

新能源汽车补贴政策设计、需求变动与产业技术升级

郭晓丹^{1,2}, 蒲光宇¹, 王帆¹

(1. 东北财经大学产业组织与企业组织研究中心, 辽宁 大连 116025;

2. 东北财经大学辽宁(大连)自贸区研究院, 辽宁 大连 116025)

摘要:以新能源汽车补贴政策为例研究补贴设计对市场均衡、产业技术的差异化影响。研究基于城市级的中国乘用车微观销售数据,应用结构估计方法估算汽车产品的需求参数,在均衡分析的基础上,通过反事实方法模拟不同补贴政策设计对新能源汽车产业技术升级的作用,并基于此评价现有补贴政策,提出政策优化建议。研究发现,新能源汽车补贴政策有效促进了新能源汽车市场推广及产业技术升级,但仍存在政策优化空间。在长航化方面,现行补贴政策设计有效促进了高续航里程技术的发展,但基于里程线性的补贴设计更具效率;在轻量化方面,现行政策引导纯电动汽车向低功率重量比的方向聚集,其原因是基于续航里程的补贴设计促使企业堆叠电池组导致单车重量增加;在节能化方面,补贴对中等电能能耗强度汽车的能源利用效率提升更为明显,对其他能耗的影响相对有限。

关键词:补贴政策设计;市场需求;产业技术

中图分类号:F062.9

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2023)10-0109-10

New energy vehicles subsidy policy design, demand changes, and industrial technology upgrading

GUO Xiaodan^{1,2}, PU Guangyu¹, WANG Fan¹

(1. Center for Industrial and Business Organization, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China;

2. Liaoning Dalian Institute of Free Trade Zone, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China)

Abstract: The subsidies for new energy vehicles have influenced changes in the demand for the automobile market and have further impacted the direction of industrial technological upgrades. Based on passenger car sales data in China from 2016 to 2019, structural estimation methods were applied to estimate the demand parameters of automobile products. Through counterfactual analysis, the role of subsidy policy design in promoting the technological upgrade of the new energy vehicle industry was studied. The research findings indicate that the subsidies for new energy vehicles have indeed promoted the adoption and industrial technological advancement of new energy vehicles, but there is still room for policy optimization. In terms of extending vehicle range, the existing subsidies have effectively promoted the development of high-mileage technologies, but a linear subsidy based on mileage would be more efficient. In the area of lightweighting, subsidy policies have guided pure electric vehicles towards a direction of lower power-to-weight ratios.

收稿日期:2023-08-27 修回日期:2023-10-07

基金项目:国家社会科学基金重点项目“‘双碳’目标下新能源汽车政策的减排机制、效果及其优化研究”(22AJY020);教育部人文社科重点研究基地重大项目“新兴产业补贴的机理、经济效应与中国政策优化”(22JJD790006)。

作者简介:郭晓丹(1978—),女,辽宁本溪人,东北财经大学产业组织与企业组织研究中心、辽宁(大连)自贸区研究院研究员,经济学博士。通信作者:王帆。

This is primarily because subsidy designs based on range have encouraged companies to stack battery packs, leading to an increase in the weight of new energy vehicles. In terms of energy efficiency, subsidies have had a more pronounced impact on reducing energy consumption for electric vehicles with medium energy intensity, while their influence on other consumption is limited.

Key words: subsidy policy design; market demand; industrial technology

发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路,是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。在强有力的政策刺激下,中国新能源汽车无论是在规模发展水平还是在技术进步速度方面都位居世界前列。在国外,新能源汽车补贴政策同样被各国政府广泛采用^[1],这些政策措施为其他战略性新兴产业的发展提供了政策经验。现有的研究主要关注新能源汽车补贴政策与税收减免、绿色牌照、限行限购等政策对市场推广的效率比较^[2-3],但较少文献关注政策对产业技术层面的影响。有研究发现,不当的政策设计会改变产品定位,导致政策效果削弱,甚至使政策效果与预期目标相反^[4-5]。考虑到发展新能源汽车对解决传统燃油汽车高污染、高耗能、高排放问题,促进“双碳”目标的实现具有重要意义,因此有必要探究补贴政策下的产业技术变化,发掘可能存在的政策不足,并提出相应的优化建议。

在产业初期,新能源汽车发展面临里程焦虑引起的需求稀缺困境,为提高产业技术水平,中国的新能源汽车补贴政策设计也因此具有偏向性,基于续航里程的补贴政策显著影响了新能源汽车产品需求。然而,在渡过产业发展初期,基于续航里程的政策设计对产品分布产生的扭曲不容忽视。自 2017 年新能源汽车行业补贴退坡机制提出以来,国家各部委通过多次调整新能源汽车补贴政策,试图在引导行业提高效率、实现技术进步的同时,逐步强调并还原新能源汽车的市场属性。补贴政策的再设计与调整不仅成为实务界和学界共同关注的话题,也成为政府今后的工作重点。因此,如何设计政策缓解里程焦虑稳定需求,并实现产业技术快速升级成为新能源汽车产业亟待解决的重要议题,也是发展其他新兴产业的重要参考。基于此,本文依托中国 20 个城市汽车销售数据,应用结构模型方法,聚焦于新能源汽车产

业技术升级的 3 个重要方面,即长航化、轻量化和节能化,以深入探讨补贴政策对新能源汽车产业技术升级的关键作用,客观评价新能源汽车补贴的政策效果,也为其他新兴产业补贴政策设计提供参考。

一、文献综述

在新能源汽车推广政策相关的研究中,何种政策设计能够更好地促进新能源汽车推广是文献研究探讨的热点话题。现有研究表明,新能源汽车补贴政策促进了新能源汽车的大量采用,但与其他政策措施相比可能并非是最有效的政策形式。如李国栋等^[2]分析了上海市的新能源汽车推广政策,发现相比购车补贴,新能源汽车的免费专用牌照更能发挥推广的作用。Li 等^[3]发现消费者补贴在促进新能源汽车推广方面起到了主要的作用,其增加的新能源汽车销量占中国电动汽车销售的一半以上,然而针对新能源汽车的基础设施投资和免费专用绿色牌照比消费者补贴要具有更高的成本效益。从补贴对象上,在产业发展初期,尽管纯电动汽车(BEV)补贴额度更强,但消费者仍然更偏好具有低续航里程的插电式混合动力汽车(PHEV)^[6],这也在一定程度上削弱了补贴推广的效率。

