

财政补贴、绿色消费意愿与企业绿色创新

申亮¹, 林飞¹, 王玉燕^{2*}, 丁露萍², 范润婕¹, 杨晓光^{3,4}

(1. 山东财经大学财政税务学院, 山东 济南 250014; 2. 山东财经大学管理科学与工程学院, 山东 济南 250014; 3. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190; 4. 中国科学院大学经济管理学院, 北京 100190)

摘要: 考虑财政补贴与绿色消费意愿对企业绿色创新的影响, 构建了3个博弈模型, 从社会福利的角度解析财政补贴和绿色消费意愿对产品价格、绿色创新水平的影响, 探讨财政补贴退坡的可能性。研究表明: 在环境正外部性显著时, 绿色消费意愿能够驱动产品价格与销量上涨; 若消费者剩余在社会福利中占比高, 则绿色消费意愿会促进企业绿色创新及利润增长。在绿色消费意愿和财政补贴同时作用时, 绿色产品价格、销量、绿色创新水平、企业利润和社会福利是最高的, 此时存在最佳补贴额度, 使得当补贴超过该值时, 政府应采取补贴退坡政策。本文还以中国新能源汽车行业发展数据为样本, 实证检验了财政补贴和绿色消费意愿对新能源汽车核心技术创新水平的影响, 发现绿色消费意愿对产品创新水平的作用大于财政补贴的作用, 并且两者共同作用时效果更大。

关键词: 财政补贴; 绿色创新; 绿色消费意愿; 补贴退坡

中图分类号: F272.3

文献标志码: A

引用格式: 申亮, 林飞, 王玉燕, 等. 财政补贴、绿色消费意愿与企业绿色创新[J]. 山东大学学报(理学版), 2025, 60(6): 76-88.

Financial subsidies, green consumption willingness and corporate green innovation

SHEN Liang¹, LIN Fei¹, WANG Yuyan^{2*}, DING Luping², FAN Runjie¹, YANG Xiaoguang^{3,4}

(1. School of Public Finance and Taxation, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, Shandong, China; 2. School of Management Science and Engineering, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, Shandong, China; 3. Academy of Mathematics & Systems Science, CAS, Beijing 100190, China; 4. School of Economics and Management, CAS, Beijing 100190, China)

Abstract: The impact of financial subsidies and green consumption intention on corporate green innovation is considered. It constructs three game models to analyze the influence of financial subsidies and green consumption intention on product prices and levels of green innovation from the perspective of social welfare, and explores the possibility of subsidy reduction. The research shows that when environmental positive externalities are significant, green consumption intention can drive up product prices and sales volumes. If consumer surplus accounts for a high proportion of social welfare, green consumption intention will promote corporate green innovation and profit growth. When green consumption intention and financial subsidies act simultaneously, green product prices, sales volumes, levels of green innovation, corporate profits, and social welfare are maximized. At this point, there exists an optimal subsidy level; when subsidies exceed this level, the government should adopt a subsidy reduction policy. Additionally, using development data from the Chinese new-energy vehicle industry as a sample, this paper empirically tests the impact of financial subsidies and green consumption intention on the level of core technological innovation in new-energy vehicles. It finds that the effect of green consumption intention on product innovation levels is greater than that of financial subsidies, and the combined effect of both is even more significant.

Key words: financial subsidies; green innovation; green consumption willingness; the decline of financial subsidies

收稿日期: 2024-03-19; 网络出版时间: 2025-04-21 10:31:08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72371144); 国家自然科学基金重大项目(T2293771); 济南市自主培养创新团队项目(202228075); 山东省泰山学者工程专项项目(tsqn202211197)

第一作者: 申亮(1974—), 男, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向为环境规制、财税理论与公共政策. E-mail: 20067433@sdufe.edu.cn

* 通信作者: 王玉燕(1978—), 女, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向为博弈论与供应链管理. E-mail: wangyuyan1224@126.com

0 引言

为实现可持续发展,中国制定了大量的财税政策来推动绿色发展^[1]。从2013—2019年,中国政府出台了78项财政支持政策,划定了89个相关地区^[2]。财政政策虽然推动了众多企业积极投身绿色产业,但也使得绿色产业的发展高度依赖补贴政策。以新能源汽车为例,2009—2017年间,中国政府对其直接投资超3200亿元,累计减免购置税等700亿元^[3]。但是,补贴长期支持某行业颇具争议且易引发反补贴调查,因而有关部门在出台绿色产业政策时就已然提出退坡要求。财政补贴退坡会对绿色产业产生巨大的冲击。如2010—2020年,有关部门因新能源汽车补贴退坡引发市场动荡,导致退坡政策频繁变更。从推动绿色产业稳健发展的角度,财政补贴难长期维系根源何在?政府财政充裕时,补贴是否应持续推行?

尽管有研究指出,绿色财政补贴可减轻企业绿色创新的财务负担,激励其创造更优质的绿色产品^[4],且相较税收优惠,补贴政策在促进企业绿色发展上更有效^[5-6]。但也有研究表明,财政补贴应维持适度水平^[7-9],过度补贴会造成产业同质化及产能过剩^[10]、降低制造商的研发投入^[11]、抑制企业创新的集聚利润^[12]并加重政府财政压力^[13]等问题。现有研究多从生产成本维度考察财政补贴作用,未考量市场因素,因而难以清晰阐释基于社会整体利益视角的财政补贴退坡缘由。

值得注意的是,财政补贴旨在增进国民福利,因而绿色补贴就需要以满足消费者对绿色产品的需求为基本原则,这也是绿色产品具备市场竞争力的核心。《2016年中国消费者网络消费洞察报告与网购指南》指出,消费者对绿色产品的需求正在提高,部分消费者愿意为绿色产品支付更高的价格,这将促使企业主动进行绿色创新,加大研发投入。Axsen等^[14]提出,消费者缺乏绿色意愿时,财政政策难以长期有效,故而绿色补贴要契合消费者需求。不少研究也证实了财政补贴和绿色消费的关联性。如Ozaki等^[15]发现政府对混合动力汽车的补贴有力推动了消费;Zhuo等^[16]通过构建三阶段绿色供应链决策模型,指出提高补贴强度可增加产品市场需求、降低市场不确定性对企业的影响;同样,鞠晴江等^[17]证实了政府同时补贴制造商与消费者时能提升产品市场需求,且地方政府对制造商的销售奖励还可增强补贴绩效;此外,Wang等^[18]和Sun等^[19]发现政府补贴能有效提升消费者购买新能源汽车的意愿。但以往研究多聚焦单一因素对企业绿色创新的影响,并未探究财政补贴与绿色消费意愿的协同作用。有关补贴退坡的研究也较少,虽然部分学者通过仿真实验验证了补贴适当退出的必要性^[20-22],却未能阐明退坡机理。

事实上,政府机制与市场机制之间存在互补性^[23],而且由绿色消费意愿影响的市场需求,有可能对财政补贴起到替代作用^[24]。鉴于此,本文聚焦于以下问题:财政补贴与绿色消费意愿,哪个对企业的绿色创新水平影响更大?在绿色消费意愿的加持下,财政补贴能快速退坡吗?本文构建博弈模型,从社会福利的视角将财政补贴和绿色消费意愿放在统一的模型中考察,解析财政补贴和绿色消费意愿的作用,并且探讨在政府机制与市场机制同时存在下财政退坡的缘由,试图给出政府机制和市场机制在企业绿色创新中的作用机理;此外,本文还以中国新能源汽车行业发展数据为样本进行了实证检验。

本文边际贡献主要有3方面。第一,探讨了财政补贴、绿色消费意愿对企业绿色发展的作用,从理论上辨析清楚绿色消费意愿是绿色发展的关键要素,阐明其存在对财政补贴退坡的必要性,从全新的视角为财政补贴退坡提供了理论支撑。第二,借助新能源汽车推广政策提供的阶梯式补贴^①,基于车型层面的微观数据,为财政补贴、绿色消费意愿对企业绿色创新的影响提供实证依据。第三,从现实意义而言,财政补贴属于政府规制,而绿色消费意愿被视为一种市场机制的形式。本研究则丰富了政府规制和市场机制对社会发展作用的研究,揭示了市场机制是社会发展的主驱动力,政府规制需借市场机制发挥作用,侧面彰显“市场主导、政府引导”经济政策的科学性。

