

过度自信对新能源汽车供应链合作研发决策影响研究

马亮, 蒲天乐

(兰州理工大学 经济管理学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 选择新能源汽车供应链为对象, 对比分析3种不同过度自信和完全理性条件下的电池生产商和汽车制造商合作决策结果。发现3种不同的过度自信都可促进双方研发努力投入, 使供应链整体效用提升, 且在双方都达到过度自信状况下的促进作用最强。为提高双方过度自信效应, 本文建立针对性的收益分享机制, 在一定优化分析基础上确定续航能力和供应链整体效用最大条件下的收益分享系数, 这样可以大幅度提高供应链整体效益。最后通过模拟分析方法验证了不同情形下过度自信的影响, 提出相应的优化建议。

关键词: 新能源汽车供应链; 合作研发; 过度自信; 收益分享

中图分类号: F273.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-7375(2022)04-0134-09

A Research on the Impact of Overconfidence on Joint R&D Decision of New Energy Vehicle Supply Chain

MA Liang, PU Tianle

(School of Economics and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The new energy vehicle supply chain is chosen as an object, and the changes of cooperative R&D decisions between battery manufacturers and automobile manufacturers are compared and analyzed under three different conditions of overconfidence and complete rationality. The results show that overconfidence in the three conditions can promote to some extent the R&D effort investment of battery manufacturer and automobile manufacturer, which is beneficial to improve the overall utility of the supply chain, and the effect of overconfidence in the condition of both sides is the strongest. In order to improve the overconfidence effect of both sides, a targeted revenue sharing mechanism is established, and the revenue sharing coefficient under the maximum condition of endurance capacity and the overall utility of the supply chain is determined, which can reach the optimum overall benefit of the supply chain. Finally, the effect of it in different situations is verified by simulation analysis, and corresponding optimization suggestions are put forward.

Key words: new energy vehicle supply chain; joint R&D; overconfidence; revenue sharing

电池技术瓶颈一直是限制新能源汽车发展的主要原因之一, 如何创新电池技术以提高新能源汽车的续航能力是新能源汽车行业面临的重大挑战。现实中, 电池生产商独立研发不仅表现出研发效率低, 研发周期长的特点, 还往往面临着高风险、高成本的窘境, 从而导致了电池生产商研发积极性不高, 难以有效地研发出高续航能力以满足用户真正需求的电池。然而续航能力的影响因素较多, 主要涉及到电池能量密度以及汽车电机功率和整车轻量

化技术水平, 因而电池生产商、汽车制造商联合起来进行电池研发可显著提升新能源汽车续航能力, 同时也有利于节约研发成本, 提高研发效率。目前在新能源汽车研发领域, 主要的研究课题之一是如何强化供应链企业间的合作, 这对行业长远发展也有直接决定作用。调查发现, 目前新能源汽车产业链上的电池生产商、汽车制造商已经开展不同程度的合作, 如北汽和国轩高科合作研发电池, 以便增强车辆续航能力, 已取得良好的效果, 因而进行此

收稿日期: 2020-09-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71764015); 甘肃省社科规划资助项目(20YB051)

作者简介: 马亮(1981—), 男, 甘肃省人, 副教授, 博士, 主要研究方向为技术创新管理、新兴产业政策。

领域的研究有显著的现实意义。

学者们基于不同的理论模型研究了新能源汽车的研发努力投入问题。Feng等^[1]利用技术采用生命周期理论,证明了补贴效率的提高能够更好地促进新能源汽车研发努力投入。Meng等^[2]从创新扩散理论角度讨论产品补贴对新能源汽车企业研发努力投入的影响。Xu等^[3]以2014~2018年间51家新能源汽车上市公司为研究对象,运用中介效应理论模型,研究政府补贴对新能源汽车研发努力投入的影响。还有一部分学者从供应链视角并用博弈论的方法研究了新能源汽车企业研发决策问题。谢家平等^[4]使用Stackelberg博弈模型研究新能源汽车闭环供应链研发和定价决策问题。Xi等^[5]利用信号博弈模型研究政府研发补贴问题。姜采楼等^[6]通过构建演化博弈模型,研究政府补贴对新能源汽车研发决策的影响。曹飞韶等^[7]利用信号博弈模型研究新能源汽车的研发补贴问题。而马亮等^[8]第一次将续航能力决策变量引入到新能源汽车供应链中,研究续航能力需求对新能源汽车需求与价格的影响,并通过引入产业内补贴实现了供应链的协调。上述文献均对本文的研究提供了重要的理论支撑,但美中不足的是,较少有文献考虑新能源汽车合作研发决策问题,以往的研究也没有考虑到供应链企业的非理性因素。

在管理学研究领域主要的研究课题之一就是供应链管理研究,目前一些学者在此研究时开始引入非理性决策因素。供应链决策受到各方面因素影响,对比分析可知其中重要的一种非理性因素就是过度自信。这种因素被学者们更多地用来解释投资者的决策偏差。Combrink等^[9]研究过度自信是否导致投资者倾向于承担风险,研究表明,过度自信水平并没有揭示投资者的高风险倾向。Meier等^[10]研究发现高度矛盾的反馈会导致投资者过度自信消失,而支持式信号会使投资者过度自信增加。Zhang等^[11]基于复杂网络方法研究投资者的从众行为与过度自信行为之间是否存在网络相关性。Han等^[12]研究发现,投资者的过度自信会使SML斜率变得与之前斜率方向相反,且有偏见的自我归因会加剧这种动态的过度自信效应。Aghazadeh等^[13]从投资者的视角考察了首席执行官过度自信对控股成本资本的影响,研究发现两者的关系是非线性的。一些学者加入过度自信因素,在一定仿真研究基础上分析了供应链决策在此因素加入后的变化情况。Chen等^[14]研究两