在政策设计与竞争环境对产品分布影响的相关文献中,一方面,现有研究关注政策变化下企业对产品进行的策略性调整。周沂等^[7]和祝树金等^[8]发现企业通过调整产品质量、推动产品差异化、优化产品结构可以应对政策变化。Lin 等^[4]评估欧洲的燃油经济性标准发现该标准大幅降低了燃油车油耗和排放,但企业对其他产品属性的调整至少损害了该标准 25% 的福利收益。陈洲等^[9]则发现新能源汽车补贴政策导致新能源汽车出现了整备质量、电动机功率显著下降的现象,并且其动力性能和能量利用效率也同时恶化。另一方面,市场竞争环境的变化也会对产品特征产生影

响。并且,无论是竞争削弱^[10-11],抑或竞争加剧^[12]都会对产品定位产生影响。如 Fan^[10]发现企业兼并不仅会影响产品的价格调整,还会影响产品特征的调整,若忽视并购对产品质量的改变,则会引起对消费者福利的低估。本文通过构建市场均衡模型进行研究,刻画了补贴下汽车市场的竞争性反应,研究了补贴下汽车产品特征分布的变化,从而补充丰富了这两方面的文献。

在政策设计与产业技术创新的相关研究中,一般认为新兴产业的研发创新活动具有高度不确定性,因此政府常通过产业政策缓解产业发展初期的市场失灵^[13-14]。现有文献基于特定行业研究产业政策对产业技术升级的作用^[15-17]。在新能源汽车产业政策的研究中,王宏起等^[18]发现政策引导力对新能源汽车创新生态系统的演进非常重要。高秀平等^[19]发现税收优惠对提升企业整体经营绩效更为有效,财政补贴则促进了企业技术创新。而何正霞等^[20]则发现政策激励与新能源汽车技术创新存在倒“U”型曲线关系,且金融服务支持的激励效果明显优于税费返还政策与政府直接补贴。补贴及其调整有效促进了市场规模扩张,车辆续航里程对补贴调整较为敏感^[21]。然而,一些销售新能源汽车的企业并未申请相关专利,这可能表明一些企业仅仅因为补贴而参与,但未真正进行研发活动^[22]。并且,补贴退坡政策会降低对新能源汽车企业的研发投入^[23]。此外,谢志明等^[24]的研究表明产业关键技术实现时间是动态的演变过程,特定时点的产业关键技术对产业技术发展方向引导并非一劳永逸。因此,在产业发展的不同时期探讨政策对产业技术升级的作用更为必要。

以上研究关注了新兴产业政策与市场需求、产业技术提升的关系,但这些文献尚未深入探究政策设计及实施方式的影响,因此未能提供有关微观层面的政策优化证据。本文的目标在于探讨不同政策设计对市场需求、产业技术升级的影响,并提供微观产品层面的实证支持。在探讨促进产业技术升级的政策时,本文聚焦于更加微观的产品层面,更深入地捕捉政策设计在产业技术升级过程中的实际效果,这有助于更精细地设计和完

善产业政策,并为其他新兴产业补贴政策设计提供参考。

二、新能源汽车补贴政策

从2016年开始,中央政府在全国范围内开展新能源汽车推广工作,对纳入“新能源汽车推广应用工程推荐车型目录”的汽车进行基于续航里程的阶梯式补贴,并在后续中逐渐提高补贴门槛,改进拨付方式,并设立补贴上限。根据表1,新能源汽车中央补贴政策主要表现为以下方面:一是补贴对象存在差异。纯电动汽车和插电式混动汽车都是依据续航里程进行补贴,但是补贴标准不同,针对纯电动汽车的标准划分更细致。二是补贴金额逐年降低。低续航里程的新能源汽车获得的补贴金额在不断减少,平均减少幅度保持在20%。尤其在2019年,各车型的补贴金额大幅减少。如续航里程介于150~200 km范围的纯电动乘用车,在2015年可以享受每辆车4.5万元的补贴,而到2018年便减少至1.5万元,2019年补贴取消。而对于续航里程超过300 km的纯电动乘用车,在2018年补贴反而有所增加。如续航里程大于400 km的车型在2018年可以得到每辆5万元的补贴,较2017年增加了近14%。三是补贴技术标准提高。表现为获得补贴的续航里程门槛在不断提高。2016年,享有消费补贴的最低续航里程门槛为100 km。从2018年开始,续航里程低于150 km的纯电动乘用车不再享有补贴支持,而2019年,只有购买续航里程大于等于250 km纯电动乘用车的消费者才能继续享有补贴。

表1 新能源汽车中央补贴标准

续航里程/km	2016 年	2017 年	2018 年 过渡期	2018 年	2019 年过渡期		2019 年
					2018 标准	2019 标准	
纯电动乘用车补贴标准/万元							
100≤R < 150	2.5	2	1.4	0	0	0	0
150≤R < 200	4.5	3.6	2.52	1.5	0.15	0.9	0
200≤R < 250	4.5	3.6	2.52	2.4	0.24	1.44	0
250≤R < 300	5.5	4.4	3.08	3.4	0.34	2.04	1.8
300≤R < 400	5.5	4.4	3.08	4.5	0.45	2.7	1.8
R ≥400	5.5	4.4	3.08	5	0.5	3	2.5
插电式混合动力乘用车补贴标准/万元							
R ≥50	3	2.4	1.68	2.2	0.22	1.32	1

注:首个过渡期为2018年2—6月,对应2017年标准的0.7倍进行补贴。2019年3—6月是第二个过渡期,仅符合2018年技术指标的车辆按照2018年补贴标准的0.1倍补贴,仅符合2019年技术指标要求的车辆则按照2018年补贴标准的0.6倍补贴。

