

引用格式:吴君民,钱佳丽.双积分政策下新能源车企、传统车企、政府协同创新的演化博弈研究[J].技术经济,2024,43(2):22-32.

WU Junmin, QIAN Jiali. A tripartite evolutionary game study on collaborative innovation of new energy vehicle enterprises, traditional vehicle enterprises and government under the dual integration policy[J]. Journal of Technology Economics, 2024, 43(2): 22-32.

双积分政策下新能源车企、传统车企、 政府协同创新的演化博弈研究

吴君民, 钱佳丽

(江苏科技大学经济管理学院, 镇江 212100)

摘要:双积分政策推动了新能源汽车市场布局的转变,而协同创新有利于车企提升研发创新的国际核心竞争力。本文在此背景下,构建了新能源车企、传统车企和政府的三方博弈矩阵,研究新能源汽车平均收益、协同创新所获积分和NEV积分的单位售价、协同创新的额外费用、市场订单总量、抢夺市场份额、政府激励额度、监督成本和企业所得税税率等因素对三方协同创新博弈的影响。研究表明:①车企始终都选择协同创新,但趋向协同创新的意愿受新能源汽车平均收益、新能源汽车市场订单总量、抢夺市场份额的影响;②在双积分政策的背景下,政府从行业的直接引领者转向间接监督者,车企策略选择几乎不受政府激励大小的影响;③政府参与协同创新的意愿随着新能源汽车平均收益、车企NEV积分收益、市场订单总量和企业所得税税率的增长而变强,随着激励额度和监督成本的增长而变弱。本研究有助于双积分政策时代我国新能源汽车产业健康可持续发展的高质量发展的精准施策。

关键词:双积分政策;新能源车企;传统车企;协同创新;演化博弈

中图分类号:F224.32 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2024)02-0022-11

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J23091810

一、引言

协同创新能有效提升企业创新绩效^[1]。党的二十大报告中再次强调要积极稳妥推进碳中和,而随着新能源车补贴政策被双积分政策(通过积分交易机制促进车企协调发展)替代实施,新能源汽车制造商们迎来了更大的挑战和机遇。鉴于政府对协同创新模式的重要作用^[2],新能源车企与传统车企应该在尽可能提升消费者价值的前提下整合资源以提高联动内聚力^[3],加大协同创新的力度。因此,研究碳中和目标下双积分政策时代新能源车企、传统车企、政府的协同创新,对提高我国新能源汽车产业的健康可持续发展并取得后发优势显得非常迫切而又重要。

(1)国内外学者已经对新能源车企发展、策略选择以及影响因素做了大量而又卓有成效的研究。过去十年全球新能源汽车快速崛起,以国家政策为支撑新能源汽车极有可能在全球汽车领域内占据极大的份额^[4],而中国过去对于新能源汽车行业实施的相关政策极大地促进了新能源汽车的发展,但逐步取消财政补贴带来不同程度的市场竞争和机遇^[5]。在补贴退坡政策下,新能源汽车上下游企业和整车制造商调整商业信用融资方式和水平^[6],研究表明绿色信贷能有效提升新能源车企的创新效率^[7]。

(2)在双积分政策作为直接财政补贴的替代政策背景下,学者开展了不同因素对新能源汽车制造商的影响。有研究发现政府事前补贴和事后补贴与财务绩效之间分别呈正U型和倒U型关系^[8],而退坡补贴通过淘汰劣质产能以推动技术升级,促进新能源汽车市场可持续发展,提升新能源汽车销量^[9],其中政府应重点关注生产环节的非补贴,以带动车企进行研发^[10]。在过渡期,双积分政策有效地降低了新能源车企对补

收稿日期:2023-09-18

基金项目:江苏省社会科学基金项目“江苏共同富裕导向的企业新股权激励机制研究”(21GLB008);国家自然科学基金“能源要素价格扭曲:成因、测度及适度纠偏策略研究”(71874073)

作者简介:吴君民,博士,江苏科技大学教授(二级),博士研究生导师,研究方向:管理科学与工程、能源经济;钱佳丽,江苏科技大学硕士研究生,研究方向:能源经济、财务管理。

贴的依赖性,提高了车企核心型研发投入^[11],同时增长了新能源车企的利润,驱使传统车企主动转型^[12],因此传统汽车制造商进入新能源汽车领域在一定条件下是有利的^[13],但是在车企研发压力和技术瓶颈的驱动下,车企合作研发是进入新能源市场的捷径^[14]。政府补贴和双积分政策对新能源汽车的销售价格、销量和利润产生影响,车企应在双积分政策的引导下主动研发,促进市场健康发展^[15]。

(3)关于影响协同创新实施效果的因素和途径,不少学者也进行了深入的研究。政府直接或间接支持在协同创新中起着积极的调节作用^[16],而政府的监管策略也影响着协同创新的效果^[17],但随着市场条件的变化,产学研协同创新中政府职能逐渐从引导型转向服务型^[18],因此,基于现如今中国合作断链的现象来看联合创新体还受多重因素的影响^[19],如一定范围内激烈的行业竞争激烈降低企业协同创新的意愿^[20],而企业参与度、协同度和目标一致度又影响企业协同创新的效果^[21],在新能源汽车领域内则表现为足够高的积分交易价格才能引导新能源汽车上下游企业搭建稳定的合作关系,且研发补贴、税收优惠能辅助双积分政策对企业刺激的有效性^[22]。但是,仍有一些问题还未得到有效解决:①研究双积分政策时代新能源车企与传统车企的协同创新尚显不够。新能源车企与传统车企各有自身的优势,政府应该积极支持二者的协同联动、突破创新、合作竞争,使我国在传统能源汽车向新能源汽车过渡的进程中能够真正实现自立自强,彻底改变传统能源汽车的落后局面并充分发挥好后发优势。②鲜有文献展现协同创新与企业市场表现的作用机制,但协同创新产出转换于市场的能力是合作效果的关键因素,应将其纳入研究。③随着新能源汽车补贴完全退坡和双积分政策的完善,政府从行业的直接引领者转向了间接监督者,对新能源车企与传统车企的协同创新必将产生深刻的影响,应该予以深化研究。

因此,本文拟构建双积分政策时代新能源车企、传统车企和政府的三方博弈矩阵,运用演化博弈的方法分析新能源汽车原有平均收益、协同创新所获积分和 NEV(new energy vehicle)积分的单位售价、协同创新的额外费用、市场订单总量、抢夺市场份额这些市场竞争行为因素政府激励额度、监督成本以及企业所得税税率等关键因素对新能源车企、传统车企和政府策略选择的影响,以促进我国新能源汽车产业健康可持续高质量发展。

