

文章编号: 1000-5862(2018)02-0203-05

# 基于制造商碳减排过度自信的供应链协调研究

柳 键<sup>1\*</sup> 江玮璠<sup>1,2\*</sup> 汤益萍<sup>2</sup>

(1. 江西财经大学信息管理学院 江西 南昌 330013; 2. 南昌工程学院工商管理学院 江西 南昌 330099)

**摘要:** 基于目前倡导低碳经济的背景, 根据供应链决策的不同方式, 对顾客低碳意识影响下的供应链协调问题进行研究. 引入过度自信, 构建由单个制造商和单个零售商所组成的供应链决策模型. 研究表明: 集中决策比独立决策下的产品碳减排率和供应链总利润更高; 过度自信能够增大碳减排率、批发价格和零售价格, 以及制造商期望利润, 但是真实情况下的供应链总利润随着过度自信水平的增加而不断减小.

**关键词:** 碳减排率; 过度自信; 供应链协调

**中图分类号:** F 272.3 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2018.02.15

## 0 引言

消费者环境意识对产品碳足迹和销售价格会产生影响, 因此碳排放的大小会对需求产生重大影响. 消费者的低碳偏好会影响不同决策模式下的供应链绩效.

目前关于碳减排方面也存在大量的研究, 杜少甫等<sup>[1]</sup>研究排放许可与交易机制对排放依赖性企业生产策略的影响. N. Absi 等<sup>[2]</sup>研究了碳排放约束下的动态批量库存管理模型. Luo Zheng 等<sup>[3]</sup>假设产品需求对价格和碳排放敏感, 研究了 2 个制造商合作和不合作 2 种博弈下的低碳生产问题. 但他们是针对单个生产企业而言, 而没有涉及整个供应链协调优化. 在供应链环境下讨论碳减排方面, S. Benjaafar 等<sup>[4]</sup>将碳排放问题引入到供应链运营管理中来, 在不同碳排放限制政策下, 将有关碳足迹参数引入到各种优化模型中, 分析如何通过调整运营决策减少碳排放, 并提出一些激励减排的策略. 赵道致等<sup>[5]</sup>用 Stackelberg 博弈探讨了制造商主导的情境, 建立了供应商-制造商的 2 级供应链在新形势下的利润优化模型, 得出了企业的最优减排量及最优产量, 并通过数值模拟说明了该模型在实践中的应用.

徐春秋等<sup>[6]</sup>假设消费者需求受产品减排量和零售商低碳宣传的影响, 构建了零售商和制造商的微分博弈模型, 指出成本分担契约可以实现制造商、零售商和整个供应链系统利润的 Pareto 改善. 李媛等<sup>[7]</sup>在收益共享的寄售契约下, 研究由 1 个上游制造商和 1 个下游零售商构成的单周期 2 级供应链, 利用博弈理论建立模型, 制造商决策产品产量及减排率, 零售商决策收益共享比例.

目前关于碳排放约束的研究大多数是在假定决策者为理性的前提下进行的. 而在实际的经营过程中, 决策者往往表现出过度自信. 过度自信是一种普遍存在的心理行为, 人们在事物的分析和判断上往往认为胜过旁人. D. A. Moore 等<sup>[8]</sup>综述过度自信的相关文献, 发现过度自信主要表现为 3 种: 过高能力估计、过高定位和过度精度估计. D. C. Croson 等<sup>[9]</sup>首次将过度自信行为引入到供应链模型中, 研究了具有过度自信行为的报童模型. 陈克贵等<sup>[10]</sup>考虑由理性的制造商和过度自信的销售商所构成的供应链, 研究制造商如何进行产品的生产决策及定价, 并设计合适的激励机制来激励销售商努力工作.

过度自信会产生虚假需求<sup>[11]</sup>, 造成决策偏差, 影响到企业的绩效和发展. 目前关于过度自信的研究主要是供应链企业生产和销售决策, 以及上下游

收稿日期: 2017-10-25

基金项目: 国家自然科学基金(71761015, 71461009), 江西省自然科学基金(20151BAB207061), 江西省教育厅科技课题(GJJ171003), 江西省高校人文社会科学研究(GL1589, GL162041)和江西省研究生创新专项资金课题(YC2017-B066)资助项目.