三、模型构建与参数估计

(一)数据及描述性统计分析

本文研究的主要数据为乘用车销量数据。为探究补贴政策对新能源汽车产品技术分布的影响,本文收集了 2016—2019 年中国 20 个城市各车型的注册信息,包括乘用车的公告号、注册城市、注册时间、销量、厂商建议零售价、制造商、品牌、车型、车辆分类、变速器规格、原产国等信息。样本数据中涵盖新能源汽车的比例较高,新能源汽车车型较为丰富,能更好地涵盖新能源汽车产品技术特征。车辆可以分为纯电动汽车(BEV)、插电式混合动力汽车(PHEV)和燃油车(FV)。为了补全乘用车特征数据,本文进一步依托海车集、汽车之家等网站收集车辆属性,包括乘用车的马力(power)、整备质量(weight)、长度(length)、宽度(width)、百公里油耗(L/100 km)、百公里耗电量(kWh/100 km)等。能耗支出(unit cost)变量通过单位能耗与能源价格相乘构造。长度和宽度则用来构造乘用车尺寸(size)指标。此外,参照现有研究^[25-27],汽车价格基于厂商建议零售价(msrp)来构建,在其基础上扣除补贴等影响价格的因素,从而得到消费者支付价格。

为了分析新能源汽车政府补贴的作用,本文从政府网站搜集了针对各类型新能源汽车的财政补贴标准,还在各城市统计年鉴收集了各城镇人均可支配收入数据,用于在模型中识别消费者的异质性。由于汽车市场的销量在半年度的波动较大^[28],从而将月度数据转换为半年度数据,使用每半年的总销售额和半年平均价格来衡量其相应的销售额与价格。此外,参照现有研究^[28-29],删除了半年内销量低于 10 的车型作为外部产品,这是因为这类车型往往具有特殊性。表 2 提供了样本的描述性统计结果。

(二)乘用车市场均衡模型

本文使用了结构估计方法对补贴的政策效果进行评估。使用结构估计主要有两个原因:一是本文关注补贴政策下乘用车之间的替代关系。汽车是典型的差异化产品,不同汽车参数配置不尽相同,且消费者购车决策时只考虑一个最终消费品,

表 2 主要变量描述性统计

变量名称	含义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
sales	销量(辆)	68 515	356. 4	686. 4	10	16 904
msrp	厂商建议零售价(万元)	68 515	20. 58	17. 86	2. 080	148. 8
power	功率(千瓦)	68 515	120. 3	42. 3	12	577
weight	整备质量(公斤)	68 515	1 532	309	645	3 400
size	车辆尺寸(平方米)	68 515	8. 369	0. 859	3. 747	11. 65
unit cost	能耗支出(元)	68 515	42. 94	12. 28	4. 375	127. 6
kWh/100 km	百公里耗电量(千瓦时)	4 788	15. 81	4. 695	0	62
L/100 km	百公里耗油量(升)	65 255	7. 042	1. 551	0. 9	17. 5
AT	自动挡(是/否)	68 515	0. 623	0. 485	0	1
import	进口(是/否)	68 515	0. 113	0. 317	0	1
suw	运动型多用途车(是/否)	68 515	0. 464	0. 499	0	1
bev	纯电动汽车(是/否)	68 515	0. 047 6	0. 213	0	1
phev	插电式混合动力汽车(是/否)	68 515	0. 022 3	0. 148	0	1

因此不同车型的替代关系直接影响消费者的购车选择。二是本文依靠反事实模拟分析不同情景下补贴政策的作用,而通过简约式的方法无法实施。因此,为了刻画消费者购车选择以及乘用车之间的替代关系并进行反事实,本文从 Berry 等^[30]提出的随机系数 Logit 模型(也被称为 BLP 模型)开始,引入补贴以评估政府补贴下消费者的购车需求。该模型通过引入个体的异质性解决了 Logit 模型的 IIA 问题,更好地刻画了产品之间的替代关系,使用压缩映射解决了价格的内生性,并可评估个体异质偏好。此外,该模型允许使用市场层面的销量数据进行需求估计,并且依据产品特征空间建模避免了在产品空间建模的“维度诅咒”问题,与本文的研究相契合。

1. 乘用车供需模型

本文应用结构估计方法进行均衡分析。在需求侧,设定了一个随机系数 Logit 模型(RC - Logit),消费者 i 在汽车市场 t 购买产品 j 获得的效用表示为:

$$U_{ijt} = \delta_{jt}(x_{jt}, e_{jt}, \xi_{jt}; \bar{\alpha}, \bar{\beta}) + \mu_{ijt}(x_{jt}, e_{jt}, v, D; \sigma^k, \sigma^e, \sigma^D) + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

式(1)中, x 是产品特征, e 是消费者支付, ξ 是无法被观测的结构误差项。效用 U_{ijt} 由以下 3 个部分决定:首先是购置汽车获得的平均效用 $\delta_{jt} = x_{jt}\bar{\beta} - e_{jt}\bar{\alpha} + \xi_{jt}$; 其次是消费者异质性引起的效用差异 $\mu_{ijt} = \sum_k x_{jt}^k v_i^k \sigma^k + [v_i^e \sigma^e + \log(D_i) \sigma^D] e_{jt}$, 包括消费者对产品特征的独特品味 v 和消费者收入 D

差异所引起的效用变化;最后是对效用的随机扰动项 ε_{ijt} , 假设服从第 I 类极值分布。消费者可以选择或不购买产品, 获得的效用为 $U_{i0t} = \varepsilon_{i0t}$ 。从而, 待估参数为 $\theta = \{\bar{\alpha}, \bar{\beta}, \sigma^k, \sigma^e, \sigma^D\}$ 。消费者异质性被分布 $P_v(\nu)$ 和 $P_D(D)$ 捕获, 通过对联合分布 $F(D, \nu)$ 积分来推导市场份额:

$$s_{jt} = \int_{A_j} dP_{\varepsilon}(\varepsilon) dP_D(D) dP_{\nu}(\nu) \quad (2)$$

