

传统车企的新能源转型模式和策略选择

李晓攀¹, 刘仕强¹, 林闽青¹, 陈 晔²

(1. 福州大学 经济与管理学院, 福州 350108; 2. 福州泰全工业有限公司, 福州 350119)

摘要:为探究传统车企转型路径及实现条件,从平台生态系统视角出发,构建传统车企与平台企业的演化博弈模型,探讨二者的策略选择和主要影响因素,并分析如何促进二者合作为传统车企赋能。研究表明:收益及其分配系数、合作成本及其分担系数是决定传统车企与平台企业合作并且向新能源汽车转型成功的重要因素。平台生态系统需建立科学的收益分配与成本分担机制,同时应重视发挥平台生态系统的协同效应、网络效应、价值共创的优势。

关键词:新能源转型;传统车企;新能源汽车;平台企业;平台生态系统;演化博弈

中图分类号:C93 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)08-0193-12

近年来,能源与环境问题面临前所未有的挑战,由于石油资源的匮乏、尾气排放对环境的污染,传统车企的发展受到了质疑^[1]。汽车产业作为中国国民经济的支柱产业,其健康繁荣发展对国家安全和社会稳定具有至关重要的作用,传统车企的转型势在必行。中国在“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要中提到要达成生产生活方式绿色转型、主要污染物排放总量持续减少、聚焦发展新能源汽车产业的目标^[2]。推广新能源汽车是缓解石油工业和生态环境压力的有效举措^[3]。在新能源汽车时代背景下,高能耗燃油车缺乏持久竞争力,面临转型技术、人才储备不足等困难,迫切需要将当前发展面临的压力转化为转型发展的动力,以实现持续成长^[4]。助力传统汽车制造企业的新能源战略转型,能够有效缓解能源匮乏和环境污染的压力,既符合可持续发展的要求,又是汽车工业未来发展的新方向^[5]。因此,本文主要探讨新能源汽车时代背景下传统汽车战略转型的问题,引入平台生态系统对传统汽车转型提供切实可行的路径参考以实现汽车产业健康繁荣的发展。

已有研究主要从环境指标、能源来源、能源利用效率和减排成本角度对传统汽车与新能源汽车进行评价。从环境指标^[6]来看,传统汽车行驶产生的尾气不仅会对环境造成直接污染,还会间接引发

温室效应、酸雨、气候异常等现象,新能源汽车在运行过程中几乎不会造成环境污染;传统汽车行驶会产生平均 70 dB 以上的噪声,新能源汽车只会发出比传统汽车低 10~15 dB 的电磁噪声和机械噪声。从能源来源^[7]看,传统汽车高度依赖石油,石油的稳定供应常常得不到保障,新能源汽车的能源可由水力、火力、核能等多样化渠道供给。从能源利用效率^[8]来看,传统汽车近 70% 的能量被转化为热能和空转,新能源汽车除了无此问题,传动效率也比传统汽车高。从减排成本^[9]来看,随着技术的进步,新能源汽车的减排成本具有更大的下降潜力。在接下来的几十年里,电动汽车的驾驶成本将继续降低,消费者将获得越来越大的节省,从长远看汽车企业对电力传动系统的投资比提高燃油经济性的投资更具成本效益,汽车制造商有强烈的动机过渡到新能源汽车来锁定长期生存能力和盈利能力^[10]。因此传统汽车企业亟待寻求特定的策略向新能源汽车转型。

目前学者们主要从国家政策视角探讨传统车企的新能源发展。Li 等^[11]提出双积分政策促进了新能源汽车的发展,迫使传统汽车制造商从长远角度发展自己的新能源汽车业务;与此同时周钟和刘敏^[12]也提出双积分政策可以深度刺激企业的创新研发。邵璐璐等^[13]探讨社会福利最大化时各利益

收稿日期:2022-04-06

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71871064)。

作者简介:李晓攀(1997—),男,湖北随州人,福州大学经济与管理学院,硕士研究生,研究方向为企业战略转型;通信作者刘仕强(1975—),男,福建南安人,福州大学经济与管理学院,教授,博士,研究方向为复杂系统管理优化;林闽青(1996—),女,福建福州人,福州大学经济与管理学院,博士研究生,研究方向为博弈论理论和应用;陈晔(1983—),男,福建福州人,福州泰全工业有限公司,工程师,研究方向为汽车生产线管理系统。

相关者对新能源汽车的策略选择,最终影响消费者对汽车的选择。Zhu等^[14]通过分析传统汽车和新能源汽车的产品差异模型,得出碳排放政策给传统汽车产业带来了冲击,有利于传统车企投入对新能源汽车的研发。何源等^[15]从中央和地方视角探讨如何使得政策协同一致促使新能源汽车产业快速发展,以实现促进传统车企转型。韩纪琴和余雨奇^[16]从新能源汽车产业视角出发,探讨政策补贴、研发投入和创新绩效三者间的关系。还有学者从技术路径视角探讨传统车企如何追赶新能源车企。传统车企在整车制造如汽车轻量化^[17]、能源利用效率^[18]、传动效率^[19]、渠道和供应链体系管理^[20]等方面具有深厚的积累,油电混合动力系统技术已经具有相当的技术储备^[21],并且正在积极探索如何实现新能源汽车的快速发展,但是由于新能源汽车对动力电池技术、智能驾驶系统技术等要求较高^[22],且新能源汽车的产业链覆盖范围远远超出传统汽车^[23],新能源汽车新进入者可以通过采用更适合当前技术的商业模式在新能源汽车赛道超过传统车企^[24],传统的汽车制造生产逻辑已经不适用于新能源汽车制造,传统车企如何向新能源转型成为一个难题。也有学者就传统车企转型路径进行了探索。黄俊等^[25]通过对3家本土汽车品牌研究构建出中国汽车制造业转型的理论模型,在自动化阶段采取提高核心竞争力的战略,在信息化阶段采取标准化和信息化集成的战略,在智能化阶段采取企业柔性化建设的战略。乔英俊等^[26]通过分析汽车产业的现状和不足,给出4种转型路径,即自主技术创新、跨界联合发展、政策资源支持、创新商业模式。鲁达非和江曼琦^[27]以京津冀地区的汽车企业为研究对象,指出其发展面临的问题并给出突出汽车智能化、产业链现代化和竞合协同化的建议。

综上,现有文献归纳了新能源汽车和传统汽车的优劣,以及分析新能源时代背景下传统车企被迫转型的现状。然而,现有的传统汽车制造生产逻辑已经不适用于新能源汽车制造,虽然亦有学者对转型路径进行了探索,但都仅仅提及现今传统汽车企业要积极寻求外界合作,如和互联网企业等的合作,但是未通过动态演化博弈模型深入探讨合作路径,也未对其合作内容做出实质性探讨,本文旨在填补这一空白。因此需要探讨作为新能源汽车市场新进入者的传统车企如何破局,如何主动地寻求外部资源以实现自身快速进步,深入分析传统车企战略转型的触发因素,并提出有针对性的建议以助