通信作者: 柳 键(1964-), 男, 湖南浏阳人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事运营与供应链管理研究. E-mail: liujian3816@263.net

江玮璠(1982-), 男, 江西抚州人, 副教授, 博士研究生, 主要从事运营与供应链管理研究. E-mail: jwf416@sina.com

之间的协调问题<sup>[12-14]</sup>, 涉及企业碳排放约束问题<sup>[15]</sup>的研究很少. 本文在需求受价格和碳排放影响的情况下, 研究存在碳减排效果过度自信的制造商的定价和减排策略. 针对碳减排对需求的影响进行数理推导与仿真分析, 并量化过度自信程度对企业定价和减排率的影响. 该研究对于目前低碳经济和企业运营具有很强的实际意义和理论意义.

## 1 模型假设

本文研究 1 个制造商和 1 个零售商构成的 2 级供应链, 制造商生产的产品为一种低碳产品, 产品的单位成本为  $c$ , 批发价格为  $w$ . 为了便于分析, 做出以下假设:

**假设 1** 市场需求  $D$  是关于价格  $p$  的单调递减函数和关于碳减排率  $r$  的单调递增函数, 即可表示为  $D = a - bp + tr$ , 其中  $a$  为初始市场规模,  $b$  为价格对于需求的敏感系数,  $t$  为碳减排率对需求的敏感系数. 当制造商对于自身生产的低碳产品的碳减排率存在过度自信时, 其需求函数可表示为  $D_m = a - bp + t(1+k)r$ , 其中  $k$  为制造商对碳减排能力的过度自信水平,  $k$  值越大说明制造商对产品的碳减排能力过度自信的程度越高.

**假设 2** 由于低碳技术的投入, 制造商需要付出一定的成本  $C_r$ , 并且满足  $C_r' > 0$ ,  $C_r'' > 0$ . 为研究方便, 不妨假设  $C_r = gr^2$ ,  $g$  为碳减排成本系数,  $g > 0$ .

**假设 3** 供应链成员之间信息共享.

## 2 模型的构建和求解

### 2.1 独立决策模型

在独立决策情况下, 制造商和零售商均依据自身利润最大化原则进行决策, 且由于过度自信仅存在于制造商, 因此制造商所认为的市场需求为  $D_m = a - bp + t(1+k)r$ ; 但零售商理性决策, 未受过度自信制造商的影响, 因此零售商所观测到的市场需求也为市场真实反映的需求函数, 即  $D_r = a - bp + tr$ . 采用 Stackelberg 博弈分析, 制造商首先制定最优批发价  $w$  和碳减排率  $r$ , 零售商再决定其零售价  $p$ .

先分析零售商决策. 零售商利润为

$$\pi_r = D_r(p - w).$$

因为  $\partial^2 \pi_r / \partial p^2 = -2b < 0$ , 则说明对于零售价  $p$ , 零售商利润有最大值, 即令  $\partial \pi_r / \partial p = a - 2bp + tr + bw = 0$ , 可得最优零售价为

$$p^* = (a + tr + bw) / (2b). \quad (1)$$

再分析制造商决策. 制造商利润为

$$\pi_m = D_m(w - c) - C_r.$$

因为  $\partial^2 \pi_m / \partial w^2 = -b < 0$ , 则说明对于批发价  $w$ , 制造商利润有最大值, 即令  $\partial \pi_m / \partial w = 0$ , 可得

$$[a + t(1+2k)r + bc - 2bw] / 2 = 0. \quad (2)$$

同理, 当满足条件  $\partial^2 \pi_m / \partial r^2 = -2g < 0$  时, 则说明关于碳减排率  $r$ , 制造商利润有最大值, 即可令  $\partial \pi_m / \partial r = 0$ , 可得