在供给侧, 企业选择设定自己产品的价格去最大化利润, 并且价格设定受竞争对手价格影响, 从而市场均衡为 Nash-Bertrand 均衡, 企业的利润最大化为 $\Pi_{jt} = \sum_{j \in J_j} (p_{jt} - mc_{jt}) s_{jt} M$ 。其中, p_{jt} 为企业制定的价格, s_{jt} 为产品市场份额, M 为市场规模。通过企业定价决策的一阶条件, 可以求得企业的成本:

$$\widehat{mc} = p - \Omega^{-1} s \quad (3)$$

式(3)中, $\Omega = [H_{jt}] \otimes [\partial s / \partial p]$, H_{jt} 为产品所有权矩阵。

2. 补贴进入与均衡价格

本文的模型重点分析补贴的影响, 由于厂商制定的价格与消费者面临的价格不一致, 因此有必要将补贴、税费及牌照费用等影响最终价格的因素引入, 从而使得消费侧和生产侧的价格链接起来。消费者面临的产品价格 e_{jt} 构成为:

$$e_{jt} = p_{jt} (1 + I_{ev=0} tax) - I_{ev=1} \varphi_{jt}(R_{jt}) - I_{ev=0} lisense_{jt} \quad (4)$$

式(4)中, I 为指示函数, 根据其下标判断其是否为 1, 下标 $ev = \{BEV, PHEV\}$ 。在厂商确定了乘用车 j 的建议零售价格 $msrp_{jt}$ 后, 如果是新能源汽车, 依据其续航里程 R_{jt} 获得对应的补贴 φ_{jt} ; 如果是燃油车, 则会附加一笔税 tax , 包括购置税等。此外, 个别市场还会产生牌照费用 $lisense_{jt}$ 。如在上海购买燃油车的消费者必须支付牌照费。鉴于汽车和牌照是完美的互补商品, 本文将此费用包含在车辆价格中。最终, 消费者面临的最终价格 e_{jt} 被确定。

3. 参数估计方法

为了估计结构参数 θ , 将最小化模型的估计值

与观测值之间的距离设定为 $\min_{\theta} \|\hat{s}(\theta) - s\|$, 所估计的参数, 即为模型中的最优参数。其中, $\hat{s}$ 为模型估计出的市场份额。本文使用 Berry 等^[30]的方法, 通过积分近似市场份额, 使用压缩映射估计结构参数 ξ 。最后, 通过二阶段 GMM 方法获得最优参数。

为了解决价格内生性的问题, 本文使用了两组工具变量。第一组使用同一厂商的外生产品特征之和、所有其他竞争厂商的外生产品特征之和构造工具^[26-27, 30]。利用厂商的产品特征构造工具变量, 这是因为这些厂商间与厂商内汇总的产品特征可以反映产品生产的成本, 又不直接与当前产品的生产成本相关。第二组则是构建了同一厂商的产品数量以及其他竞争厂商的产品数量。由于多个城市可以共享同一个交通枢纽, 因此存在某种车型的市场数量可以衡量运输成本的规模经济, 更多的市场存在可以分摊运输成本^[31-33]。因此, 它影响汽车生产成本但不影响需求, 是有效的工具变量。

四、实证结果与反事实

(一) 需求估计结果

基于前述分析, 依次得出表 3 前两列 OLS 和 2SLS 的估计结果。由于价格存内生性问题, 使用最小二乘法 (OLS) 会致使估计结果存在偏误。与使用两阶段最小二乘法 (2SLS) 相比, OLS 估计的价格系数和能耗支出系数的绝对值更小, 表明价格与不可观测的特征可能正相关, 且产品特征也受到内生性问题的影响, 2SLS 估计的系数绝对值更大。此外, 在控制了内生性问题之后, 虚拟变量的系数也发生了变化。如消费者对自动挡和进口车型的偏好系数变为正值。

表 3 后 3 列汇报了随机系数 Logit 模型的估计结果。估计的结果表明: 价格的平均系数 $-\bar{\alpha}$ 为 -5.3689 , 表明消费者偏好价格较低的乘用车; 价格随机系数为 0.645 , 解释为对价格系数分布的标准差, 说明消费者对汽车价格都是厌恶的, 但厌恶程度不同; 对于收入的估计系数估计为 0.1744 , 与现有研究一致, 表明收入越高的消费者对价格变化越不敏感^[25-27]。功率重量比是车辆动力性能的量

度,其系数估计结果为 $N(2.1481, -1.5284^2)$, 这表明,大多数消费者对功率重量比的偏好都是正的,但系数分布中仍然有小部分的消费者对其偏好系数为负。车辆尺寸、能耗支出的估计系数分别为 $N(8.1854, 0.0053^2)$ 、 $N(-2.7544, -0.2167^2)$, 意味着消费者喜欢大尺寸的汽车,但不喜欢能量效率低的汽车。这可能是由于大尺寸的汽车更加舒适与安全,而较低的能耗支出意味着更低的燃料消耗和使用成本。总之,消费者对于汽车产品的成本都是十分厌恶的,无论是直接的购置价格,还是购置后长期使用的成本。此外,纯电动汽车与插电式混合动力汽车的估计系数分别为 -1.6631 和 -0.5383 , 表明其他条件不变的情况下消费者更加偏好燃油车,这同时也反映出产业发展初期新能源汽车补贴的重要性。另外,消费者更加偏好于具有自动挡、进口以及 SUV 特征的乘用车。