力传统车企的新能源发展。

引入平台生态系统探讨新能源汽车时代背景下传统汽车战略转型的问题。数字经济下,平台企业及其主导的平台生态系统逐步体现其优越性。平台企业是基于自身搭建的互联网平台为双边或多变市场的用户整合、提供资源,更好地降低双方或多方交易成本的主体^[28]。以互联网平台为载体的平台生态系统(Platform Ecosystem)采取开放结构吸引多样化的参与者进入实现价值共创以增强平台的价值^[29],其生存和繁荣需要平台企业精心规划,为其他企业提供服务最终提升整体价值,同时平台生态系统里的企业通过整合平台资源更好地为用户提供服务^[30-31]。已有学者研究平台生态系统如何帮助传统企业转型。如制造业企业借助海尔企业构建的平台生态系统克服供应链问题^[32]、物流企业借助菜鸟平台以共生共赢^[33]、传统支付利用平台生态系统进行创新移动支付开发^[34]、零售业通过平台生态系统更加深入地了解消费者的需求^[35]、医疗业通过平台生态系统解决传统商业模式的局限性^[36]等。由平台生态系统助力传统企业转型的相关文献受到启发,从平台生态视角为传统汽车战略转型提供一条切实可行的路径,并探讨影响传统车企和平台企业合作的因素。

如图1所示,如果传统车企和平台企业合作,由传统车企和平台企业为核心构成平台生态系统的子群^[37],子群内的企业相互共享资源,传统车企拥有造车技术积累优势且供应链完善度高,在整车制造方面拥有绝对优势;平台企业拥有庞大的用户基础,自带用户流量,且具有快速整合资源的能力。传统车企进入到平台企业构建的平台生态系统中,能够充分利用平台企业的现有资源如原料供应商、电池供应商、软件开发商等软硬件互补型企业,最大化整合利用资源,在新能源汽车研发过程中凭借自己既有的造车技术,辅以平台生态系统中各个企业的帮助,通过网络效应^[38]、价值共创^[39]和协同效应^[40]突破自身的局限性,在智能化和电动化方面的研发取得突破性进展,以实现顺利转型。

与目前的研究相比,主要在如下几个方面作出贡献:

1)从研究问题来看,从平台生态系统视角考察了平台企业对传统车企转型的影响,丰富了国内对新能源汽车产业发展的研究。

2)从研究对象来看,以传统车企为研究对象,为传统车企主动地寻求外部资源以实现新能源发

展提供了参考。

3)从研究方法来看,利用演化博弈分析论证了平台生态系统对传统车企转型的影响机制。针对以往研究中主体博弈策略收益项目的有限性,将支付矩阵中的收益项目进行了扩展,并且打破传统博弈理论完全理性人的假设,基于有限理性条件下探讨二者的动态演化博弈过程,使得模型与实际情况更加一致。

4)从实践角度来看,通过定量分析模型验证了

收益、收益分配系数、合作成本和成本承担系数影响平台企业与传统车企的策略选择是影响二者合作的重要因素,为传统车企在新能源汽车市场如何破局给出指向性的路径说明,即通过融入平台生态系统借助其优势以实现网络效应、价值共创、协同效应,传统车企利用其深厚的供应链管理、造车整车技术等优势快速在新能源汽车市场中取得成功,最后为促进平台汽车企业和传统车企的合作提供相关对策建议。

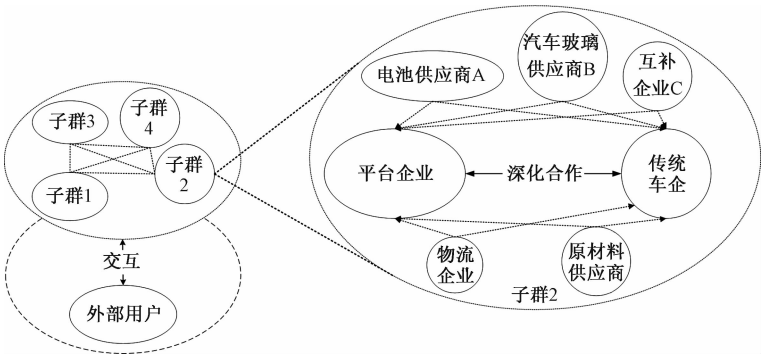


图1 新能源汽车平台生态系统

1 模型构建

1.1 问题描述

研究对象是传统车企和平台企业,探讨其如何选择博弈策略使自身利益最大化。传统车企和平台企业的博弈策略集合均为{合作,不合作}。合作策略是指传统车企融入平台企业构建的平台生态系统促进新能源汽车研发、获取目标用户、降低研发成本等,平台企业则借助传统车企发展其创建的平台生态系统,拓展现有生态系统产品的互补品。不合作策略是传统车企独立开发新能源汽车产品,平台企业不纳入传统车企到平台生态系统中,二者的业务不存在交叉。基于有限理性条件下,二者的博弈可认为是一个动态调整过程,即博弈的行为主体最开始以某个概率试探性地选择一个策略,博弈过程中不断学习掌握新知识,从而修正自己的策略,随着时间的推移二者最终达到稳定^[41-42]。传统车企和平台企业二者的行为策略符合演化博弈的若干假设,因此运用演化博弈分析更加符合现实情况。

1.2 模型假设

假设1:传统车企与平台企业作为博弈的两个主体,假设传统车企采取合作策略的初始比例为 $x(0 < x < 1)$,则传统车企采取不合作策略的初始比例为 $1 - x$;假设平台企业采取合作策略的初始比例为 $y(0 < y < 1)$,则平台企业采取不合作策略

的初始比例为 $1 - y$ 。

假设2:传统车企与平台企业均选择不合作策略时,二者的业务没有交叉点、互不干扰,二者获得的初始收益分别为 R_1 和 R_2 。

假设3:传统车企与平台企业均选择合作策略时,假设双方投入必要的共同成本为 $C_i(i = 1, 2, \dots, n)$,包括合作研发成本、磨合过程中的试错成本等不同类别的共同成本,其中 n 为共同成本的总类别数。二者合作共同成本 C_i 的承担系数为 $\lambda_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 。除此之外,传统车企需投入的费用记为 $U_i(i = 1, 2, \dots, n)$,包括平台资源使用费、传统车企与平台生态系统中其他个体合作的费用等不同类别的投入费用;平台企业需投入的费用记为 $V_i(i = 1, 2, \dots, n)$,包括平台企业付出专用性投资、平台企业对传统车企的管理成本等不同类别的投入费用。同时,双方均选择合作策略会产生共同的收益记为 $S_i(i = 1, 2, \dots, n)$,会带来网络效应、价值共创和协同效应等不同类别的共同收益。二者合作对应共同收益 S_i 的分配系数为 $\beta_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 。此时传统车企的收益为 $R_1 + \sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i$,平台企业的收益为 $R_2 + \sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i$ 。

假设 4:假设合作策略和不合作策略分别被一方选择时,选择合作策略的一方为促成合作会付出额外的成本。当传统车企选择合作策略平台企业选择不合作策略时,传统车企需支付额外成本 M ,此时传统车企的收益为 $R_1 - M$,平台企业的收益为