$$(w - c)[t(1+k) - t/2] - 2gr = 0. \quad (3)$$

因此, 将 (2) 式与 (3) 式联立求解得

$$r^* = \frac{t(1+2k)}{8bg - t^2(1+2k)^2} (a - bc), \quad (4)$$

$$w^* = \frac{4ag + 4bcg - ct^2(1+2k)^2}{8bg - t^2(1+2k)^2}. \quad (5)$$

故将 (4) 式和 (5) 式代入 (1) 式中, 可得

$$p^* = \frac{6abg + 2b^2cg - (1+2k)t^2[bc + k(a+bc)]}{b[8bg - (1+2k)^2t^2]},$$

此时, 制造商和零售商的最优利润分别为

$$\pi_r^* = \frac{(a - bc)^2 [4bg - 2kt^2(1+2k)]^2}{4b[8bg - t^2(1+2k)^2]^2},$$

$$\pi_m^* = \frac{g(a - bc)^2}{8bg - t^2(1+2k)^2}.$$

因此, 供应链的整体利润为

$$\pi_s^* = [(4bg - 2kt^2(1+2k))^2 + 4bg(8bg - t^2(1+2k)^2)](a - bc)^2 / [4b(8bg - t^2(1+2k)^2)^2].$$

### 2.2 集中决策模型

在集中决策情况下, 制造商和零售商作为一个整体, 会按照供应链整体利益最大化原则进行决策. 共同决策由作为核心企业的制造商制定, 则市场需求函数为  $D_r = D_m = a - bp + t(1+k)r$ . 此时, 供应链的总利润为  $\pi_s = \pi_r + \pi_m = D_m(p - c) - C_r$ .

因为  $\partial^2 \pi_s / \partial p^2 = -2b < 0$ , 则说明关于零售价  $p$ , 供应链总利润有最大值, 即令  $\partial \pi_s / \partial p = 0$ , 可得最优零售价为

$$p^{**} = [a + t(1+k)r + bc] / (2b). \quad (6)$$

当满足条件  $\partial^2 \pi_s / \partial r^2 = -2g < 0$  时, 令  $\partial \pi_s / \partial r = 0$ , 可得最优碳减排率为

$$r^{**} = t(1+k)(a - bc) / [4bg - t^2(1+k)^2]. \quad (7)$$

将 (7) 式代入 (6) 式得

$$p^{**} = [2g(a + bc) - ct^2(1+k)^2] / [4bg - t^2(1+k)^2], \quad (8)$$

此时, 供应链的整体利润为

$$\pi_s^{**} = g(a - bc)^2 / [4bg - t^2(1+k)^2].$$

**定理 1** 制造商的碳减排率随着制造商过度自

信程度的增加而增加。

证 对(4)式求导可得

$$\frac{dr^*}{dk} = \frac{4t^3(1+2k)^2(a-bc)}{[8bg-t^2(1+2k)^2]^2} + \frac{2t(a-bc)}{8bg-t^2(1+2k)^2} > 0.$$

因此在独立决策时,制造商的碳减排率随着过度自信程度的增加而增加。

对(7)式求导可得

$$\frac{dr^{**}}{dk} = \frac{2t^3(1+k)^2(a-bc)}{[4bg-t^2(1+2k)^2]^2} + \frac{t(a-bc)}{4bg-t^2(1+k)^2} > 0.$$

因此在集中决策时,制造商的碳减排率随着过度自信程度的增加而增加。

**定理2** 在独立决策时,制造商获得真实利润小于其期望利润,且随着过度自信程度的增加,偏差也被放大。在集中决策时,供应链真实总利润小于其期望总利润,且随着过度自信程度的增加,偏差也被放大。

证 在独立决策时,令制造商的期望利润为  $\pi_m^o = D_m(w-c) - C_r$ , 真实利润为  $\pi_m^r = D_r(w-c) - C_r$ , 则利润差为  $\pi_m^o - \pi_m^r = tkr(w-c)$ 。代入(4)式和(5)式,化简可得

$$\pi_m^o - \pi_m^r = 4gt^2k(1+2k)(a-bc)^2 / [8bg - t^2(1+2k)^2]^2.$$

可以看出,随着自信程度  $k$  的增加,  $\pi_m^o - \pi_m^r$  越大,即说明偏差越大。

在集中决策时,令供应链的期望总利润为  $\pi_s^o = D_m(p-c) - C_r$ , 真实利润为  $\pi_s^r = D_r(p-c) - C_r$ , 则利润差为