表 3 乘用车产品需求估计的结果

变量	OLS	2SLS	RC-Logit		
			平均系数 $-\hat{\alpha}, \hat{\beta}$	随机系数 σ^e, σ^k	收入系数 σ^D
ln price	-0.212 8 *** (0.019 7)	-2.993 9 *** (0.126 0)	-5.368 9 *** (0.349 9)	0.645 0 *** (0.082 9)	0.174 4 *** (0.031 6)
ln power/ weight	0.027 5 (0.034 2)	1.252 8 *** (0.410 6)	2.148 1 *** (0.450 9)	-1.528 4 *** (0.546 1)	—
ln size	0.118 5 *** (0.077 9)	6.717 2 *** (0.307 1)	8.185 4 *** (0.454 6)	0.005 3 (0.112 6)	—
ln cost unit/ weight	-1.412 6 *** (0.052 6)	-1.818 6 *** (0.062 5)	-2.754 4 *** (0.185 4)	-0.216 7 *** (0.031 6)	—
AT	-0.171 1 *** (0.012 9)	0.359 5 *** (0.027 8)	0.484 3 *** (0.036 8)	—	—
beu	-2.482 4 *** (0.103 3)	-0.609 3 *** (0.144 0)	-1.663 1 *** (0.421 2)	—	—
phev	-1.677 4 *** (0.059 6)	-0.327 3 *** (0.090 6)	-0.538 3 *** (0.144 5)	—	—
import	-1.065 4 *** (0.020 6)	0.327 3 *** (0.090 6)	0.435 3 *** (0.077 6)	—	—
suv	0.205 4 *** (0.011 5)	0.246 2 *** (0.063 0)	0.910 8 *** (0.045 9)	—	—
常数项	-6.447 7 *** (0.264 1)	-12.736 0 *** (0.410 6)	-10.692 8 *** (0.756 7)	-1.160 8 *** (0.233 4)	—
品牌国别 FE	是	是	是		
城市 FE	是	是	是		
年份 FE	是	是	是		
观测值	68 515	68 515	68 515		

注:***表示在 $p < 0.01$ 时有统计学意义。

(二)反事实设置及均衡分析

1. 反事实设置

在参数估计后,改变不同的补贴方式,通过联立式(2)、式(3)求解新的均衡价格,进而确定各车型的市场份额变化。本文设定了 4 种不同政策下的反事实情景(见表 4):情景 0 是现行补贴的情景,情景 1 则是取消补贴的情景,通过与情景 0 比较可以估计现行补贴的政策效果。情景 2 设定补贴不“退坡”,与情景 1 比较估计补贴退坡的影响。

情景 3 和情景 4 改变了不同的补贴实施方式,在控制补贴总额与现行补贴相同的情况下,评估均匀补贴和基于续航里程线性补贴是否能产生更好的政策效益。基于续航里程的线性补贴反事实步骤为:①给定线性的政策函数依据续航里程获得补贴,计算补贴下的均衡销量;②计算补贴总额,并通过最小化与实际补贴总额之间的距离获得最优政策参数;③重复步骤①,使用最优政策参数重新计算补贴下的均衡。均匀补贴的反事实步骤较为相似,改变上述步骤①中的政策函数为等额形式,然后重复以上过程。

表 4 反事实情景设定

情景	补贴方式
情景 0	现行补贴
情景 1	取消补贴
情景 2	不“退坡”
情景 3	均匀补贴
情景 4	基于续航里程线性补贴

2. 市场均衡分析

表 5 呈现了各补贴情景下新能源汽车的市场均衡情况。在均衡价格方面,补贴政策使得市场平均价格得以降低,新能源汽车价格降低显著,燃油车价格也向下调整以应对补贴下新能源汽车的竞争。在均衡数量方面,补贴使得乘用车总销量增加,新能源汽车对燃油车的替代导致燃油车销量下降,新能源汽车销量则大幅度上涨,其上升幅度超过燃油车销量的降低幅度。补贴实现了新能源汽车推广的政策目标。现行补贴贡献了新能源汽车市场规模增长的 53.55%,但这种增长随着补贴退坡逐渐下行,不退坡的情境下新能源汽车销量比现行补贴额外增长 31.43%。

表 5 反事实模拟结果

变量	单位	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
		取消补贴	实际补贴	不退坡	均匀补贴	里程线性
乘用车总销量	万辆	2 003.28	2 070.3	2 110.34	2 068.63	2 070.7
燃油车销量	万辆	1 940.28	1 934.66	1 932.06	1 935.72	1 936.26
纯电动车销量	万辆	38.17	100.23	142.95	108.18	102.31
插电式混动车销量	万辆	24.84	35.4	35.32	24.73	32.13
平均支付价格	万元	22.52	22.23	22.16	22.27	22.23
燃油车价格	万元	21.94	21.94	21.94	21.94	21.94
纯电动汽车价格	万元	26.55	21.73	20.23	21.56	21.65
插电式混动车价格	万元	37.38	35.29	35.28	37.37	35.5
平均补贴金额	万元	0	3.78	4.64	3.51	3.7
总补贴金额	百亿	0	3.79	6.63	3.79	3.79
无效补贴	百亿	0	1.23	1.65	1.33	1.39

从推广新能源汽车的政策效率来看,现行政

策存在 32.47% 的无效补贴,这部分补贴给予了在无补贴情况下仍购买新能源汽车的消费者。尽管如此,与其他补贴情景相比,在控制补贴总额的情形下实际补贴政策情景在促进销量增长方面具有效率优势,额外新增一辆新能源汽车销量平均需要财政支出约 2.8 万元。此外,现行补贴方式存在政策推广的边际收益递减,不退坡的情境下额外新增一辆新能源汽车的支出增长至 3.72 万元,因而退坡是具有经济效益的选择。

(三) 补贴政策与产业技术升级

1. 车辆长航化

如图 1a 所示,补贴政策显著提高了新能源汽车中高续航里程的分布,促进了产业技术的提升。具体而言,与取消补贴相比,实际补贴使得中高续航里程车型销量提升 29.13 万辆,提升约 2.2 倍。但政策仍然存在优化空间,在控制补贴总额的情况下,里程线性的补贴政策对中高续航里程

的销量提升更为明显,更能促进高续航里程的新能源汽车销量推广,进而更能缓解消费者里程焦虑问题。均匀补贴对中高续航里程的促进效果与实际补贴相似。补贴不退坡情景下中高续航里程的销量更高,但代价是更多的政府财政支出。

为进一步探究如何优化补贴政策以提高续航里程,本文进一步通过反事实分析补贴如何在不同续航里程内进行的分配,并对不同续航里程的产品销量分布进行分析。图 1b 呈现了新能源汽车补贴政策刺激下额外新增新能源汽车的续航里程分布,补贴政策都促进了不同续航里程分布得到提升,从这个角度讲,补贴对新能源汽车的续航里程技术提升起到了重要作用。然而,从不同的反事实来看,实际补贴和均匀补贴起到的续航里程技术提升作用相对较小,里程线性补贴政策则相对提高了高续航里程的分布。

