

# 能源价格与新能源汽车消费

## ——基于消费者预期视角

赵小磊,毛雨濛,李雪梅

(北京交通大学 经济管理学院,北京 100044)

**摘要:**基于2010—2020年中国50个城市的新能源汽车销量数据,采用面板回归与断点回归方法,研究了油价和电价对新能源汽车消费的影响。研究发现,新能源汽车销量对每千米汽油成本的反应是电力成本的3.5至6倍,表明消费者显著低估了电力成本。提出了制定更有效的购置税减免政策和优化新能源汽车推广策略。

**关键词:**能源价格;非理性估计;新能源汽车;断点回归;购置税减免

**DOI:**10.13956/j. ss. 1001-8409. 2025. 05. 18

**中图分类号:**F426.471;F416.2;F764.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-8409(2025)05-0136-09

## Energy Prices and New Energy Vehicle Consumption: From Consumer Expectation Perspective

ZHAO Xiao-lei, MAO Yu-meng, LI Xue-mei

(School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

**Abstract:**Based on the sales data of new energy vehicles in 50 cities in China from 2010 to 2020, this paper investigates the impact of oil price and electricity price on the consumption of new energy vehicles using panel regression and breakpoint regression methods. It is found that the response of new energy vehicle sales to the cost of gasoline per kilometer is 3.5 to 6 times higher than the cost of electricity, and surface consumers significantly underestimate the cost of electricity. This study provides theoretical support and empirical evidence for the formulation of more effective purchase tax reduction policies and optimization of new energy vehicle promotion strategies.

**Key words:**energy prices; irrational estimation; new energy vehicles; breakpoint regression; purchase tax deduction

在去全球化和世界经济衰退的背景下,中央提出了“推动形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”,简称“双循环”战略。作为内循环经济的推动者,新能源汽车产业是“双循环”战略的关键一环,在提振经济、刺激科技创新和实现“碳达峰”与“碳中和”目标的过程中发挥了关键作用<sup>[1,2]</sup>。以往的研究发现电价和油价等能源成本因素是制约新能源汽车推广的重要因素<sup>[3]</sup>。一方面,电价决定了新能源汽车的使用成本和使用效用。以往的研究主张,过高的电价抬高了新能源汽车的使用成本,降低了消费者的使用效用,从而制约了新能源汽车的推广<sup>[4]</sup>。另一方面,油价是消费者考虑燃油经济性的最明显的信号,因此油价相对微

小的变化会导致消费者出行方式的重大变化<sup>[5]</sup>。此外,能源价格也是以价格为基础的“双碳”政策的直接或间接作用对象<sup>[6]</sup>。特别是随着“双碳”政策的深入实施,中国不同区域的能源使用与权衡问题更加突出,消费者对预期能源成本的估计是否理性已经成为“双碳”政策实施和落地的关键因素<sup>[7]</sup>。

鉴于此,以中国新能源汽车市场为背景,本文旨在检验消费者是否存在对新能源汽车未来运营成本的非理性估计,即是否完全将未来的运营成本内部化,并探讨新能源汽车的最优购置税减免。本文潜在的边际贡献主要包括以下几个方面:一是揭示了能源价格对新能源汽车推广的非对称影响。虽然油价和电价对新能源

收稿日期:2024-01-16

基金项目:国家自然科学基金项目(51778047、72304086)

作者简介:赵小磊(1998—),男,河南驻马店人,博士研究生,研究方向为运输经济与政策;毛雨濛(1996—),女,河南郑州人,博士研究生,研究方向为运输经济与政策;李雪梅(1967—),女,黑龙江哈尔滨人,教授、博士生导师,研究方向为运输经济与政策(通讯作者)。

汽车的推广有显著影响,但这种影响具有非对称性,油价的影响力大于电价。二是估计了消费者对运营成本的低估程度。通过引入发动机效率参数,本文详细测量了消费者对新能源汽车汽油成本与电力成本反应的差异,发现消费者对电力成本的低估程度是对汽油成本的3.5至6倍,对理解消费者在能源成本评估中的行为偏差,提高消费者的能源成本意识和促进理性消费行为具有重要意义。三是探索新能源汽车最优购置税减免政策。本文发现由于消费者无法理性评估电力运营成本,导致内部成本在最优购置税减免中占比高达37%。

