供应链利润大于有信息共享时利润, 而 $\rho \in (0.83, 0.87)$ 时, 有信息共享时供应链利润大于无信息共享时利润。

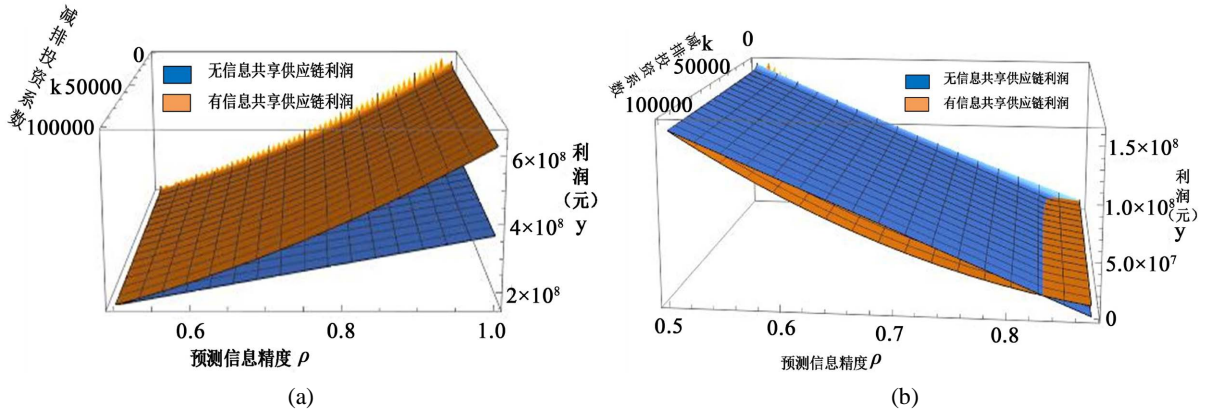


Figure 4. Supply chain profit comparison with or without information sharing
图 4. 有无信息共享下供应链利润对比

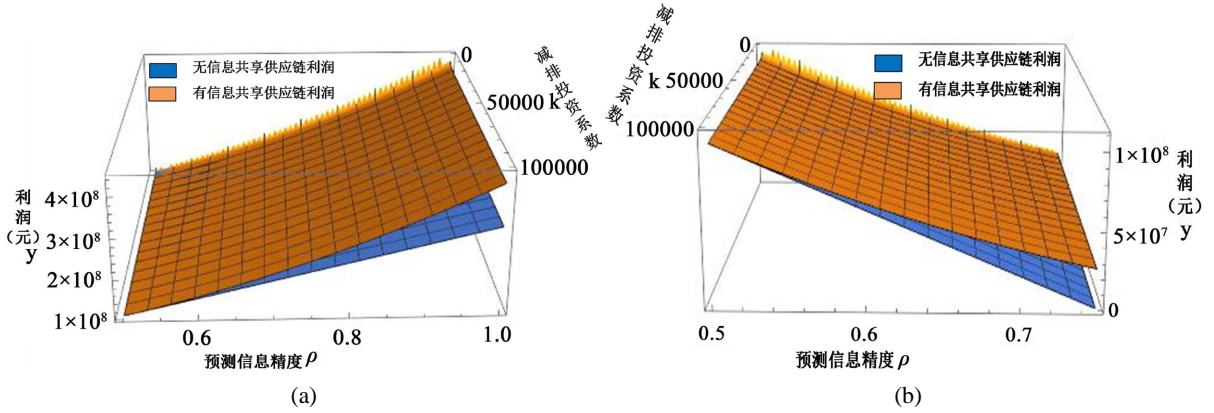


Figure 5. Retailer profit comparison with or without information sharing
图 5. 有无信息共享下零售商利润对比

进一步分析图 5 中零售商的利润对比, 不难发现零售商主导下, 无论市场状态高低, 有信息共享时零售商利润都高于无信息共享时利润, 即零售商都会选择与制造商共享信息。