R_2 ;当传统车企选择不合作策略平台企业选择合作策略时,平台企业需支付额外成本 N ,此时传统车企的收益为 R_1 ,平台企业的收益为 $R_2 - N$ 。

根据上述假设,构建了传统车企与平台企业两个行为主体之间的收益矩阵,见表 1。

表 1 策略收益矩阵

变量		平台企业	
		合作 y	不合作 $1 - y$
传统车企	合作 x	$R_1 + \sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i$ $R_2 + \sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i$	$R_1 - M$ R_2
	不合作 $1 - x$	R_1 $R_2 - N$	R_1 R_2

2 模型求解

2.1 复制动态方程

设传统车企选择合作策略的期望收益为 E_{11} ,传统车企选择不合作策略的期望收益为 E_{12} ,传统车企的平均期望收益为 E_1 ,计算结果如下:

$$E_{11} = y(\sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i + M) + R_1 - M \tag{1}$$

$$E_{12} = yR_1 + (1 - y)R_1 = R_1 \tag{2}$$

$$E_1 = xy(\sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i + M) - xM + R_1 \tag{3}$$

设平台企业选择合作策略的期望收益为 E_{21} ,平台企业选择不合作策略的期望收益为 E_{22} ,平台企业的平均期望收益为 E_2 ,结果如下:

$$E_{21} = x[\sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i + N] + R_2 - N \tag{4}$$

$$E_{22} = xR_2 + (1 - x)R_2 = R_2 \tag{5}$$

$$E_2 = xy[\sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i + N] - yN + R_2 \tag{6}$$

根据演化博弈的动态方程原理^[43],传统车企和平台企业的复制动态方程为

$$F(x) = x(1 - x)[y(\sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i + M) - M] \tag{7}$$

$$F(y) = y(1 - y)\{x[\sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i + N] - N\} \tag{8}$$

2.2 均衡点稳定性分析

以上复制动态方程刻画了传统车企和平台企业博弈策略选择的动态调整过程,双方在不断学习与改进过程中达到纳什均衡。令 $F(x) = 0$ 和 $F(y) = 0$, $K = \sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i$, $L = \sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i$ 。由此可以得到系统的 5 个局部均衡点分别为 $G_1(0, 0)$ 、 $G_2(0, 1)$ 、 $G_3(1, 0)$ 、 $G_4(1, 1)$ 、 $G_5[N/(K + N), M/(L + M)]$ 。

得到的局部均衡点并不一定符合演化稳定策略(evolutionarily stable strategy, ESS)^[44],于是分析均衡点的稳定性,雅可比矩阵可以用来分析其稳定性^[45],雅可比矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{bmatrix} \tag{9}$$

微分方程组局部均衡点的稳定性可由矩阵 J 的行列式 $\det J$ 和迹 $\text{tr } J$ 来确定,存在均衡点使得 $\det J > 0$ 和 $\text{tr } J < 0$,此时复制动态方程的局部均衡点是演化稳定策略(ESS)。雅可比矩阵的行列式和迹分别为

$$\det J = (1 - 2x)(1 - 2y)(yL + yM - M)(xK + xN - N) - x(1 - x)y(1 - y)(L + M)(K + N) \tag{10}$$

$$\begin{aligned} \text{tr } J &= (1-2x)(yL+yM-M) + \\ &\quad (1-2y)(xK+xN-N) \end{aligned} \tag{11}$$

将上述的 5 个局部均衡点分别代入式(10)和式(11),见表 2。

根据 K 和 L 取值的不同情况,讨论不同取值对系统演化稳定均衡点的影响,共有 4 种情况,如图 2 所示。

表 2 雅可比矩阵的行列式和迹

均衡点	$\det J$	$\text{tr } J$
$G_1(0,0)$	MN	$-M-N$
$G_2(0,1)$	LN	$L+N$
$G_3(1,0)$	KM	$K+M$
$G_4(1,1)$	LK	$-L-K$
G_5	$-x(1-x)y(1-y)(L+M)(K+N)$	0

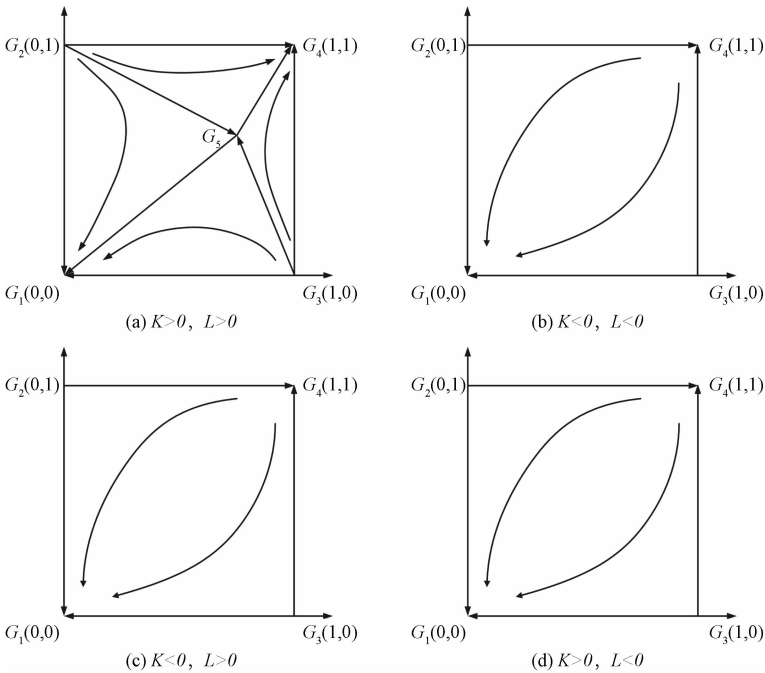


图 2 传统车企和平台企业合作策略演化路径

当 $K > 0$ 且 $L > 0$ 时,即传统车企和平台企业选择合作策略的总收益都大于零。根据表 2 分析可知,点 G_1 和点 G_4 是两个稳定点,他们分别对应(不合作,不合作)和(合作、合作)两种帕累托最优结果,点 G_2 和点 G_3 是博弈的不稳定点,点 G_5 为鞍点。其博弈的演化相位图如图 2(a)所示,(合作,合作)和(不合作、不合作)是这个模型的两种稳定状态。该博弈的演化将朝着哪一个方向发展取决于 $G_2G_5G_3G_4$ 区域和 $G_2G_5G_3G_1$ 区域面积的相对大小。当初始点位于不稳定点与鞍点连线的右上方 ($G_2G_5G_3G_4$ 区域)时,系统将会向点 $G_4(1,1)$ 收敛,双方将会向(合作、合作)策略演进;当初始点处于不稳定点与鞍点连线的右下方 ($G_2G_5G_3G_1$ 区域)时,系统将会向点 $G_1(0,0)$ 收敛,双方将会向(不合作,不合作)策略演进。

当 $K < 0$ 且 $L < 0$ 时,即传统车企和平台企业选择合作策略的总收益都小于零。根据表 2 分析可知,只有一个均衡稳定点 $(0,0)$,即在给定条件下双方会向(不合作,不合作)策略演化,相位图如图 2(b)所示。

当 $K < 0$ 且 $L > 0$ 时,即传统车企选择合作策略的总收益大于零、平台企业选择合作策略的总收益小于零。根据表 2 分析可知,只有一个均衡稳定点 $(0,0)$,即在给定条件下双方博弈的演化路径最终演化到(不合作,不合作)策略,相位图如图 2(c)所示。