$$\pi_s^o - \pi_s^r = tkr(p-c). \quad (9)$$

代入(7)式和(8)式,化简可得

$$\pi_s^o - \pi_s^r = 2gt^2k(1+k)(a-bc)^2 / [4bg - t^2(1+k)^2]^2.$$

可以看出,随着自信程度  $k$  的增加,  $\pi_s^o - \pi_s^r$  越大,即说明偏差越大。

**定理3** 当制造商为过度自信时,与独立决策相比,集中决策下制造商的碳减排率更高;随着过度自信程度的增加,独立决策的碳减排率与集中决策的碳减排率之间的差距增加。

证 由(4)式和(7)式得

$$r^* - r^{**} = t(a-bc) [kt^2(1+k)(1+2k) - 4bg] / \{ [4bg - t^2(1+k)^2] [8bg - t^2(1+2k)^2] \}. \quad (10)$$

由于碳减排率非负,由(4)式和(7)式知  $8bg - t^2(1+2k)^2 > 0$ ,  $4bg - t^2(1+k)^2 > 0$ , 则(10)式的正负转化为  $\Delta = kt^2(1+k)(1+2k) - 4bg$  的正负问题。

由于减排率  $r \in [0, 1]$ , 则  $r^* = t(1+2k)(a-bc) / [8bg - t^2(1+2k)^2] \leq 1$ 。由于  $k \in [0, 1]$ , 则由

定理1可知,

$$\begin{aligned} \max_{k \in [0, 1]} (r^*) &= 3t(a-bc) / (8bg - 9t^2) \leq 1, \\ \max_{k \in [0, 1]} \Delta &= \max_{k \in [0, 1]} \{ kt^2(1+k)(1+2k) - 4bg \} = \\ &6t^2 - 4bg. \end{aligned}$$

由(9)式可得  $4bg \geq (3t(a-bc) + 9t^2) / 2$ , 则有  $6t^2 - 4bg < 6t^2 - 3t(a-bc) / 2 - 9t^2 / 2 = -3t(a-bc-t) / 2$ 。 (11)

因为  $a-bp > 0$ , 由(6)式可得

$$a-bp = [a-bc-t(1+k)r] / 2 > 0. \quad (12)$$

不管碳减排率  $r$  取何值, (12)式均成立, 即  $a-bc-t(1+k) > 0$ 。由于  $k > 0$ , 所以有  $a-bc-t > a-bc-t(1+k) > 0$ 。因此(11)式的结果为负。故集中决策下制造商的碳减排率比独立决策下更高。

由(10)式知  $r^* - r^{**}$  随着过度自信  $k$  的增加而增加。因此随着过度自信程度的增加, 独立决策的碳减排率与集中决策的碳减排率之间的差距增加。