种过度自信对供应链不同定价策略下的补偿决策的影响。Zhao^[15]通过建立碳排放约束下的Stackelberg模型,在模拟分析基础上研究制造商的过度自信对供应链决策的影响,所得结果表明这有利于提高单位产品的价值。还有学者研究了双重行为偏好对供应链决策的影响。浦徐进等^[16]以大型装备制造业为研究对象,研究供应商过度自信和公平偏好对供应链合作研发绩效的影响。上述文献均对本文的研究做了不同程度的贡献,但大多文献都只考虑供应链单个成员的过度自信偏好而忽略了供应链成员均具有过度自信偏好的现实,这样所得结果和实际情况存在一定局限性,因而很有必要根据此方面过度自信情况进行调节,以此来获得更有说服力的结果,同时为此领域的研究也起到参考作用。

在新能源汽车产业中,很多知名的电池生产商和汽车制造商开始实施不同模式的合作。比如宁德时代和东风汽车在电池研发上开展深度合作,由于像宁德时代这样的电池生产商在电池行业占据重要地位,其过度自信行为普遍存在,同样像东风汽车等这种强劲的汽车制造商对新能源汽车供应链有较强影响,其过度自信也普遍存在,具体体现在双方都过高估计其自身研发努力投入对续航能力提升的影响。因而很有必要研究供应链合作研发决策中这种过度自信因素的影响,为提高决策效率提供支持。但大多数有关过度自信的研究仅局限在单决策者而忽略多决策者的过度自信,在供应链实际环境中,过度自信在多个成员企业中都有可能出现,比如新能源汽车供应链,因此应该同时分析双方过度自信因素,这也和实际情况相符合。本文在此形势下将过度自信引入此领域的合作研发决策研究中,在一定简化假设基础上设立Stackelberg博弈模型,然后对比双方完全理性和不同过度自信条件下合作决策结果的变化,且进行一定机理分析,为促进双方的合作研发决策提供支持。

1 问题描述和模型假设

1.1 问题描述

在进行供应链模型假设时,选择电池生产商为主导,新能源汽车制造商(下文统一简称为汽车制造商)为随从,二者在一定合作模式下进行电池的研发。对比研究双方均完全理性、一方和双方都过度

自信等不同情形下合作研发决策结果的变化，确定出供应链总效用最大对应的情形。

1.2 模型假设

1) 双方合作的目的在于提升电池的续航能力，在研究时设电池生产商、汽车制造商相应的研发努力投入分别为 e_b 、 e_m (下文统一简称研发投入)，借鉴 Kretschmer 等^[7]给出的模型，同时结合本文的研究实际情况，设置合作研发的电池续航能力表达式为 $G = \beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m$ 。其中， β_b 、 β_m 、 γ 分别表示一方和双边协同条件下的研发努力效果系数(下文统一简称研发效果系数和协同效果系数)。

2) 汽车售价为 $P = p + k(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m)$ 。其中， p 为基础价格； k 为汽车售价对续航能力的敏感系数；电池基础售价为 w 。在合作研发模式下为对电池生产商的研发进行激励，汽车制造商分配利润的 $hk(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m)$ 给电池生产商， $h(0 < h < 1)$ 表示收益分享系数，这样可确定出电池最终售价为 $W = w + hk(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m)$ ；这种情况下双方的研发努力投入成本可描述为 $c(e_i) = \frac{1}{2}e_i^2 (i = b, m)$ ， c 对应于电池单位成本。

3) 设定下标 b 、 m 、 sc 分别代表电池生产商、汽车制造商和供应链整体，上标 $*$ 、 $'$ 、 $''$ 、 $'''$ 分别表示双方都完全理性、一方过度自信、双方过度自信时对应的最优决策量。图 1 为双方研发努力投入决策的流程。

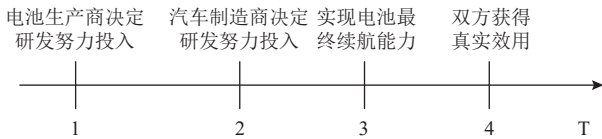


图 1 合作研发努力投入决策过程

Figure 1 Collaborative R&D efforts are invested in the decision-making process

2 模型构建和分析

2.1 情形1——双方均完全理性

分析图 1 可知在这种合作研发模式下，双方的决策可基于 Stackelberg 博弈模型进行描述：首先电池生产商确定出自己的研发投入；然后汽车制造商根据前者的投入结果以及自身实际情况确定出最终研发投入。对如下的模型通过逆向归纳法进行分析求解。

$$\mu_b = (W - c) - \frac{1}{2}e_b^2 = w + hk(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m) - c - \frac{1}{2}e_b^2;$$

$$\mu_m = (P - W) - \frac{1}{2}e_m^2 = (p - w) + (1 - h)k(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m) - \frac{1}{2}e_m^2;$$

$$\mu_{sc} = (P - c) - \frac{1}{2}e_b^2 - \frac{1}{2}e_m^2 = p + k(\beta_b e_b + \beta_m e_m + \gamma e_b e_m) - c - \frac{1}{2}e_b^2 - \frac{1}{2}e_m^2.$$

这样可确定各自的最优研发投入为

$$e_b^* = -\frac{kh(2\beta_m \gamma hk - 2\beta_m \gamma k - \beta_b)}{2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1};$$

$$e_m^* = -\frac{(\beta_b \gamma hk + \beta_m)(-1 + h)k}{1 + 2h\gamma^2(-1 + h)k^2}.$$

为控制效用函数最大化，需要达到 $2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1 > 0$ ，这种条件下可确定出电池续航能力为 $G^* = \beta_b e_b^* + \beta_m e_m^* + \gamma e_b^* e_m^*$ 。将 e_b^* 、 e_m^* 代入函数中，通过软件工具进行求解即可得到其中一方以及整体的效用水平，分别表示为 $\mu_b(e_b^*, e_m^*)$ 、 $\mu_m(e_b^*, e_m^*)$ 、 $\mu_{sc}(e_b^*, e_m^*)$ 。对比分析可知上述函数相对复杂，对应的数学分析难度高，因而在研究时没有进行展开讨论，主要是通过数值仿真方法进行模拟研究。