当 $K > 0$ 且 $L < 0$ 时,即传统车企选择合作策略的净收益小于零、平台企业选择合作策略的总收益大于零。根据表 2 分析可知,只有一个均衡稳定点 $(0,0)$,即在给定条件下双方最终会演化到(不合作,不合作)策略,相位图如图 2(d)所示。

综上,传统车企和平台企业合作时只要有一个博弈主体的总收益小于零,总收益小于零的那一方所获得的总收益小于双方都采取(不合作,不合作)策略的收益,此时演化路径将朝着(不合作,不合作)策略演化。想要二者达到合作的状态,必须使

$$\begin{aligned} &\text{下式成立: } \sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i > 0 \text{ 且} \\ &\sum_{i=1}^n (1-\beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1-\lambda_i) C_i > 0。 \end{aligned}$$

3 模型分析与讨论

由上述分析可知, $K > 0$ 且 $L > 0$ 是传统车企和平台企业达到合作状态的前提, 如图 2(a) 所示, 此时演化趋势将朝着哪一个方向发展取决于 $G_2G_5G_3G_4$ 区域和 $G_2G_5G_3G_1$ 区域面积的相对大小。令 $G_2G_5G_3G_1$ 区域面积为 D_1 , 令 $G_2G_5G_3G_4$ 区域面积为 D_2 , D_1 面积公式为

$$D_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{N}{\sum_{i=1}^n (1 - \beta_i) S_i - \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i + N} + \frac{M}{\sum_{i=1}^n \beta_i S_i - \sum_{i=1}^n U_i - \sum_{i=1}^n \lambda_i C_i + M} \right] \quad (12)$$

影响 D_1 的因素如下。

1) 合作成本。对 D_1 分别求共同合作成本 C_i 、平台企业需投入的费用 V_i 和传统车企需投入的费用 U_i 的偏导, 如式(13)~式(15)所示, 可知 D_1 是 C_i 、 V_i 和 U_i 的单调增函数, 即 D_1 将随着博弈双方合作投入共同成本或单独成本的增加而增加, 系统向 $G_1(0, 0)$ 点演化的概率增加, 博弈双方更加倾向于采取不合作策略。由推导可知, 无论是双方各自付出的成本, 如平台资源使用费、专用性投资、对传统车企的管理成本等的增加, 还是共同付出的成本, 如合作研发成本等的增加, 都会对双方的合作产生消极负面影响。

$$\frac{\partial D_1}{\partial C_i} = \frac{1}{2} \left[\frac{N \sum_{i=1}^n (1 - \lambda_i) C_i}{(K + N)^2} + \frac{M \sum_{i=1}^n \lambda_i}{(L + M)^2} \right] > 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial D_1}{\partial V_i} = \frac{1}{2} \left[\frac{N}{(K + N)^2} + \frac{M}{(L + M)^2} \right] > 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial D_1}{\partial U_i} = \frac{1}{2} \left[\frac{N}{(K + N)^2} + \frac{M}{(L + M)^2} \right] > 0 \quad (15)$$

结论 1: D_1 是 C_i 、 V_i 和 U_i 的单调增函数, 新能源汽车产业还处于发展期, 传统车企和平台企业的成本回收周期较长, 如果双方合作的成本 C_i 、 V_i 和 U_i 较高时, 双方的合作意愿将会随之降低。

2) 合作收益。对 D_1 求合作收益 S_i 的偏导, 如式(16)所示, 可知 D_1 是 S_i 的单调减函数, 即 D_1 将随着博弈双方合作获得的共同收益的增加而减少。系统向 $G_4(1, 1)$ 点演化的概率增加, 博弈双方更加倾向于采取合作策略。由上述推导可知, 双方合作由网络效应 S_1 、价值共创 S_2 和协同效应 S_3 等产生的收益都会对合作产生积极正面的影响。

$$\frac{\partial D_1}{\partial S_i} = -\frac{1}{2} \left[\frac{N \sum_{i=1}^n (1 - \beta_i)}{(K + N)^2} + \frac{M \sum_{i=1}^n \beta_i}{(L + M)^2} \right] < 0 \quad (16)$$

结论 2: D_1 是 S_i 的单调减函数, 新能源汽车产业作为新兴产业有较大的增长速度, 传统车企和平台企业合作时, 二者能够充分发挥自身优势, 如果基于网络效应、价值共创、协同效应的合作收益较高时, 将显著提高双方的合作意愿。

3) 合作收益分配系数。对 D_1 求合作收益分配系数 β_i 的一阶导, 如式(17)所示, 其取值的正负存在不确定性, 可知 β_i 对 D_1 的影响不是完全单调的, 于是再对 D_1 求 β_i 的二阶导, 如式(18)所示, 可知 D_1 随 β_i 先减小后增大, 当式(19)成立时, D_1 取最小值, 此时 D_2 最大, 双方的合作向 $G_4(1, 1)$ 演化, 博弈双方更加倾向于采取合作策略。

$$\frac{\partial D_1}{\partial \beta_i} = -\frac{1}{2} \left[-\frac{NS_i}{(K + N)^2} + \frac{MS_i}{(L + M)^2} \right] \quad (17)$$

$$\frac{\partial^2 D_1}{\partial \beta_i^2} = \frac{NS_i^2}{(K + N)^3} + \frac{MS_i^2}{(L + M)^3} > 0 \quad (18)$$

$$\frac{N}{(K + N)^2} = \frac{M}{(L + M)^2} \quad (19)$$

结论 3: 传统汽车和平台企业合作时, 产生的共同收益涉及分配问题, 当 $N/(K + N)^2 = M/(L + M)^2$ 成立, 可使收益分配系数处在一个最优值, 能够促成双方的合作。

4) 成本分摊系数。对 D_1 分别求成本分配系数 λ_i 的一阶导, 如式(20)所示, 其取值的正负存在不确定性, λ_i 对 D_1 的影响不是完全单调的, 于是再对 D_1 分别求 λ_i 的二阶导, 如式(21)所示, 可知 D_1 随 λ_i 先减小后增大, 当式(19)成立时, D_1 取最小值, 此时 D_2 最大, 双方的合作向 $G_4(1, 1)$ 演化, 博弈双方更加倾向于采取合作策略。

$$\frac{\partial D_1}{\partial \lambda_i} = -\frac{1}{2} \left[\frac{NC_i}{(K + N)^2} - \frac{MC_i}{(L + M)^2} \right] \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 D_1}{\partial \lambda_i^2} = \frac{NC_i^2}{(K + N)^3} + \frac{MC_i^2}{(L + M)^3} > 0 \quad (21)$$

结论 4: 传统汽车和平台企业合作时, 付出的共同成本涉及分担问题, 当 $N/(K + N)^2 = M/(L + M)^2$ 成立, 可使成本分摊系数处在一个最优值, 能够促成双方的合作。