二、三方演化博弈模型的构建

(一) 问题描述

2018年双积分政策正式实施,旨在通过积分积累、结转或交易等途径促进汽车产业能源转型。双积分指的是CAFC(corporate average fuel consumption)和NEV积分。如图1所示,CACF积分是在按规定方法计算出企业实际平均燃油消耗量的基础上与达标值相比较得到的积分值,CACF正积分产生于实际值小于达标值的部分。NEV则是在按规定方法计算出企业新能源实际积分值得基础上与达标值所得到的积分值,NEV正积分产生于实际值大于达标值的部分。

双积分政策下,新能源车企可获得NEV正积分,而传统车企则可能会产生CAFC负积分和部分NEV负积分,双积分政策对企业积分达标有着严格要求,达标的方式包括:①自主研发新能源汽车;②从关联企业结转CACF正积分以抵偿CAFC负积分;③从

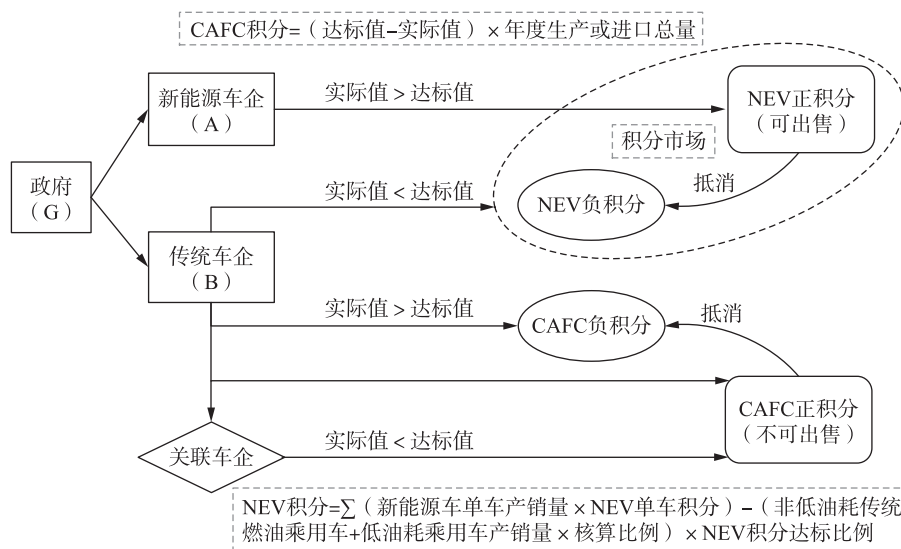


图1 双积分政策框架示意图

其他企业购买 NEV 正积分以抵偿 CACF 或 NEV 负积分。因此双积分政策下,传统车企被迫转型,而新能源车企在新能源汽车领域有先发优势,拥有高能量密度电池、快速充电、车载电子系统等核心技术,而传统车企则拥有资金、品牌等优势,因此传统车企可通过与新能源车企协作创新降低研发失败的风险。而新能源车企出于减少研发成本、增加产品可靠性、提升市场知名度等目的与传统车企协作创新。

下文以产业视角展开讨论,考虑到仅 NEV 积分有高流动市场条件,因此暂不单独考虑 CACF 积分的影响。

(二) 博弈支付矩阵的建立

(1) 博弈模型的参与者:新能源车企、传统车企、政府。设新能源车企为 A,传统能源车企为 B,政府为 G。随着政府退坡补贴及双积分政策的出台,现存市场上几乎无彻底的传统能源车企,此处的传统能源车企是指传统能源汽车收入或利润仍占较大比例的或者刚进入新能源汽车市场不久的车企。假设以上群体均为有限理性,并通过多次博弈以寻求最优策略。

(2) 策略选择:新能源车企有两种策略选择,其策略合集为(进行协同创新,不进行协同创新)。同理,传统能源车企转型生产新能源汽车时的策略合集也为(进行协同创新,不进行协同创新);政府有两种策略选择,其策略合集为(参与协同创新,不参与协同创新)。因此,假设新能源车企和传统车企进行协同创新的概率分别为 x, y ,那么其不进行协同创新的概率为 $1-x, 1-y$,政府参与协同创新的概率为 z ,不参与协同创新的概率为 $1-z$ 。其中 $x, y, z \in [0, 1]$ 。

(3) 政府收益及支出:根据党的二十大精神指引,推动有为政府和有效市场的结合,基于对新能源汽车产业的重视程度,政府倾向于采取主动政策。假设政府的收益包括对新能源车企(A)和传统能源车企(B)利润的税收收入,税率为 T 。当政府参与协同创新时,假设对协同创新的企业付出 S 激励额度和 C_c 监督成本,其中 S 包括对协同创新企业的直接补贴、税收减免、新能源负积分特殊减免、转让和结转。设定 t_i 为协同创新投入及收益分配系数,则新能源车企可获得政府激励的比例为 t_A ,传统车企可获得政府激励的比例 t_B 。另外,当政府不参与协同创新时,收益下降系数为 w 。

(4) 市场订单总量。当新能源车企(A)和传统车企(B)同时选择协同创新或不协同创新的时候,新能源车企能获取的市场订单数量为 $kM, k \in [0, 1]$,而传统车企能获取的市场订单数量为 $(1-k)M, 1-k \in [0, 1]$;当新能源车企选择协同创新,而传统车企选择不协同创新时,新能源企业能获得 $(k+d)M$ 的市场订单, $k+d \in [0, 1]$,传统车企能获得 $(1-k-d)M$ 的市场订单;新能源车企选择不协同创新时,传统车企选择协同创新,新能源车企能获得 $(k-d)M$ 的市场订单, $k-d \in [0, 1]$,传统车企能获得 $(1-k+d)M$ 的市场订单, $1-k+d \in [0, 1]$ 。 k 为新能源车企市场订单量所占市场份额, M 为新能源车企和传统车企合计市场订单总量, d 为在对方企业选择不协同创新,而某方企业选择协同创新时所能抢夺的市场,选择协同创新的企业通过汽车生产与升级、积分累积及优势、运用对方企业违约金等方式占领更多的新能源汽车市场。据悉,虽然有部分新能源汽车市场的新进入者是从家电、互联网等行业跨行而来,但较多是通过与新能源车企的合作实现转型的,考虑到目前其所占市场份额不到 10%,为了简化模型,本文未将其纳入博弈模型的假设范围之中。

(5) 新能源汽车原有平均收益。新能源车企(A)和传统车企(B)未通过协同创新获得其他收益时,新能源汽车的原有平均收益为 P 。

(6) 协同创新创造积分收益。当新能源车企(A)和传统车企(B)同时选择协同创新时,平均增加每辆车的里程数所获得的积分为 a , NEV 积分的单位售价为 H ,那么车企通过协同创新所增加的平均每辆车的积分收益为 aH ,具体是指车企通过协同创新研发生产出新能源汽车并以积分交易获取收益,为了方便计量将其所获积分收益平均至每辆车。