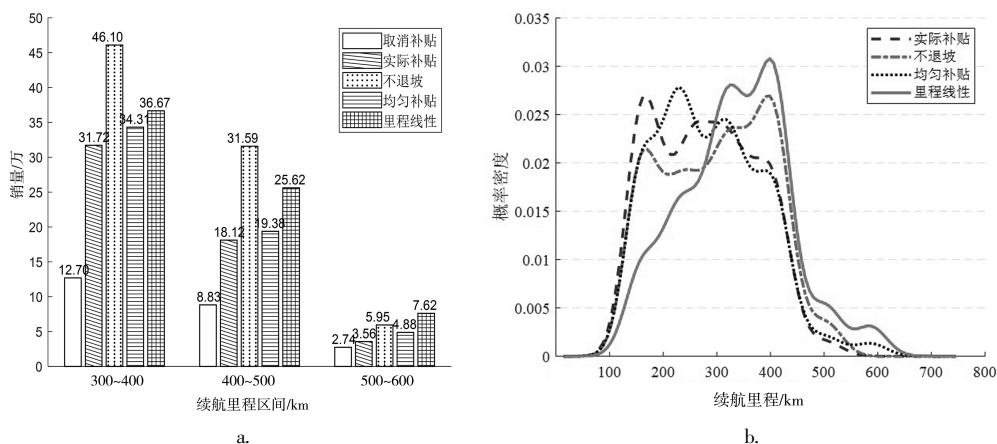


图 1 续航里程销量及分布

2. 车辆轻量化

进一步考察补贴对车辆性能的影响,使用功率重量比指标进行分析。如图 2 所示,新能源汽车现行的补贴政策降低了纯电动汽车的高

性能功率重量比分布,并引导纯电动汽车向低功率重量比的方向聚集。而对于插电式混动汽车和燃油车补贴对于该指标的影响相对不明显。

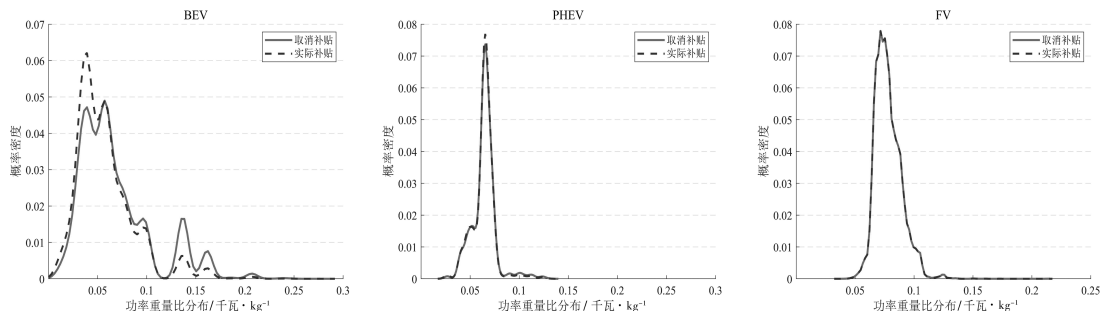


图 2 现行补贴对功率重量比分布的影响

为进一步探究以上结果产生的原因,本文进一步分析不同补贴设计情景下的纯电动汽车功率重量比指标的分母和分子,即重量及功率分布情况。研究发现,基于续航里程的补贴设计对纯电动汽车重量及功率分布的影响是显著的。如图 3a 所示,补贴下额外新增的新能源汽车重量呈现右偏分布的特征,这说明补贴更多地刺激了更大重量的纯电动汽车销量增长,从而功率重量比的降低主要是由于分母(即乘用车重量)的增加导致。对于纯电动汽车来说,电池重量占据车身重量比重较大,由于现实中新能源汽车补贴基于续航里程实施,为了提高续航里程,企业采取的策略是直

接增加电池组的数量,而非通过轻量化车型达到适用补贴的目的。均匀补贴的实施不是基于续航里程,与其他基于续航里程的补贴情景相比其重量分布相对左偏,这印证了上述推论。然而,尽管均匀补贴对更大车辆重量的分布影响相对较小,但却显著增加了较低功率的车辆分布。如图 3b 所示,由于低功率的纯电动汽车往往具有较低的价格,在均匀补贴下低功率车型所获补贴金额占其价格的比重提高,进而导致均匀补贴下的车型功率更加向左侧集聚。与之相比,其他基于续航里程的补贴政策对于车型功率分布的影响较为相似。

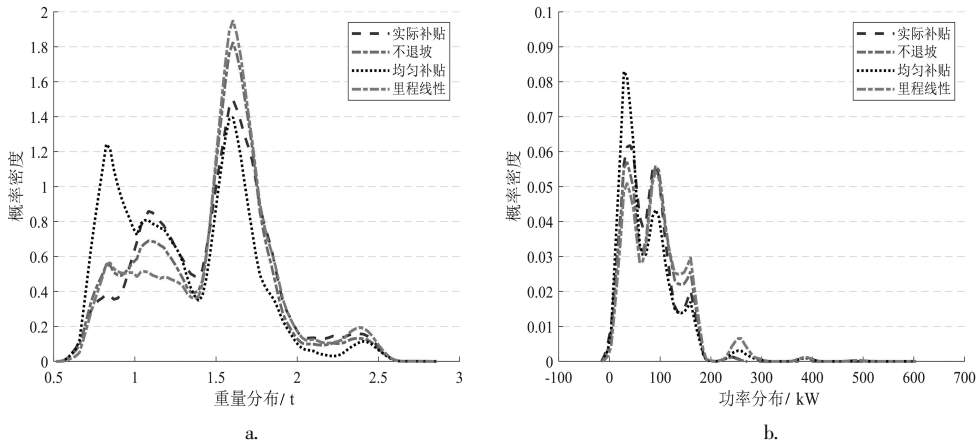


图 3 不同补贴设计下车型重量及功率分布

3. 车辆节能化

如图 4a 所示,纯电动和插电式混动汽车行驶中会消耗电能,若没有补贴,平均而言纯电动汽车的能耗低于插电式混动汽车,纯电动汽车的平均能耗约为 $12 \text{ kWh}/100 \text{ km}$,而插电式混动汽车约在 $16 \text{ kWh}/100 \text{ km}$,这说明纯电动汽在电能使用上的能源利用效率较高,在电能应用上具有更高的技