1 理论模型

1.1 模型说明

本文构建一组博弈模型来探讨财政补贴、绿色消费意愿对企业绿色创新的影响,并试图以此为基础得出

^① 我国对新能源汽车产业的补贴基本投放于需求侧,但理论上无论是补贴需求侧的消费者还是供给侧的生产者,补贴的政策效果是相同的,即2种补贴方式是等价的^[25]。因此,补贴方式并不会影响本文的实证结果。

财政补贴的合理空间,从社会效益及企业发展2个角度探讨财政补贴的退坡机理。

这组模型的基本假设是,在市场竞争中企业生产单一品种产品,产品的绿色创新水平由企业决定,企业可以选择实施绿色创新并获得政府财政补贴,也可以选择不实施绿色创新。在这一过程中,绿色消费意愿会影响制造商对产品的绿色创新决策。财政补贴和绿色消费意愿作为市场调节手段,具有一定的互补性。假设企业生产的绿色产品的销售价格为 p (制造企业的决策变量),生产成本为 c ,企业生产绿色产品的绿色创新技术水平为 $s(s>0)$ (制造企业的决策变量,简称绿色水平),投入的资金成本为 $C(s)=ks^2/2$,其中 $k(k>0)$ 为创新成本弹性系数。政府对企业绿色创新进行补贴,假设给予的单位绿色水平补贴额为 $h(h>0)$,则企业可以获得的补贴额,即政府的补贴成本为 hs ^[26]。

Q 表示产品的市场需求,根据Wang等^[27]的假设,产品的需求主要受销售价格、产品绿色水平的影响。由于需求函数与产品价格呈反方向变动,与产品的绿色水平呈正方向变动,因此,产品的市场需求函数有以下2种形式。

(1) 当不存在绿色消费意愿时,消费者在购买产品时主要考虑价格因素,此时有

$$Q=a-bp, \quad (1)$$

(2) 当存在绿色消费意愿时,消费者在购买产品时,对绿色水平高的产品偏好性更大,此时有

$$Q=a-bp+gs, \quad (2)$$

其中, a 为最大市场规模, b 为价格弹性系数, g 为产品绿色水平对销量的影响系数($g>0$)(产品绿色水平敏感系数)。 g 越大,则体现出绿色消费意愿越强。

假设消费者购买单位绿色产品的效用为

$$U=V-p, \quad (3)$$

其中, $V(V>p>c)$ 表示绿色产品对消费者的价值大小。

此外,为使模型有意义,假设 $2bk-g^2>0$,并且 $V>V_0$ 。即当存在绿色消费意愿时,只有消费者对绿色产品的感知价值高于阈值,消费意愿才起作用,其中 $V_0=\frac{2ak-cg^2}{2bk-g^2}$ 。

基于以上假设,本文将探讨如下问题:财政补贴和绿色消费意愿如何影响企业的绿色创新水平?两者谁更有效?财政补贴和绿色消费意愿共同作用下财政补贴退坡的机理是什么?针对这些问题,本文构建3个模型。一是只考虑财政补贴,不考虑绿色消费意愿的模型(简记为GN模式);二是只考虑绿色消费意愿,不考虑财政补贴的模型(简记为NC模式);三是同时考虑财政补贴和绿色消费意愿的模型(简记为GC模式)。

1.2 模型构建与求解

1.2.1 只考虑财政补贴,不考虑绿色消费意愿的模型(GN模式)

为了鼓励企业对绿色产品的研发,各级政府一般会采取财政补贴等优惠政策来激励企业实施绿色创新。考虑政府对企业绿色创新的补贴策略,不考虑绿色消费意愿对产品销售的影响,制造商的利润函数可以表示为

$$\max_{s,p} \pi_m = (p-c)(a-bp) - \frac{ks^2}{2} + hs, \quad (4)$$

企业对绿色产品的研发可以促进企业的碳减排行为,会产生一定的环境正外部性,本文将这种外部效应定义为 λs ,其中 $\lambda>0$ 表示正外部效应^[28]。政府将以社会福利最大化为原则来决策对制造企业的补贴力度 h ,即考虑消费者剩余(CS)、生产者剩余(PS)和碳减排的正外部性(λs)。为了便于分析政府补贴的侧重点,假设政府对生产者剩余和消费者剩余的偏好是不同的,政府考虑消费者剩余的权重系数为 $\rho(\rho>0)$ 。在模型中, $PS=\pi_m$, $CS=UQ$ 。根据社会福利最大化原则,政府的决策函数为

$$\max_h G_g = \pi_m + \rho UQ - hs + \lambda s = (p-c)(a-bp) - \frac{ks^2}{2} + \rho(V-p)(a-bp) + \lambda s, \quad (5)$$

这构成了以政府为主、制造企业为从的Stacklberg博弈。首先,政府以社会福利最大化为目标,决定其对企业的补贴力度 h ;然后,企业根据企业利润最大化原则来决定产品的销售价格 p 和绿色水平 s 。

根据逆向归纳法,基于方程(4)分别对 p 和 s 求二阶偏导,可得 $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial p^2} = -2b < 0$, $\frac{\partial^2 \pi_m}{\partial s^2} = -k < 0$,因此, π_m 是

关于 p 和 s 的严格凸函数,再由 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial s} = 0$, 联立可得销售价格和绿色水平的反应函数分别为

$$p^{GN} = \frac{a+bc}{2b}, \tag{6}$$

$$s^{GN} = \frac{h}{k}. \tag{7}$$

将式(6)、(7)代入政府的决策函数方程(5)中,有

$$G_g^{GN} = \frac{1}{4} \left\{ \frac{(a-bc)^2}{b} - \frac{2h(h-2\lambda)}{k} + 2(a-bc)\rho \left[-\frac{a+bc}{2b} + V \right] \right\}. \tag{8}$$

对方程(8)求 h 的一阶导和二阶导可分别获得 $G_g^{GN'} = \frac{\lambda-h}{k}, G_g^{GN''} = -\frac{1}{k}$ 。令 $G_g^{GN'} = \frac{\lambda-h}{k} = 0$, 得

$$h^{GN*} = \lambda. \tag{9}$$

将式(9)代入式(8), 可得政府效用的最优解。同时, 将式(9)代入式(6)、(7)可得企业产品的最优价格及最优绿色水平, 以此为基础可进而求得企业的最优产量及最优利润。

1.2.2 只考虑绿色消费意愿, 不考虑财政补贴的模型(NC模式)

随着绿色消费意愿的增强, 消费者对绿色产品偏好的提高会促使企业实施绿色技术创新。假设没有政府的补贴政策时, 企业的决策函数为

$$\max_{s,p} \pi_m = (p-c)(a-bp+gs) - \frac{ks^2}{2}, \tag{10}$$

1.2.3 同时考虑财政补贴和绿色消费意愿的模型(GC模式)

在模型中, 当同时考虑财政补贴和绿色消费意愿时, 企业的利润函数可表示为

$$\max_{s,p} \pi_m = (p-c)(a-bp+gs) - \frac{ks^2}{2} + hs. \tag{11}$$

根据社会福利最大化原则, 政府决策函数可表示为

$$\max_h G_g = \pi_m + \rho UQ - hs + \lambda s = (p-c)(a-bp+gs) - \frac{ks^2}{2} + \rho(V-p)(a-bp+gs) + \lambda s. \tag{12}$$

使用逆向归纳法求解(求解过程同GN模型), GN模式的最优决策为

$$p^{GN*} = \frac{a+bc}{2b}, \quad s^{GN*} = \frac{\lambda}{k}, \quad h^{GN*} = \lambda, \quad Q^{GN*} = \frac{a-bc}{2},$$

$$\pi^{GN*} = \frac{(a-bc)^2 k + 4bh\lambda - 2b\lambda^2}{4bk}, \quad G^{GN*} = \frac{k(a-bc)^2 + 2b\lambda^2 + \rho k(a-bc)(2bV - a - bc)}{4bk}.$$