(7) 协同创新额外收益及成本。当新能源车企(A)和传统车企(B)同时选择协同创新时,能带来 L 的额外收益,因此,新能源车企(A)可获得 $t_A L$ 的额外收益,传统车企(B)可获得 $t_B L$ 的额外收益。当政府参与协同创新时,为新能源带来 i 的收益加成。另外,选择协同创新的车企需付出 $t_i C$ 的成本,此处 C 指的是协同创新的综合成本。其中传统车企参与协同创新付出的额外成本 t_B 包括研发投入、谈判成本等,但也需考虑其品牌知名度、市场占有率、部分原材料稳定供应链等固有优势。

基于上述假设,计算所得三方演化博弈矩阵,如表 1 和表 2 所示。

表 1 政府参与协同创新下新能源车企、传统车企的支付矩阵(z)

新能源车企 A	传统车企 B	
	协同创新 y	不协同创新 1-y
协同创新 x	$(1-T)[(1+i)kM(P+aH)+t_A L-t_A C]+t_A S$	$(1-T)[(1+i)(k+d)MP-t_A C]+t_A S$
	$(1-T)[(1+i)(1-k)M(P+aH)+t_B L-t_B C]+t_B S$	$(1-T)(1+i)(1-k-d)MP$
不协同创新 1-x	$T[(1+i)M(P+aH)+L-C]-S-C_C$	$T[(1+i)MP-t_A C]-t_A S-C_C$
	$(1-T)(1+i)(k-d)MP$	$(1-T)(1+i)kMP$
	$(1-T)[(1+i)(1-k+d)MP-t_B C]+t_B S$	$(1-T)(1+i)(1-k)MP$
	$T[(1+i)MP-t_B C]-t_B S-C_C$	$(1+i)MPT-C_C$

表 2 政府不参与协同创新下新能源车企、传统车企的支付矩阵(1-z)

新能源车企 A	传统车企 B	
	协同创新 y	不协同创新 1-y
协同创新 x	$(1-T)[kM(P+aH)+t_A L-t_A C]$	$(1-T)(k+d)MP-t_A C$
	$(1-T)[(1-k)M(P+aH)+t_B L-t_B C]$	$(1-T)(1-k-d)MP$
不协同创新 1-x	$(1-w)T[M(P+aH)+L-C]$	$(1-w)T(MP-t_A C)$
	$(1-T)(k-d)MP$	$(1-T)kMP$
	$(1-T)[(1-k+d)MP-t_B C]$	$(1-T)(1-k)MP$
	$(1-w)T(MP-t_B C)$	$(1-w)MPT$

新能源车企的复制动态方程为

$$F(X) = dx/dt = x(1-x)[(1-T)(MPd-t_A C+yt_A L+zMPdi+yHMka+yzHMka)+zt_A S] \quad (1)$$

传统能源车企的复制动态方程为

$$F(Y) = dy/dt = y(1-y)\{(1-T)[MPd-t_B C+xt_B L+xHMa(1-k)+zMPdi+xzHMia(1-k)]+zt_B S\} \quad (2)$$

政府的复制动态方程为

$$F(Z) = dz/dt = z(1-z)[MPT(i+w)-C_C-(CTw+S)(xt_A+yt_B)+xyLTw+xya(i+w)HMT] \quad (3)$$

联立上述三个方程,可得新能源车企、传统车企和政府的复制动态方程系统为

$$\begin{cases} F(X) = dx/dt = x(1-x)[(1-T)(MPd-t_A C+yt_A L+zMPdi+yHMka+yzHMka)+zt_A S] \\ F(Y) = dy/dt = y(1-y)\{(1-T)[MPd-t_B C+xt_B L+xHMa(1-k)+zMPdi+xzHMia(1-k)]+zt_B S\} \\ F(Z) = dz/dt = z(1-z)[MPT(i+w)-C_C-(CTw+S)(xt_A+yt_B)+xyLTw+xya(i+w)HMT] \end{cases} \quad (4)$$

对上述复制动态方程求导,得

$$\begin{cases} d[F(X)]/dx = (1-2x)[(1-T)(MPd-t_A C+yt_A L+zMPdi+yHMka+yzHMka)+zt_A S] \\ d[F(Y)]/dy = (1-2y)\{(1-T)[MPd-t_B C+xt_B L+xHMa(1-k)+zMPdi+xzHMia(1-k)]+zt_B S\} \\ d[F(Z)]/dz = (1-2z)[MPT(i+w)-C_C-(CTw+S)(xt_A+yt_B)+xyLTw+xya(i+w)HMT] \end{cases} \quad (5)$$

令 $F(X) = F(Y) = F(Z) = 0$, 可得局部稳定均衡点为 $E1(0,0,0)$ 、 $E2(0,0,1)$ 、 $E3(0,1,0)$ 、 $E4(0,1,1)$ 、 $E5(1,0,0)$ 、 $E6(1,0,1)$ 、 $E7(1,1,0)$ 、 $E8(1,1,1)$ 。依据演化博弈理论,演化稳定点(ESS)需满足雅可比矩阵中的所有特征值都为非正数。

将上述 8 个局部稳定均衡点分别代入雅可比矩阵中,可得相应雅可比矩阵的特征值,结果如表 3 所示。

假设 $(1-T)[MPd(1+i)-t_A C]+t_A S > 0$, $(1-T)[MPd(1+i)-t_B C]+t_B S > 0$, 即政府参与协同创新时,新能源车企和传统车企其中一方选择协同创新,而另一方选择不协同创新时,参与协同创新的车企所获得的增量收益高于其所付出的成本,其中收益包含所得财政补贴以及抢夺市场份额增加的部分。 $(1-T)[MPd+t_A(L-C)+HMka] > 0$, $(1-T)[MPd+t_B(L-C)+HMa(1-k)] > 0$, 即车企在两方都选择协同创新时所获得增量净收益,再加上双方选择不同战略时选择协同创新的车企抢夺市场份额获得的增量收益高于零。 $MPT(i+w)-CTt_B w-C_C-t_B S > 0$, $MPT(i+w)-CTt_A w-C_C-t_A S > 0$, 即当车企双方选择不同策略时,政府参与协同创新所获得的增量收益高于其付出的激励额度和监督成本。以下将分 8 种情况对博弈的稳定策略进行