术水平。图 4b 呈现了燃油和插电式混动汽车的燃油油耗分布,可以发现,由于插电式混动汽车交替使用电能和燃油驱动行驶,在燃油的消耗上低于燃油车,但这部分能源节省不是通过技术升级提升所降低,而是转移至电能的消耗。插电式混动汽车的平均燃油消耗集中,约为 $5 \text{ L}/100 \text{ km}$,燃油车则分布相对离散,分布在 $[5, 10] \text{ L}/100 \text{ km}$ 的区间。

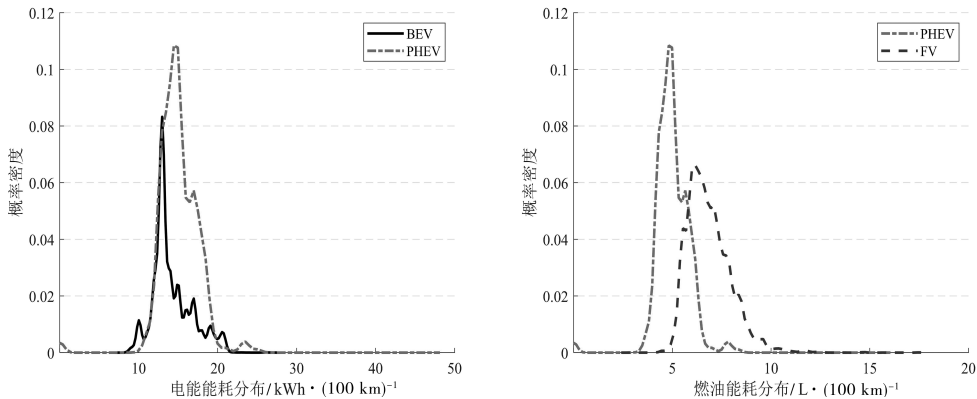


图 4 电能能耗与燃油能耗分布

进一步分析不同补贴政策对燃油与电能的节约作用。如表6所示,不同的补贴政策对各燃油能耗等级的影响都很小,但对10~20(含)能耗等级的电力能耗具有显著的降低作用。从节能角度,补贴政策主要是通过电力消耗的降低产生影响,而对于燃油资源的节省则相对有限。此外,在设置的反事实情景中,里程线性补贴对节能降耗起到的作用相对明显。

表6 不同政策情境下的平均能耗

能耗类型	能耗等级	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)
		实际补贴	取消补贴	不退坡	均匀补贴	里程线性
燃油消耗 (L/100 km)	0~5(含)	4.744 9	4.744 8	4.744 6	4.744 6	4.742 4
	5~10(含)	6.804 8	6.805 1	6.804 9	6.805 1	6.805 0
	10以上	11.144 7	11.144 8	11.144 2	11.144 3	11.144 2
电力消耗 (kWh/100 km)	0~10(含)	9.881 7	9.859 0	9.862 7	9.915 9	9.835 3
	10~20(含)	13.959 8	14.188 1	13.810 2	13.793 0	13.764 0
	20以上	20.757 0	20.761 5	20.748 4	20.765 6	20.720 4

五、结论与政策建议

(一) 结论

新能源汽车补贴促进了新能源汽车市场推广及产业技术升级,但仍存在政策优化空间。在长航化方面,现行补贴有效促进了高续航里程技术的发展,但基于里程线性的补贴更具效率;在轻量化方面,补贴政策引导纯电动汽车特征向低功率重量比的方向聚集,主要原因是基于续航里程的补贴设计促使企业堆叠电池组导致新能源汽车重量增加;在节能化方面,补贴对中等电能能耗强度汽车的能源利用效率提升更为明显,对其他能耗的影响相对有限。从政策目标的角度来看,新能源汽车补贴政策的实行切实达成了相关要求的核心任务,并在短期内对产业的技术革新起到了明显地正向作用。补贴政策的实行以及相关行业扶持政策的引入深刻影响了我国汽车工业的未来发展方向。

(二) 政策建议

首先,政策的着力点应转向燃油车需求替代。参照本文的实证研究结果,补贴政策的实际销量促进主要来自无补贴情况下未购车的消费者,政策对于燃油汽车消费者购车的影响远低于新能源汽车。基于该情况,政策的关注点应逐步转向提高新能源汽车与传统燃油车的需求替代关系,一是继续增加新能源汽车的宣传以及持续增设配套设施,改变消费者的固有印象,增强消费者对于新能源汽车产品的信任程度,扭转消费者的购车偏好。二是对新能源汽车产业技术创新提供更大支

持,以更优秀、更稳定的产品质量弥补新能源汽车与燃油车的效用差距。三是继续推进并强化节能减排政策,以此倒逼企业产品技术升级,增强新能源汽车产品的市场竞争力。

其次,关注政策效率,引入替代性政策。伴随着新能源汽车行业的高速发展,直接补贴带来的财政压力需要额外被关注。本文的研究结果表明,财政支持对于产业规模的作用,随着补贴的增加边际效益递减。考虑到政策成本并维持消费者预期,增加补贴强度或维持现有补贴都会带来更高的政策成本,显著降低补贴的政策效率。同时,随着新能源汽车产品销量的逐年递增,新能源汽车的市场保有量已相当可观,由此产生的充电难、充电贵、停车难、修车难等问题尤其值得政府考量,因此无论是从政策效率还是从现实需求,都需要政府及时转变政策逻辑,将政策预算逐步转向替代性政策,尤其是与新能源汽车基础设施相关的政策。