市场状态高时, 随着零售商对市场预测精度 ρ 的提升, 有无信息共享的利润都有明显增长, 且预测精度 ρ 越高时, 有信息共享时零售商利润增幅大于无信息共享时利润; 市场状态为低时, $\rho \in (0.5, 0.74)$ 时, 无信息共享时供应链利润大于 0, $\rho \in (0.5, 0.997)$ 时, 有信息共享时供应链利润大于 0, 故横坐标取 $\rho \in (0.5, 0.74)$ 。随着零售商对市场预测精度 ρ 的提升, 有无信息共享时的零售商利润均减少, 且无信息共享时利润降幅大于有信息共享时利润。

总结以上分析结果如表 2。

命题 3: 相较于集中决策, 市场状态高时的减排量与供应链利润均有损益。

证明:

$$\text{令 } N_3 = \Delta e^c - \Delta e^{[S,T]_{RS}} = \frac{Q(-1 - (-1+H)\rho + b_1M)}{2(Q^2 - 2b_1k)}$$

$$\text{令 } T_4 = \Pi_s^{AB} - E[\Pi_s | Y]^{[S,T]_{RS}} = -\frac{k(1 + (-1+H)\rho - b_1M)^2}{8(Q^2 - 2b_1k)}$$

Table 2. The influence of information sharing on supply chain when no emission reduction lies
表 2. 无减排谎报时供应链有无信息共享的影响

供应链指标	市场状态高		市场状态低	
	有信息共享	无信息共享	有信息共享	无信息共享
供应链利润	√		√ $\rho \in (0.83, 0.87)$	√ $\rho \in (0.5, 0.83)$
减排量	√			√
零售商利润	√		√	

注: √表示在限定情况下利润高(减排量多)的一方, √后面加括号表示需要满足的条件。

由集中决策时条件 $e_0 < \frac{A - cb_1}{b_1 t}$ 、及海塞矩阵条件 $k > \frac{Q^2}{2b_1}$ 以及各参数限定条件, 可知 $N_3 > 0$ 、 $T_4 > 0$, 即市场状态高时更高的减排量和供应链利润较集中决策来看, 仍然有提升空间。

证毕。

综上, 得到结论:

结论 1: 在零售商主导下且当零售商预测市场状态低时, 零售商愿意共享信息, 且有信息共享时供应链在 $\rho \in (0.83, 0.87)$ 范围内高于无信息共享时供应链。但同时, 在 $\rho \in (0.5, 0.83)$ 范围内无信息共享时供应链利润高于有信息共享利润, 且无信息共享时减排量大大于有信息共享时减排量; 在零售商主导下且零售商预测市场状态高时, 市场信息共享会给纺织供应链整体带来增益, 包括利润和减排量的双重提升, 此时零售商也愿意共享信息达成供应链整体最优。

但将更优的高市场状态下的减排量与集中决策时相比, 不难发现, 仍有一定的效益损失。故激励契约针对预测市场状态为高时, 站在零售商角度, 设计契约实现激励减排量的提升效果。

4.2. 契约设计

当预测市场状态为高、零售商主导且零售商愿意信息共享时, 结合以上讨论的供应链情况和激励目标, 考虑采用成本分担-收益共享契约来达成激励目标, 此模型用 $AB(w, \varphi, \beta)$ 表示。即为了提升供应链的绿色减排水平, 零售商将以 β 的比例分担制造商的投资减排成本, 与此同时在销售前制造商向零售商提供一个较低的服装产品批发价 w , 销售后零售商向制造商共享 φ 比例的利润作为补偿。由此可得:

$$E[\Pi_m | Y] = (w - c - t(e_0 - \Delta e) + \varphi(m + w))E[D | Y] - \frac{1}{2}(1 - \beta)k\Delta e^2 \quad (17)$$

$$\Pi_r = ((1 - \varphi)(m + w) - w)E[D | Y] - \beta k\Delta e^2 / 2 \quad (18)$$

