

不同产品创新模式下的制造企业绿色供应链信息共享策略

汤长安¹, 高鹏², 薛佳^{2,3}

(1.湖南第一师范学院商学院, 湖南长沙, 410205;

2.江苏理工学院管理学院, 江苏常州, 213001;

3.江苏大学管理学院, 江苏镇江, 212013)

摘要: 数字经济背景下, 制造企业绿色供应链的产品创新决策受绿色产品需求不确定性的显著影响, 从而引起对信息预测和分享的关注。为给企业增强信息分享的经济价值及环境价值提供借鉴, 利用博弈论研究了不同产品创新模式下制造企业绿色供应链的信息分享策略, 分别建立并求解了独立创新和联合创新模式下制造商不预测信息(MB和UB)、预测但不分享信息(MN和UN)、预测且分享信息(MS和US)六种模型。研究发现, 独立创新模式下信息分享会引起上游供应商“攫取”下游制造商利润, 不利于供应链总利润的提升; 联合创新模式下, 若绿色创新效率高于某一阈值, 信息分享能实现供应链各主体期望经济利润的共赢, 否则可能需建立信息分享利益补偿机制; 联合创新模式下信息分享对供应商、制造商的经济价值均高于独立创新模式下的相应经济价值; 两种模式下信息分享到底能实现怎样的社会价值, 则受到绿色创新效率以及消费者绿色产品偏好的综合影响。

关键词: 制造企业; 绿色供应链; 联合产品创新; 信息共享

中图分类号: F270.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2023)02-0096-13

一、引言

随着世界范围内资源短缺及环境污染的日益严重, 制造企业的碳排放问题越来越受到社会各界的广泛关注^[1-2]。因意识到CO₂、SO₂等温室气体的产生是由于非环保产品的制造和使用, 众多知名制造企业纷纷与上下游企业一起, 通过联合绿色创新实现生产要素的优化组合, 促使产品从生产制造到使用报废整个生命周期内的碳排放量最小、经济价值最高, 形成绿色供应链^[3]。国内知名运动鞋服品牌商特步从2020年起积极投身环保服装材料及产品的研发, 通过与旗下品牌索康尼、帕拉丁等的通力合作, 成功从玉米、豌

豆等淀粉含量丰富的农作物中提取比化纤材料更易降解的服装原料“聚乳酸”, 制成了全球首款“聚乳酸”风衣^[4]。众多实践表明, 由于形成资源协同及技术互补, 联合创新可以开发出比独立创新更高的产品绿色属性。

然而, 制造企业绿色供应链(下文简称绿色供应链)社会价值的实现根本上取决于绿色产品的市场销售情况。尽管有调查显示, 现阶段愿意为绿色产品支付高价的消费者比例大大提升^[5], 但由于各地对绿色消费缺乏统一引导, 加上不同企业对绿色产品宣传的重视程度不一致, 导致绿色产品的市场需求存在不确定性。这种不确定性不仅严重影响产品定价, 更会通过价格传导机制影响上下游企业的绿色创新投入^[6], 对绿色供应链

收稿日期: 2022-04-22; 修回日期: 2022-11-18

基金项目: 国家社科基金项目“大国优势条件下我国制造业数字化转型升级的动力机制与推进路径研究”(20BJL129)

作者简介: 汤长安, 男, 湖南益阳人, 博士, 湖南第一师范学院商学院教授, 主要研究方向: 数字经济与产业创新; 高鹏, 男, 江苏常州人, 博士, 江苏理工学院管理学院教授, 主要研究方向: 供应链管理, 联系邮箱: gaopeng@jsut.edu.cn; 薛佳, 女, 江苏常州人, 江苏理工学院管理学院讲师, 江苏大学管理学院博士研究生, 主要研究方向: 企业绿色创新

的运行带来严峻挑战。鉴于此, 由供应链下游企业利用数字化手段预测市场需求的变化, 进而通过网络平台与上游企业分享预测信息显得尤为重要。例如, 宝洁和沃尔玛这两家世界著名企业已经形成了信息共享的“宝洁-沃尔玛”模式, 前者获得后者提供的信息后, 更准确地了解到各类产品的市场实际需求, 制定了更为精准的生产决策, 有效解决了产品积压及断货问题^[7]。尽管信息共享能缓解供应链的牛鞭效应这一观点早已得到了学者认可^[8], 但现有研究却未能关注供应链上下游企业创新模式对信息共享价值的影响机理。那么, 需求信息共享到底会给供应链的价格决策和绿色创新决策带来怎样的影响? 联合创新模式下, 供应链成员对信息共享的偏好是否与独立创新模式下的相同? 不同产品创新模式下, 信息共享是否一定能实现正向的经济价值、环境价值以及社会价值? 这些问题的解决对于数字经济下制造企业的绿色转型有重要意义。

二、文献综述

(一) 绿色供应链与绿色产品决策

绿色供应链通常与可持续供应链的概念联系在一起, 早期文献大多从环境、社会、经济这三个方面展开定性调研及案例分析^[9-10]。近年对绿色供应链的研究则转向运作管理领域, 其中, 绿色产品定价^[11]及创新决策^[12-13]是重点研究方向。Jiang 和 Li^[14]发现, 供应链中的契约设计有助于产品绿色度的提升。Wang 等^[15]在绿色供应链产品创新决策中考虑了消费者利他偏好。Zhu 和 He^[16]分别讨论了 MIGP 和 DIGIP 两种绿色创新类型下的供应链运作及协调机制。随着对绿色供应链系统性认知的深入以及实践中单个企业独立研发案例的不断减少, 联合创新模式逐渐受到重视。Sinayi 和 Rasti-Barzoki^[17]以消费者剩余作为社会发展可持续性指标, 通过制造商和零售商的分散及合作创新博弈模型, 发现合作模式会导致产品绿色度、供应链利润以及消费者剩余的同步增加。Zhang 和 Yousaf^[18]讨论了上下游企业联合研发行为对企业、环境和社会的影响。Meng 等^[19]基于消费者绿色偏好, 探讨了上下游企业联

合创新模式下政府不同补贴策略对市场绩效的影响。以上研究均基于成员间信息对称的情况, 本文则关注一方企业具有信息优势的情景下与另一方企业开展联合创新会产生怎样的效应。

(二) 信息共享策略

信息共享策略是当下的热门议题。消费者购买行为的不确定性给企业经营决策和市场需求匹配带来了困难, 利用信息技术进行市场需求信息的预测及分享能够有效提升供应链运作效率, 主要表现为缓解牛鞭效应^[20-21]、提升消费者效用^[8,22]、降低库存成本等方面^[23-24]。Liu 等^[6]探讨了生鲜农产品电子零售供应链中的信息共享策略, 发现新鲜度高于某一阈值时网络零售商将选择信息共享, 并且供应商数量的增加有助于提升信息共享的可能性。Nie 等^[25]发现, 当产品线中增加再制造产品时, 信息共享策略可以实现零售商、制造商及环境的三方共赢。按照供应链中预测和分享信息的主体不同, 信息共享策略的相关文献可分为以下三类: 第一类文献主要探讨上下游企业同时拥有信息预测和分享能力的情形。Zhang 等^[26]、Pei 和 Yang^[27]分别研究了上游供应商和下游零售商在正向产品销售、逆向退货时相互分享需求信息的情景。第二类文献关注上游企业拥有信息优势的情形。例如 Jiang 等^[28]、Huang 和 Yang^[29]分别探讨了供应商的不同信息共享策略对风险规避型零售商激励合同设计的影响。第三类文献则聚焦于下游企业拥有信息优势的情形, 该类文献最为丰富。Huang 等^[30]、Li 和 Zhang^[31]分别研究了侵占型供应商和按单生产型连锁供应商情景下零售商的信息分享策略。Zhang 和 Zhang^[32]讨论了当供应商通过经销商模式在电子商务平台上销售产品时, 电子零售商的信息分享策略。石纯来等^[33]从规模不经济视角研究了零售商信息共享对制造商渠道选择的影响, 发现通过设计信息补偿机制, 零售商会自愿与制造商分享其市场预测信息。近年来, 一些学者开始在下游零售商拥有信息优势的情景下考虑产品的绿色属性。高鹏等^[3]对比研究了考虑和不考虑产品绿色度时零售商信息共享对正向供应链的价值效应。Wei 等^[34]发现, 无论供应商的销售模式和零售商的信息分享策略如何, 消费者对产品绿色水