### 3 数值实验及分析

本部分对制造商过度自信的供应链协调进行数值模拟, 并分别说明过度自信对于碳减排率、产品零售价格、批发价格和各方利润的影响。

令  $a=100$ ,  $b=9$ ,  $t=8$ ,  $g=50$ ,  $c=2$ 。通过计算得到图1~图4。

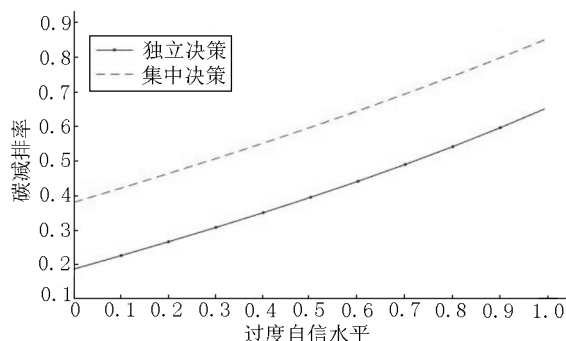


图1 过度自信对碳减排率的影响

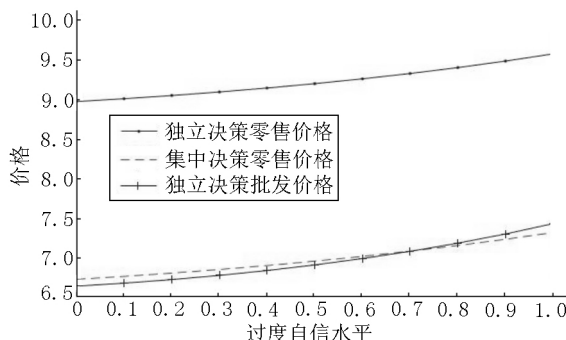


图2 过度自信对价格的影响

从图1可知,碳减排率随着制造商过度自信程度的增加而增加,且可以看出集中决策的碳减排率

要高于独立决策的碳减排率,但 2 者的差距没有随着过度自信程度的增加而增加.从图 2 可知零售价格随着制造商过度自信程度的增加而增加,且集中决策下的零售价格要低于独立决策的零售价格;独立决策的批发价格也随着过度自信程度的增加而增加,且与集中决策的零售价格接近.

从图 3 和图 4 可以看出,集中决策的供应链总利润要高于独立决策的供应链总利润,并且供应链期望总利润随着制造商过度自信程度的增加而增加;供应链的真实利润要小于其期望利润,并且随着制造商过度自信程度的增加,供应链的期望利润与真实利润的差距越来越大.在独立决策时,制造商的期望利润随着制造商过度自信程度的增加而增加,而零售商的利润随着制造商过度自信程度的增加而降低.

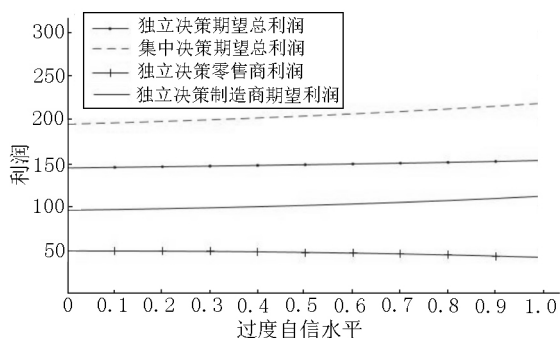


图3 过度自信对利润的影响

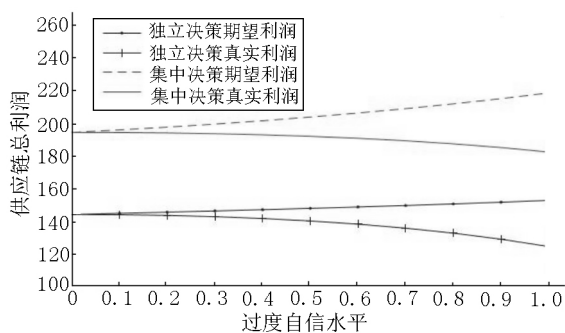


图4 过度自信对供应链总利润的影响

通过以上分析,可以得出:

1) 制造商的过度自信心理行为会对供应链的决策产生重大影响,在 2 种决策方式下,随着过度自信程度的增加,碳减排率、零售价格、批发价格、供应链期望总利润都随之增加;

2) 由于制造商的过度自信,会使得供应链各方的期望利润和真实利润产生偏差.供应链真实总利润在 2 种决策方式下都要小于其期望利润,并且随着制造商过度自信程度的增加,这种偏差也随之增加,影响到供应链各方的利润;

3) 虽然制造商存在过度自信心理行为,集中决

策方式下的供应链真实总利润仍然要高于独立决策下的真实总利润.

## 4 结论

针对制造商的碳减排率及定价决策进行研究,引入过度自信,构建供应链决策模型,通过分析模型得到过度自信对供应链各方决策的影响.研究发现:制造商对于碳减排率的过度自信会影响到产品定价和碳减排率的决策,从而影响到供应链各方的利润;随着过度自信程度的增加,产品的批发价格、零售价格和碳减排率都随之增加,从而造成期望利润的增加.但本文假定需求为线性需求,随机需求下供应链协调问题需进一步研究.