NC模式的最优决策为

$$p^{NC*} = \frac{(a+bc)k - cg^2}{2bk - g^2}, \quad s^{NC*} = \frac{(a-bc)g}{2bk - g^2}, \quad Q^{NC*} = \frac{(a-bc)bk}{2bk - g^2}, \quad \pi_m^{NC*} = \frac{(a-bc)^2 k}{2(2bk - g^2)}, \text{其中 } 2bk > g^2.$$

GC模式的最优决策为

$$p^{GC*} = \frac{2k(a+bc) + g[2\lambda + g(\rho c + \rho V - 2c)]}{2(2bk - (1-\rho)g^2)}, \quad s^{GC*} = \frac{g(a - \rho p + bpV - bc) + 2b\lambda}{2bk - (1-\rho)g^2},$$

$$h^{GC*} = \frac{2\lambda(2bk - g^2) + gp[g^2(c - V) - 2k(a - bV)]}{2[2bk - (1-\rho)g^2]}, \quad Q^{GC*} = \frac{b(2kA_3 + gA_1)}{2[2bk - (1-\rho)g^2]},$$

$$\pi^{GC*} = \frac{(2\{2k[2b\lambda - gp(a - bV)] - g^2 A_1\}(A_2 + bA_1) - 2k^2(A_2 + bA_1)^2 + b(2kA_3 + gA_1)^2)}{4[2bk - g^2(1-\rho)]^2},$$

$$G^{GC*} = \frac{2kA_3\{A_3 - [a + b(c - 2V)]\rho\} + 4\lambda\{b[\lambda + g(V\rho - c)] + A_2\} + bg^2(V - c)^2 \rho^2}{4[2bk - g^2(1-\rho)]^2},$$

其中, $2bk > g^2$ 且 $V > V_0, A_1 = 2\lambda + g(V - c)\rho, A_2 = a(g - g\rho), A_3 = a - bc$ 。

2 均衡解分析

2.1 均衡解的比较分析

对3种博弈模式的均衡解进行数学解析,可得如下命题。

命题1 考虑绿色消费意愿时,有以下几种情况。

(1) 在NC模式中 p^{NC*} 、 s^{NC*} 、 Q^{NC*} 、 π_m^{NC*} 均与 g 成正比。

(2) 在GC模式中:①当 $\lambda > \frac{2gk(a-bV)(-1+\rho)}{2bk+g^2(-1+\rho)}$ 时, p^{GC*} 、 Q^{GC*} 与 g 成正比;反之, p^{GC*} 、 Q^{GC*} 与 g 成反

比。②当 $\rho < 1$ 和 $\rho > 1 + \frac{2bk(a-bc)+4bg\lambda}{g^2(a-bc)}$ 时, s^{GC*} 与 g 成正比;当 $1 < \rho < \frac{2b(ka-kbc+2g\lambda)}{g^2(a-bc)} + 1$ 时, s^{GC*} 与 g 成反

比。③当 $\rho > \frac{2bk+g^2}{g^2} + \frac{4bg\lambda}{g^2(a-bc)}$ 且 $c > c_1$ 时, h^{GC*} 与 g 成正比;反之, h^{GC*} 与 g 成反比。④当 $\rho > \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$

时, π^{GC*} 与 g 成正比;反之, π^{GC*} 与 g 成反比。

(3) ①当 $c > c_2$ 时, $\frac{\partial p^{GC*}}{\partial g} > \frac{\partial p^{NC*}}{\partial g}$, $\frac{\partial Q^{GC*}}{\partial g} > \frac{\partial Q^{NC*}}{\partial g}$, 反之, $\frac{\partial p^{GC*}}{\partial g} < \frac{\partial p^{NC*}}{\partial g}$, $\frac{\partial Q^{GC*}}{\partial g} < \frac{\partial Q^{NC*}}{\partial g}$ 。②当 $c > c_3$ 时,

$\frac{\partial s^{GC*}}{\partial g} > \frac{\partial s^{NC*}}{\partial g}$, 反之, $\frac{\partial s^{GC*}}{\partial g} < \frac{\partial s^{NC*}}{\partial g}$ 。③当 $\rho > \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$ 或者 $\rho < \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$ 且 $V_0 < V < \frac{a(\rho-1)+bc}{b\rho}$ 时,

$\frac{\partial \pi_m^{GC*}}{\partial g} < \frac{\partial \pi_m^{NC*}}{\partial g}$, 当 $\rho < \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$ 且 $V > \frac{a(\rho-1)+bc}{b\rho}$ 时, $\frac{\partial \pi_m^{GC*}}{\partial g} > \frac{\partial \pi_m^{NC*}}{\partial g}$ 。其中

$$c_1 = \frac{Vg^2 - 2k(a-bV)}{g^2},$$

$$c_2 = \frac{(2bk-g^2)^2 [2bk\lambda + g(2ak-g\lambda)(-1+\rho) - 2bgkV\rho] + 2agk[2bk+g^2(-1+\rho)]^2}{2bgk[2bk+g^2(-1+\rho)]^2 - 2bgk(g^2-2bk)^2},$$

$$c_3 = \frac{(g^2-2bk) \{ (g^2-2bk)[g(gp^2V-4\lambda) - (g^2V+2bkV-4g\lambda)\rho] - 2ak(3g^2+2bk)\rho \} + g^2 2ak(3g^2-2bk)\rho^2}{g^2 [12b^2k^2 + 2bg^2k(-2+\rho) + g^4(-1+\rho)]\rho}$$

证明过程见附录1。

命题1说明,在NC模式中,产品价格、绿色水平、市场需求和制造商的利润与绿色消费意愿 g 成正比。这说明,仅有市场机制对企业进行调控时,绿色消费意愿的增强有助于推动企业提升产品绿色水平、提高产品价格、增加市场需求量,从而有利于制造商利润的增加。

在GC模式中,当碳减排给社会福利带来的环境正外部性系数 $\lambda > \left(\frac{2gk(a-bV)(-1+\rho)}{2bk+g^2(-1+\rho)} \right)$ 时,随着绿色消

费意愿 g 的增强,产品价格和市场需求得到提升。当社会福利中消费者剩余的权重系数 $\rho < 1$ 或 $\rho > \left(\frac{2bk+g^2}{g^2} + \frac{4bg\lambda}{g^2(a-bc)} \right)$ 时, g 的增大促使制造商提升产品绿色水平;此时,若生产成本较高($c > c_1$),政府为了鼓励制造商实施绿色创新,会提高给制造商的单位补贴额度。制造商的利润主要受政府考虑消费者剩余的权重系数 ρ 的影响,若 $\rho > \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$,随着绿色消费意愿的增强,制造商通过提高产品绿色水平,增加市场

需求,提升产品价格进而获得更多的利润;而当 $\rho < \frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$ 时,表明政府在决策中对消费者权益的考量

不足。随着消费者绿色消费意愿的增强,政府在社会福利最大化导向下的绿色补贴策略未能充分响应这一趋势,忽视了消费者需求。制造商若未能及时适应,其产品市场接受度可能下降,销售受阻,最终压缩其利润空间。

另外,当政府提供财政补贴时,若生产成本较大($c > \max\{c_2, c_3\}$),绿色消费意愿对产品价格、市场需

求和绿色水平的影响,均比无财政补贴时大。这是因为财政补贴使企业拥有了更多的绿色专项资金,当绿色消费意愿提高时,企业会进一步提升绿色水平,而绿色消费意愿对制造商利润的影响受到政府考虑消费者剩余的权重系数和产品对消费者价值的影响,只有当产品对消费者具有较高的价值,并且政府考虑消费者剩余的权重系数低于阈值 $\frac{g(a-bc)+2b\lambda}{g(a-bV)}$ 时,政府提供财政补贴时绿色消费意愿对制造商利润的影响会高于无财政补贴时的影响。也就是说,在市场机制对制造商进行调控的基础上,当产品对消费者的价值较高且政府考虑消费者剩余的权重系数较小时,政府提供财政补贴能够加强市场机制对制造商的调控作用。

命题 2 考虑财政补贴时:(1) p^{GN^*} 、 s^{GN^*} 、 h^{GN^*} 、 Q^{GN^*} 、 $\pi_m^{GN^*}$ 均与 ρ 无关, G^{GN^*} 与 ρ 成正比; (2) p^{GC^*} 、 s^{GC^*} 、 h^{GC^*} 、 Q^{GC^*} 、 $\pi_m^{GC^*}$ 、 G^{GC^*} 与 ρ 成正比。证明过程与命题 1 证明类似。