平敏感度越高,渠道成员的预期利润、产品价格和绿色水平就越高。王述等^[35]不仅分析了零售商信息分享对制造商低碳产品决策的影响,还进一步加强了对消费者异质性因素的关注。

由以上文献梳理可以发现,现有关于绿色供应链产品创新以及信息分享策略方面的研究已相当丰富,但仍存在不足:一是尽管许多文献研究了供应链纵向一体化运作情景下的所谓“合作研发”,但其实大多仅考虑一方开展绿色创新,另一方提供契约支持,真正对上下游企业开展联合绿色创新的研究并不多见;二是鲜有研究对不同绿色创新模式下信息分享策略的市场绩效展开对比研究;三是现有文献大多从经济价值角度讨论供应链成员的信息分享策略偏好,而对其社会价值缺乏关注。本文可能的贡献在于:(1)模型构建方面,定量刻画了绿色供应链产品创新决策下的信息结构模型,探讨了信息预测和分享对供应链成员绿色创新程度的影响;(2)研究内容方面,对比研究了独立创新和联合创新两种模式下信息分享策略的差异,尤其对联合创新模式下供应链成员信息分享策略的选择条件展开了深入探讨;(3)研究结果方面,在分析信息分享经济价值的同时,也对其社会价值(包括环境效应、消费者剩余及社会福利)给予了足够关注。本研究发现,在联合创新模式下,当绿色创新成本和消费者绿色偏好满足一定关系时,制造商同供应商分享信息不仅不会损害其自身利益,反而会实现经济利润的双赢。

三、模型描述和预设条件

本文主要考虑由单一上游供应商、单一下游制造商构成的二级供应链系统。供应商以批发价 w 向制造商提供中间品或原材料,单位配货运输成本为 c ;制造商负责产品的生产制造,并以价格 p 销售给市场消费者。在绿色发展大背景下,制造商单独开展产品绿色创新,也可以协同上游供应商进行联合产品创新(下文简称联合创新)^[19]。联合创新是指上下游企业在供应链的不同位置分别创新,共同致力于终端产品节能环保程度的提升。如在通用汽车的“绿色计划中”,

佳通轮胎进行低滚动阻力节油环保轮胎的研发,上海通用利用该轮胎与其他绿色零部件进行整合,在轻量化及绿色装配上不断创新突破^[36]。本文用绿色度代表终端产品的综合绿色性能,它与生产过程的碳排放量低、产品有利于身心健康、消费过程中的节能环保等各种绿色特性密切相关。显然,终端产品的绿色度由供应商和制造商的绿色创新程度共同决定。设制造商和供应商的绿色创新程度分别为 e_m 和 e_s ,终端产品的绿色度为 e 。根据 Meng 等^[19]、Zhu 和 He 等^[16]的研究,联合创新模式下 $e=e_m+e_s$,独立创新模式下 $e=e_m$ 。联合创新模式下绿色产品市场需求可表示为 $D=a+\lambda(e_s+e_m)-p$,独立创新模式下则为 $D=a+\lambda e_m-p$ 。其中, a 为绿色产品的潜在需求规模,具有一定的随机性; λ 为消费者的绿色偏好系数,代表了产品绿色创新水平对消费者需求的影响程度^①。下游制造商可利用各种数字化工具对潜在需求规模 a 进行预测,并决定是否与供应商分享预测信息。

本文用到如下预设条件:

(1)供应商和制造商的产品创新均为研发密集型^[16],即绿色创新成本为固定成本,且随绿色创新程度的提升而加速上升。为方便分析,设供应商、制造商的绿色创新成本分别为 ke_s^2 和 γe_m^2 ,其中 k 和 γ 为绿色创新成本系数。

(2)随机性产品市场潜在需求规模可表示为 $a=a_0+\xi_1$ 。其中 a_0 为期望需求规模, ξ_1 为需求规模中的不确定因素,其期望为 0,方差为 v 。制造商对潜在需求规模的预测值为 f ,且 $f=a+\xi_2$, ξ_2 表示预测误差,其期望为 0,方差为 s 。随机变量 ξ_1 和 ξ_2 相互独立。用 A 表示信息预测下绿色产品的期望需求规模,根据 Liu 等^[6]的研究可得:

$$A=E(a|f)=\frac{s}{v+s}a_0+\frac{v}{v+s}f,E\left((f-a_0)^2\right)=v+s \quad (1)$$

本文将 $t=v/(v+s)$ 作为需求规模信息预测精度的一个度量,显然 $t \in (0,1)$,其值越大说明制造商预测越准确,并且有 $A=a_0-t(a_0-f)$ 。

(3)本文主要考虑供应商强势的情景,即在供应商和制造商的博弈关系中,供应商为定价领导者,制造商为追随者,这是一种较为常见的供应

链结构。例如, Intel 在向美国国内 PC 制造企业提供芯片时基本处于定价的主导地位。另外, 绿色创新为企业战略层决策, 价格为战术层决策, 即绿色创新决策在前, 价格决策在后。文献[3]、文献[19]均用到类似的预设条件。

(4)不考虑其他与绿色创新无关的成本, 即使考虑, 也仅会增加模型求解的复杂度而不影响本文主要结论。

(5)下游制造商对市场潜在需求信息的预测值为 f , 预测信息为私有信息, 其拥有选择是否和上游供应商分享信息的权力, 除此之外的其他所有信息均为双方共有。

根据以上描述, 信息共享下的供应链流程如图 1 所示。

四、制造企业绿色供应链信息共享策略分析

本部分基于博弈论, 对两种绿色创新模式下制造企业供应链的信息分享策略展开模型分析。

(一) 独立创新模式下的信息共享策略分析

制造商独立创新模式下, 供应商仅提供普通原材料而不开展绿色创新。供应链决策顺序可描述为: ①供应商决定批发价 w ; ②制造商决定绿色创新程度 e_m ; ③制造商决定零售价 p 。由上节描述可知, 当制造商进行需求信息预测时, 无论是否与供应商分享信息, 其期望利润均为:

$$E(\pi_M | f) = E((p-w)(a + \lambda e_m - p) - \gamma e_m^2 | f) = (p-w)(a_0 - t(a_0 - f) + \lambda e_m - p) - \gamma e_m^2 \quad (2)$$