定理 1 双方均完全理性条件下，二者的研发投入均与各自的研究效果系数、协同效果系数正相关。

证明 分别求 e_b^* 、 e_m^* 关于 β_b 、 β_m 、 γ 的导数，可得

$$\frac{\partial e_b^*}{\partial \beta_b} = \frac{kh}{1 + 2h\gamma^2(-1 + h)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial e_m^*}{\partial \beta_m} = \frac{(1 - h)k}{1 + 2h\gamma^2(-1 + h)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial e_b^*}{\partial \gamma} =$$

$$\frac{2k^2 h(1 - h)(-2\beta_m h^2 k^2 \gamma^2 + 2\beta_m h k^2 \gamma^2 + 2\beta_b h k \gamma + \beta_m)}{(2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 h k^2 + 1)^2} > 0;$$

$$\frac{\partial e_m^*}{\partial \gamma} =$$

$$\frac{k^2 h(-1 + h)(2\beta_b h^2 k^2 \gamma^2 - 2\beta_b h k^2 \gamma^2 + 4\beta_m \gamma h k - 4\beta_m \gamma k - \beta_b)}{4\left(\frac{1}{2} + h\gamma^2(-1 + h)k^2\right)^2} > 0.$$

2.2 情形2——仅电池生产商过度自信

大量的实践经验表明, 决策者过度自信情况下对自身获取信息的能力过高估计, 且对这些信息的价值估计也不准确, 因而做出的决策一般不合理。由此分析可知, 电池生产商过度自信条件下, 其也会过高估计在车辆续航能力方面自身研发的影响程度。此种情形下其电池预期续航能力值可表示为 $G'_b = (\beta_b + \Delta\sigma_b)e'_b + \beta_m e'_m + \gamma e'_b e'_m$ 。其中, $\Delta\sigma_b$ 对应于其过度自信系数 ($\Delta\sigma_b > 0$), 反映电池生产商过度自信水平。对如下博弈模型进行求解分析。

$$\mu'_b = (W' - c) - \frac{1}{2}e'^2_b = \{w + hk[(\beta_b + \Delta\sigma_b)e'_b + \beta_m e'_m + \gamma e'_b e'_m] - c\} - \frac{1}{2}e'^2_b;$$

$$\mu'_m = (P' - W') - \frac{1}{2}e'^2_m = [(p - w) + (1 - h)k(\beta_b e'_b + \beta_m e'_m + \gamma e'_b e'_m)] - \frac{1}{2}e'^2_m;$$

$$\mu'_{sc} = \{[p + hk\Delta\sigma_b e'_b + k(\beta_b e'_b + \beta_m e'_m + \gamma e'_b e'_m)] - c\} - \frac{1}{2}e'^2_b - \frac{1}{2}e'^2_m。$$

同样可确定出此条件下双方研发投入值为

$$e'^*_b = -\frac{kh(2\beta_m \gamma hk - 2\beta_m \gamma k - \beta_b - \Delta\sigma_b)}{2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1};$$

$$e'^*_m = -\frac{(-1 + h)k(k\gamma(\beta_b + \Delta\sigma_b)h + \beta_m)}{2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1}。$$

根据效用函数最值条件可确定 $2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1 > 0$, 这种情形下电池的实际续航能力为 $G'^* = \beta_b e'^*_b + \beta_m e'^*_m + \gamma e'^*_b e'^*_m$, 和电池生产商的期望值存在一定差异性。这样其中一方以及供应链整体的效用水水平对应于 $\mu'_b(e'^*_b, e'^*_m)$ 、 $\mu'_m(e'^*_b, e'^*_m)$ 、 $\mu'_{sc}(e'^*_b, e'^*_m)$ 。

命题1 电池生产商过度自信时, 双方研发投入都和其过度自信系数正相关, 过度自信可促进双方的研发投入, 这样也使得最终续航能力同步增加。

证明 确定出 e'^*_b 、 e'^*_m 关于 $\Delta\sigma_b$ 的偏导数如下。

$$\frac{\partial e'^*_b}{\partial \Delta\sigma_b} = \frac{kh}{1 + 2h\gamma^2(-1 + h)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial e'^*_m}{\partial \Delta\sigma_b} = -\frac{(-1 + h)k^2 \gamma h}{1 + 2h\gamma^2(-1 + h)k^2} > 0。$$

命题2 仅电池生产商过度自信可提高理性条件下双方研发投入, 有利于改善电池续航能力, 且

这种增加幅度和对应的过度自信系数正相关。

证明

$$e'^*_b - e^*_b = \frac{kh\Delta\sigma_b}{1 + 2h\gamma^2(h - 1)k^2} > 0;$$

$$e'^*_m - e^*_m = -\frac{(h - 1)k^2 \gamma h \Delta\sigma_b}{1 + 2h\gamma^2(h - 1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e'^*_b - e^*_b)}{\partial \Delta\sigma_b} = \frac{kh}{1 + 2h\gamma^2(h - 1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e'^*_m - e^*_m)}{\partial \Delta\sigma_b} = -\frac{(h - 1)k^2 \gamma h}{1 + 2h\gamma^2(h - 1)k^2} > 0。$$