## 5 参考文献

- [1] 杜少甫,董骏峰,梁樑,等.考虑排放许可与交易的生产优化[J].中国管理科学,2009,17(3):81-86.
- [2] Absi N, Dauzère-Pérès S, Kedad-Sidhoum S et al. Lot sizing with carbon emission constraints[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 227(1):55-61.
- [3] Luo Zheng, Chen Xu, Wang Xiaojun. The role of co-opetition in low carbon manufacturing[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 253(2):392-403.
- [4] Benjaafar S, Li Yanzhi, Daskin M. Carbon footprint and the management of supply chains: insights from simple models[J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2012, 10(1):99-116.
- [5] 赵道致,王楚格.考虑低碳政策的供应链企业减排决策研究[J].工业工程,2014(1):105-111.
- [6] 徐春秋,赵道致,原白云,等.上下游联合减排与低碳宣传的微分博弈模型[J].管理科学学报,2016,19(2):53-65.
- [7] 李媛,赵道致.收益共享寄售契约下考虑碳减排的供应链绩效[J].管理工程学报,2016,30(3):188-194.
- [8] Moore D A, Healy P J. The trouble with overconfidence[J]. Psychological Review, 2008, 115(2):502-517.
- [9] Croson D C, Croson R, Ren Yufei. How to manage an overconfident newsvendor[R]. Dallas: Cox School of Business, Southern Methodist University, 2008.
- [10] 陈克贵,宋学锋,王新宇,等.基于销售商过度自信的定价与生产联合决策[J].系统管理学报,2016(3):468-476.
- [11] 魏光兴,唐瑶,覃燕红.同时考虑损失厌恶和过度自信的供应链 Stackelberg 博弈与决策[J].江西师范大学学报:自然科学版,2017,41(1):20-27.
- [12] 吴勇,吴松强,刘卫国.基于过度自信的企业发展低碳

- 经济激励机制研究 [J]. 企业经济 2012(2): 38-42.
- [13] 浦徐进, 诸葛瑞杰. 考虑供应商过度自信和公平关切的供应链双边努力行为研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(6): 1462-1470.
- [14] 浦徐进, 诸葛瑞杰. 过度自信和公平关切对装备制造业供应链联合研发绩效的影响 [J]. 管理工程学报, 2017, 31(1): 10-15.
- [15] 曾剑锋, 柳键. 碳减排背景下闭环供应链生产与回收策略研究 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版 2015, 39(5): 536-544.

## The Supply Chain Coordination Based on Carbon Reduction of Overconfident Manufacturer

LIU Jian<sup>1\*</sup>, JIANG Weifan<sup>1,2\*</sup>, TANG Yiping<sup>2</sup>

(1. School of Information Technology, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330013, China;

2. School of Business Administration, Nanchang Institute of Technology, Nanchang Jiangxi 330099, China)

**Abstract:** Based on the background of low carbon economy, according to the different mode of supply chain decisions, the supply chain coordination under the influence of the low carbon consciousness is studied. The overconfidence is introduced into a supply chain decision model which is made up of one manufacturer and one retailer. The studies show that the ratio of carbon reduction and total profit of the supply chain of centralized decision-making is higher than decentralized decision-making. Overconfidence can increase the ratio of carbon emissions, wholesale price, retail price, and manufacturers' expected profits, but the real profit of the supply chain decreases continuously with the increase of overconfidence level.

**Key words:** ratio of carbon reduction; overconfidence; supply chain coordination

(责任编辑: 曾剑锋)

(上接第 129 页)

## Results and Open Problems of the Variational Method with Applications to Nonlinear Partial Differential Equations

ZOU Wenming

(Department of Mathematical Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The brief history and the development trend of the variational method are introduced. Then the fundamental ideas and the latest achievements of the variational method with applications to nonlinear partial differential equations are summarized. The critical point theory and its applications are briefly reviewed, including the perturbed equation from symmetry, Rabinowitz's open problem, Brezis-Nirenberg's critical exponent equation, Li-Lin's open problem, Bose-Einstein condensation, Berestycki-Caffarelli-Nirenberg's conjecture and Lane-Emden's equation and conjecture.

**Key words:** variational method; nonlinear partial differential equations; linking theory; critical exponent; critical point theory; Schrödinger equations

(责任编辑: 王金莲)