讨论。

以下将对 $MPd-t_A C$ 、 $MPd-t_B C$ 和 $MT(i+w)(P+aH)+T(L-C)w-S-CG$ 三个式子分别是否大于 0 的不同组合进行讨论,总共分为八种情形。其中 $MPd-t_A C$ 是否大于 0 代表双方选择不同策略时,新能源车企通过抢夺市场所获得的收益是否大于其付出的额外成本; $MPd-t_B C$ 是否大于 0 代表双方选择不同策略时,传统车企通过抢夺市场所获得的收益是否大于其付出的额外成本; $MT(i+w)(P+aH)+T(L-C)w-S-CG$ 是否大于 0 代表车企双方都选择协同创新时,政府参与协同创新所获得的增量收益是否高于其付出的激励额度和监督成本。

从表 4 可得情形 1、情形 3、情形 5 和情形 7 下模型的演化均衡点是 $E8(1,1,1)$,演化均衡策略则为(协

表 3 雅可比矩阵的特征值

均衡点	特征值 λ_1	特征值 λ_2	特征值 λ_3
$E1(0,0,0)$	$(1-T)(MPd-t_A C)$	$(1-T)(MPd-t_B C)$	$MPT(i+w)-C_G$
$E2(0,0,1)$	$(1-T)(MPd-t_A C+MPdi)+t_A S$	$(1-T)(MPd-t_B C+MPdi)+t_B S$	$-[MPT(i+w)-C_G]$
$E3(0,1,0)$	$(1-T)(MPd-t_A C+t_A L+HMka)$	$(T-1)(MPd-t_B C)$	$MPT(i+w)-CT_B w-C_G-t_B S$
$E4(0,1,1)$	$(1-T)[MPd+t_A(L-C)+MPdi+HMka(1+i)]+t_A S$	$(T-1)(MPd-t_B C+MPdi)-t_B S$	$-[MPT(i+w)-CT_B w-C_G-t_B S]$
$E5(1,0,0)$	$(T-1)(MPd-t_A C)$	$(1-T)[MPd-t_B C+t_B L+HMa(1-k)]$	$MPT(i+w)-CT_A w-C_G-t_A S$
$E6(1,0,1)$	$(T-1)(MPd-t_A C+MPdi)-t_A S$	$(1-T)[MPd(1+i)-t_B C]+t_B L+HMa(1-k)(1+i)+t_B S$	$-[MPT(i+w)-CT_A w-C_G-t_A S]$
$E7(1,1,0)$	$(T-1)(MPd-t_A C+t_A L+HMka)$	$(T-1)[MPd-t_B C+t_B L+HMa(1-k)]$	$MPT(i+w)+(L-C)Tw+HMTa(i+w)-S-C_G$
$E8(1,1,1)$	$(T-1)[MPd+t_A(L-C)+MPdi+HMka(1+i)]-t_A S$	$(T-1)[MPd(1+i)-t_B C]+t_B L+HMa(1-k)(1+i)-t_B S$	$-[MPT(i+w)+(L-C)Tw+HMTa(i+w)-S-C_G]$

表 4 均衡点局部稳定性分析

均衡点	情形 1				情形 2				情形 3				情形 4			
	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性
$E1(0,0,0)$	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点	-	+	+	不稳定	-	+	+	不稳定
$E2(0,0,1)$	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定
$E3(0,1,0)$	+	-	+	不稳定	+	-	+	不稳定	+	-	+	不稳定	+	-	+	不稳定
$E4(0,1,1)$	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定
$E5(1,0,0)$	-	+	+	不稳定	-	+	+	不稳定	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点
$E6(1,0,1)$	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定
$E7(1,1,0)$	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS
$E8(1,1,1)$	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定
均衡点	情形 5				情形 6				情形 7				情形 8			
	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性
$E1(0,0,0)$	+	-	+	不稳定	+	-	+	不稳定	-	-	+	不稳定	-	-	+	不稳定
$E2(0,0,1)$	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定	+	+	-	不稳定
$E3(0,1,0)$	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点
$E4(0,1,1)$	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定	+	-	-	不稳定
$E5(1,0,0)$	-	+	+	不稳定	-	+	+	不稳定	+	+	+	鞍点	+	+	+	鞍点
$E6(1,0,1)$	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定	-	+	-	不稳定
$E7(1,1,0)$	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS
$E8(1,1,1)$	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定	-	-	-	ESS	-	-	+	不稳定

注:“+”为特征值在某一情形下的计算结果为正数,“-”为特征值在某一情形下的计算结果为负数。

同创新,协同创新,参与)。而情形 2、情形 4、情形 6 和情形 8 下模型的演化均衡点是 $E7(1,1,0)$,演化均衡策略则为(协同创新,协同创新,不参与)。

(三) 实例分析和参数赋值

参考工业汽车协会的数据,2021 年和 2022 年中国新能源汽车销量分别为 352.1 万辆和 688.7 万辆,两年平均销量 520.4 万辆。自 2009 年宣布进行汽车产业调整后,国家给予新能源汽车行业更高的重视和补贴,由此新能源汽车行业进入快速发展阶段,因此以 2009 年为界,将在新能源汽车领域研发和销售已超过十四年的车企划分到新能源车企研究范围内,除此以外,以新能源汽车起家或者新能源汽车销量占比较高的车企也同样划分到新能源汽车研究范围内。综合以上因素考虑,将新能源车企和传统车企合计市场订单总量(M)的初始值定为 450 万辆。

根据全国乘用车市场信息联席会的 2021—2022 年的新能源狭义乘用车厂商销量数据显示,比亚迪、特斯拉中国等新能源车企新能源汽车的市场占有率平均为 66%左右,而上汽通用五菱、吉利汽车等传统能源车企新能源汽车的市场占有率约为 34%,参考以上数据设定新能源车企市场订单量所占市场份额(k)为 0.66。鉴于新能源汽车的先发优势及新进入者的竞争压力,设定车企选择不同策略时,协同创新的一方抢夺的市场份额(d)为 0.14。

车企选择相同策略时新能源汽车平均收益的初始值参考现有新能源汽车单车利润情况,新能源汽车单车利润两极分化的情况较为严重,因此选取市场份额较高的企业,以市场份额为权重来计算 2021—2022 年的平均值,以比亚迪为例,2022 年单车毛利 3.67 万元,市场占有率达 31.7%,因此将车企选择相同策略时新能源汽车平均收益(P)的初始值设为 4.5 万元。

依据《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理实施情况年度报告》,2021 年新能源汽车积分平均为 2088 元/分,2022 年新能源汽车积分平均为 1128 元/分,并结合现在新能源积分市场供过于求的现状,将 NEV 积分的单位售价初始值(H)设为 0.14 万元/分。参考相关研究^[23],新能源汽车平均续航里程为 400 千米,普通燃油车的标准续航里程为 500 千米,而新能源汽车主要用于城内行驶,鉴于有限需求和技术,因此合理设定由协同创新增加的里程数为 100 千米。经 2020 年政府发布文件修改过后,纯电动乘用车积分计算方法为 $(0.0056 \times \text{续航里程} + 0.4)$,因此设定由协同创新增加的里程数分摊至每辆车所获积分(a)为 0.96。