命题 2 说明,不考虑市场机制,仅考虑政府对制造商的调控作用时,产品价格、绿色水平、市场需求、绿色技术补贴和制造商利润均与政府考虑消费者剩余的权重系数 ρ 无关,社会福利与 ρ 正相关。这是因为不考虑市场机制时,政府直接调控成为产业运作的主导,制造商决策主要响应于政策目标,而非市场供需。因此,产品价格、绿色水平受政策参数(如排放标准、补贴)直接调控,与消费者剩余权重无直接联系。市场需求虽宏观上受消费者偏好影响,但市场机制缺失下,消费者剩余权重变化难以直接作用于需求,而更多由政府宏观调控间接塑造。绿色技术补贴分配基于政策目标与社会福利考量,亦不受消费者剩余权重影响。政府作为公共利益守护者,关注消费者剩余时,其政策倾向于保障消费者权益、提升社会福利,通过积极干预绿色产业(如补贴加大、资源配置优化),间接促进社会整体福利提升。

当消费者具有绿色消费意愿且政府提供财政补贴时,产品价格、绿色水平、单位补贴额度、市场需求、制造商利润和政府效益均与政府考虑消费者剩余的权重系数 ρ 正相关。这说明在政府提供财政补贴的基础上,市场机制的作用使得 ρ 对产品价格、绿色水平、市场需求、企业利润和社会福利产生了正向影响。即当市场调控和政府规制同时作用时,政府在决策过程中考虑消费者剩余的权重系数越大,越有利于产品价格、销量和绿色水平的提升,进而有利于扩大企业盈利空间和增加政府效益。此时,财政补贴的作用将会更好地促进绿色市场的良性循环,也会使消费者及制造商共同受益。

命题 3 $p^{GC^*} > p$, $Q^{GC^*} > Q^{NC^*} > Q^{GN^*}$, $s^{GC^*} > s^{NC^*} > s^{GN^*}$, $\pi_m^{GC^*} > \pi_m^{NC^*} > \pi_m^{GN^*}$, $h^{GC^*} > h^{GN^*}$, $G_g^{GC^*} > G_g^{GN^*}$ 。

证明过程见附录 2。

由命题 3 可知,(1) 仅考虑财政补贴 GN 模式,若现实中消费者不关注产品的绿色水平,企业将没有动力进行绿色创新。企业绿色创新的激励机制若要发挥作用,需要政府和市场的共同作用,绿色消费意愿作为市场机制的作用是政府激励机制发挥作用的前提。(2) 在 GN 模式之下,产品价格、绿色水平、市场需求、补贴额度、制造商利润和政府效益都是最低的。这说明即使仅抑制负外部效应,单依靠政府的力量难以实现各方效益的改进,只有激励其消费者意愿,才能实现对负外部性的抑制。(3) 对比 GN 模式和 NC 模式,有 $s^{NC^*} > s^{GN^*}$, $Q^{NC^*} > Q^{GN^*}$, $\pi_m^{NC^*} > \pi_m^{GN^*}$,说明即便没有财政补贴,绿色消费意愿就能促进企业绿色创新,扩大绿色产品的市场,提升企业的经济效益。(4) 对比 NC 模式和 GC 模式,有 $s^{GC^*} > s^{NC^*}$, $Q^{GC^*} > Q^{NC^*}$, $\pi_m^{GC^*} > \pi_m^{NC^*}$,说明在财政补贴和绿色消费意愿共同作用之下,能更加高效地促进企业绿色创新发展。

2.2 财政补贴退坡分析

现有研究表明,财政补贴可以激励企业增加研发投入、提高企业绿色创新水平^[29],以及扩大企业市场份额^[30-31]。但是,过度的财政补贴反而会降低补贴的实施效果,甚至会使企业产生道德风险、产能过剩等问题,抑制企业由于创新形成的积聚利润,并损害社会福利。因此,财政补贴应该选择合适的节点并采用科学的机制进行合理退坡。为探究财政补贴退坡的必要性,根据 GC 模式中财政补贴对企业绿色水平、企业利润和社会福利的影响,参考 Yang 等学者的研究^[30],取 $a=30$, $b=1$, $c=8$, $k=30$, $g=1$, $\rho=1.6$, $V=20$, $\lambda=30$ 。令 h 为自变量,财政补贴退坡示意图如图 1 所示。

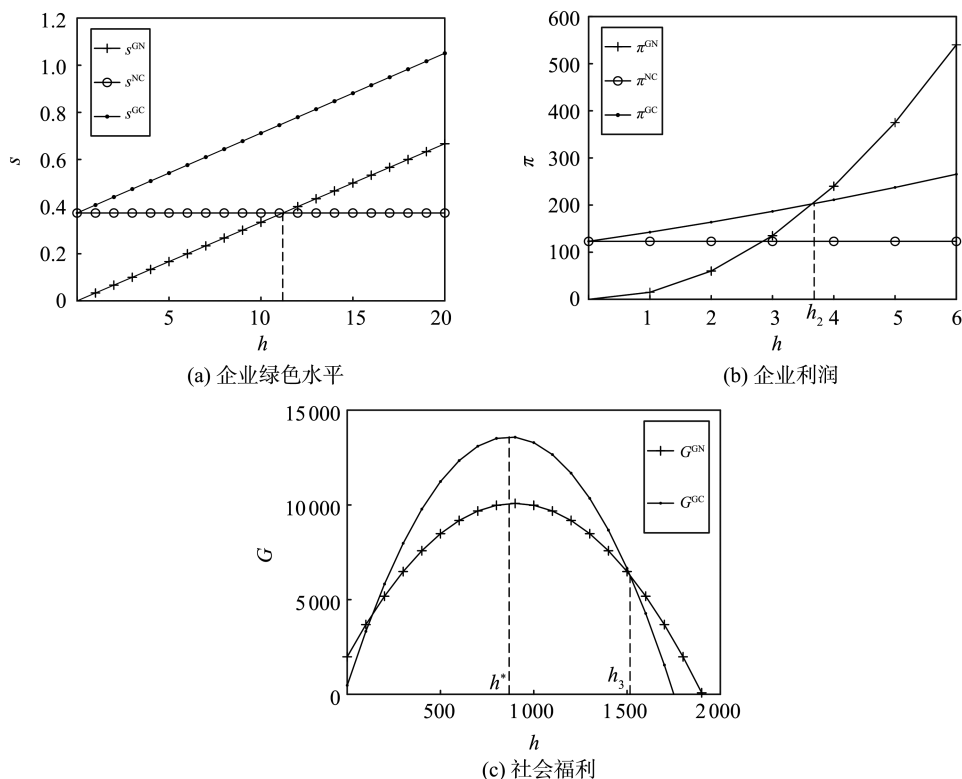


图1 财政补贴退坡示意图

Fig.1 Schematic diagram of the decline of financial subsidies

由图1(a)可知,当政府对企业绿色创新给予财政补贴时,补贴额度越高,企业绿色创新的积极性越高。当补贴额度低于 h_1 时,单一政府补贴机制在促进企业绿色创新方面的作用低于市场机制;当补贴额度等于 h_1 时,两种机制下企业的绿色水平相等;当补贴额度超过 h_1 时,政府补贴机制对企业的促进作用超过市场调节的作用。同样,图1(b)中企业利润也是如此。随着政府补贴额度的增大,GN模型下企业的利润逐渐增大,逐渐高于NC模型下的企业利润。但值得注意的是,随着政府补贴额度增大到一定程度($h \geq h_2$)时,GC模型(即政府调控与市场调节并存的模型)下的企业利润却出现了不升反降的现象,意外地低于了GN模型的表现。这一现象揭示了“政府过度补贴”的潜在风险与弊端,其背后的原因主要在于过度的政府干预可能扭曲了市场信号,抑制了企业的内在创新动力和市场竞争能力,从而导致了资源配置效率的下降。