4 数值实验

4.1 项目概况与模型参数设定

2019 年, 传统车企 A 和平台企业 B 达成战略合作, 双方将共同打造新能源汽车平台。根据 A、B

企业的财务报表显示,2018 年 A 企业的净利润为 6.81 亿元人民币,B 企业的新能源汽车业务净利润为 15.63 亿元人民币。A、B 企业于 2019 年在新能源汽车领域达成战略合作,A 企业到 2020 两年的研发投入为 38.23 亿元,B 企业在新新能源汽车业务中投入为 56.78 亿元。A 企业 2018 年新能源汽车业务利润为 2.604 亿元,2020 年新能源汽车业务利润高达 41.01 亿元。

由于很难获得实际的综合数据,对以下参数进行合理的假设。如果(合作,合作)策略组合被选择,双方会在网络效应、价值共创、协同效应方面产生的收益,假设 S_1 、 S_2 、 S_3 分别为 19.97 亿元、13.78 亿元、29.93 亿元;双方合作的共同研发成本 C_1 为 38.12 亿元,磨合期的试错成本 C_2 为 3.37 亿元;传统车企 A 付出的平台资源使用费 U_1 为 5.31 亿元,与其他个体合作产生的费用 U_2 为 2.46 亿元;

平台企业单独付出的专用性投资 V_1 为 5.56 亿元,对传统车企的管理成本 V_2 为 3.98 亿元;双方选择合作策略时,收益分配和成本分担系数分别假设为 0.5。如果(合作,不合作)或者(不合作,合作)组合策略被选择,二者单独有合作意愿时的投入不会超过二者共同意愿时的投入,且由于传统车企转型愿望迫切,所以传统车企 A 为合作付出的投入要比平台企业 B 多,传统车企 A 单方面想要合作付出的配套成本 M 取值为 2.2 亿元,平台企业 B 单方面想要合作付出的配套成本 N 取值为 1.8 亿元;由于传统车企的转型欲望强烈,所以设定传统车企的初始合作意愿 x 为 0.6,平台企业的初始合作意愿 y 设定为 0.4。如果(不合作,不合作)组合策略被选择,双方的业务没有交叉,分别获得收益 R_1 为 6.81 亿元、 R_2 为 15.63 亿元。具体参数假设见表 3。

表 3 仿真参数赋值

参数	x	y	S_1	S_2	S_3	β_1	β_2	β_3	C_1
取值	0.6	0.4	19.97	13.78	29.93	0.5	0.5	0.5	38.12
参数	C_2	λ_1	λ_2	U_1	U_2	V_1	V_2	M	N
取值	3.37	0.5	0.5	5.31	2.46	5.56	3.98	2.2	1.8

在此项目中,将上述参数值代入到演化系统当中,演化结果为(合作,合作),与实际情况一致,如图 3 所示。

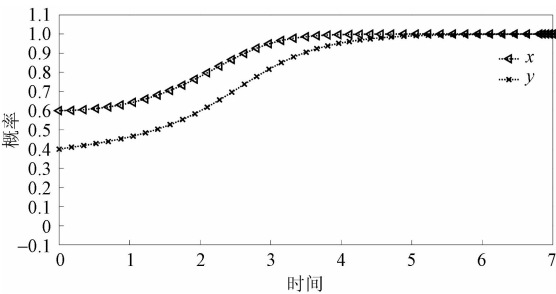


图 3 初始演化路径

下面着重分析博弈双方合作收益 (S_i)、分配系数 (λ_i) 以及成本 (C_i, U_i, V_i) 和承担系数 (β_i) 对双方博弈的影响。

4.2 合作收益及分配系数对演化的影响

4.2.1 合作收益 S_i 变化

其他参数不变的情况下,平台企业和传统车企的合作收益 S_i 变化时,双方的策略选择演化路径如图 4~图 6 所示。由图可知, S_i 的大小影响最终双方的策略选择, S_i 存在一个临界值: $S_1 \in (19, 19.97)$, $S_2 \in (13, 13.78)$, $S_3 \in (29, 29.93)$, S_i 高

于临界值时,双方的合作意愿都较高,系统将演化到合作策略, S_i 低于上述临界值时,双方的合作意愿也随之降低,系统将演化到不合作状态。因此加强对平台生态系统的建设,发挥网络效应、价值共创、协同效应的作用,使得生态系统成员都能够获得较高收益是作为核心企业的重要责任,也是促使双方合作的关键因素。结论 2 得到证明。

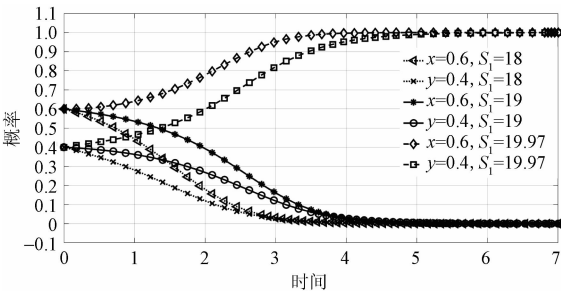


图 4 S_1 变化演化路径

4.2.2 收益分配系数 β_i 变化

其他参数不变的情况下,传统车企和平台企业的合作收益分配系数 β_i 变化时,双方的策略选择演化路径如图 7~图 9 所示。 β_i 的大小影响最终双方的策略选择, β_i 存在一个临界范围: $\beta_1 \in (0.34,$

0.54), $\beta_2 \in (0.27, 0.55)$, $\beta_3 \in (0.39, 0.53)$, β_1 处于临界范围时, 双方的合作意愿都较高, 系统将演化到合作策略, β_1 超出临界范围时, 系统将演化到不合作策略。即存在一个合理的收益分配系数, 能够最大程度促进传统车企和平台企业的合作。结论 3 得到证明。