参考相关研究^[17,24],将协同创新的额外费用(C)初始值设为 100 亿元,双方都协同创新时车企增加的超额收益(L)设为 120 亿元,对协同创新企业的财政补贴额度(S)初始值设为 120 亿元。政府监督包括工业和信息化部、国家市场监督管理总局等部门对新能源汽车零部件研发与生产、整车制造与验收、流通于市场、销售至终端客户等环节的监督,主要包括制定行业标准、认证审核、信息与隐私安全、质量规范等。监督成本包括人力资源成本、测试平台构建成本、安全质量检验成本等,将政府监督成本(C_c)的初始值定为 25(亿元)。一般企业的所得税税率为 0.25,而经税法认定的高新技术类企业税收优惠为 0.15,在此将税率设定为中间值 0.2。将政府参与协同创新时车企收益提升系数设为 0.2,政府不参与协同创新时政府收益下降系数(w)设为 0.2^[25]。

鉴于公平性问题,将新能源车企和传统能源车企的协同创新收益成本分配系数同样设置为 0.5。具体参数赋值见表 5。

表 5 参数赋值表

参数	参数意义	赋值
M	新能源车企和传统车企合计市场订单总量	450(万辆)
k	新能源车企市场订单量所占市场份额	0.66
d	车企选择不同策略时,协同创新的一方抢夺的市场份额	0.14
P	新能源汽车原有平均收益	4.5(万元)
a	由协同创新增加的里程数分摊至每辆车所获积分	0.96
H	NEV 积分的单位售价	0.14(万元)
C	协同创新的额外费用	100(亿元)

续表

参数	参数意义	赋值
L	双方都协同创新时车企增加的超额收益	120(亿元)
S	对协同创新企业的财政补贴额度	120(亿元)
C_G	政府监督成本	25(亿元)
T	企业所得税税率	0.2
i	政府参与协同创新时车企收益提升系数	0.2
w	政府不参与协同创新时政府收益下降系数	0.2
l_A	新能源车企协同创新收益成本分配系数	0.5
l_B	传统能源车企协同创新收益成本分配系数	0.5

三、三方演化博弈的数值仿真

基于以上分析,本文运用 MATLAB 数值仿真以更清晰地说明三方博弈策略的演化过程,通过改变关键因素的取值,分析其对三者策略选择的影响。

(一) 新能源汽车原有平均收益对演化结果的影响

图 2 展示了在其他参数条件不变的情况下,改变新能源汽车原有平均收益(P)对演化结果的影响。从图 2 可知,无论 P 如何变化,新能源车企、传统能源车企,始终选择协同创新,但是随着 P 增长,新能源车企和传统能源车企趋于 1 的速度减缓,且政府由不参与协同创新转为参与协同创新, P 的阈值在 3.0~4.5,当 P 从 3.0 上升到 4.5,平衡点从(1,1,0)变为(1,1,1)。仿真结果表明,现有新能源汽车领域的竞争格局尚未成型,各企业间竞争激烈,新能源汽车的平均收益在一定程度上还有较大的弹性空间。而在双积分政策背景下,协同创新不仅能增强企业的研发和制造实力,提高汽车的内在价值,还能够将企业通过积分交换等形式联结在一起,实现有限资源的最大化利用。从另一个角度来看,当市场中的企业在现有状况下都能够获得较高的利益时,企业倾向于保持这种平衡状态,竞争意识就会由于惯性等原因变弱。另外,新能源车企平均收益较高时,政府倾向于参与协同创新以扶持新能源汽车市场的可持续发展,同时通过监督、惩罚等机制规范新能源汽车市场的竞争行为。

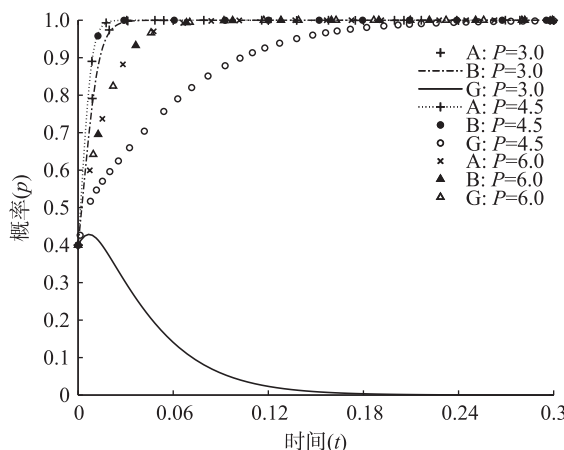


图 2 新能源汽车原有平均收益(P)对演化结果的影响

(二) 协同创新所获积分和 NEV 积分的单位售价对博弈结果的影响

图 3 是在其他参数不变的情况下,同时改变由协同创新增加的里程数分摊至每辆车所获积分(P)和 NEV 积分的单位售价(H)对博弈结果的影响。由图 3 可知,平衡点始终为(1,1,1),但是同时提高 P 和 H 加快了车企和政府趋于协同创新的意愿。上述结果表明:协同创新的投入转换率和积分市场的状况影响着车企和政府的策略选择,当前积分市场尚处于供大于求的情况,因此积分价格较低,一定程度上消磨了车企积极投入创新的动力。

(三) 协同创新的额外费用对博弈结果的影响

图 4 是在其他参数不变的情况下,改变协同创新的额外费用对博弈结果的影响。由图 4 可知,平衡点始终为(1,1,1),协同创新的额外费用变化对车企和政府的影响不大。上述结果表明:车企和政府对协同创新的额外费用不敏感。在一定的范围内,协同创新的额外费用不会影响车企选择协同创新的意愿,这表明协同创新模式的充分优势。在双积分政策的背景下,车企需要通过生产并销售符合规定的新能源汽车以完成达标值,传统能源与新能源车企展开同赛道竞争,而协同创新充分利用了新能源车企先行拓展新能源汽车领域的知识、经验以及传统能源车企长期积累的资金、人员、平台、声誉等,使得新能源车企和传统能源车企双方资源互通有无,将敌对竞争转化为合作竞争,实现共赢。