以上内容都是从绿色水平和企业利润的角度展开分析的。从社会福利的角度来看,财政补贴额度并不是越大越好。根据图1(c),当只有政府机制发挥作用时(GN模型),财政补贴额度越大,社会福利越小。这说明,虽然财政补贴对企业利润和绿色水平产生了积极的影响,但是政府将为此付出极大的成本,进而损害消费者的权益。而在GC模型下,当两种机制同时发挥作用时,市场机制能够协调财政补贴对社会福利产生的负面影响:随着补贴额度的增大,社会福利呈现先增大后减小的趋势。当政府补贴较小时,绿色消费意愿的存在反而使得社会总福利低于不存在绿色消费意愿的情形,这主要归因于补贴不足以充分激励绿色生产,同时绿色消费市场的有限响应未能有效抵消因补贴低效而产生的额外成本,进而削弱了整体社会福利的增进;当补贴额度 $h < h^*$ 时,随着 h 的增大,社会福利逐渐增大,逐渐高于GN模型下的社会福利,在最优补贴下GC模型的社会福利大于GN模式的,这符合命题3;当补贴额度 $h > h_3$ 时,GC模型下的社会福利水平显著低于GN模型所展现的,这一现象表明,在存在有效市场调节的情境下,过度的财政补贴非但不能持续增进社会福利,反而可能产生不利影响。鉴于此,政府应审慎评估补贴政策的效用边界,并在适当范围内实施财政补贴退坡政策,以平衡政府干预与市场机制之间的关系,确保资源的最优配置与社会福利的最大化。

综上所述,市场调节和政府补贴机制对绿色水平和企业利润的提升均起到促进作用。当财政补贴额度较小时,自发性的市场调节在促进企业绿色创新和提升企业盈利空间方面的优势更加明显。当财政补贴额度较大时,政府补贴机制能够极大地减少企业的绿色创新成本,调动企业提升绿色创新的积极性,从而增加企业的利润。然而对于政府来说,当只有政府机制对企业产生作用时,提供财政补贴仅仅意味着增大了社会成本,损害了社会福利;当市场调节和政府机制同时发挥作用时,则存在一个财政补贴额度的最优值使社会

福利可以达到最大化;当补贴额度超过这个最优值时,过度的财政补贴将对社会福利产生负面影响,此时,政府应采取财政退坡政策,而且补贴额度的最优值就是政府财政补贴的退坡界点。

3 新能源汽车市场的经验证据

本部分借助新能源汽车推广政策提供的阶梯式补贴,基于车型层面的微观数据,提供财政补贴与绿色消费意愿对企业绿色创新影响的经验证据。

3.1 实证策略与数据

2016年起,我国的新能源汽车推广政策拓展到全国范围,补贴政策与续航里程分段挂钩^[32]。由表1可知,2018年我国对原有的分段补贴政策进行调整,在已有的基础上增加了3个补贴门槛,分别为200、300和400 km,并取消了150 km以下的补贴。这种外生政策变化为本文的实证分析提供了便利。

表1 2016—2018年不同续航里程范围内每辆纯电动乘用车国家推广应用补贴额

Table 1 National subsidy amounts for pure electric passenger vehicles by range category from 2016 to 2018

时间	$100 \leq R < 150$	$150 \leq R < 200$	$200 \leq R < 250$	$250 \leq R < 300$	$300 \leq R < 400$	$R \geq 400$
2016年	2.50	4.50	4.50	5.50	5.50	5.50
2017年	2.00	3.60	3.60	4.40	4.40	4.40
过渡期	1.40	2.52	2.52	3.08	3.08	3.08
2018年	—	1.50	2.40	3.40	4.50	5.00

单位:万元

2018年之前,汽车生产企业只需要突破250 km续航里程的关键技术即可获得最高额的补贴,在更高的续航里程区间内补贴对企业的创新激励效应便会减弱。而在政策调整之后,补贴给企业带来了跨越300 km甚至400 km续航里程的创新激励,因此,本文选取300 km这一补贴门槛,考察补贴调整之后问世的续航里程高于300 km车型的动力电池系统能量密度是否显著高于续航里程低于300 km的车型^①。动力电池系统能量密度不仅是纯电动乘用车核心的技术指标^[25],同时也是困扰新能源汽车行业最重要的技术难题之一,因此,本文使用动力电池系统能量密度表征企业的技术创新水平。

此外,本文使用中国汽车工业协会发布的新能源乘用车的销售量与全国乘用车销量之比(即市场份额)表征市场机制,即绿色消费意愿,这是因为在目前的新能源汽车购买群体中,大部分是具有绿色意愿的消费者^[33]。因此,在整个销售市场中,可以粗略地采用新能源汽车的销售量与乘用车销量之比来表征消费者的绿色意愿。根据显示偏好理论,只有当消费者的绿色意愿落实到真正的购买行为上时,才能反映消费者真实的偏好,因此,销量数据在研究消费者的绿色意愿时具有非常重要的作用^[31]。

本文参考陈洲等^[34]的做法,首先从《新能源汽车推广应用工程推荐车型目录》中获取纯电动乘用车推广车型的动力电池系统能量密度、电动机功率、续航里程、整备质量、最高车速和百公里耗电量数据,并与工信部《道路机动车辆生产企业及产品公告》匹配以获取各车型的公告年份。最终整理得到包含57家汽车生产企业的664种纯电动汽车车型参数数据库。主要变量的描述性统计如表2所示。

表2 主要变量描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of main variables

变量	观测值	均值 m	标准差 S	最小值 min	最大值 max
动力电池系统能量密度 Y	664	4.865 5	0.164 8	2.448 4	5.135 8
绿色消费意愿 W	664	3.416 8	1.151 4	1.378 4	4.441 2
电动机功率 D	664	4.079 4	0.564 1	2.995 7	5.075 2
续航里程 l	664	5.559 2	0.330 2	5.010 6	6.230 5
整备质量 Z	664	7.156 4	0.255 6	6.565 3	7.803 8
最高车速 C	664	4.767 7	0.171 2	4.605 2	5.736 6
百公里耗电量 E	664	2.612 0	0.159 0	2.230 0	3.104 6

注:为了避免量纲对本文估计结果的影响,本文中绿色消费意愿(W)=新能源汽车的销售量/乘用车销量 $\times 10$ 。

① 选取300 km的这一补贴门槛主要基于样本量的考虑,在本文的样本中,续航里程高于400 km的占比仅约为14.91%,选取400 km的补贴门槛可能会带来估计偏误,而高于300 km的占比则约为48.49%。

3.2 实证模型与分析

3.2.1 计量模型

为考察财政补贴与企业绿色创新之间关系,参考陈洲等^[34]的识别策略,本文构造的双重差分模型为

$$Y_{lft} = \alpha + \beta S_l \times P_t + \gamma X_t + \eta_f + \lambda_t + \mu_{lft}, \quad (13)$$

其中, Y 为动力电池系统能量密度的对数形式,下标 l 、 f 和 t 分别代表车型的续驶里程、生产企业和问世年份。当车型的续驶里程高于 300 km 时,哑变量 S_l 取 1,否则取 0;哑变量 P_t 在政策调整之后取 1,否则取 0。 X_t 为一系列控制变量,具体为电动机功率、续驶里程、整备质量、最高车速和百公里耗电量。特别地,为了缓解生产企业创新水平本身表现出的时间趋势产生的内生性问题,本文参考 Moser 和 Voena^[35]的做法,引入处理组与时间趋势的交互项 $S \times P$ 。 η_f 和 λ_t 分别代表生产企业固定效应和年份固定效应, μ_{lft} 为随机扰动项。

进一步地,为了考察财政补贴与绿色消费意愿的交互效应对企业创新水平的影响,本文分别引入了绿色消费意愿、处理组和时间趋势、绿色消费意愿的三重交互项。

$$Y_{lft} = \alpha + \beta_1 S_l \times P_t + \beta_2 W + \gamma X_t + \eta_f + \lambda_t + \mu_{lft}, \quad (14)$$

$$Y_{lft} = \alpha + \beta S \times P \times W + \gamma X_t + \eta_f + \lambda_t + \mu_{lft}. \quad (15)$$