式中 f 表示预测得到的需求规模信息(下同)。制造商分享预测信息及不分享预测信息下, 供应商期望利润分别可用(3)式和(4)式表示:

$$E(\pi_S^{MN}) = E((w-c)(a + \lambda e_m - p)) = (w-c)(a_0 + \lambda e_m - p) \quad (3)$$

$$E(\pi_S^{MS} | f) = E(w-c)(a + \lambda e_m - p) | f = (w-c)(a_0 - t(a_0 - f) + \lambda e_m - p) \quad (4)$$

上式中利润 π_S 的上标 MN 和 MS 分别代表制造商预测但不分享信息、制造商预测且分享信息两种策略(下同)。当制造商不预测信息时(用上标 MB 表示), 双方均以市场需求规模的期望值 a_0 进行决策, 故仅需把利润目标函数中的 $a_0 - t(a_0 - f)$ 替代为 a_0 即可(即 MB 模型可视为 MN 模型在 $t=0$ 时的特殊情形)。求解得到 MB, MN, MS 三种策略的均衡结果, 列示于表 1。

(二) 联合创新模式下的信息共享策略分析

由前所述, 联合创新模式下终端产品的绿色度提升至 $e_m + e_s$ 。根据预设条件(3), 供应链决策顺序为: ①供应商决定绿色创新水平 e_s ; ②供应商决定绿色产品批发价 w ; ③制造商决定绿色创新水平 e_m ; ④制造商决定绿色产品的零售价 p 。分以下三种策略进行详细分析。

1. 制造商预测但不分享信息(UN)

根据预设条件(2), 制造商对产品潜在需求规模的预测值为 f , 则其期望利润目标为:

$$E(\pi_M^{UN} | f) = E((p-w)(a + \lambda(e_s + e_m) - p) - \gamma e_m^2 | f) = (p-w)(a_0 - t(a_0 - f) + \lambda(e_m + e_s) - p) - \gamma e_m^2 \quad (5)$$

由于制造商不与供应商分享预测信息, 故而供应商仍以市场需求 a_0 进行决策, 其期望利润表达式为:

$$E(\pi_S^{UN}) = E((w-c)(a + \lambda(e_s + e_m) - p) - k e_s^2) = (w-c)(a_0 + \lambda(e_s + e_m) - p) - k e_s^2 \quad (6)$$

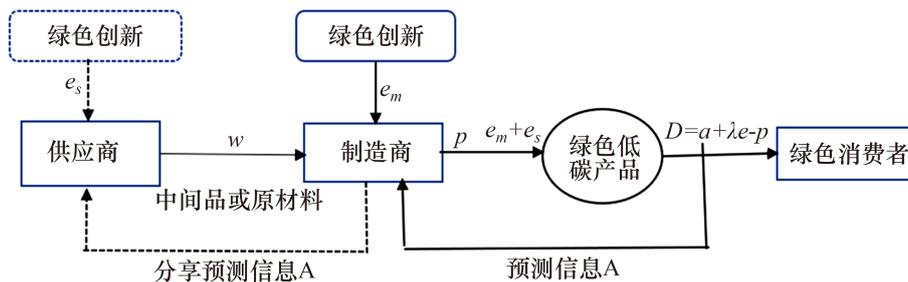


图 1 信息共享下的绿色供应链流程

表1 独立创新模式下信息分享策略均衡结果

| | MB(不预测) | MN(预测不分享) | MS(预测且分享) |
|-----------------|--|---|---|
| e_m^{i*} | $\frac{\lambda(a_0 - c)}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\lambda(a_0 - c - 2t(a_0 - f))}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\lambda(a_0 - c - t(a_0 - f))}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ |
| p^{i*} | $\frac{(6\gamma - \lambda^2)a_0 - (\lambda^2 - 2\gamma)c}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{(6\gamma - \lambda^2)a_0 - (\lambda^2 - 2\gamma)c - 4\gamma t(a_0 - f)}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{(6\gamma - \lambda^2)(a_0 - t(a_0 - f)) - (\lambda^2 - 2\gamma)c}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ |
| w^{i*} | $\frac{a_0}{2}$ | $\frac{a_0 + c}{2}$ | $\frac{a_0 - t(a_0 - f) + c}{2}$ |
| D^{i*} | $\frac{\gamma a_0}{4\gamma - \lambda^2}$ | $\frac{\gamma(a_0 - c - 2t(a_0 - f))}{4\gamma - \lambda^2}$ | $\frac{\gamma(a_0 - c - t(a_0 - f))}{4\gamma - \lambda^2}$ |
| $E(\pi_S^{i*})$ | $\frac{\gamma a_0^2}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\gamma(a_0 - c)^2}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\gamma((a_0 - c)^2 + tv)}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ |
| $E(\pi_M^{i*})$ | $\frac{\gamma a_0^2}{4(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\gamma((a_0 - c)^2 + 4tv)}{4(4\gamma - \lambda^2)}$ | $\frac{\gamma((a_0 - c)^2 + tv)}{4(4\gamma - \lambda^2)}$ |
| 条件 | $\gamma > \lambda^2/4$ | | |

三阶段决策模型可以表示为:

$$\begin{aligned}
 & \max_{e_s} E(\pi_S^{UN}(e_s)) \\
 & s.t. \quad w \in \operatorname{argmax}_w E(\pi_S^{UN}(w|e_s)) \\
 & \quad s.t. \quad e_m \in \operatorname{argmax}_{e_m} E(\pi_M^{UN}(e_m|w, e_s)|f) \\
 & \quad \quad s.t. \quad p \in \operatorname{argmax}_p E(\pi_M^{UN}(p|e_m, w, e_s)|f)
 \end{aligned} \tag{7}$$

求解结果列示于表2。

2. 制造商预测且分享信息(US)

该策略下, 制造商期望利润目标仍为(5)式所示。由于与供应商分享需求规模预测信息, 供应商期望利润目标为:

$$\begin{aligned}
 E(\pi_S^{US}|f) &= E(w(a + \lambda(e_s + e_m) - p) - ke_s^2|f) = \\
 & w(a_0 - t(a_0 - f) + \lambda(e_s + e_m) - p) - ke_s^2 \tag{8}
 \end{aligned}$$

三阶段决策模型表示为:

$$\begin{aligned}
 & \max_{e_s} E(\pi_S^{US}(e_s)|f) \\
 & s.t. \quad w \in \operatorname{argmax}_w E(\pi_S^{US}(w|e_s)|f) \\
 & \quad s.t. \quad e_m \in \operatorname{argmax}_{e_m} E(\pi_M^{US}(e_m|w, e_s)|f) \\
 & \quad \quad s.t. \quad p \in \operatorname{argmax}_p E(\pi_M^{US}(p|e_m, w, e_s)|f)
 \end{aligned} \tag{9}$$

求解结果列示于表2。

3. 制造商不预测信息(UB)

类似于MB策略, 该策略模型只需把UN策略下预测值 $a_0 - t(a_0 - f)$ 替换为 a_0 即可。显然, UB策略亦可视为UN策略在 $t=0$ 时的特殊情形。求解结果列示于表2。

由表1和表2可知, 要使模型有均衡解, 必须满足条件 $\gamma > \frac{\lambda^2}{4}, k > \frac{\gamma\lambda^2}{2(4\gamma - \lambda^2)}$, 即绿色创新