2.3 情形3——仅汽车制造商过度自信

一般情况下, 汽车制造商过度自信时, 也会过高估计其研发努力对续航能力提升的贡献度。此时其期望的电池续航能力可描述为 $G''_m = (\beta_m + \Delta\sigma_m)e''_m + \beta_b e''_b + \gamma e''_m e''_b$ 。其中, $\Delta\sigma_m$ 对应于其过度自信系数 ($\Delta\sigma_m > 0$), 反映汽车制造商过度自信水平。用逆向归纳法来求解以下博弈模型。

$$\mu''_b = (W'' - c) - \frac{1}{2}e''^2_b = [w + hk(\beta_b e''_b + \beta_m e''_m + \gamma e''_m e''_b) - c] - \frac{1}{2}e''^2_b;$$

$$\mu''_m = (P'' - W'') - \frac{1}{2}e''^2_m = \{(p - w) + (1 - h)k[\beta_b e''_b + (\beta_m + \Delta\sigma_m)e''_m + \gamma e''_m e''_b]\} - \frac{1}{2}e''^2_m;$$

$$\mu''_{sc} = \{p - hk\Delta\sigma_m e''_m + k[\beta_b e''_b + (\beta_m + \Delta\sigma_m)e''_m + \gamma e''_m e''_b] - c\} - \frac{1}{2}e''^2_b - \frac{1}{2}e''^2_m。$$

依据同样的方法进行求解, 可确定双方最优研发投入为

$$e''^*_b = -\frac{hk(2\beta_m \gamma hk + \gamma hk \Delta\sigma_m - 2\beta_m \gamma k - \gamma k \Delta\sigma_m - \beta_b)}{2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1};$$

$$e''^*_m = -\frac{(\gamma^2 h^2 k^2 \Delta\sigma_m - k\gamma(\gamma k \Delta\sigma_m - \beta_b)h + \beta_m + \Delta\sigma_m)k(-1 + h)}{2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1}。$$

由效用函数最大化进行求解, 可确定对应的约束条件 $2\gamma^2 h^2 k^2 - 2\gamma^2 hk^2 + 1 > 0$, 代入表达式可确定这种条件下电池的实际续航能力为 $G''^* = \beta_b e''^*_b + \beta_m e''^*_m + \gamma e''^*_b e''^*_m$ 。这和汽车制造商期望的续航能力值有所不同。进一步分析可得到这种条件下各方效用水平、

整体效用水平，即 $\mu_b''(e_b'', e_m'')$ 、 $\mu_m''(e_b'', e_m'')$ 、 $\mu_{sc}''(e_b'', e_m'')$ 。

命题3 仅汽车制造商过度自信时，二者的研发投入都有一定幅度提高，其过度自信可促进双方研发投入，同时也增加了电池续航能力水平。

证明 分别求 e_b'' 、 e_m'' 关于 $\Delta\sigma_m$ 的偏导数可得

$$\frac{\partial e_b''}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{hk^2\gamma(-1+h)}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial e_m''}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{(\gamma^2k^2h^2 - \gamma^2k^2h + 1)k(-1+h)}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2} > 0。$$

命题4 和双方均没有过度自信的情形相比，仅汽车制造商过度自信有利于促进双方研发投入，也增强了电池续航能力水平，汽车制造商过度自信程度越高或过度自信系数越显著，相应的研发投入越多。

证明

$$e_b''' - e_b^* = -\frac{(h-1)k^2\gamma h\Delta\sigma_m}{1+2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$e_m''' - e_m^* = -\frac{k(h-1)\Delta\sigma_m(\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 + 1)}{1+2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e_b''' - e_b^*)}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{(h-1)k^2\gamma h}{1+2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e_m''' - e_m^*)}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{k(h-1)(\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 + 1)}{1+2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0。$$

2.4 情形4——双方都过度自信

双方都过度自信条件下二者都高估了自身研发投入的影响水平。这种条件下可得双方期望的最终电池续航能力值，对应的表达式如下。

$$G_b''' = (\beta_b + \Delta\sigma_b)e_b''' + \beta_m e_m''' + \gamma e_b''' e_m''';$$

$$G_m''' = (\beta_m + \Delta\sigma_m)e_m''' + \beta_b e_b''' + \gamma e_b''' e_m'''。$$

其中， $\Delta\sigma_b$ 、 $\Delta\sigma_m$ 越大，双方的过度自信水平越高。对建立的如下博弈模型通过同样的方法进行求解处理。

$$\mu_b''' = (W''' - c) - \frac{1}{2}e_b'''^2 = \{w + hk[(\beta_b + \Delta\sigma_b)e_b''' + \beta_m e_m''' + \gamma e_b''' e_m'''] - c\} - \frac{1}{2}e_b'''^2;$$

$$\mu_m''' = (P''' - W''') - \frac{1}{2}e_m'''^2 = \{(p - w) + (1 - h)k[\beta_b e_b''' + (\beta_m + \Delta\sigma_m)e_m''' + \gamma e_b''' e_m''']\} - \frac{1}{2}e_m'''^2;$$

$$\mu_{sc}''' = \{p + hk(\Delta\sigma_b e_b''' - \Delta\sigma_m e_m''') + k[\beta_b e_b''' + (\beta_m + \Delta\sigma_m)e_m''' + \gamma e_b''' e_m'''] - c\} - \frac{1}{2}e_b'''^2 - \frac{1}{2}e_m'''^2。$$

具体分析可知此条件下双方的最优研发投入为

$$e_b''' = \frac{kh(2\beta_m\gamma hk + \gamma hk\Delta\sigma_m - 2\beta_m\gamma k - \gamma k\Delta\sigma_m - \beta_b - \Delta\sigma_b)}{2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1};$$

$$e_m''' = \frac{k(\gamma^2h^2k^2\Delta\sigma_m - k\gamma(\gamma k\Delta\sigma_m - \beta_b - \Delta\sigma_b)h + \beta_m + \Delta\sigma_m)(-1+h)}{2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1}。$$

根据效用函数最大化条件可确定约束条件 $2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1 > 0$ ，对比分析可知和双方期望的续航能力相比，这种条件下实际的电池续航能力可表示为 $G''' = \beta_b e_b''' + \beta_m e_m''' + \gamma e_b''' e_m'''$ 。进行同样的计算分析可确定出这种情形下其中一方和整体效用水平分别为 $\mu_b'''(e_b''', e_m''')$ 、 $\mu_m'''(e_b''', e_m''')$ 和 $\mu_{sc}'''(e_b''', e_m''')$ 。