3.2.2 回归结果

本文利用式(13)进行实证分析,令企业和年份固定效应一致,其他变量控制不变,回归结果见表 3。结果显示, $S \times P$ 的系数为 0.186 8,且在 5% 的显著性水平上显著,这意味着续驶里程超出在 2018 年出现的 300 km 新门槛的新车型,其动力电池系统能量密度在平均意义上显著提升了约 18.68%。引入了绿色消费意愿后的回归结果 W 的系数为 0.222 6,且在 1% 的显著性水平上显著,而 $S \times P$ 无论是在统计显著性还是经济显著性上均未发生改变。上述结果表明,财政补贴与绿色消费意愿的提升均能够提高产品的创新水平,并且绿色消费意愿的作用大于财政补贴的作用。三重交互项 $S \times P \times W$ 的系数为 0.018 7,且在 5% 的显著性水平上显著,这意味着伴随着绿色消费意愿的提高,财政补贴对企业创新水平的提高效应得到加强,即绿色消费意愿与财政补贴共同作用时,产品创新技术水平依旧得到了显著提升。

表 3 动力电池系统能量密度 Y 的回归结果与稳健性测试 I

Table 3 Regression results and robustness test of battery system energy density I

参数	$S \times P$	W	$S \times P \times W$	常数项	观测值	R^2
回归结果	0.186 8** (0.089 4)	—	—	4.192 3*** (0.430 3)	664	0.537 9
	0.186 8** (0.089 4)	0.222 6*** (0.066 2)	—	3.885 4*** (0.490 7)	664	0.537 9
	—	—	0.018 7** (0.008 9)	4.043 3*** (0.448 1)	664	0.534 7
重新定义绿色消费意愿	0.186 8** (0.089 4)	0.767 4*** (0.228 1)	—	3.667 0*** (0.538 9)	664	0.537 9
	—	—	0.039 6** (0.018 8)	4.035 1*** (0.449 6)	664	0.534 7

注:括号内为聚类到企业层面的稳健标准误差;***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上显著。

3.2.3 稳健性测试

本文从动态的角度进一步测算了新能源乘用车市场份额的增长率,以此表征绿色消费意愿和市场机制的变化。考虑到政策变化后,续驶里程大于等于 400 km 的车型可以获得最高的补贴,其对生产企业的创新激励效应有可能更大,为此,剔除续驶里程大于等于 400 km 的样本重新回归。由于小规模企业在纯电动领域的技术积累有限,其生产电动汽车的目的只是为了获取补贴,而不是满足真实的市场需求^[32],为此,将生产车型总数小于 5 种的企业定义为小规模企业并在样本中剔除。上述结果无论是在统计显著性还是在经济显著性上均与本文的基本结果一致。令企业和年份固定效应一致,其他变量控制不变,稳健性测试结果见表 4。

表 4 动力电池系统能量密度 Y 的稳健性测试 II

Table 4 Robustness test of battery system energy density II

条件	$S \times P$	W	$S \times P \times W$	常数项	观测值	R^2
剔除续驶里程大于等于 400 km 的样本	0.201 1** (0.087 4)	—	—	3.781 4*** (0.518 9)	565	0.509 3
	0.201 1** (0.087 4)	0.228 5*** (0.067 9)	—	3.466 5*** (0.579 0)	565	0.509 3
	—	—	0.017 6* (0.010 1)	3.648 5*** (0.533 2)	565	0.505 9
剔除小规模企业的样本	0.193 3** (0.091 8)	—	—	4.201 8*** (0.425 7)	595	0.514 9
	0.193 3** (0.091 8)	0.229 8*** (0.069 6)	—	3.885 0*** (0.489 3)	595	0.514 9
	—	—	0.018 4** (0.008 8)	4.049 9*** (0.442 8)	595	0.511 0

注:括号内为聚类到企业层面的稳健标准误差;***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上显著。

4 结论及建议

本文考察了财政补贴和绿色消费意愿对企业绿色创新技术的影响,构建了有财政补贴和消费者缺乏绿色意愿、无财政补贴和消费者有绿色意愿,以及财政补贴和绿色消费意愿同时存在的3种 Stacklberg 博弈模型。运用博弈论工具求得了不同模型的最优决策并对其进行了比较分析。基于此,本文从绿色水平、企业利润和社会效益的角度,探讨了财政补贴产生的影响,给出了财政补贴退坡的机理。进一步地,本文使用经验数据对所得结论进行了深入分析。最后,通过案例分析验证并深化了本文的研究问题。本文所得主要结论如下:

本文与仅考虑绿色消费意愿提升对制造企业产品绿色水平促进作用^[36-38]的观点相区别,研究了绿色消费意愿在不同财政补贴情境下对企业战略选择与利润绩效的差异化作用机制。在无财政补贴的市场情境下,绿色消费意愿作为关键的内生激励因素,显著驱动企业提升产品绿色标准,从而引发价格上涨与销量增长,最终促进企业盈利能力的提升。然而,在财政补贴介入的市场环境中,绿色消费意愿对产品绿色化进程的推动作用受到政府决策中消费者剩余权重系数的调节。特别地,当政府政策过度倾斜于消费者福利时,高强度的绿色消费意愿可能会抑制产品绿色度的进一步提升和补贴力度的缩减。相比之下,绿色消费意愿在激发企业绿色创新活力、促进市场繁荣以及提升整体社会福利方面,相较于单一的财政补贴机制,展现出更为突出的优势。当绿色消费意愿与财政补贴形成协同效应时,其对产品价格、销量及绿色度的综合提升效果最为显著,进而实现了制造商利润最大化与社会福利的最优状态。

本文阐明了消费者剩余权重系数在存在财政补贴政策时的作用。在单一财政补贴的框架内,该系数对企业决策行为、盈利状况及政府政策导向的影响微乎其微。然而,在财政补贴与绿色消费意愿双重因素交织的复杂系统中,消费者剩余权重系数成为连接政府宏观调控与市场微观机制的纽带,其正向变化不仅优化了企业的绿色生产决策,还强化了政府政策实施的有效性,共同促进了产品绿色度、市场价格与销量的全面提升,为企业盈利空间的拓展与社会总福利的增长提供了强大动力。

本文构建了一个将财政补贴与绿色消费意愿纳入统一分析框架的综合模型,从社会福利优化视角,着重阐述了财政补贴退坡政策的实施紧迫性与恰当时机。绿色消费意愿的日益增强为财政补贴政策的适时调整与逐步退坡奠定了市场基础。在绿色消费意愿与财政补贴协同作用的理想状态下,存在一个最优补贴额度,该额度能够最大化社会福利。然而,当补贴水平超出此最优阈值时,过高的补贴不仅会增加社会成本负担,对社会福利造成不利影响,还可能诱发企业的投机行为,对绿色制造产业的长期发展构成威胁。因此,政府应准确把握补贴退坡的时机与节奏,通过精准施策平衡市场激励与政府干预之间的关系,以确保绿色经济在可持续的轨道上稳健前行。

根据以上结论,本文给出以下管理学启示。

(1) 消费者对绿色产品的认可是激励企业进行绿色技术创新的重要动力,有助于促进企业利润和社会福利的增长。因此,政府和企业还应加强政策宣传和培训,提高消费者的绿色意愿。环保部门可以定期在媒体平台上公开环境污染数据,加大政策宣传和解读力度,提高政策的可行性和有效性。

(2) 财政补贴机制有助于促进企业绿色技术创新,政府可以制定更灵活的财政补贴政策,充分激发绿色消费意愿,综合考虑各利益方的综合效益,制定社会福利最大化的补贴政策。政府应建立合理的财政补贴退坡机制,减少社会成本,促进经济增长和社会进步。政府还需制定相关政策和监测、监管机制对补贴机制的运行进行补充和支撑。相关政策的制定可以支持或引导企业调整其生产和市场行为,以鼓励企业增加其产品或服务的产量,帮助企业适应财政补贴退坡。监管机制可以帮助政府加强对企业的监管,引导企业合理生产和市场行为,并限制企业不当行为。

(3) 企业是绿色创新技术补贴机制中的主要受益者。在产品价格和绿色水平的相关决策的制定过程中,企业需同时兼顾市场条件和政府规则,充分利用绿色消费意愿和财政补贴,以期通过最低成本收获最高利润。同时,企业应时刻考虑市场条件,提高产品和服务质量,努力适应财政补贴退坡,获得企业的长期稳定发展。