此时, $E[D | Y] = \hat{H} - b_1(m + w) + b_2\Delta e$, $\hat{H} = 1 + (H - 1)\rho$ 。

引入契约后决策顺序为: 1) 零售商决策减排成本分担比例 β ; 2) 制造商决策批发价格 w 和减排量 Δe ; 3) 零售商决策单位产品增长利润 m 和收益共享比例 φ 。采用逆向归纳法, 先对式(18)求增长利润 m 的一阶导, 得出表达式:

$$m = \frac{wb_1 - 2w\varphi b_1 - \Delta e b_2 + \Delta e \varphi b_2 - \hat{H} + \varphi \hat{H}}{2(-1 + \varphi)b_1} \quad (19)$$

再将式(19)带入式(17)中, 求出 Δe^{AB} 。再反带入式(18)中, 求出 m^{AB} , 已知 $p = m + w$, 即可求得 p^{AB} 。为实现供应链的协调, 应保证该契约下的最优决策与集中决策时一致, 即 $p^B = p^C$ 、 $\Delta e^B = \Delta e^C$ 。联

立集中决策减排最优解, 此处与信息对称时略有不同的是要将 p^c 、 Δe^c 中的市场容量 a 替换成 \hat{H} 以符合此时的假设, 可解出两组契约参数关系的解。其中一组解在现有参数条件下不满足契约成立的基础条件 $\Pi_m^{AB} \geq E[\Pi_m]^{[S,T]RS}$ 、 $\Pi_r^{AB} \geq E[\Pi_r | Y]^{[S,T]RS}$, 故舍去。成立的解为:

$$w^{AB} = \frac{(-1+\varphi)(-b_2(t\hat{H}+b_2(c+te_0))+b_1(-t^2\hat{H}+(2k-tb_2)(c+te_0)))}{t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2)}$$

$$\beta^{AB} = -\frac{(-1+\varphi)b_2}{tb_1+b_2}$$

将上述条件代入决策变量和利润函数中可得:

$$\Delta e^{AB} = \frac{(tb_1+b_2)(-\hat{H}+b_1(c+te_0))}{t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2)}$$

$$m^{AB} = \frac{\hat{H}(-k+t\varphi(tb_1+b_2))+(\varphi b_2^2+b_1(k-2k\varphi+t\varphi b_2))(c+te_0)}{t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2)}$$

$$\Pi_r^{AB} = -\frac{k(-1+\varphi)(-b_2^2+b_1(2k-tb_2))(\hat{H}-b_1(c+te_0))^2}{2(t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2))^2}$$

$$\Pi_m^{AB} = \frac{k(-t^2b_1^2-\varphi b_2^2+b_1(2k\varphi-t(1+\varphi)b_2))(\hat{H}-b_1(c+te_0))^2}{2(t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2))^2}$$

$$\Pi_s^{AB} = -\frac{k(\hat{H}-b_1(c+te_0))^2}{2(t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2))}$$

4.3. 契约有效性及效果

接下来讨论契约成立的基础条件, 即 $\Pi_m^{AB} \geq E[\Pi_m | Y]^{[S,T]RS}$ 、 $\Pi_r^{AB} \geq E[\Pi_r | Y]^{[S,T]RS}$ 。令

$$\Delta \Pi_m^{AB} = \Pi_m^{AB} - E[\Pi_m | Y]^{[S,T]RS}$$

$$= \frac{k(-3t^2b_1^2+(1-4\varphi)b_2^2+b_1(2k(-1+4\varphi)-2(t+2t\varphi)b_2))(1+(-1+H)\rho-b_1(c+te_0))^2}{8(t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2))^2}$$

$$\Delta \Pi_r^{AB} = \Pi_r^{AB} - E[\Pi_r | Y]^{[S,T]RS}$$

$$= -\frac{k(-t^2b_1^2+(1-2\varphi)b_2^2+b_1(-2k+4k\varphi-2t\varphi b_2))(1+(-1+H)\rho-b_1(c+te_0))^2}{4(t^2b_1^2+b_2^2-2b_1(k-tb_2))^2}$$