命题5 双方均过度自信时，二者的研发投入与电池生产商过度自信水平正相关。其过度自信有利于促进双方的研发投入。汽车制造商过度自信增强后，也增加了二者的这方面投入。

证明 分别求 e_b''' 、 e_m''' 关于 $\Delta\sigma_b$ 、 $\Delta\sigma_m$ 的偏导数可得

$$\frac{\partial e_b'''}{\partial \Delta\sigma_b} = \frac{kh}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2};$$

$$\frac{\partial e_m'''}{\partial \Delta\sigma_b} = -\frac{k^2h\gamma(-1+h)}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2};$$

$$\frac{\partial e_b'''}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{k^2h\gamma(-1+h)}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2};$$

$$\frac{\partial e_m'''}{\partial \Delta\sigma_m} = -\frac{k(\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 + 1)(-1+h)}{1+2h\gamma^2(-1+h)k^2}。$$

很显然可以判断 $\frac{\partial e_b'''}{\partial \Delta\sigma_b} > 0$ ， $\frac{\partial e_m'''}{\partial \Delta\sigma_b} > 0$ ， $\frac{\partial e_m'''}{\partial \Delta\sigma_m} > 0$ ，同时根据约束条件 $2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1 > 0$ ，可得出 $\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 > -\frac{1}{2}$ ，故而容易得出 $\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 + 1 > 0$ ，所以有 $\frac{\partial e_m'''}{\partial \Delta\sigma_m} > 0$ 。

命题6 和双方均完全理性条件下相比，双方均具有过度自信时，二者研发投入都明显提高，且

对应的提高幅度和双方过度自信水平正相关。

证明

$$e_b''' - e_b^* = -\frac{k(\gamma\Delta\sigma_m(h-1)k - \Delta\sigma_b)h}{1 + 2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$e_m''' - e_m^* = -\frac{(\gamma^2h^2k^2\Delta\sigma_m - k\gamma(k\gamma\Delta\sigma_m - \Delta\sigma_b)h + \Delta\sigma_m)k(h-1)}{2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1} > 0;$$

$$\frac{\partial(e_b''' - e_b^*)}{\partial\sigma_b} = \frac{kh}{1 + 2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e_b''' - e_b^*)}{\partial\sigma_m} = -\frac{(h-1)k^2\gamma h}{1 + 2h\gamma^2(h-1)k^2} > 0;$$

$$\frac{\partial(e_m''' - e_m^*)}{\partial\sigma_b} = -\frac{(h-1)k^2\gamma h}{2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1} > 0;$$

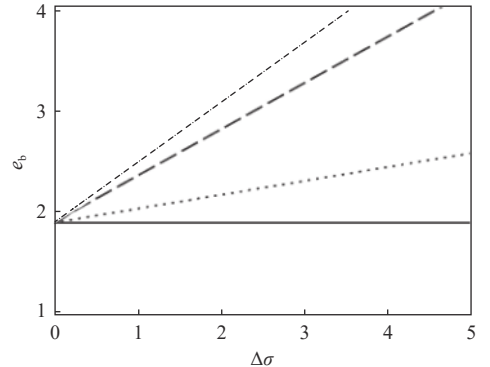
$$\frac{\partial(e_m''' - e_m^*)}{\partial\sigma_m} = -\frac{k(h-1)(\gamma^2h^2k^2 - \gamma^2hk^2 + 1)}{2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1} > 0.$$

3 数值仿真和比较分析

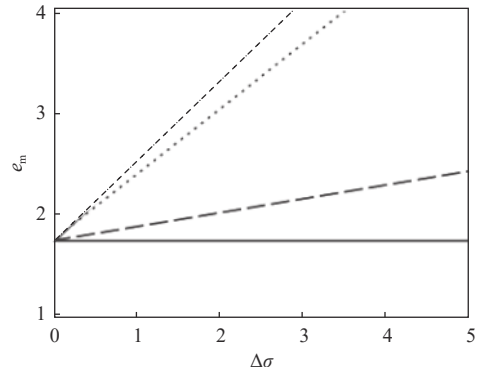
下文将通过数值仿真来进一步分析这两个供应链成员过度自信对供应链合作研发决策的影响。在 $2\gamma^2h^2k^2 - 2\gamma^2hk^2 + 1 > 0$ 基础上, 进行参数赋值, 得到结果分别为 $p = 10, w = 3, c = 0, \gamma = 0.5, h = 0.4, k = 1, \beta_b = 3, \beta_m = 2$ 。然后代入参数进行计算, 可确定出双方均完全理性条件下供应链合作研发博弈模型的结果。其中, 电池生产商投入为 $e_b^* = 1.91$; 汽车制造商投入为 $e_m^* = 1.77$; 电池实际续航能力为 $G^* = 10.9$; 其中一方及整体的效用水平分别为 $\mu_m^* = 5.56, \mu_m^* = 12.01, \mu_{sc}^* = 17.57$ 。然后选择此结果为参照基准, 比较有过度自信时的情况。

3.1 过度自信对于研发投入的影响

观察图2相关结果可知, $e_b''' > e_b'' > e_b' > e_b^*, e_m''' > e_m'' > e_m' > e_m^*$, 由此可说明3种过度自信条件下双方研发投入水平和完全理性时的相比都有所提高。在双方都过度自信条件下对应的研发投入达到最大值。进一步分析还可发现自身过度自信的影响高于对方过度自信的影响。根据图3所得结果可发现, 双方过度自信联合作用对双方研发投入的影响也很明显。各自的研发投入都和双方过度自信水平存在正