成本系数必须足够大, 否则将失去管理学意义。该条件与英特尔、比亚迪等大型集团公司动辄每年投入上百亿元研发费的事实基本相符, 文献[19]也用了类似条件。

(三) 不同创新模式下信息分享策略的市场绩效分析

本部分基于表1和表2的均衡结果, 从产品绿色度、批发及零售价、产品需求等角度对比研究各信息分享策略的市场绩效, 得到以下结论。

结论1: 比较不同创新模式下信息分享策略对产品绿色度(即供应商和制造商的绿色创新投入程度)的影响, 得到如下结论:

(1)独立创新模式下: 当需求规模预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 信息分享下的产品绿色度 e_m^{MS*} 一定大于(小于)无信息分享下的产品绿色度 e_m^{MN*} 。

表 2 联合创新模式下信息共享策略均衡结果

| | UB(不预测) | UN(预测不分享) | US(预测且分享) |
|-----------------|--|---|---|
| e_s^{i*} | $\frac{\gamma\lambda(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{\gamma\lambda(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{\gamma\lambda(a_0 - c - t(a_0 - f))}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| e_m^{i*} | $\frac{k\lambda(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{k\lambda(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2} - \frac{\lambda t(a_0 - f)}{4\gamma - \lambda^2}$ | $\frac{k\lambda(a_0 - c - t(a_0 - f))}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| p^{i*} | $\frac{\begin{cases} k(6\gamma - \lambda^2)a_0 \\ -(\gamma\lambda^2 + k\lambda^2 - 2k\gamma)c \end{cases}}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{\begin{cases} k(6\gamma - \lambda^2)a_0 \\ -(\gamma\lambda^2 + k\lambda^2 - 2k\gamma)c \end{cases}}{(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2)} - \frac{2\gamma t(a_0 - f)}{4\gamma - \lambda^2}$ | $\frac{\begin{cases} k(6\gamma - \lambda^2)(a_0 - t(a_0 - f)) \\ -(\gamma\lambda^2 + k\lambda^2 - 2k\gamma)c \end{cases}}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| w^{i*} | $\frac{k(4\gamma - \lambda^2)(a_0 + c) - \gamma\lambda^2 c}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{k(4\gamma - \lambda^2)(a_0 + c) - \gamma\lambda^2 c}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{k(4\gamma - \lambda^2)(a_0 + c - t(a_0 - f)) - \gamma\lambda^2 c}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| D^{i*} | $\frac{2\gamma k(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{2\gamma k(a_0 - c)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2} - \frac{2\gamma t(a_0 - f)}{4\gamma - \lambda^2}$ | $\frac{2\gamma k(a_0 - c - t(a_0 - f))}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| $E(\pi_S^{i*})$ | $\frac{k\gamma(a_0 - c)^2}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{k\gamma(a_0 - c)^2}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ | $\frac{k\gamma((a_0 - c)^2 + tv)}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| $E(\pi_M^{i*})$ | $\frac{k^2\gamma(4\gamma - \lambda^2)(a_0 - c)^2}{(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2)^2}$ | $\frac{k^2\gamma(4\gamma - \lambda^2)(a_0 - c)^2}{(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2)^2} + \frac{\gamma}{(4\gamma - \lambda^2)} tv$ | $\frac{k^2\gamma(4\gamma - \lambda^2)((a_0 - c)^2 + tv)}{(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2)^2}$ |
| 条件 | | $\gamma > \frac{\lambda^2}{4}, k > \frac{\gamma\lambda^2}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | |

(2)联合创新模式下:

①当需求规模预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 信息共享下供应商绿色创新程度 e_s^{US*} 一定小于(大于)无信息分享下供应商绿色创新程度 e_s^{UN*} 。

②当需求规模预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 若满足条件 $\frac{k}{\lambda^2} > \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$, 则信息共享下制造商绿色创新程度 e_m^{US*} 大于(小于)无信息分享下制造商绿色创新程度 e_m^{UN*} 。若 $\frac{k}{\lambda^2} < \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$, 则结论相反。

③当需求规模预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 若满足条件 $k > \frac{4\gamma^2}{4\gamma - \lambda^2}$, 则信息共享下产品绿色度 $e_m^{US*} + e_s^{US*}$ 一定大于(小于)无信息分享下产品绿色度 $e_m^{UN*} + e_s^{UN*}$ 。若 $k < \frac{4\gamma^2}{4\gamma - \lambda^2}$, 则结论相反。

(3)无论是否进行信息分享, 联合创新模式下

的产品绿色度一定大于独立创新模式下的产品绿色度。

该结论表明, 需求信息分享是否有利于提升绿色创新程度受到预测需求大小、创新模式的影响。独立创新模式下, 若制造商对未来需求预测较为乐观($f > a_0$), 则信息共享将催生制造商的机会主义行为, 导致其绿色创新动机的降低; 联合创新模式下, 乐观的需求信息分享一定会激发供应商投入更多的绿色创新资源, 当供应商绿色创新成本价值比 k/λ 较高(即绿色创新效率较低)时, 制造商也将提高绿色创新投入程度, 提升终端产品的绿色度水平。可见, 联合创新模式下制造商的机会主义行为将有所减弱, 尤其在绿色创新效率较低时, 制造商将从绿色发展的大局出发, 积极利用信息工具预测和分享需求信息, 并与供应商一起致力于绿色效应的实现。

该结论还表明, 无论制造商是否与供应商分享需求信息, 联合创新下, 产品绿色度水平一定高于独立创新下。可见, 信息分享不会改变联合

创新模式在提升产品绿色属性方面的天然优势。

结论 2: 对比分析不同创新模式下信息分享策略对绿色产品价格的影响, 得到如下结论:

(1) 独立创新模式下, 当需求规模的预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 信息分享下的产品批发价 w^{MS*} 一定小于(大于)无信息分享下的产品批发价 w^{MN*} ; 若满足条件 $2\gamma - \lambda^2 > 0$, 则信息分享下的产品零售价 p^{MS*} 小于(大于)无信息分享下的产品零售价 p^{MN*} 。若 $2\gamma - \lambda^2 < 0$, 则结论相反。

(2) 联合创新模式下, 当需求规模的预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 信息分享下的产品批发价 w^{US*} 一定小于(大于)无信息分享下的产品批发价 w^{UN*} ; 信息分享下的产品零售价 p^{US*} 一定小于(大于)无信息分享下的产品零售价 p^{UN*} 。

(3) 无论制造商是否分享信息, 联合创新模式下的产品批发价和零售价始终高于独立创新模式下的产品批发价和零售价。

该结论表明, 独立创新模式下, 制造商分享乐观的需求信息一定会促使供应商制定更高的批发价格, 但当绿色创新效率较高时, 这一举动反而会降低绿色产品零售价; 联合创新模式下, 无论绿色创新效率如何, 制造商分享乐观的需求信息一定会同时提升产品批发价及零售价。其原因在于联合创新模式下, 供应商加入绿色创新将使产品的绿色度明显高于独立创新模式下。制造商分享乐观的需求信息会使供应商觉得无须担忧未来的销售情况, 并通过提升批发价获取更高利润。在高绿色度和高批发价的双重驱动下, 制造商一定会提升终端产品的零售价。

结论 3: 对比分析不同创新模式下的信息分享策略对产品实际需求的影响, 得到如下结论:

(1) 独立创新模式下, 当需求规模的预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 信息分享下的产品市场需求 D^{MS*} 一定大于(小于)无信息分享下的产品市场需求 D^{MN*} 。

(2) 联合创新模式下, 当需求规模的预测值 f 小于(大于)期望需求规模 a_0 时, 若满足条件 $\frac{k}{\lambda^2} > \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$, 则信息分享下的产品市场需求 D^{US*} 一定大于(小于)无信息分享下的产品市场需求

D^{UN*} 。若 $\frac{k}{\lambda^2} < \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$, 则结论相反。

(3) 无论制造商是否分享信息, 联合创新模式下的产品市场需求始终大于独立创新模式下的产品市场需求。

该结论表明, 独立创新模式下, 乐观需求信息的分享反而会导致绿色产品市场需求的下降, 预测需求和实际需求存在方向性差异; 联合创新模式下, 也只有当供应商绿色创新效率较高时, 预测需求和实际需求的方向才能趋于一致。由此可见, 产品实际市场需求是供应链上下游成员定价和绿色创新决策共同作用的结果。当制造商分享乐观的信息需求时, 供应商不仅会主动提高产品批发价(见结论 2), 也将提升绿色创新投入(见结论 1), 这一方面直接提高了产品绿色度水平, 另一方面引起制造商定价和绿色创新决策的改变, 间接影响了市场需求。综合来看, 在需求信息分享背景下, 绿色创新决策对市场需求的作强度要大于价格决策。

(四) 不同创新模式下信息分享策略的经济价值分析

信息分享策略的价值是指制造商分享需求信息后, 供应链各成员的经济利润增量。表 3 列出了本部分用到的主要变量、涵义及表达式。

结论 4: 分析独立创新模式下信息分享策略的经济价值, 得到如下结论:

- (1) 信息分享对供应商的价值 V_S^{MS} 始终为正。
- (2) 信息分享对制造商的价值 V_M^{MS} 始终为负。
- (3) 信息分享对供应链的总价值 V_T^{MS} 为负。
- (4) V_S^{MS} 、 V_M^{MS} 、 V_T^{MS} 的绝对值均与消费者绿色产品偏好系数 λ 正相关, 与制造商绿色研发成本系数 γ 负相关, 与预测精度 t 正相关。

该结论表明, 独立创新模式下, 制造商分享信息将损失自身部分收益, 但能提高供应商利润。供应商作为价格博弈的主导者, 可利用制造商分享的信息实现自身决策的优化, 获取更多利润。追随者制造商则会因信息分享而丧失信息优势。信息的精度越高, 绿色创新成本越小, 消费者绿色偏好越强, 信息分享对供应链成员决策的优化(或劣化)作用就越明显, 信息分享的正向(或负向)价值就越大。从整体供应链的角度看, 信息

表3 信息预测及分享价值变量涵义和表达式

| 变量 | 涵义 | 表达式 | 变量 | 涵义 | 表达式 |
|------------|--------------------|--|------------|--------------------|---|
| V_S^{MS} | 独立创新模式下信息分享对供应商的价值 | $\frac{\gamma tv}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ | V_S^{US} | 联合创新模式下信息分享对供应商的价值 | $\frac{k\gamma tv}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |
| V_M^{MS} | 独立创新模式下信息分享对制造商的价值 | $\frac{-3\gamma tv}{4(4\gamma - \lambda^2)}$ | V_M^{US} | 联合创新模式下信息分享对制造商的价值 | $\frac{\left\{ -((3k + \gamma)\lambda^2 - 12k\gamma) \right.}{\left. \left((k + \gamma)\lambda^2 - 4k\gamma \right) \gamma tv \right\}}{\left(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2 \right)^2 (4\gamma - \lambda^2)}$ |
| V_T^{MS} | 独立创新模式下信息分享对供应链的价值 | $\frac{-\gamma tv}{4(4\gamma - \lambda^2)}$ | V_T^{US} | 联合创新模式下信息分享对供应链的价值 | $V_M^{US} + \frac{k\gamma tv}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2}$ |

分享将扩大“双重边际效应”，不利于整体经济价值的实现。

结论 5: 分析联合创新模式下信息共享策略的经济价值，得到如下结论：

(1)信息分享对供应商的价值 V_S^{US} 始终为正。

(2)当 $\frac{\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)} < \frac{k}{\lambda^2} < \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$ 时，信息分享

对制造商的价值 V_M^{US} 为正；当 $\frac{k}{\lambda^2} > \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$ 时，信息分享对制造商的价值 V_M^{US} 为负。

(3)当 $\frac{\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)} < \frac{k}{\lambda^2} < \frac{(3 + \sqrt{5})\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ 时，信息分

享对供应链的价值 V_T^{US} 为正；当 $\frac{k}{\lambda^2} > \frac{(3 + \sqrt{5})\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)}$

时，信息分享对供应链的价值 V_T^{US} 为负。

该结论表明，联合创新模式下，领导者供应商一定能从信息共享策略中受益。对追随者制造商而言，当供应商的绿色创新成本价值比低于某阈值($\frac{k}{\lambda^2} < \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$)时，也能从信息共享中获得正向经济收益。即信息共享能形成上下游企业的双赢，这与独立创新模式显著不同。究其原因，联合创新模式下制造商和供应商不仅存在价格竞争，更存在绿色创新层面的协同。信息共享能促使供应商进行更为精准的绿色创新决策，增强上下游企业的交互效应，有利于提升制造商绿色创新的边际效益。当绿色创新效率较高时，“信息共享-协同绿色创新-正向收益”的路径强度大于

“信息共享-价格竞争-负向收益”的路径强度，因此，信息共享对制造商的经济价值为正。

进一步，鉴于信息共享可能对供应商和零售商的价值存在方向性差异，当绿色创新成本价值比低于另一阈值($\frac{k}{\lambda^2} < \frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2}$)时，信息共享能实现对整体供应链的正向价值。而在条件

$\frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2} < \frac{k}{\lambda^2} < \frac{(3 + \sqrt{5})\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)}$ 下，会出现制造商价值

为负而供应链价值为正的情况。此时，尽管供应商、整体供应链都希望制造商分享信息，但若无一定利益补偿机制，制造商无主动分享信息的动机。由图 2 可知，随着 λ 的提升，不仅信息共享价值双赢区域($V_T^{US} > 0, V_M^{US} > 0$)不断增大，信息补偿区域($V_T^{US} > 0, V_M^{US} < 0$)亦呈扩展之势。可见，增强消费者的绿色偏好对于实现信息共享经济价值的意义重大。

结论 6: 对比分析独立创新模式和联合创新模式下信息共享的经济价值，得到如下结论：

(1)联合创新下信息共享对供应链的总价值高于独立创新下信息共享对供应链的总价值。

(2)联合创新下信息共享对供应商的价值高于独立创新下信息共享对供应商的价值。

(3)联合创新下信息共享对制造商的价值高于独立创新下信息共享对制造商的价值。

该结论表明，无论外部条件如何变化，联合创新模式一定有利于增强信息共享的正向价值(对供应商、供应链)，抑或减弱信息共享的负向价值(对制造商)。根本原因在于供应商和制造商

能通过联合创新扩大信息分享对绿色创新决策的支持作用,减弱信息分享对价格竞争的不利影响,即使某些条件下信息分享对制造商价值为负(图2中单线阴影部分),联合创新也可通过成本分摊机制而降低该负向价值。故而,相比于独立创新模式,联合创新模式下制造商有更强的信息分享动机。