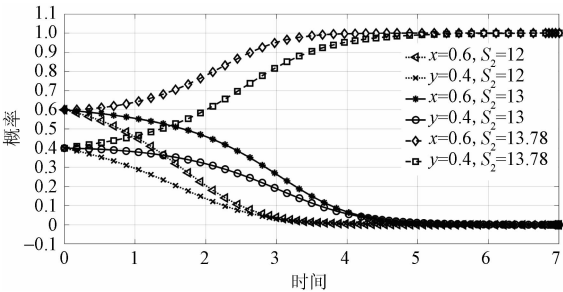


图 5 S_2 变化演化路径

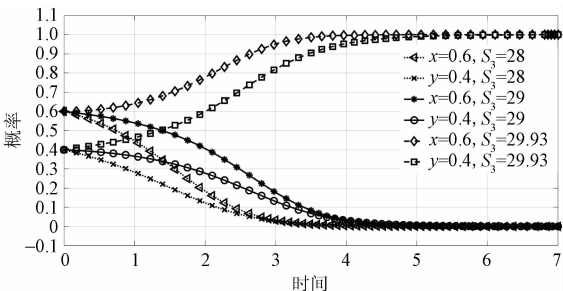


图 6 S_3 变化演化路径

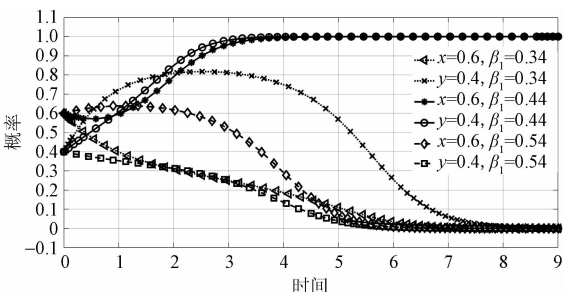


图 7 β_1 变化演化路径

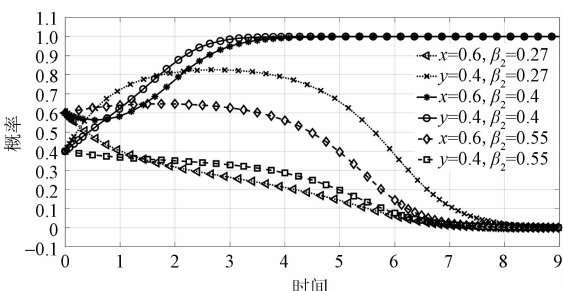


图 8 β_2 变化演化路径

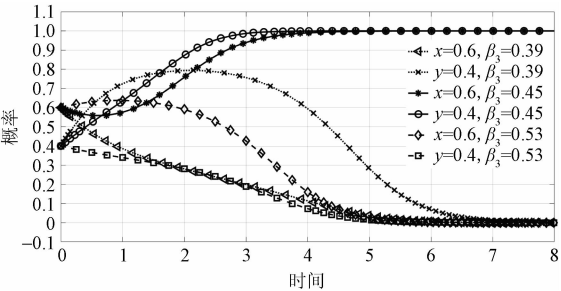


图 9 β_3 变化演化路径

4.3 合作成本及承担系数对演化的影响

4.3.1 共同成本 C_i 变化

其他参数不变的情况下, 平台企业和传统车企的合作共同成本 C_i 变化时, 双方的策略选择演化路径如图 10、图 11 所示。由图可知, C_i 的大小影响双方的策略选择, C_i 存在一个临界值: $C_1 \in (38.12, 39)$, $C_2 \in (3.37, 4)$, C_i 超过临界值时, 系统将演化到不合作策略, C_i 低于临界值时, 系统将演化到合作策略, 所以合作的共同成本越小越有利于传统车企和平台企业的合作。结论 1 得到证明。

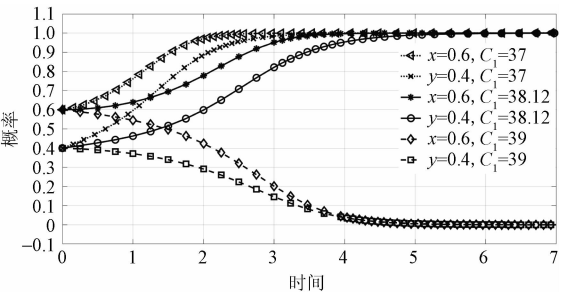


图 10 C_1 变化演化路径

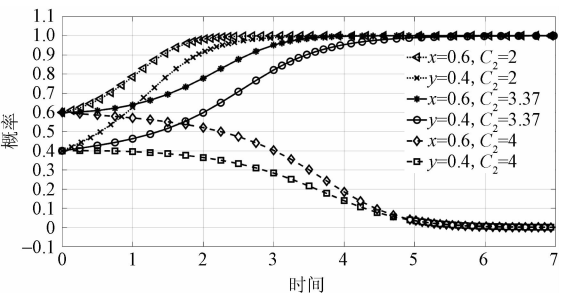


图 11 C_2 变化演化路径

4.3.2 传统车企投入的费用 U_i 变化

其他参数不变的情况下, 传统车企投入的费用 U_i 变化时, 双方的策略选择演化路径如图 12、图 13 所示。由图可知, U_i 的大小影响最终双方的策略选择, U_i 存在一个临界值: $U_1 \in (5.31, 6)$, $U_2 \in (4, 5)$, U_i 高于临界值时, 系统将演化到不合作策略,

U_i 低于临界值时,系统将演化到合作策略,所以传统车企投入的费用越小越有利于传统车企和平台企业的合作。结论 1 得到证明。

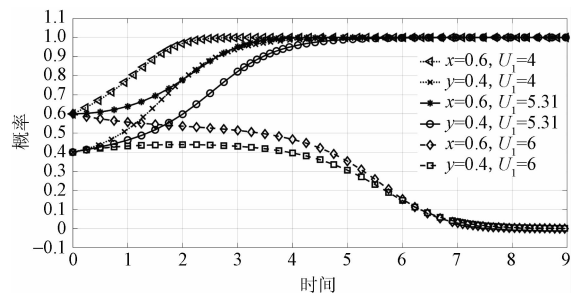


图 12 U_1 变化演化路径

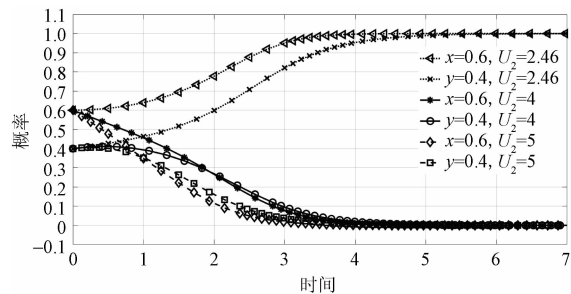


图 13 U_2 变化演化路径

4.3.3 平台企业投入的费用 V_i 变化

其他参数不变的情况下,平台企业投入的费用 V_i 变化时,双方的策略选择演化路径如图 14、图 15 所示。由图可知, V_i 的大小影响最终双方的策略选择, V_i 存在一个临界值: $V_1 \in (5.56, 6)$, $V_2 \in (3.98, 5)$, V_i 超过临界值时,系统将演化到不合作策略, V_i 低于临界值时,系统将演化到合作策略,所以平台企业投入的费用越小越有利于传统车企和平台企业的合作。结论 1 得到证明。

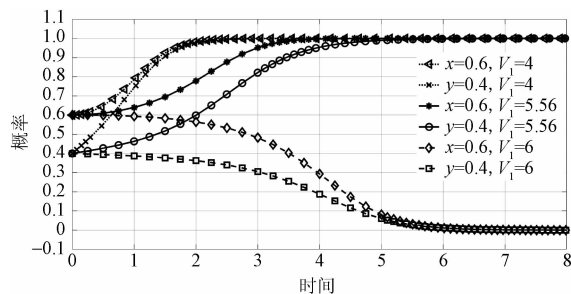


图 14 V_1 变化演化路径

4.3.4 成本分摊系数 λ_i 变化

其他参数不变的情况下,传统车企和平台企业的合作成本分摊系数 λ_i 变化时,双方策略选择的演化路径如图 16、图 17 所示。由图所示, λ_i 的大小影

响最终双方的策略选择, λ_i 存在一个临界范围: $\lambda_1 \in (0.48, 0.59)$, $\lambda_2 \in (0.5, 1)$, λ_i 位于临界范围时,系统将演化到合作策略, λ_i 超过临界范围时,系统将演化到不合作策略。即存在一个合适的成本承担系数,使得传统车企和平台企业能够以较大概率参与合作。结论 4 得到证明。