(a) 电池生产商研发投入

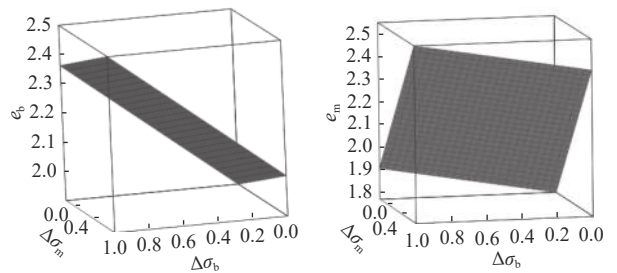


(b) 汽车制造商研发投入

--- 电池生产商和汽车制造商均具有过度自信
 - - 仅电池生产商具有过度自信
 ···· 仅汽车制造商具有过度自信
 — 电池生产商和汽车制造商均为理性决策者

图2 过度自信对双方研发投入的影响

Figure 2 The impact of overconfidence on R&D effort input of both parties



(a) 电池生产商研发投入

(b) 汽车制造商研发投入

图3 过度自信对双方研发投入联合影响

Figure 3 The joint impact of overconfidence on R&D effort input of both parties

相关关系, 对比还可看出自身过度自信的影响显著高于对方过度自信的影响。

3.2 过度自信对续航性能、供应链效用的影响

具体分析图4~6相关结果可判断出, $G''' > G'' > G' > G^*, \mu_b''' > \mu_b'' > \mu_b' > \mu_b^*, \mu_m''' > \mu_m'' > \mu_m' > \mu_m^*, \mu_{sc}''' > \mu_{sc}'' > \mu_{sc}' > \mu_{sc}^*$ 。对比此结果可发现, 和双方均完

全理性条件下的相比, 3种过度自信情形下合作研发的电池续航能力均明显提高, 不同的效用水平都

有一定幅度提高, 存在明显的差异。此外对比结果还可发现, 二者均过度自信时的电池续航能力和效用水平最大。和电池生产商相比, 汽车制造商过度自信和电池续航能力的相关性更强, 也就是其影响作用更明显; 各自的效用水平受自身过度自信的影响高于对方过度自信的影响; 而汽车制造商过度自信水平会更强烈地影响到供应链整体效用水平。具体分析图7~9相关结果可发现, 电池最终续航能力、3种效用水平受双方过度自信联合作用的影响也很明显。在双方过度自信时, 电池的续航能力、3种效用水平都有一定幅度增加的趋势, 因而这两方面变量存在正相关关系。对比分析可知在影响续航能力和效用水平方面, 汽车制造商更强。因而在优化管理促进合作过程中, 应该更侧重于提升汽车制造商的过度自信水平。对比结果还可发现, 双方自身的过度自信水平对各自的效用水平影响高于对方的。

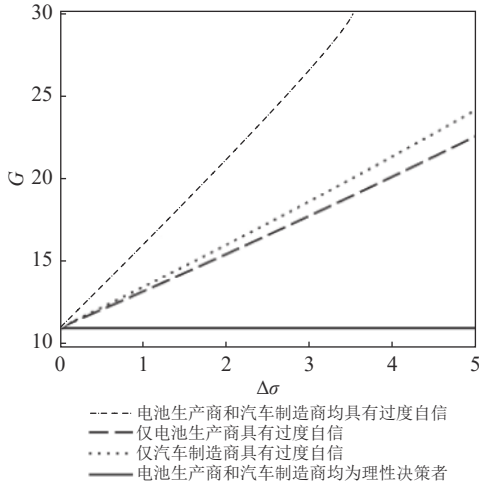
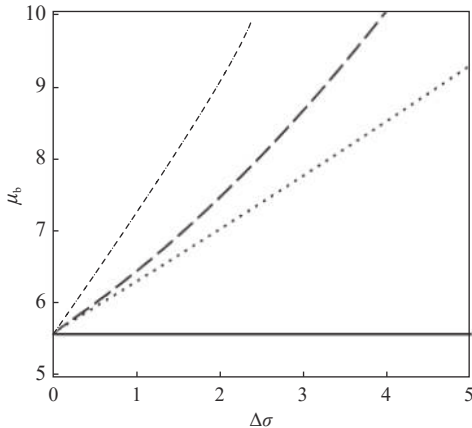
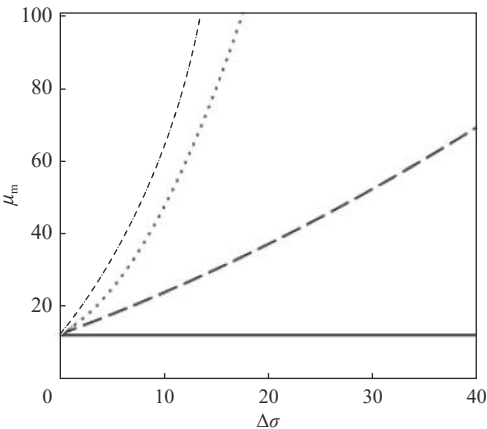


图 4 过度自信和续航能力相关性曲线

Figure 4 The relative curve of overconfidence and battery endurance



(a) 电池生产商效用水平



(b) 汽车制造商效用水平

图 5 过度自信对双方效用水平的影响

Figure 5 The impact of overconfidence on the utility level of both parties

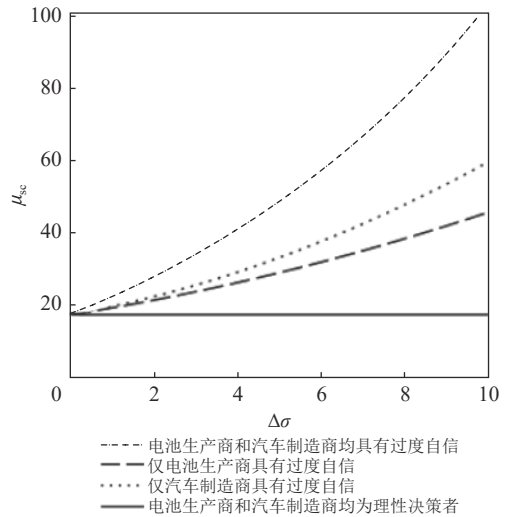


图 6 过度自信对新能源汽车供应链整体效用水平的影响

Figure 6 The impact of overconfidence on the overall utility level of the new energy vehicle supply chain