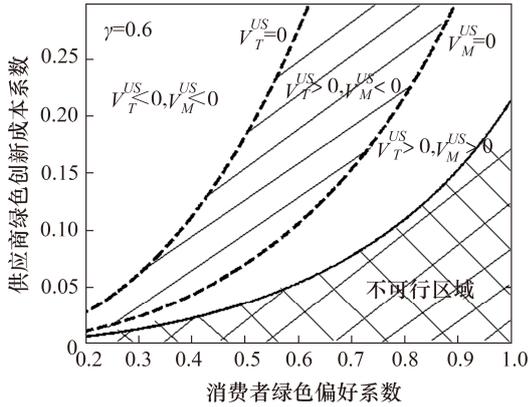


图2 联合创新下信息分享对供应链成员的经济价值区域图

五、信息分享利益补偿机制分析

由结论5可知,联合创新模式下,当供应商绿色创新成本价值比在一定区间($\frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2} <$

$\frac{k}{\lambda^2} < \frac{(3 + \sqrt{5})\gamma}{2(4\gamma - \lambda^2)}$)时,必须要建立一定的利益补偿

机制,否则制造商无动力分享信息。本部分基于Nash讨价还价模型^[33]设计利益补偿机制。设供应商补偿给制造商的利润为 ΔV_M^U ,则制造商从信息分享中获得的增量收益为 ΔV_M^U 。设补偿后供应商从信息分享中获得的增量收益为 ΔV_S^U ,则补偿机制模型可表示为:

$$\begin{cases} \max_{\Delta V_M^U, \Delta V_S^U} u = u_M u_S = (\Delta V_M^U)^{\theta_M} (\Delta V_S^U)^{\theta_S} \\ \Delta V_M^U + \Delta V_S^U = V_T^U = \frac{k\gamma tv}{2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2} - \\ \frac{((3k + \gamma)\lambda^2 - 12k\gamma)((k + \gamma)\lambda^2 - 4k\gamma)\gamma tv}{(2k(4\gamma - \lambda^2) - \gamma\lambda^2)^2 (4\gamma - \lambda^2)} \\ \Delta V_M^U > 0, \Delta V_S^U > 0 \end{cases} \quad (10)$$

其中 θ_M 和 θ_S 分别为制造商和供应商的风

险偏好系数。求解得到: $\Delta V_M^U = \frac{\theta_M}{\theta_M + \theta_S} V_T^U$,

$\Delta V_S^U = \frac{\theta_S}{\theta_M + \theta_S} V_T^U$ 。当 $\theta_M = \theta_S$ 时,有 $\Delta V_M^U = \Delta V_S^U =$

$\Delta V_T^U / 2$ 。要保证利益补偿机制的顺利实施,必须满足两个条件:①供应商利益补偿后的期望利润高于无信息分享时;②制造商利益补偿后的期望利润不低于无信息分享时。对于供应商而言,利益补偿后的期望利润可以表示为

$E(\pi_S^{US*}) - \Delta V_S^U = E(\pi_S^{UN*}) + V_S^{US} - \frac{V_T^{US}}{2} > E(\pi_S^{UN*})$
 $+ (V_S^{US} + V_T^{US}) > E(\pi_S^{UN*})$,即条件①恒满足。对于制造商而言,利益补偿后的期望利润可表示为 $E(\pi_M^{US*}) + \Delta V_M^U$ 。由条件②得到以下不等式:

$$E(\pi_S^{US*}) + \frac{V_T^{US}}{2} > E(\pi_M^{UN*}) \quad (11)$$

代入表2和表3中的相关表达式,结合利益补偿的必要条件 $\frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2} < \frac{k}{\lambda^2} < \frac{(3 + \sqrt{5})\gamma}{2}$,得到如下结论:

结论7:当供应商和制造商风险偏好相同时,信息分享利益补偿机制能顺利实施的条件为

$$\frac{\gamma}{4\gamma - \lambda^2} < \frac{k}{\lambda^2} < \frac{(11 + \sqrt{37})\gamma}{14(4\gamma - \lambda^2)}$$

可见,只有当供应商的绿色创新成本价值比位于更狭窄的阈值范围时,利益补偿机制才能实施。否则,供应商和制造商至少有一方将抵制利益补偿机制。此时,供应商给予制造商的利益补偿额为 $V_T^{US} / 2$,制造商期望利润为 $E(\pi_M^{US*}) - V_T^{US} / 2$,大于 $E(\pi_M^{UN*})$;供应商期望利润为 $E(\pi_S^{US*}) - V_T^{US} / 2$,大于 $E(\pi_S^{UN*})$ 。

六、信息分享策略的社会价值分析

本部分采用数值仿真方法探讨联合创新下信息分享策略的社会价值,包括环境绩效、消费者剩余和社会总福利等。环境绩效 EB 指生产绿色产品带来的碳减排效应,由产品绿色度及销售量决定,即 $EB = (e_s + e_m)D$;消费者剩余 CS 为消费者购买绿色产品获得的累计净效用, $CS = D^2 / 2$;社会总福利 SW 为环境效应、消费者剩余以及供应商、制造商期望利润的总和,即:

$$SW = EB + CS + \pi_M + \pi_S \quad (12)$$

根据相关文献^[3,33]及前期调研, 设定参数 $a_0=50, c=6, \gamma=0.6, t=0.6, v=6$ 。分别分析 $k=0.5, k=0.7, k=0.9$ 下信息共享的环境价值(环境绩效增量)、消费者价值(消费者剩余增量)、社会总价值(社会总福利增量)曲线随消费者绿色偏好系数 λ 变化的趋势, 结果如图 3—5。