由 $\frac{\partial \Delta \Pi_m^{AB}}{\partial \varphi} > 0$ 、 $\frac{\partial \Delta \Pi_r^{AB}}{\partial \varphi} < 0$ 、 $\Delta \Pi_m^{AB}(\varphi=1) > 0$ 、 $\Delta \Pi_r^{AB}(\varphi=0) > 0$, 可推理出存在 $\varphi \in (\varphi_1, 1]$ 使得制造商契约后利润大于契约前利润, $\varphi \in (0, \varphi_2]$ 使得零售商契约后利润大于契约前利润。

令 $\Delta \Pi_m^{AB} = 0$ 、 $\Delta \Pi_r^{AB} = 0$ 可求解出 φ_1 和 φ_2 , $\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{1}{4} \left(1 + \frac{tb_1(tb_1+b_2)}{b_2^2+b_1(-2k+tb_2)} \right) > 0$, 故契约成立的条件为 $\varphi \in (\varphi_1, \varphi_2)$, 此时制造商、零售商契约后利润均大于契约前。

为更直观感受到 φ 在契约中的利润分配作用, 将做数值分析来展示其中变化。同上, 取 $b_1 = 3$, $b_2 = 10$, $c = 60$, $t = 1.4$, $e_0 = 25$, $H = 100000$, $k = 40000$, $\rho = 0.6$, 以 $\Delta\Pi_m^{AB}$ 和 $\Delta\Pi_r^{AB}$ 为纵坐标, φ 作横坐标, 如图 6 所示。

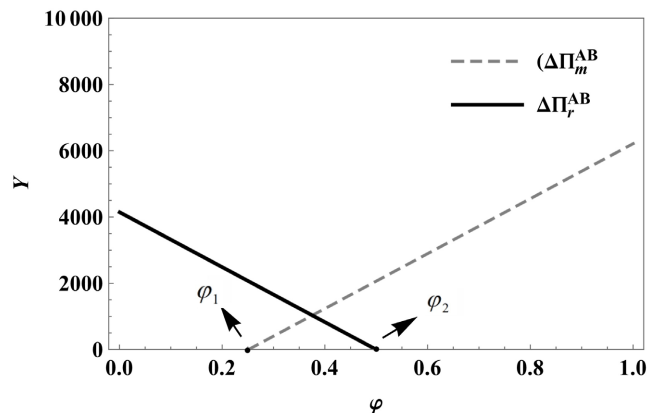


Figure 6. Effect of revenue sharing ratio on profit distribution of supply chain members

图 6. 收益共享比例对供应链成员利润分配影响

根据数值可计算出 $\varphi_1 = 0.25$ 、 $\varphi_2 = 0.50$, 即 $\Delta\Pi_m^{AB}$ 、 $\Delta\Pi_r^{AB}$ 与横坐标围成的三角形区域是契约的有效区域。在这个范围内, 无论是制造商还是零售商契约后利润都会增长, 减排量和供应链利润均等于集中决策时, 即达到供应链的帕累托最优状态。且由图 6 可看出, 在契约有效范围内, φ 越大, 契约前后零售商增长的利润会逐渐降低, 反之, 契约前后制造商增长的利润则会上升, 即零售商可以通过控制收益共享比例的大小完成对供应链上利润的分配。

契约有效性得到基础验证后, 还需要关注契约的效果。

命题 4: 相较于契约前, 契约后减排量和供应链利润都有增长, 即契约成功解决损益问题。

证明:

综合契约最优解表达式及命题 3, 可得出: $\Delta e^{AB} = \Delta e^c > \Delta e^{[S,T]RS}$ 、 $\Pi_s^{AB} = \Pi_s^c > E[\Pi_s | Y]^{[S,T]RS}$ 。即激励契约的目标达到, 在预测市场状态为高时此契约可以使得供应链达到减排量和总利润的双重提升。