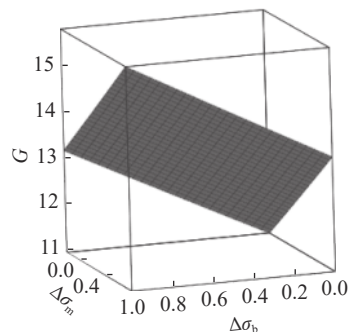


图 7 过度自信对最终续航能力的联合影响

Figure 7 The joint impact of overconfidence on the final endurance

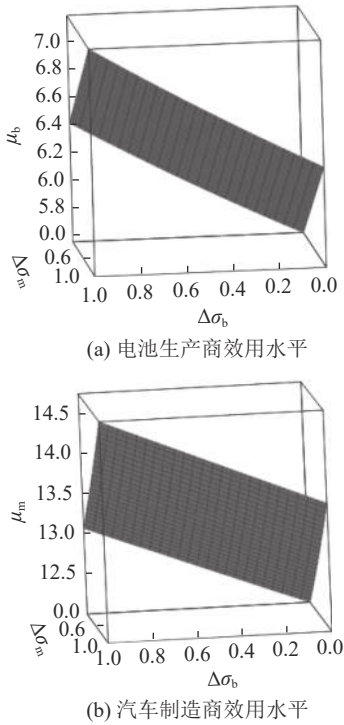


图8 过度自信对双方效用水平联合影响
Figure 8 The joint impact of overconfidence on utility level of both parties

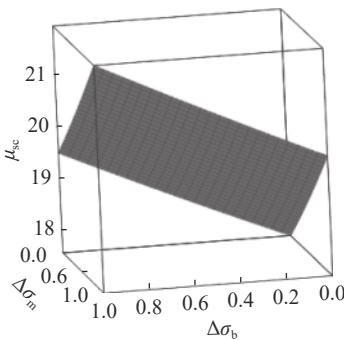


图9 过度自信对供应链整体效用水平的联合影响
Figure 9 The joint impact of overconfidence on the new energy vehicle supply chain overall utility level

3.3 收益分享系数对于合作研发决策的影响

为提升双方过度自信效应,对二者的合作研发模式进行优化,以取得更好的激励效果。设置汽车制造商激励电池生产商的收益分享机制,以提高双方的合作水平,调动电池生产商的合作研发积极性。为使得过度自信更显著地影响到整体效用,同时有利于提高电池续航能力水平,有必要对二者联合条件下的研发决策变化情况进行分析。选择收益分享系数 h 的取值区间为 $[0,1]$,计算出新能源汽车供应链效用和最终续航能力的变化情况。设 $\Delta\sigma_b = 1, \Delta\sigma_m = 1$,计算最终续航能力及3种效用水

平的变化情况,对所得结果预处理后,绘制出这两个变量相关性的变化曲线图,如图10~11。对图10进行分析可知,收益分享系数增加时,对应的最终续航水平总体上看表现为先升后降。在汽车制造商设置的收益共享系数低于阈值条件下,二者表现出正相关关系;高于阈值条件下二者存在负相关关系,此阈值就是续航最大条件下对应的收益分享系数 h_c^* 。根据以上结果可确定出唯一的最优收益分享系数 h_c^* 使电池续航能力最大。由图11可知,收益分享系数增加,汽车制造商的效用水平总体上表现为先升后降,不过电池生产商的效用水平则不断增加。由此可判断出双方效用水平最优时对应的收益分享系数。将这两个系数分别设置为 (h_b^*, h_m^*) ,使得整体效用最大时的分享系数介于 (h_b^*, h_m^*) 间,设置为 h_{sc}^* ,也就是存在关系式 $h_m^* < h_{sc}^* < h_b^*$ 。由此可判断出,为使得整体效用水平最大,收益分享系数应该控制在 (h_b^*, h_m^*) 间。

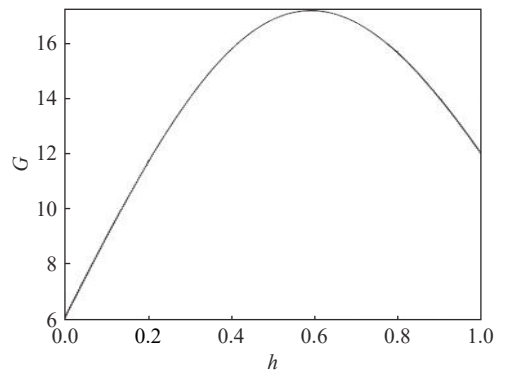


图10 收益分享系数和电池续航能力相关性曲线
Figure 10 The impact of revenue sharing coefficient on the final endurance

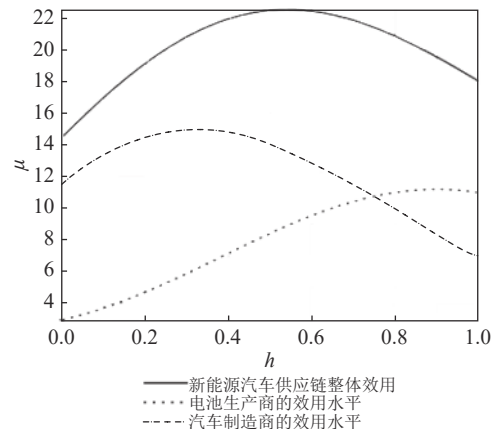


图11 收益分享系数对效用水平的影响
Figure 11 The impact of revenue sharing coefficient on utility level