最后,政策的考核指标应更加全面完整。从政策促进产业技术升级这一逻辑来看,新能源汽车补贴政策的指标设计并非完全合理。本文的研究结果表明,新能源汽车补贴政策通过对不同续航里程产品的差异化补贴,切实促进了新能源汽车的长航化,但与此同时,新能源汽车的功率重量比却向低水平区间聚集。这说明政策下厂商应对技术指标限制的主要方案为增加电池在整车重量中的占比,其对于汽车能耗效率、电池能量密度等技术指标的提升较少。而为了促进新能源汽车产业技术的进一步发展,单从续航里程或电池能量密度等指标对新能源汽车进行技术评价则愈发不合理,为此应在相关的政策设计中逐步完善技术的考核指标,并将传动效率、产品耐用性等多项与技术相关的硬件指标纳入考量范围,并以此综合评定汽车的技术情况。

参考文献:

[1] AUSTMANN L M. Drivers of the electric vehicle market: A systematic literature review of empirical studies[J]. Finance research letters, 2021(41): 101846.
[2] 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.
[3] LI S, ZHU X, MA Y, et al. The role of government in the market for electric vehicles: evidence from China [J], Journal

- of policy analysis and management, 2022, 41(2):450-485.
- [4] LIN Y, LINN J. Environmental regulation and product attributes: the case of European passenger vehicle greenhouse gas emissions standards [J]. Journal of the association of environmental and resource economists, 2023, 10(1):1-32.
- [5] HUSE C. Fast and Furious (and Dirty): how asymmetric regulation may hinder environmental policy[R]. MPRA Paper, 2014, 48909.
- [6] HELVESTON J P, LIU Y, FEIT E M D, et al. Will subsidies drive electric vehicle adoption? measuring consumer preferences in the US and China[J]. Transportation research part A: policy and practice, 2015(73):96-112.
- [7] 周沂, 郭琪, 邹冬寒. 环境规制与企业产品结构优化策略: 来自多产品出口企业的经验证据[J]. 中国工业经济, 2022(6):117-135.
- [8] 祝树金, 李江, 张谦, 等. 环境信息公开、成本冲击与企业产品质量调整[J]. 中国工业经济, 2022(3):76-94.
- [9] 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, 720(2):32-49.
- [10] FAN Y. Ownership consolidation and product characteristics: a study of the US daily newspaper market[J]. American economic review, 2013, 103(5):1598-1628.
- [11] FAN Y, YANG C. Competition, product proliferation, and welfare: a study of the US smartphone market [J]. American economic journal: microeconomics, 2020, 12(2):99-134.
- [12] EIZENBERG A. Upstream innovation and product variety in the US home PC market[J]. Review of economic studies, 2014, 81(3):1003-1045.
- [13] MELITZ M J. When and how should infant industries be protected? [J]. Journal of international economics, 2005, 66(1):177-196.
- [14] KALOUPSIDIS M. Detection and impact of industrial subsidies: the case of Chinese shipbuilding[J]. The review of economic studies, 2018, 85(2):1111-1158.
- [15] 陆国庆, 王舟, 张春宇. 中国战略性新兴产业政府创新补贴的绩效研究[J]. 经济研究, 2014, 49(7):44-55.
- [16] 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.
- [17] 贺俊. 新兴技术产业赶超中的政府作用: 产业政策研究的新视角[J]. 中国社会科学, 2022(11):105-124, 206-207.
- [18] 王宏起, 汪英华, 武建龙, 等. 新能源汽车创新生态系统演进机理: 基于比亚迪新能源汽车的案例研究[J]. 中国软科学, 2016(4):81-94.
- [19] 高秀平, 彭月兰. 我国新能源汽车财税政策效应与转变研究: 基于 A 股新能源汽车上市公司的实证分析[J]. 经济问题, 2018(1):49-56.
- [20] 何正霞, 曹长帅, 王健明. 政策激励对新能源汽车技术创新的影响研究[J]. 科学决策, 2022(5):71-85.
- [21] 郭晓丹, 邱昕煜, 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.
- [22] 何文韬, 肖兴志. 新能源汽车产业推广政策对汽车企业专利活动的影响: 基于企业专利申请与专利转化的研究[J]. 当代财经, 2017(5):103-114.
- [23] 李良成, 黎祯祯. 补贴退坡政策对新能源汽车企业研发投入的影响实证研究[J]. 科学决策, 2023(5):152-168.
- [24] 谢志明, 张媛, 贺正楚, 等. 新能源汽车产业专利趋势分析[J]. 中国软科学, 2015(9):127-141.
- [25] BARWICK P J, CAO S, LI S. Local protectionism, market structure, and social welfare: China's automobile market [J]. American economic journal: economic policy, 2021, 13(4):112-151.
- [26] 冯笑, 王楚男. 寡头市场结构下中国进口汽车税费改革的福利效应分析[J]. 世界经济, 2022, 45(4):80-106.
- [27] GUO X, XIAO J. Welfare analysis of the subsidies in the Chinese electric vehicle industry [J], Journal of industrial economics, 2023(8).
- [28] XIAO J, JU H. Market equilibrium and the environmental effects of tax adjustments in China's automobile industry[J]. Review of economics and statistics, 2014, 96(2):306-317.
- [29] REYNAERT M. Abatement strategies and the cost of environmental regulation: emission standards on the European car market[J]. The review of economic studies, 2021, 88(1):454-488.
- [30] BERRY S T, LEVINSOHN J, PAKES A. Automobile price in market equilibrium [J]. Econometrica, 1995, 63(4):841-890.
- [31] BERRY S T, JIA P. Tracing the woes: an empirical analysis of the airline industry [J]. American economic journal: microeconomics, 2010, 2(4):1-43.
- [32] SHEN C, WANG Y, XIAO J, et al. Comparison between uniform tariff and progressive consumption tax in the Chinese automobile industry[J]. The journal of industrial economics, 2021, 69(1):169-213.
- [33] XIAO J, ZHOU X, HU W M. Welfare analysis of the vehicle quota system in China [J]. International economic review, 2017, 58(1):617-650.

(本文责编: 默 黎)