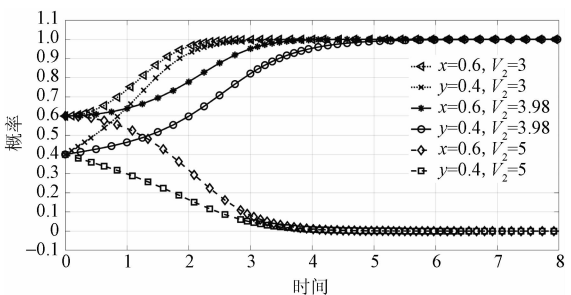


图 15 V_2 变化演化路径

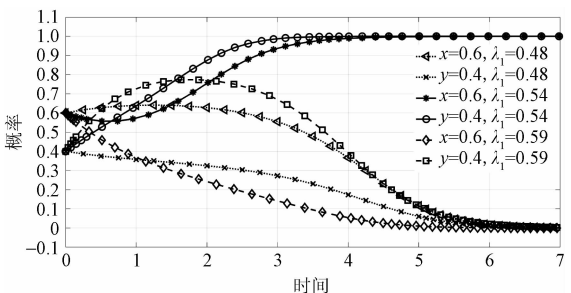


图 16 λ_1 变化演化路径

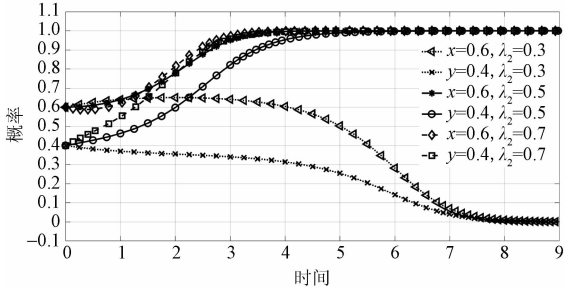


图 17 λ_2 变化演化路径

5 结论

从平台生态系统视角出发,建立了传统车企与平台企业之间的演化博弈模型,探讨二者{合作,不合作}的策略选择。在对二者的博弈进行平衡稳定性分析后,又讨论二者合作的收益、收益分配系数、合作成本、成本承担系数等因素对二者动态演化博弈的影响。结合前文分析,可得到以下结论:

1)如果传统车企和平台企业合作产生的收益足够大而合作成本又相对较低时,如平台生态系统充分调动其资源、传统车企的优势得到有效的利

用、因二者合作平台生态系统的价值得到提升等,二者将会因网络效应、价值共创、协同效应等而快速取得成功,在新能源汽车行业获取竞争优势,同时获得丰厚的利润,最终传统车企和平台企业将会采取合作的策略。

2)如果传统车企和平台企业合作收益分配系数和成本分担系数的设置不合理时,如传统车企获得极低比例收益、平台企业承担大部分成本、二者无法就规则达成一个共识等,受到不公平对待的一方将有强烈的动机打破合作状态来争取自己的利益,在新能源汽车竞争过程中无法追赶对手,最终二者都会采取不合作的策略。

基于上述分析,从传统车企和平台企业角度出发,为有效促进二者的合作,使传统车企更好地融入平台生态系统,提出如下建议:

1)建设与提高平台生态系统。平台企业应致力于降低平台生态系统的准入条件,服务好平台生态系统中的企业,不能为新加入的或者准备加入的合作伙伴设置门槛和障碍。作为领导者角色,平台企业应着力构建协调一致,目标明确的生态系统,平台生态系统中个体相互作用实现规模经济,提高合作收益的同时减少交易成本,杜绝搭便车行为,从而成功地进行价值的共同创造,高质量的平台生态系统^[38]也是吸引用户的关键因素。

2)突出网络效应的优势。网络效应分为直接和间接两种,在二者合作的过程中,充分利用平台生态系统已经积累的用户,在短期扩大使用新能源汽车的用户数量,成功形成直接网络效应;随着用户量的增加,进一步吸引互补厂商的进入,为用户提供更好的服务和体验,形成间接网络效应。

3)利用好价值共创。平台生态系统视角下,传统车企基于生产端的价值创造方式逐渐被处于数字经济时代的基于需求端的价值创造方式所取代,在某种意义上获得上帝视角,有利于新能源汽车的研发与生产,更好地捕捉和满足消费者的需求。

4)促进协同效应。明确传统车企和平台企业的核心优势,通过优势互补,实现一体化合作研发生产,以获得更高的盈利能力,从而提高传统车企的初始合作意愿,深化与供应链企业的合作。如今企业面临的环境已经不像以往可以轻易预测,作为独立的企业要巩固和提高自己的核心竞争力,融入并且在生态系统中提升可以实现这一目的,这样才能在如今剧烈变化的外部环境中站稳脚跟。

5)建立科学合理的利益分配与成本承担体系。

合作过程中合理设置利益分配系数和成本分配系数,科学有效的利益分配制度既能够缩小传统车企与平台企业的收益差距,又能有效避免打击传统车企的选择合作策略的积极性。双方合作过程中,一个公正合理的游戏规则将会使得合作稳定地进行下去。

关于扩展研究如下,在当前中美贸易争端和新冠疫情下的汽车芯片等关键部件供应链安全面临风险^[46],由于汽车生产具有不确定性^[47],在此情景下如何进行汽车供应链管理成为一个关键问题^[48],将进一步探索在国际性突发事件背景下的汽车生产制造及供应链管理。

参考文献

- [1] 张赞,张欠.基于SCP范式的中国新能源汽车产业发展困境分析及政策建议[J].科技和产业,2022,22(3):120-127.
- [2] 新华社.中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL].http://www.gov.cn/xinwen/.
- [3] DU J,OUYANG D. Progress of Chinese electric vehicles industrialization in 2015: a review[J]. Applied Energy, 2017,188:529-546.
- [4] 郑舒允.高质量绿色发展下中国新能源汽车产业发展现状及其问题分析[J].科技和产业,2022,22(3):132-137.
- [5] 王文宾,吕佳,张梦吟,等.合作模式下新能源汽车供应链的资源投入策略研究[J].工业技术经济,2021,40(10):33-41.
- [6] 郭文双,申金升,徐一飞.电动汽车与燃油汽车的环境指标比较[J].交通环保,2002(2):21-23.
- [7] VLIET O V, BROUWER A S, KURAMOCHI T, et al. Energy use, cost and CO₂ emissions of electric cars[J]. Journal of Power Sources, 2011,196(4):2298-2310.
- [8] 朱劲松.基于国家竞争优势理论的我国新能源汽车发展战略研究[J].湖北社会科学,2012(8):77-80.
- [9] 齐兴达,李显君,章博文.中国温室气体减排成本有效性分析:以纯电动汽车为例[J].技术经济,2017,36(4):72-78.
- [10] SIOSHANSI F, WEBB J. Transitioning from conventional to electric vehicles: the effect of cost and environmental drivers on peak oil demand[J]. Economic Analysis and Policy, 2019,61:7-15.
- [11] LI J, KU Y, YU Y, et al. Optimizing production of new energy vehicles with across-chain cooperation under China's dual credit policy[J]. Energy, 2020,194:116832.
- [12] 周钟,刘敏.双积分型产业政策对新能源汽车产业的影响:基于企业政策适应行为的建模[J].科技管理研究,2021,41(18):47-57.
- [13] 邵路路,杨珺,杨超.考虑产品环境质量和消费者惯性的电动汽车供应链策略分析[J].运筹与管理,2017,26(8):