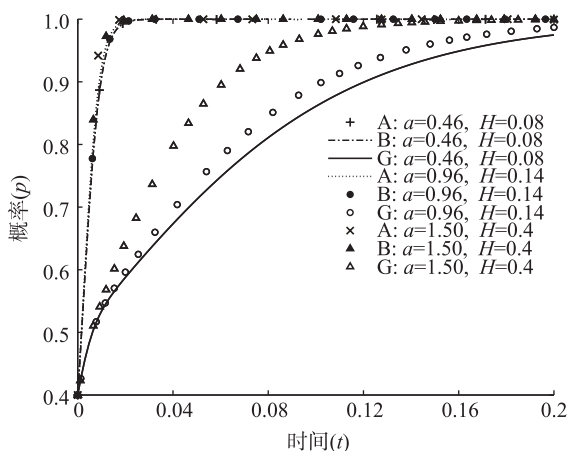


图3 由协同创新增加的里程数分摊至每辆车所获积分(a)和NEV积分的单位售价(H)对博弈结果的影响

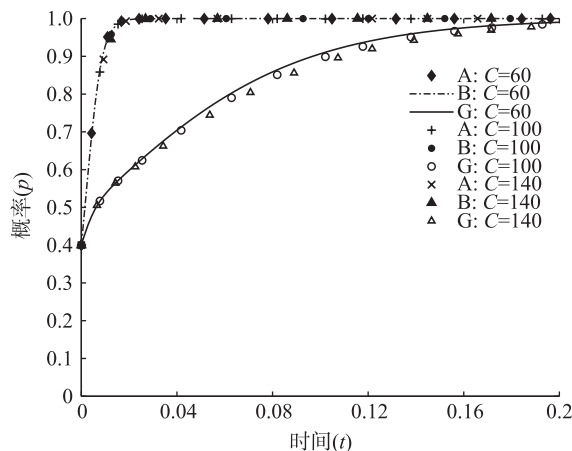


图4 协同创新的额外费用(C)对博弈结果的影响

(四) 市场订单总量对博弈结果的影响

图5是在其他参数条件不变的情况下,改变新能源车企和传统车企合计市场订单总量(M)对博弈结果的影响。由图5可知,M的阈值在300~450,当M从300增长450时,平衡点从(1,1,0)转变为(1,1,1),新能源车企和传统能源车企始终选选择协同创新,但是M增大使得车企趋向于1的速度加快,并使政府从不参与协同创新转变为参与协同创新。上述结果表明:M增大表明新能源市场容量逐渐扩大,为了增强自身的竞争力和核心稳定性,车企倾向于选择协同创新,而随着双积分交易机制的完善,绑定能源积分较多的新能源企业是降低传统能源企业成本的重要途径,因此传统能源车企采用协同创新的策略来挖掘业务潜力和规划未来前景。与此同时,新能源汽车市场的扩大引起政府的重视,政府不仅可通过双积分政策的完善以扶持新能源汽车领域的绿色应用,还可通过对协同创新企业的激励以监督车企的健康可持续发展。

(五) 抢夺市场份额对博弈结果的影响

图6是在其他参数条件不变的情况下,只改变抢夺市场份额(d)对演化结果的影响。由图6可知,平衡点为(1,1,1),抢夺市场份额的增长略微提高了车企趋向于1的速度,但不影响政府的意愿。上述结果表明,当双方选择不同策略时,选择协同创新的一方可通过部分政府激励自行研发或以前期合作谈判的经验寻找其他合作目标等方式抢夺部分市场份额。而政府的意愿不会受到新能源汽车市场内部良性竞争的影响,因此政府始终选择协同创新。

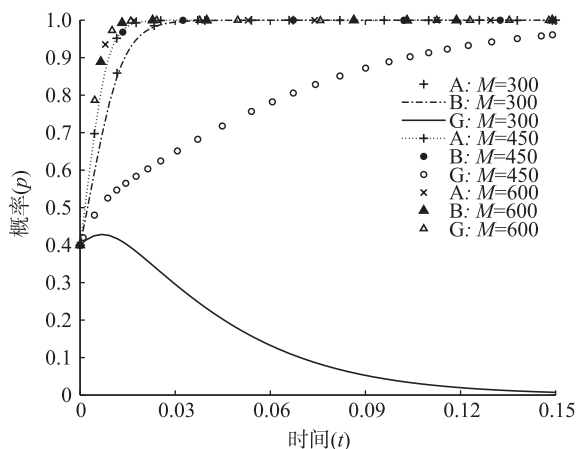


图5 新能源车企和传统能源车企合计市场订单总量(M)对博弈结果的影响

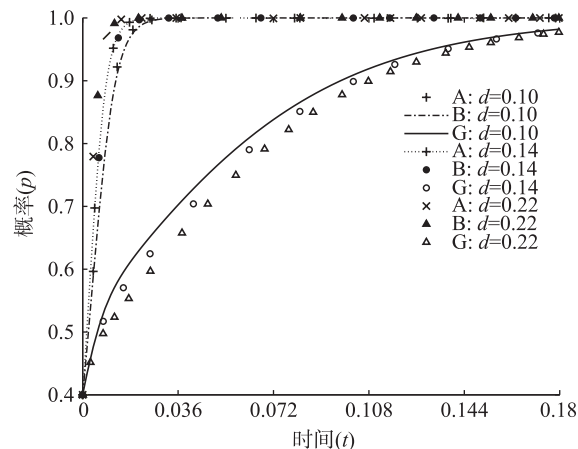


图6 车企选择不同策略时协同创新的那一方抢夺的市场份额(d)对演化结果的影响

(六) 激励额度和监督成本对博弈结果的影响

图 7 是在其他参数条件不变的情况下,改变激励额度(S)对博弈结果的影响。图 8 是在其他参数条件不变的额情况下,改变监督成本(C_G)对博弈结果的影响。由图 7 和图 8 可知, S 的阈值在 120~180, C_G 的阈值在 30~70,车企对政府激励和监督成本的变化不敏感,始终选择协同创新。而随着激励额度或监督成本的增长,政府趋向于选择不参与协同创新。由上述结果可知:合理的政府激励和监督成本有助于政府参与到车企协同创新并作出有效贡献。在新能源汽车购置补贴逐渐退坡并最终完全下台的背景下,政府由行业的直接指导者转变为间接的监督者,作为替代政策的双积分政策刺激新能源汽车市场自行调节并实现健康发展,不仅有助于减少政府开支和负担,还可以有效遏制直接补贴车企和消费者时出现钻空子的骗补现象。