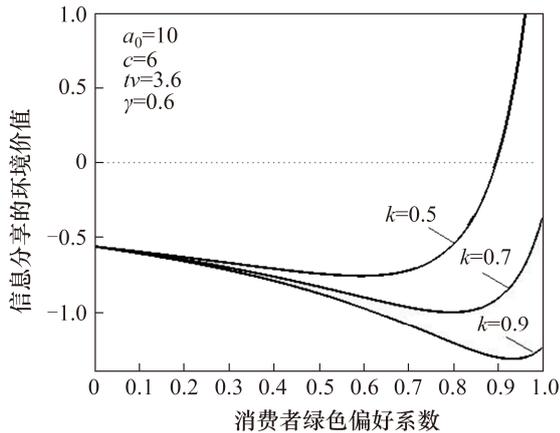


图 3 k, λ 对环境价值的影响

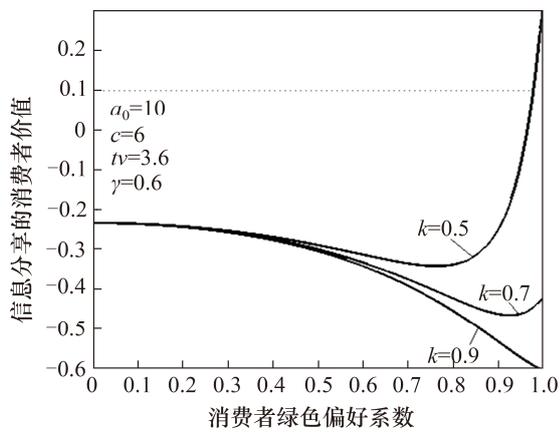


图 4 k, λ 对消费者价值的影响

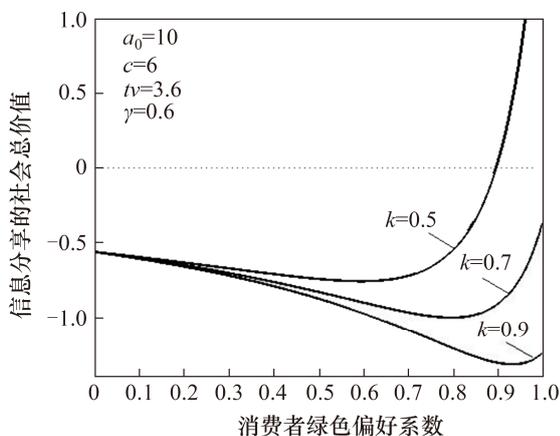


图 5 k, λ 对社会总价值的影响

由图 3、图 4 可知, k 越大, 环境价值曲线

位置越低, 仅有 $k=0.5$ 曲线的最靠右部分位于 0 轴以上。随着 λ 的增大, 各曲线呈先降后升之势, 且 k 越小, 环境价值曲线上升趋势越明显。这说明只有当供应商创新成本较低且消费者绿色偏好较强时, 信息共享才能实现正向环境价值。否则, 尽管信息共享有助于提升产品的绿色度, 但由于价格的提高降低了消费者的绿色产品需求, 信息共享并不一定有利于环境价值的实现。鉴于同样的原因, 信息共享带来的消费者价值亦随绿色偏好系数的增大先下降后上升。甚至当绿色创新成本系数较高($k=0.9$)时, 消费者价值随绿色偏好系数的增大单边下降。

进一步观察图 5 可知, 信息共享策略社会总价值曲线的变化趋势与环境价值、消费者价值曲线的变化趋势类似。即当供应商绿色创新成本较低且消费者绿色产品偏好度较高时, 信息共享能实现正的社会总价值, 且该社会价值随消费者绿色偏好的提升而增大; 否则, 信息共享策略的社会总价值为负, 且该社会价值随消费者绿色产品偏好的提升先减小后增大。但总体而言, 相比于环境价值和消费者价值, 社会价值曲线的位置更低且变化速率更大。分析社会价值的构成可知, 信息共享的经济绩效也与供应商绿色创新效率(绿色创新成本系数与消费者绿色偏好系数的比值)紧密相关, 这进一步验证了结论 6。

七、结论、启示和进一步研究的方向

数字经济时代, 有效利用大数据技术进行市场关键信息的预测和分享是实现制造企业绩效提升、促进其转型升级的重要途径之一。本文聚焦于开展独立创新、联合创新两种绿色创新模式的制造供应链系统。其中, 制造商可以对绿色产品的潜在需求规模信息进行预测, 并选择是否和供应商分享该信息。在此基础上, 运用博弈论探讨了不同创新模式下的信息共享策略对制造企业供应链经济价值、社会价值的影响, 为数字化赋能制造企业绿色低碳转型提供重要启示。本文得到的主要结论如下:

(1)不同创新模式下, 制造商信息共享对供应

链定价决策、绿色创新决策的影响存在差异性。独立创新模式下,乐观需求信息的分享会在降低绿色创新程度的同时提升产品批发价。当绿色创新效率较高时,这会促使制造商制定更低的市场零售价,但不利于绿色产品实际需求的提升;联合创新模式下,乐观需求信息的分享一定会促使供应商增大绿色创新程度,促进产品批发价、零售价及产品实际需求的同步提高,但并不一定有利于制造商的绿色创新。

(2)联合创新模式下,供应商、制造商、整体供应链对信息分享策略的偏好与独立创新模式下显著不同。独立创新模式下,信息分享会加剧供应链上下游企业的价格竞争,促使供应商“攫取”部分制造商利润,不利于供应链总利润的提升。因此,制造商、供应链偏好于不分享信息,供应商偏好于分享信息;联合创新模式下,若绿色创新效率高于某一阈值,由于信息分享对上下游企业间协同创新的正向效应超过了价格竞争的负向效应,能实现各方经济利益的共赢,故制造商、供应商、供应链均偏好于分享信息。若绿色创新效率低于该阈值,制造商偏好于不分享信息,供应链可能偏好于分享,也可能偏好于不分享。联合创新模式下信息分享的经济价值一定高于独立创新模式下。

(3)信息分享能显著改变供应链的环境价值、消费者价值和社会价值。当供应商绿色创新成本较低且消费者绿色偏好较强时,需求信息的分享能实现正向的环境价值、消费者价值和社会价值,并且以上价值均随消费者绿色偏好的增强而提升。否则,信息分享引起的纵向价格竞争将阻碍绿色产品的推广,不利于供应链社会价值的实现。

由此得到的管理学启示如下:

(1)联合创新模式不仅有利于经济、环境绩效的实现,更有利于最大化实现信息分享的价值。政府应积极鼓励上下游企业消除技术壁垒,扩大合作范围,开展真正意义上的联合创新。

(2)联合创新模式下,应视不同情景条件采用差异化的信息分享策略。在消费者绿色偏好较强或绿色创新技术较发达的地区,供应链龙头企业不仅应通过搭建数字化信息分享平台、优化信息

预测技术模型、开展数字化工具使用培训等方式,为下游企业提高信息预测精度、降低信息分享门槛创造有利条件,还应直接给予一定的利益补偿,增强其信息分享的动机;在消费者绿色偏好较弱或绿色技术欠发达地区,则应鼓励下游企业在创造条件提高信息预测的精度时,加强对关键信息的保护。

(3)消费者绿色偏好以及企业绿色创新效率能有效调节信息分享的价值。因此,政府应和供应链企业一起在全社会范围内加强绿色产品宣传,增强消费者绿色产品偏好。同时,政府应提高对制造企业绿色创新的财政补贴,降低企业绿色创新成本,提高研发成果转换效率,实现信息共享经济价值、社会价值的最大化。

本文的不足及未来研究方向:①仅分析了上游供应商为渠道定价领导者时的信息分享策略,但随着买方市场的形成,下游制造商(如通用汽车、华为PC等)控制渠道定价主导权的情景频现,未来可研究制造商为供应链主导者时的信息分享策略;②仅考虑了“研发密集型”绿色创新的情景,未来可聚焦于“边际成本密集型”创新下的信息分享策略,增强结论完整性;③仅从数理分析角度探讨了信息分享对供应链绩效的影响,未来可开发信息分享相关量表,对本文结论进行实证检验。

注释:

- ① 由于消费者的绿色偏好是针对产品整体而非某个创新环节,例如,现代消费者对新能源纯电动汽车的偏好越来越强,这是针对整车而言,故而电池、芯片、电动机等部件以及整车装配方面的创新均已体现在整车的绿色性能上,故而可认为 e_m 和 e_s 对产品需求的边际影响是一致的,均为 λ 。

参考文献:

- [1] 兰天,韩玉晶.中国对外贸易隐含碳排放及省际转移研究——基于环境投入产出模型的分析框架[J].中南大学学报(社会科学版),2022,28(4):94-106.
- [2] 成琼文,贺显祥,李宝生.绿色技术创新效率及其影响因素——基于我国35个工业行业的实证研究[J].中南大学学报(社会科学版),2020,26(2):97-107.
- [3] 高鹏,聂佳佳,谢忠秋.考虑消费者绿色偏好的供应链