4 结论

过度自信属于一种决策领域常见的认识偏差, 本文在进行新能源汽车供应链合作研发研究时引入了过度自信因素。对比研究了分配收益机制时, 不同过度自信条件下电池续航能力、研发努力投入、效用水平等指标的变化情况, 所得结果可为优化供应链成员合作提供参考。建立4种博弈决策模型, 进行模拟仿真分析, 得到如下结论: 1) 和双方完全理性相比, 3种过度自信情形都可促进供应链成员的研发投入, 也提升了对应的效用水平、续航能力; 2) 双方都过度自信时, 对应的电池续航能力、研发投入、效用水平都达到最高水平; 3) 双方的研发投入和效用水平都和各自及其对方过度自信水平存在正相关关系, 且自身过度自信的这方面影响更显著; 4) 双方过度自信水平提高后, 供应链整体效用和电池续航能力都有所增加, 和电池生产商相比, 汽车制造商过度自信对这两个指标影响更显著; 5) 在促进供应链整体效用方面, 应该对收益分享系数进行优化。

本文分析了新能源汽车供应链成员过度自信情形下合作研发决策的变化情况, 所得结果和以往研究中只分析单个成员过度自信的结果相比更有参考价值, 也更符合实际情形。不过本文研究也存在一定欠缺之处, 表现为只考虑过度自信这种偏好, 而实际的决策偏好可能有很多种, 且各种偏好产生的影响也各有不同。因而后续研究将针对以上不足进行补充和完善。

参考文献:

- [1] FENG X, HUANG B, LI Y Y. R&D investment in new energy vehicles with purchase subsidy based on technology adoption life cycle and customers' choice behaviour[J]. *IET Intelligent Transport Systems*, 2020, 14(11): 1371-1377.
- [2] MENG W D, WANG Y, LI Y Y, et al. Impact of product subsidies on R&D investment for new energy vehicle firms: considering quality preference of the early adopter group[J/OL]. *PLoS One* 2020(2020-07-31) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236626>. eCollection2020.
- [3] XU H F, WANG L X. Government subsidies, R&D investment and financial performance of new energy vehicles enterprises[J]. *Science Innovation*, 2019, 7(5): 137-142.
- [4] 谢家平, 李璟, 杨非凡, 等. 新能源汽车闭环供应链的多级契约决策优化[J]. *管理工程学报*, 2020, 34(2): 180-193.
XIE Jiaping, LI Jing, YANG Feifan, et al. Multi-level contract decision optimization for closed-loop supply chain of new energy vehicles[J]. *Chinese Journal of Management Engineering*, 2020, 34(2): 180-193.
- [5] XI T, WU J M, FENG B, et al. Research on "subsidy defraud" of new energy vehicles enterprises based on signal game[J]. *Open Journal of Business and Management*, 2019, 7(4): 1803-1814.
- [6] 姜彩楼, 张莹, 李玮玮, 等. 政府补贴与新能源汽车企业研发的演化博弈研究[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(11): 22-28.
JIANG Cailou, ZHANG Ying, LI Weiwei, et al. Research on the evolutionary game of government subsidies and new energy vehicle enterprise R&D[J]. *Operations Research and Management*, 2020, 29(11): 22-28.
- [7] 曹飞韶, 吴迪. 基于信号博弈的新能源汽车研发补贴分析[J]. *科技管理研究*, 2015, 35(14): 21-25.
CAO Feishao, WU Di. Analysis of new energy vehicle R&D subsidies based on signal game[J]. *Science and Technology Management Research*, 2015, 35(14): 21-25.
- [8] 马亮, 仲伟俊, 梅妹娥. 基于续航能力需求的新能源汽车产业链补贴策略研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2018, 38(7): 1759-1767.
MA Liang, ZHONG Weijun, MEI Shu'e. Research on new energy vehicle industry chain subsidy strategy based on endurance demand[J]. *System Engineering - Theory and Practice*, 2018, 38(7): 1759-1767.
- [9] COMBRINK S, LEW C. Potential underdog bias, overconfidence and risk propensity in investor decision-making behavior[J]. *Journal of Behavioral Finance*, 2020, 21(4): 337-351.
- [10] MEIER C, DE MELLO L. Investor overconfidence in experimental asset markets across market states[J]. *Journal of Behavioral Finance*, 2020, 21(4): 369-384.
- [11] ZHANG M, WANG Y M. Network correlation between investor's herding behavior and overconfidence behavior[J]. *Chinese Physics B*, 2020, 29(4): 1-12.
- [12] HAN X, LI K, LI Y W. Investor overconfidence and the security market line: new evidence from China[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2020, 117(C): 1-28.
- [13] AGHAZADEH S, SUN L L, WANG Q, et al. Investors' perception of CEO overconfidence: evidence from the cost of equity capital[J]. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 2018, 51(4): 1129-1150.
- [14] CHEN K G, WANG X Y, HUANG M, et al. Price strategies and salesforce compensation design with overconfident sales agent[J]. *RAIRO-Operations Research*, 2020, 54(5): 1347-1368.
- [15] ZHAO Y X. Optimal decision-making for green supply chain based on overconfidence under the carbon emission constraint[J]. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 2019, 52(2): 1-12.
- [16] 浦徐进, 诸葛瑞杰. 过度自信和公平关切对装备制造供应链合作研发绩效的影响[J]. *管理工程学报*, 2017, 31(1): 10-15.
PU Xujin, ZHUGE Ruijie. The impact of overconfidence and fairness concerns on the joint R&D performance of the equipment manufacturing supply chain[J]. *Chinese Journal of Management Engineering*, 2017, 31(1): 10-15.
- [17] KRETSCHMER T, PURANAM P. Integration through incentives within differentiated organizations[J]. *Organization Science*, 2008, 19(6): 860-875.