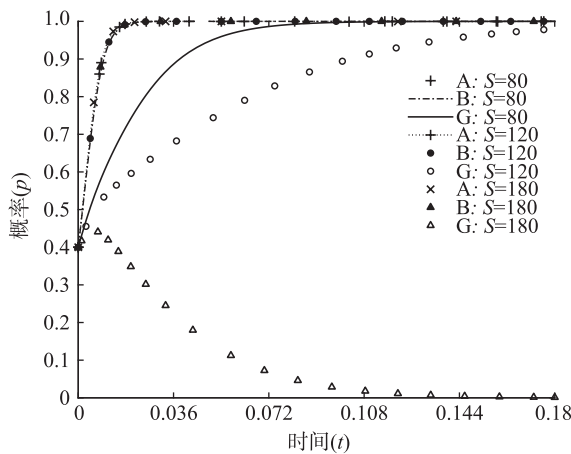


图 7 激励额度 (S) 对博弈结果的影响

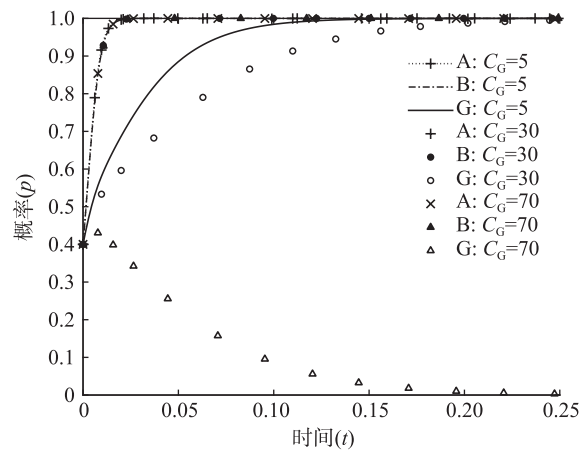


图 8 监督成本 (C_G) 对博弈结果的影响

(七) 企业所得税税率对博弈结果的影响

图 9 是在其他参数条件不变的情况下,改变企业所得税税率(T)对博弈结果的影响。由图 9 可知, T 的阈值在 0.12~0.20,当 T 增大时,平衡点由 (1,1,1) 转为 (1,1,0),车企对税率的变化不敏感,而随着 T 的增长,政府由不参与协同创新转为参与协同创新。上述结果表明:统一的税率变化并不会影响车企的意愿,只能通过改变政府的收益影响政府策略选择,因此这也表明了实施阶梯化税率政策和双积分政策的复合型政策对牵动车企积极性的重要作用。

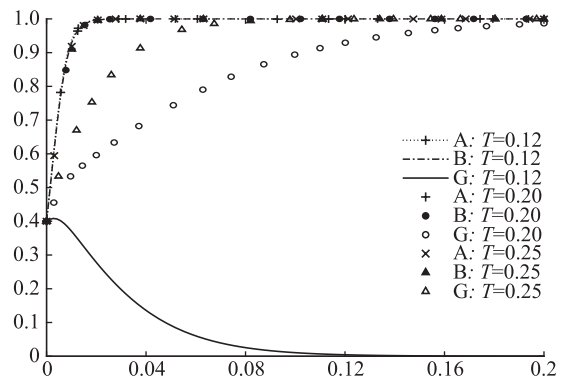


图 9 企业所得税税率 (T) 对博弈结果的影响

四、研究结论与对策建议

(一) 研究结论

根据上述新能源汽车平均收益、协同创新所获积分和 NEV 积分的单位售价、协同创新的额外费用、市场订单总量、抢夺市场份额、激励额度和监督成本这些关键因素对新能源车企、传统车企和政府策略选择影响进行的演化博弈定量化分析,可以得出如下结论:

(1) 车企始终都选择协同创新,但趋向协同创新的意愿受新能源汽车平均收益、新能源汽车市场订单总量、抢夺市场份额的影响。当新能源汽车平均收益变大时,车企趋向于协同创新的速度减缓,而新能源汽车市场订单总量、抢夺市场份额变大时,结果相反。

(2) 在双积分政策的背景下,政府从行业的直接引领者转向间接监督者,车企策略选择几乎不受政府激励大小的影响。双积分政策刺激市场进行自我调节,推动传统能源车企绿色转型,并寻求车企间创新合作。

(3) 政府参与协同创新的意愿随着新能源汽车平均收益、车企 NEV 积分收益、市场订单总量和企业所得税税率的增长而变强,随着激励额度和监督成本的增长而变弱。

(二) 对策建议

根据碳中和目标的要求,结合前文演化博弈的结论,就车企和政府的策略选择提出以下几点建议:

(1) 车企应在新能源汽车领域开展垂直整合进程,并通过协同创新开发升级核心技术,以提高产品内在价值和平均收益。国内新能源车市上纷纷出现跨行业新成员,例如华为、小米等智能手机行业,百度、阿里巴巴等互联网巨头,美的、格力等家电大型企业。同时国外企业苹果、谷歌及其他汽车企业也紧盯着中国新能源汽车市场。在政府补贴政策被双积分政策替代背景下,国内新能源车企的先发优势渐弱,面临的竞争愈来愈激烈,应通过纵向一体化有效减少非必要成本,积极开展协同创新提升核心竞争力以巩固市场地位。因此提出以下建议:一要研发核心技术,尤其是电池核心技术,加强危机意识,进行产业链纵向兼容;二要积极与互联网公司、软件公司等新能源汽车跨行业新成员开展协同合作,加速关键产品落地,推动新兴技术汽车应用的发展;三要与大流量平台融合创新,获取高速有效的信息资源,利用平台的客户忠诚度来拓宽用户涌入渠道;四要借鉴智能手机的发展历程,联合核心技术企业、关键零部件供应商、基础设施建设商、金融机构等打造行业创新生态圈,建立创新生态模式;五要与高校、科研机构展开合作,在政策的支撑下,寻找产学研合作的有效模式。

(2) 传统能源车企应进行高质量转型,充分利用双积分政策的内核驱动力,寻求与自己核心需求高度吻合的协同创新模式,并通过开发下沉市场及打造品牌优势提高产品渗透率。传统车企进入新能源汽车行业本身具备诸多优势:一是传统能源汽车生态平台发展成熟,与汽车供应链有长期的合作关系,并且在机械结构、安全性、售后服务等方面拥有较多的经验积累;二是传统能源车企资金积累较多,现金流充足,资金安全性高;三是传统能源车企用户忠诚度较高,本身拥有较大的客户群。在市场容量迅速增长的时期,传统能源车企转型应通过市场下沉占据先机,完善质量控制体系,塑造品牌信任感提高市场影响力,提高产品渗透率。因此传统能源车企在结合自身优势的基础上,应把握核心需求积极开拓协同创新高效模式,实现“1+1>2”的效果:一要与原合作的供应链企业寻找并解决共同问题,形成信息共享,营造学习氛围;二要通过提升品牌知名度和社会声誉来吸引创新型人才、团队、企业主动寻求合作,同时塑造变革型企业文化以促进新技术、新项目、新管理模式的顺利接轨;三要利用原有的客户群体,与用户建立双向沟通渠道,筛选有效信息,通过深度联动来实现用户共创。