- 99-108.
- [14] ZHU X,REN M,WU G,et al. Promoting new energy vehicles consumption: the effect of implementing carbon regulation on automobile industry in China[J]. *Computers & Industrial Engineering*,2019,135:211-226.
- [15] 何源,乐为,郭本海.“政策领域-时间维度”双重视角下新能源汽车产业政策央地协同研究[J]. *中国管理科学*,2021,29(5):117-128.
- [16] 韩纪琴,余雨奇. 政策补贴、研发投入与创新绩效:基于新能源汽车产业视角[J]. *工业技术经济*,2021,40(8):40-46.
- [17] SUN W,CHEN X,WANGL. Analysis of energy saving and emission reduction of vehicles using light weight materials[J]. *Energy Procedia*,2016,88:889-893.
- [18] CHLOPEK Z,LASOCKI J,WOJCIK P,et al. Experimental investigation and comparison of energy consumption of electric and conventional vehicles due to the driving pattern[J]. *International Journal of Green Energy*,2018,15(11-15):773-779.
- [19] 中国公路学报编辑部. 中国汽车工程学术研究综述·2017[J]. *中国公路学报*,2017,30(6):1-197.
- [20] 郑秀恋,马鸿佳,肖彬. 创业供应链视角下的机会-资源一体化:汽车供应链成员企业多案例研究[J]. *管理评论*,2020,32(10):307-323.
- [21] 郭力,邓伯勇,李廉枫,等. 油电混合动力机车的用途与运用效果分析[J]. *电力机车与城轨车辆*,2021,44(4):59-63.
- [22] YAN J,TSENG F,LU L Y Y. Developmental trajectories of new energy vehicle research in economic management: main path analysis[J]. *Technological Forecasting & Social Change*,2018,137:168-181.
- [23] 李菲菲,崔金栋,王胜文,等. 复杂系统视角下我国汽车产业技术创新网络演进研究[J]. *科技管理研究*,2019,39(21):154-159.
- [24] 章博文,李显君. 商业模式与新进入者领先:来自电动汽车产业的实证研究[J]. *科技进步与对策*,2018,35(2):59-65.
- [25] 黄俊,郭耿轩,刘敏,等. 动态能力视阈下我国汽车制造企业智能化转型升级路径研究:对3家本土自主品牌车企的跨案例探讨[J]. *科技进步与对策*,2018,35(23):121-129.
- [26] 乔英俊,延建林,钟志华,等. 我国汽车产业转型升级研究[J]. *中国工程科学*,2019,21(3):41-46.
- [27] 鲁达非,江曼琦. 京津冀汽车制造业转型升级的思路与策略[J]. *河北学刊*,2021,41(4):164-172.
- [28] 吴义爽. 能力差异、网络杠杆与平台企业竞争优势的共同演化[J]. *科学学与科学技术管理*,2019,40(10):38-53.
- [29] FACIN A L F,GOMES L A D,SPINOLA M D M,et al. The evolution of the platform concept: a systematic review[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*,2016,63(4):475-488.
- [30] HEIN A,SCHREIECK M,RIASANOW T,et al. Digital platform ecosystems[J]. *Electronic Markets*,2020,30(1):87-98.
- [31] ADNER R. Ecosystem as structure: an actionable construct for strategy[J]. *Journal of Management*,2017,43(1):39-58.
- [32] 王海杰,宋姗姗. 互联网背景下制造业平台型企业商业模式创新研究:基于企业价值生态系统构建的视角[J]. *管理学报*,2019,32(1):43-54.
- [33] 刘宗沅,骆温平. 基于社会资本理论的平台企业与合作伙伴的动态合作演化研究:菜鸟网络纵向案例研究[J]. *商业经济与管理*,2020(3):15-27.
- [34] ZHONG J,NIEMINEN M. Resource-based co-innovation through platform ecosystem: experiences of mobile payment innovation in China[J]. *Journal of Strategy and Management*,2015,8(3):283-298.
- [35] HNNINEN M,SMEDLUND A,MITRONEN L. Digitalization in retailing: multi-sided platforms as drivers of industry transformation[J]. *Baltic Journal of Management*,2018,13(2):152-168.
- [36] DIMITRAKIEV D,MOLODCHIK A V. Digital platforms as factor transforming management models in businesses and industries[J]. *Journal of Physics: Conference Series*,2018,1015(4):042040.
- [37] 王节祥,陈威如,江诗松,等. 平台生态系统中的参与者战略:互补与依赖关系的解耦[J]. *管理世界*,2021,37(2):126-147.
- [38] 石海瑞,孙国强,张宝建. 平台生态系统演化的基模构建及政策解析[J]. *中国科技论坛*,2018(7):113-123.
- [39] 钟琦,杨雪帆,吴志樵. 平台生态系统价值共创的研究述评[J]. *系统工程理论与实践*,2021,41(2):421-430.
- [40] 葛安茹,唐方成. 基于平台包络视角的平台生态系统竞争优势构建路径研究[J]. *科技进步与对策*,2021,38(16):84-90.
- [41] FRIEDMAN D. Evolutionary games in economics[J]. *Econometrica*,1991,59(3):637-666.
- [42] HOPKINS E. Evolving game theory[J]. *Journal of Economic Surveys*,1997,11(1):101-106.
- [43] 谢识予. 有限理性条件下的进化博弈理论[J]. *上海财经大学学报*,2001(5):3-9.
- [44] 孙庆文,陆柳,严广乐,等. 不完全信息条件下演化博弈均衡的稳定性分析[J]. *系统工程理论与实践*,2003(7):11-16.
- [45] 黄凯南. 演化博弈与演化经济学[J]. *经济研究*,2009,44(2):132-145.
- [46] LIU S Q,HUANG X,LI X,et al. How is China's energy security affected by exogenous shocks? evidence of China-US trade dispute and COVID-19 pandemic[J]. *Discover Energy*,2021,1(1):1-23.
- [47] 陈晔,刘仕强,黄玉震,等. 汽车生产线品质管理系统及方法:CN111506030B[P]. 2021-06-25.
- [48] ZENG L,LIU S Q,KOZAN E,et al. A comprehensive

New-energy Transformation and Policy Selection of Conventional Vehicle Enterprises

LI Xiaopan¹, LIU Shiqiang¹, LIN Mingqing¹, CHEN Ye²

(1. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China;

2. Fuzhou Taigene Industry Co. Ltd., Fuzhou 350119, China)

Abstract: To explore the transformation path and realization premise of conventional vehicle enterprise, a dynamic evolutionary game theory model is constructed between conventional vehicle enterprises and platform enterprises to explore the policy selection and main influencing factors from the perspective of platform ecosystem. How to cooperate between conventional and platform enterprise is studied. Computational results show that the total revenue, the distribution ratio, the cooperation cost and the cost-bearing ratio have a significant impact on the policy selection to guarantee the cooperation success between conventional vehicle enterprises and platform enterprises. In this new-energy transformation procedure, distribution and cost sharing mechanisms should be established so that benefits and advantages of synergistic performance, net-working effects and value co-creation could be achieved.

Keywords: new-energy transformation; conventional vehicle enterprises; new-energy vehicles; platform enterprises; platform ecosystem; evolutionary game theory