证毕。

5. 结论

本文基于二级服装供应链, 探究集中决策和双向信息不对称时供应链的减排决策, 并针对信息不对称时设计激励契约协调供应链。研究发现: 双向信息不对称时, 制造商没有动机谎报减排信息, 且无论预测市场状态高低, 零售商都愿意共享信息。预测市场状态高时信息共享对供应链整体利润和减排量有利; 预测市场状态低时无信息共享更有利于供应链减排量, 而供应链利润是信息共享时高还是无信息共享时高则要取决于预测精度的大小。

进而针对预测市场高且零售商愿意共享信息时, 设计成本分担 - 收益共享契约激励供应链减排量的提升, 结果也证明: 对比契约前, 契约后的减排量、供应链利润都有所提升, 且零售商可以通过收益共享比例转移利润给制造商实现供应链利润的再分配。

本研究未来仍有拓展研究的空间: 本文关注零售商主导下的纺织供应链, 并未考虑上下游多家企业的竞争关系, 增加竞争因素将更符合供应链的实际情形; 现实生活中往往服装产品是以多渠道进行销售,

这个因素在未来也值得探究;此外,信息不对称的因素也可以进一步丰富(如零售商销售成本等),以此更贴近实际,更好地让理论研究作用于实际的企业运作。

参考文献

- [1] Lee, H.L., Padmanabhan, V. and Whang, S. (1997) Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, **43**, 5465-58. <https://doi.org/10.1287/mnsc.43.4.546>
- [2] Zhang, Q., Chen, J. and Zaccour, G. (2020) Market Targeting and Information Sharing with Social Influences in a Luxury Supply Chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **133**, Article ID: 101822. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.101822>
- [3] 胡华清, 王璐, 陈丽华, 等. 制造商差异化供应下的零售商信息策略[J/OL]. 中国管理科学: 1-11. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0557>, 2023-11-07.
- [4] 王文隆, 姚锐, 张涑贤. 考虑制造商创新的供应链双向需求信息共享研究 [J]. 中国管理科学, 2022, 30(5): 226-235.
- [5] Zhao, D. and Han, H. (2020) Decisions and Coordination in a Capacity Sharing Supply Chain considering Production Cost Misreporting. *Complexity*, **2020**, Article ID: 6637375. <https://doi.org/10.1155/2020/6637375>
- [6] Vosooghidizaji, M., Taghipour, A. and Canel-Depitre, B. (2022) Coordinating Corporate Social Responsibility in a Two-Level Supply Chain under Bilateral Information Asymmetry. *Journal of Cleaner Production*, **364**, Article ID: 132627. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132627>
- [7] 李小燕, 王道平. 碳交易机制下考虑竞争和信息非对称的供应链协调研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(11): 47-52.
- [8] 张艳芬, 徐琪, 孙中苗. 供应商竞争下考虑道德风险的平台供应链最优动态激励契约[J/OL]. 中国管理科学: 1-15. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1022>, 2023-11-07.
- [9] 程粟粟, 张帆. 罚款分担契约下绿色供应链最优减排技术选择研究[J]. 软科学, 2022, 36(10): 131-137. <https://doi.org/10.13956/j.ss.1001-8409.2022.10.18>
- [10] 刘振, 宋寒, 代应, 等. 碳减排外包下的契约优化与选择研究[J]. 运筹与管理, 2022, 31(6): 25-31.
- [11] Iyer, G., Narasimhan, C. and Niraj, R. (2007) Information and Inventory in Distribution Channels. *Management Science*, **53**, 1551-1561. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0713>
- [12] Li, T. and Zhang, H.T. (2015) Information Sharing in a Supply Chain with a Make-to-Stock Manufacturer. *Omega*, **50**, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.08.001>
- [13] 王晓锋, 朱晨, 袁阴. 基于供应链的纺织行业节能减排决策[J]. 纺织学报, 2019, 40(1): 166-174.