参考文献:

[1] BAI Y, SONG S Y, JIAO J L, et al. The impacts of government R&D subsidies on green innovation: evidence from Chinese

- energy-intensive firms[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 233:819-829.
- [2] 国家税务总局. “大众创业 万众创新”税收优惠政策指引[EB/OL]. (2019-06-19) [2023-09-12]. <https://www.chinatax.gov.cn/chinatax/n810219/n810744/n4016641/n4016661/c4469146/content.html>.
- [3] SCOTT Kennedy. China's risky drive into new-energy vehicles [M]. Washington D. C.: Center for Strategic and International Studies, 2018:6-19.
- [4] 姚洪心, 吴伊婷. 绿色补贴、技术溢出与生态倾销[J]. *管理科学学报*, 2018, 21(10):47-60.
YAO Hongxin, WU Yiting. Green subsidy, technology spillover and eco-dumping[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(10):47-60.
- [5] 尚洪涛, 祝丽然. 政府环境研发补贴、环境研发投入与企业环境绩效: 基于中国新能源企业产权异质性的数据分析[J]. *软科学*, 2018, 32(5):40-44.
SHANG Hongtao, ZHU Liran. The relationship among environmental R & D subsidies, environmental R & D investments and corporate environmental performance: data report on different ownership types of new energy enterprises in China[J]. *Soft Science*, 2018, 32(5):40-44.
- [6] ZHANG X, YOUSAF H M A U. Green supply chain coordination considering government intervention, green investment, and customer green preferences in the petroleum industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 246:118984.
- [7] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响: 基于补贴强度“适度区间”的视角[J]. *中国工业经济*, 2015(6):94-107.
MAO Qilin, XU Jiayun. The effect of government subsidy on firms' new product innovation: an analysis based on the moderate interval of subsidy intensity[J]. *China Industrial Economics*, 2015(6):94-107.
- [8] 谢光华, 韩丹妮, 郝颖, 等. 政府补贴、资本投资与经济增长质量[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(5):24-53.
XIE Guanghua, HAN Danni, HAO Ying, et al. Government subsidy, capital investment and economic growth quality[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(5):24-53.
- [9] 喻贞, 胡婷, 沈红波. 地方政府的财政补贴: 激励创新抑或政策性负担[J]. *复旦学报(社会科学版)*, 2020, 62(6):145-153.
YU Zhen, HU Ting, SHEN Hongbo. Local government subsidies: innovation incentive or policy burden[J]. *Fudan Journal (Social Sciences Edition)*, 2020, 62(6):145-153.
- [10] 周亚虹, 蒲余路, 陈诗一, 等. 政府扶持与新型产业发展: 以新能源为例[J]. *经济研究*, 2015, 50(6):147-161.
ZHOU Yahong, PU Yulu, CHEN Shiyi, et al. Government support and development of emerging industries: a new energy industry survey[J]. *Economic Research Journal*, 2015, 50(6):147-161.
- [11] ZHAO S K, ABBASSI W, HUNJRA A I, et al. How do government R&D subsidies affect corporate green innovation choices: perspectives from strategic and substantive innovation[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2024, 93:1378-1396.
- [12] SHAO K C, WANG X H. Do government subsidies promote enterprise innovation: evidence from Chinese listed companies [J]. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2023, 8(4):100436.
- [13] JIANG W, LI X T, LIU R X, et al. Local fiscal pressure, policy distortion and energy efficiency: micro-evidence from a quasi-natural experiment in China[J]. *Energy*, 2022, 254:124287.
- [14] AXSEN J, LANGMAN B, GOLDBERG S. Confusion of innovations: mainstream consumer perceptions and misperceptions of electric-drive vehicles and charging programs in Canada[J]. *Energy Research & Social Science*, 2017, 27:163-173.
- [15] OZAKI R, SEVASTYANOVA K. Going hybrid: an analysis of consumer purchase motivations[J]. *Energy Policy*, 2011, 39(5):2217-2227.
- [16] ZHUO H, WEI S. Gaming of green supply chain members under government subsidies: based on the perspective of demand uncertainty[M]//*Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management*. Singapore: Springer, 2016:1105-1116.
- [17] 鞠晴江, 鞠鹏, 代文强, 等. 新能源汽车补贴政策与保有量影响研究: 单位补贴、销售奖励与产品差异化[J]. *管理科学学报*, 2021, 24(6):101-116.
JU Qingjiang, JU Peng, DAI Wenqiang, et al. Adoption of new energy vehicles under subsidy policies: unit subsidies, sales incentives and product differentiation[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2021, 24(6):101-116.
- [18] WANG Z H, ZHAO C Y, YIN J H, et al. Purchasing intentions of Chinese citizens on new energy vehicles: how should one respond to current preferential policy? [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 161:1000-1010.
- [19] SUN H X, WAN Y, LV H R. System dynamics model for the evolutionary behaviour of government enterprises and consumers in China's new energy vehicle market[J]. *Sustainability*, 2020, 12(4):1578.

- [20] 刘兰剑,赵志华. 财政补贴退出后的多主体创新网络运行机制仿真:以新能源汽车为例[J]. 科研管理,2016,37(8):58-66.
LIU Lanjian, ZHAO Zhihua. Simulation of the running mechanism of multi-agent innovation network when fiscal subsidy drops out: a case of new energy vehicles[J]. Science Research Management, 2016, 37(8):58-66.
- [21] 武咸云,陈艳,杨卫华. 战略性新兴产业的政府补贴与企业 R&D 投入[J]. 科研管理,2016,37(5):19-23.
WU Xianyun, CHEN Yan, YANG Weihua. A research on the effect of government subsidies on R & D investment of strategic emerging industries[J]. Science Research Management, 2016, 37(5):19-23.
- [22] 刘相锋. 供给端补贴、需求端补贴与补贴退坡政策:基于三部门 DSGE 模型分析[J]. 财贸经济,2018,39(2):36-51.
LIU Xiangfeng. Supply-side subsidies, demand-side subsidies and subsidy backslope policy: a study on a DSGE model with three sections[J]. Finance & Trade Economics, 2018, 39(2):36-51.
- [23] 江世英,方鹏骞. 基于绿色供应链的政府补贴效果研究[J]. 系统管理学报,2019,28(3):594-600.
JIANG Shiyong, FANG Pengqian. Effect of government subsidies on manufacturers based on green supply chain[J]. Journal of Systems & Management, 2019, 28(3):594-600.
- [24] YU Y G, HAN X Y, HU G P. Optimal production for manufacturers considering consumer environmental awareness and green subsidies[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 182:397-408.
- [25] 郭晓丹,邴昕煜,蒲光宇. 需求侧财政补贴、市场增长与技术变迁:来自新能源乘用车市场的证据[J]. 财贸经济,2022,43(8):119-134.
GUO Xiaodan, BING Xinyu, PU Guangyu. Demand-side subsidy, market growth and technological change: evidence from China's electric vehicle market[J]. Finance & Trade Economics, 2022, 43(8):119-134.
- [26] 张琦,郑瑶,孔东民. 地区环境治理压力、高管经历与企业环保投资:一项基于《环境空气质量标准(2012)》的准自然实验[J]. 经济研究,2019,54(6):183-198.
ZHANG Qi, ZHENG Yao, KONG Dongmin. Local environmental governance pressure, executive's working experience and enterprise investment in environmental protection: a quasi-natural experiment based on China's "ambient air quality standards 2012"[J]. Economic Research Journal, 2019, 54(6):183-198.
- [27] WANG Y Y, FAN R J, SHEN L, et al. Decisions and coordination of green e-commerce supply chain considering green manufacturer's fairness concerns[J]. International Journal of Production Research, 2020, 58(24):7471-7489.
- [28] 杨仕辉,魏守道. 碳关税对中美两国影响的博弈分析[J]. 中国管理科学,2013,21(S2):634-640.
YANG Shihui, WEI Shoudao. Game analysis of the impact of carbon tariff on China and the United States[J]. Chinese Journal of Management Science, 2013, 21(S2):634-640.
- [29] JIANG C L, ZHANG Y, ZHAO Q, et al. The impact of purchase subsidy on enterprises' R&D efforts: evidence from China's new energy vehicle industry[J]. Sustainability, 2020, 12(3):1105.
- [30] YANG D X, QIU L S, YAN J J, et al. The government regulation and market behavior of the new energy automotive industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 210:1281-1288.
- [31] ZHANG H, CAI G X. Subsidy strategy on new-energy vehicle based on incomplete information: a case in China[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2020, 541:123370.
- [32] 李国栋,罗瑞琦,谷永芬. 政府推广政策与新能源汽车需求:来自上海的证据[J]. 中国工业经济,2019(4):42-61.
LI Guodong, LUO Ruiqi, GU Yongfen. Government's promotion policies and the demand of new-energy vehicles: evidence from Shanghai[J]. China Industrial Economics, 2019(4):42-61.
- [33] 艾媒咨询. 2022 年中国新能源汽车行业研究及消费者行为调查报告[EB/OL]. (2022-03-22)[2023-09-16]. <https://report.iimedia.cn/repo9-0/43132.html>.
iiMedia Research. China new energy vehicle industry research and consumer behavior survey report 2022[EB/OL]. (2022-03-22)[2023-09-16]. <https://report.iimedia.cn/repo9-0/43132.html>.
- [34] 陈洲,陈钊,陈诗一. 阶梯式补贴与企业的策略反应——基于新能源汽车企业的分析[J]. 经济学动态,2021(2):32-49.
CHEN Zhou, CHEN Zhao, Chen Shiyi. Stepwise subsidies and companies' strategic responses——analysis based on new energy vehicle manufacturers[J]. Economic Perspectives, 2021(2):32-49.
- [35] MOSER P, VOENA A. Compulsory licensing: evidence from the trading with the enemy act[J]. American Economic Review, 2012, 102(1):396-427.
- [36] 刘阳,张桂涛. 基于企业环保目标和消费者环保意识的闭环供应链网络决策研究[J]. 中国人口·资源与环境,2019,29(11):71-81.
LIU Yang, ZHANG Guitao. The closed-loop supply chain network decision based on corporate environmental criteria and