- 信息共享策略研究[J]. 系统科学与数学, 2013, 33(12): 1435-1446.
- [4] 陈超. 从“种”衣服看企业如何打造绿色供应链[EB/OL]. (2021-06-07) [2022-04-16]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1701868132266140926&wfr=spider&for=pc>.
- [5] HONG Z, GUO X. Green product supply chain contracts considering environmental responsibilities[J]. *Omega*, 2019, 83(2): 155-166.
- [6] LIU M L, DAN B, ZHANG S G, et al. Information sharing in an E-tailing supply chain for fresh produce with freshness-keeping effort and value-added service [J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 290(2): 572-584.
- [7] 王文宾, 张梦. 零售商公平偏好与信息分享策略下供应链的决策模型[J]. *系统管理学报*, 2021, 30(3): 552-561.
- [8] 卢继周, 冯耕中, 王能民, 等. 信息共享下库存量牛鞭效应的影响因素研究[J]. *管理科学学报*, 2017, 20(3): 137-148.
- [9] ASHBY A, LEAT M, HUDSON-SMITH M. Making connections: A review of supply chain management and sustainability literature[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2012, 17(5): 497-516.
- [10] TOUBOULIC A, WALKER H. Theories in sustainable supply chain management: A structured literature review[J]. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 2015, 45(1/2): 16-42.
- [11] MAHMOUDI A, GOVINDAN K, MAHOUDI R. Product pricing problem in green and non-green multi-channel supply chains under government intervention and in the presence of third-party logistics companies[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2021, 159(9): 1-17.
- [12] DAI R, ZHANG J. Green process innovation and differentiated pricing strategies with environmental concerns of South-North markets[J]. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 2017, 98(2): 132-150.
- [13] LI Y, HUANG L, TONG Y. Cooperation with competitor or not? The strategic choice of a focal firm's green innovation strategy[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2021, 157(3): 18-34.
- [14] JIANG S, LI S. Green supply chain game models and revenue sharing contract with product green degree[J]. *Management Science*, 2015, 23(6): 169-176.
- [15] WANG Y, YU Z, JIN M, et al. Decisions and coordination of retailer-led low-carbon supply chain under altruistic preference[J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 293(1): 910-925.
- [16] ZHU W, HE Y. Green product design in supply chains under competition [J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 258(1): 165-180.
- [17] SINAYI M, RASTI-BARZOKI M. A game theoretic approach for pricing, greening, and social welfare policies in a supply chain with government intervention[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 196(20): 1443-1458.
- [18] ZHANG X, YOUSAF H. Green supply chain coordination considering government intervention, green investment, and customer green preferences in the petroleum industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 246(10): 1-7.
- [19] MENG Q, WANG Y, ZHANG Z, et al. Supply chain green innovation subsidy strategy considering consumer heterogeneity[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 281(25): 1-16.
- [20] MA Y G, WANG N M, HE Z W, et al. Analysis of the bullwhip effect in two parallel supply chains with interacting price-sensitive demands[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 243(3):815-825.
- [21] LI T, ZHANG H. Information sharing in a supply chain with a make-to-stock manufacturer[J]. *Omega*, 2015, 50(1): 115-125.
- [22] BUGSHAN H, ATTAR R W. Social commerce information sharing and their impact on consumers[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 153(4): 1-8.
- [23] CUI R M, HYODUK S. Sharing aggregate inventory information with customers: Strategic cross-selling and shortage reduction[J]. *Management Science*, 2018, 64(1): 381-400.
- [24] YI W A, SHENG H. Optimal production and inventory rationing policies with selective-information sharing and two demand classes[J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 288(2): 394-407.
- [25] NIE J, WANG Q, Li G, et al. To share or not to share? When information sharing meets remanufacturing[J]. *Annals of Operations Research*, 2021, 318: 42-74.
- [26] ZHANG S C, WEI L Q, ZHANG J X. Demand forecast sharing for a dominant retailer with supplier encroachment and quality decisions [J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 301(1): 39-51.
- [27] PEI Z, YAN R. Cooperative behavior and information sharing in the e-commerce age[J]. *Industrial Marketing Management*, 2019, 76(1): 12-22.

- [28] JIANG B, TIAN L, XU Y, et al. To share or not to share: Demand forecast sharing in a distribution channel[J]. *Marketing Science*, 2016, 35(5): 800–809.
- [29] HUANG S, YANG J. Information acquisition and transparency in a supply chain with asymmetric production cost information[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 182(12): 449–464.
- [30] HUANG S, GUAN X, CHEN Y. Retailer information sharing with supplier encroachment[J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27(6): 1133–1147.
- [31] LI T, ZHANG H. Information sharing in a supply chain with a make-to-stock manufacturer[J]. *Omega*, 2015, 50(1): 115–125.
- [32] ZHANG S, ZHANG J. Agency selling or reselling: E-tailer information sharing with supplier offline entry[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 280(1): 134–151.
- [33] 石纯来, 聂佳佳, 李增禄. 规模不经济下信息分享对制造商渠道选择的影响[J]. *工业工程与管理*, 2016, 21(2): 73–80.
- [34] WEI J, WANG Y, LU J. Information sharing and sales patterns choice in a supply chain with product's greening improvement[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 278(8):123704.
- [35] 王述, 刘盾, 聂佳佳. 信息分享模式对制造商低碳策略选择影响[J]. *工业工程与管理*, 2022, 27(3): 84–94.
- [36] 姜锡洲. 精益制造绿色出行, 佳通荣获上汽通用“优秀绿色供应商奖” [EB/OL]. (2017-01-05)[2022-04-07]. <https://www.qcwp.com/news/407076>.

Green supply chain information sharing strategy of manufacturing enterprises under different product innovation modes

TANG Changan¹, GAO Peng², XUE Jia^{2,3}

- (1. School of Business, Hunan First Normal University, Changsha 410205, China;
2. School of Management, Jiangsu University of Technology, Changzhou 213001, China;
3. School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In the context of the digital economy, the uncertainty of demand for green products will significantly affect the product innovation decisions of the manufacturing green supply chain, which hence arouses attention to information forecasting and sharing. In order to provide references for enterprises to enhance the economic and environmental value of information sharing, the paper, by employing game theory, studies green supply chain information sharing strategies considering different product innovation modes, establishes and interprets respectively the six strategy models of independent innovation mode and joint innovation mode, namely, manufacturers not predicting information (MB and UB), predicting but not sharing information (MN and UN), predicting and sharing information (MS and US). The study finds that information sharing under the independent innovation mode will cause upstream suppliers to “grab” the profits of downstream manufacturers, which is not conducive to the improvement of the overall economic performance of the supply chain. It is also found that under the joint innovation mode, if the efficiency of green innovation is higher than a certain threshold, information sharing can achieve win-win economic benefits for all members of the supply chain, otherwise it may be necessary to establish a compensation mechanism for information sharing benefits; that the economic value of information sharing to suppliers and manufacturers under joint innovation mode is always higher than that of independent innovation mode; and that the social value that information sharing can achieve under the two modes is affected by the efficiency of green innovation and consumers' preference for green products.

Key Words: manufacturing enterprises; green supply chain; joint product innovation; information sharing

[编辑: 何彩章]