(3) 在新能源市场持续发育的背景下,政府应完善积分市场体系,完善阶梯化所得税税率体系,同时支持新能源汽车行业高质量可持续发展,鼓励车企跨界融合发展,多渠道创新。因此,提出以下建议:一是加速积分池制度引入,设置积分最低价格,稳定积分供求平衡,完善双积分政策;二是完善税收制度,加快政府职能转变,从行业的引领者转为监督者,通过税收优惠、阶梯化税率强化双积分政策对车企的内在刺激效果,促进车企进行协同创新;三是在《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》提出“三纵三横”的布局措施并明确未来新能源汽车的发展目标的背景下,同步完善对新能源车企上下游企业、基础设施建设企业的发展要求,并进行全产业链的监督以促进产业生态的健康发展;四是早在2016年国务院就发布《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》,指出坚持创新驱动、融合发展,就目前新能源汽车发展情况,国家层面应出台政策鼓励新能源汽车制造商和互联网公司、软件公司等协同合作,以促进新能源车企进行颠覆性创新。

参考文献

- [1] 李瑞雪,彭灿,吕潮林. 二元创新协同性与企业可持续发展: 竞争优势的中介作用[J]. 科研管理, 2022, 43(4): 139-148.
- [2] 徐刚,杨超. 基于演化博弈分析的产学研协同创新引导模式优化与选择[J]. 研究与发展管理, 2020, 32(1): 123-133.
- [3] 李柏洲,王雪,苏屹,等. 我国战略性新兴产业间供应链企业协同创新演化博弈研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(8): 136-147.
- [4] KAPUSTIN N O, GRUSHEVENKO D A. Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid[J]. Energy Policy, 2019 (137): 111103.
- [5] WU Y A, NG A W, YU Z C, et al. A review of evolutionary policy incentives for sustainable development of electric vehicles in China: Strategic implications[J]. Energy Policy, 2021(148): 111983.
- [6] 徐小晶,徐小林. 财政补贴对企业商业信用融资的影响研究——基于新能源汽车补贴退坡政策的实证分析[J]. 南开管理评论, 2021,

24(3): 213-226.

- [7] 张晨, 陈小雪, 刘聃. 退坡政策下绿色信贷能否促进新能源车企创新[J]. 会计之友, 2021(2): 15-22.
- [8] YU F, WANG L, LI X. The effects of government subsidies on new energy vehicle enterprises: The moderating role of intelligent transformation [J]. Energy Policy, 2020(141): 111463.
- [9] 吴江, 王梦. 中国新能源汽车推广政策调整的市场效应: 补贴退坡、技术进步与销量爬坡[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(6): 34-48.
- [10] 熊勇清, 熊祯, 吴敬静. 生产和消费环节的“非补贴型”政策孰优孰劣? ——基于新能源车企研发投入促进效果视角[J]. 科学学研究, 2022, 40(7): 1181-1191.
- [11] 韩菁, 蔡寻, 鲜路. 政策过渡如何影响研发生产决策——以新能源汽车产业的创新生态为例[J]. 管理评论, 2022, 34(11): 75-87.
- [12] 卢超, 王倩倩, 赵梦园, 等. “双积分”政策下汽车制造商竞争定价与减排策略研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(1): 64-76.
- [13] 王阳. 双积分政策下考虑市场进入方式的汽车供应链生产研发策略研究[J]. 软科学, 2021, 35(9): 28-36.
- [14] 孙慧芳, 王阳. “双积分”政策下新能源汽车供应链横向竞合研发博弈[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(22): 67-77.
- [15] 薛彧. 补贴退坡——“双积分”机制下的A汽车公司供应链决策优化[D]. 上海: 东华大学, 2022.
- [16] JI H Y, MIAO Z Z. Corporate social responsibility and collaborative innovation: The role of government support [J]. Journal of Cleaner Production, 2020(260): 121028.
- [17] 武健, 曹丽霞, 黄琪华, 等. “互联网+”背景下再生资源产业协同创新三方演化博弈研究[J]. 中国软科学, 2021(12): 175-186.
- [18] 杨世明, 贾建林, 蓝庆新. 产学研协同创新与政府职能的变迁——基于职能维度演变识别和政策文本分析[J]. 中国高校科技, 2021(11): 84-88.
- [19] 高茜滢, 吴慈生, 王琦. 基于合作竞争与协同创新的创新联合体研究[J]. 中国软科学, 2022, 383(11): 155-164.
- [20] 黄孚, 胡丹丹, 巫强. 行业竞争与企业协同创新——基于江阴598家制造业企业的微观实证[J]. 江苏社会科学, 2021(6): 221-230.
- [21] 李勃, 郭晓月, 和征, 等. 供应链企业间绿色产品协同创新效能的构念及实证研究[J]. 生态经济, 2022, 38(7): 85-91, 138.
- [22] 李文鹤, 戴良平, 郭北海, 等. 后补贴时代复合牵引机制下新能源汽车上下游企业合作创新博弈分析[J]. 软科学, 2021, 35(1): 81-88.
- [23] 刘亚婕, 董锋. 政府参与下新能源汽车企业间协同创新的竞合策略研究[J]. 研究与发展管理, 2022, 34(5): 136-148.
- [24] 苏妮娜, 朱先奇, 高力平. 基于前景理论的协同创新机制研究[J]. 经济问题, 2020(3): 74-82.
- [25] 吴洁, 车晓静, 盛永祥, 等. 基于三方演化博弈的政产学研协同创新机制研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(1): 162-173.

A Tripartite Evolutionary Game Study on Collaborative Innovation of New Energy Vehicle Enterprises, Traditional Vehicle Enterprises and Government Under the Dual Integration Policy

Wu Junmin, Qian Jiali

(Economics and Management School, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang 212100, China)

Abstract: The dual integration policy has promoted the transformation of the new energy vehicle market layout, and for automobile enterprises, collaborative innovation was conducive to enhance international core competitiveness of innovation ability. In this context, a tripartite game matrix of new energy vehicle enterprises, traditional vehicle enterprises and the government was built, and the influence of relevant parameters on that tripartite game was studied through MATLAB numerical simulation. There are three conclusions auto companies always choose collaborative innovation, but their willingness towards collaborative innovation is affected by the average income of new energy vehicles, the total number of orders in the new energy vehicle market, and the grabbing of market share. In the context of the dual points policy, the government has shifted from the direct leader to the indirect supervisor, and the strategy choice of auto enterprises is nearly not affected by the government incentives. The government's willingness to participate in collaborative innovation becomes stronger with the growth of the average income of new energy vehicles, the NEV points income of auto enterprises, the total number of market orders and the corporate income tax rate, while it becomes weaker with the growth of incentive costs and supervision costs. The research will contribute to the precise implementation of high-quality and sustainable development of China's new energy vehicle industry under the dual integration policy.

Keywords: the dual integration policy; new energy vehicle enterprises; traditional vehicle enterprises; collaborative innovation; evolutionary game