consumer's environmental consciousness[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(11):71-81.

[37] WANG Q, WANG S Y, ZHANG M, et al. Green public procurement as a promoter for green consumption: from the perspective of individual's knowledge[J]. *Cleaner and Responsible Consumption*, 2021, 3:100035.

[38] SHEHAWY Y M, ALI KHAN S M F. Consumer readiness for green consumption: the role of green awareness as a moderator of the relationship between green attitudes and purchase intentions[J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2024, 78:103739.

(编辑:祁业卿)

附录

命题 1 的证明

在 NC 模式中

$$\frac{\partial p^{\text{NC}*}}{\partial g} = \frac{2gk(a-bc)}{(2bk-g^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial s^{\text{NC}*}}{\partial g} = \frac{(a-bc)(g^2+2bk)}{(2bk-g^2)^2} > 0,$$

$$\frac{\partial Q^{\text{NC}*}}{\partial g} = \frac{2bgk(a-bc)}{(2bk-g^2)^2} > 0, \quad \frac{\partial \pi_m^{\text{NC}*}}{\partial g} = \frac{(a-bc)^2 gk}{(2bk-g^2)^2} > 0.$$

同理可证,在 GC 模式中

$$\frac{\partial p^{\text{GC}*}}{\partial g} = \frac{2bk(\lambda+gV\rho-cg)+g(1-\rho)(2ak-g\lambda)}{[2bk-g^2(1-\rho)]^2},$$

$$\frac{\partial s^{\text{GC}*}}{\partial g} = \frac{a(-2bk+g^2(-1+\rho))(-1+\rho)+b(-2bck+cg^2(-1+\rho)-4g\lambda(-1+\rho)+2bkV\rho-g^2V(-1+\rho)\rho)}{(2bk+g^2(-1+\rho))^2},$$

$$\frac{\partial h^{\text{GC}*}}{\partial g} = \frac{\rho(6bcg^2k-4abk^2+g^4V-4bg^2kV+4b^2k^2V-8bgk\lambda+cg^4(-1+\rho)+2ag^2k(-1+\rho)-g^2(g^2+2bk)V\rho)}{2(2bk+g^2(-1+\rho))^2},$$

$$\frac{\partial \pi^{\text{GC}*}}{\partial g} = \frac{2g^2h(ag-bcg+3bh)+(3(a-bc)^2g^2+12b(a-bc)gh+4b^2h^2)k+2b(a-bc)^2k^2}{(2bk-g^2)^3}.$$

当 $\lambda > \lambda_1$ 时, $\frac{\partial p^{\text{GC}*}}{\partial g} > 0$, $\frac{\partial Q^{\text{GC}*}}{\partial g} > 0$; 当 $\lambda < \lambda_1$ 时, $\frac{\partial p^{\text{GC}*}}{\partial g} < 0$, $\frac{\partial Q^{\text{GC}*}}{\partial g} < 0$; 其中 $\lambda_1 = \frac{2gk(a-bV)(-1+\rho)}{2bk+g^2(-1+\rho)}$ 。此外,

当 $\rho < 1$ 或 $\rho > \rho_1$ 时, $\frac{\partial s^{\text{GC}*}}{\partial g} > 0$, 当 $1 < \rho < \rho_1$ 时, $\frac{\partial s^{\text{GC}*}}{\partial g} < 0$, 其中, $\rho_1 = 1 + \frac{2bk(a-bc)+4bg\lambda}{g^2(a-bc)}$ 。当满足 $\rho > \rho_2$ 且 $c > c_1$

时, $\frac{\partial h^{\text{GC}*}}{\partial g} > 0$, 否则, $\frac{\partial h^{\text{GC}*}}{\partial g} < 0$, 其中, $\rho_2 = \frac{2bk[3g^2(V-c)+2k(a-bV)+4g\lambda-cg^2]}{g^2[2k(a-bV)-g^2(V-c)]} + 1$, $c_1 = \frac{Vg^2-2k(a-bV)}{g^2}$ 。当

$\rho > \rho_3$ 时, $\frac{\partial \pi^{\text{GC}*}}{\partial g} > 0$, 当 $\rho < \rho_3$ 时, $\frac{\partial \pi^{\text{GC}*}}{\partial g} < 0$, 其中 $\rho_3 = \frac{2k(a-bc)-2g\lambda}{2k(a-bc)+2g\lambda-g^2(V-c)}$, 同时,

$$\frac{\partial p^{\text{GC}*}}{\partial g} - \frac{\partial p^{\text{NC}*}}{\partial g} = -\frac{2(a-bc)gk}{(g^2-2bk)^2} + \frac{-2agk(-1+\rho)+g^2\lambda(-1+\rho)+2bk(-cg+\lambda+gV\rho)}{(2bk+g^2(-1+\rho))^2}.$$

令

$$-\frac{2(a-bc)gk}{(g^2-2bk)^2} + \frac{-2agk(-1+\rho)+g^2\lambda(-1+\rho)+2bk(-cg+\lambda+gV\rho)}{(2bk+g^2(-1+\rho))^2} = 0,$$

得

$$c_2 = \frac{(2bk-g^2)^2[2bk\lambda+g(2ak-g\lambda)(-1+\rho)-2bgkV\rho]+2agk[2bk+g^2(-1+\rho)]^2}{2bgk[2bk+g^2(-1+\rho)]^2-2bgk(g^2-2bk)^2},$$

当 $c > c_2$ 时, $\frac{\partial p^{\text{GC}*}}{\partial g} > \frac{\partial p^{\text{NC}*}}{\partial g}$ 。

其余结论同理可证。

命题 3 的证明

$$p^{\text{GN}*} - p^{\text{NC}*} = -\frac{(a-bc)g^2}{2b(2bk-g^2)} < 0, \quad p^{\text{NC}*} - p^{\text{GC}*} = -\frac{g\{2\lambda(2bk-g^2)+g\rho[(2bk-g^2)V+g^2c-2ka]\}}{2(2bk-g^2)[2bk+g^2(-1+\rho)]} < 0, \text{ 因此可得}$$

$p^{\text{GC}*} > p^{\text{NC}*} > p^{\text{GN}*}$, 其余内容同理可证。