## 1 文献综述

深入理解消费者对不同能源成本反应程度的差异也是明晰当前新能源汽车市场发展的关键。例如, Busse 等发现,消费者对油价和电价的认知存在显著差异,未来电力成本的估计也不够理性<sup>[6]</sup>。一方面,使用成本是购车者的一个重要考虑因素,研究如 Leard 等发现燃油汽车的购买者通常对燃油效率较为敏感,这表明在当前以燃油汽车为主的市场环境中,潜在购车者通常能通过理性估计做出购买决策<sup>[8]</sup>。相反地,对于新能源汽车,特别是在考虑电力成本时,消费者的评估不够准确,购车决策并不理性。另一方面,与燃油汽车相比,新能源汽车通过节约稀缺的石油资源使用,减少碳排放,实现环境保护目标。然而,由于个体收益和社会收益不一致,在没有政策干预的情况下,社会的正外部性并没有被内部化到价格之中<sup>[9]</sup>,新能源汽车购买者也无法完全将未来的电力成本内部化。以往的研究发现新能源汽车的购买者对未来电力成本的估计通常是不准确和非理性的,即新能源汽车的潜在消费者对电力的认知和成本估计往往是缺乏经验的<sup>[10]</sup>。Ito 等也发现部分消费者对新能源汽车使用的边际电价了解较为匮乏<sup>[11]</sup>。Borenstein 和 Bushnell 的研究表明加州的平均可变电价是社会边际成本的四倍多。相比之下,他们发现加州的油价平均略低于社会边际成本<sup>[12]</sup>。与此类似, Davis 和 Metcalf 不仅发现电价存在显著差异,而且强调在国家层面进行的节能计算会忽略这一电力成本的重要影响<sup>[13]</sup>。

现有研究在探索新能源汽车推广的影响因素时,往往聚焦于单个成本因素,忽略了多种能源成本之间的相互作用及消费者对不同能源成本反应程度的差异。因此市场从“补贴驱动或税收优惠驱动”转向“市场驱动”的过程中,现有研究难以为中国新能源汽车市场提供深入的政策启示。鉴于此,本文旨在中国新能源汽车市场的背景下,检验消费者是否存在对新能源汽车未来运营成本的非理性估计,即是否完全将未来的运营成本

内部化,并探讨新能源汽车的最优购置税减免。一方面,本文通过检验消费者对新能源汽车运营成本的非理性估计,为理解消费者行为理论在新能源汽车市场中的应用提供了新视角。这不仅有助于丰富和完善消费者行为的现有理论,特别是在环境友好型产品的选择和使用方面,还为制定有效的新能源汽车推广政策提供重要的理论依据,尤其是在购置税减免政策设计方面。这将有助于政策制定者更好地理解消费者行为,并据此制定更加有效的激励措施。另一方面,本文通过揭示消费者对新能源汽车电力运营成本的低估现象,设计更为有效的市场激励和宣传策略,从而促进新能源汽车的推广和使用,同时对于设计最优购置税减免政策具有重要的现实指导意义。

## 2 研究设计

### 2.1 理论模型

在 Busse 等的研究基础上,本文引入以下针对风险中性消费者的离散选择框架,即消费者如何在新能源汽车(EV)和传统内燃机汽车(ICEV)之间进行选择<sup>[6]</sup>,以检验新能源汽车购买者的购买决策是否对油价和电价做出同等反应。

$$U_i^{EV} = \alpha^{EV} - \gamma_E \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t [E[P_t^e](C_t^{EV})] VMT_i S^{EV}(t) + \varepsilon_i^{EV} \quad (1)$$

$$U_i^{ICEV} = \alpha^{ICEV} - \gamma_G \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t [E[P_t^g](C_t^{ICEV})] VMT_i S^{ICEV}(t) + \varepsilon_i^{ICEV} \quad (2)$$

式(1)、式(2)中,左侧是风险中性潜在购买者的效用值,如果购买者不选择购买新能源汽车或燃油汽车,则定义  $U_i^{EV} = 0$  或  $U_i^{ICEV} = 0$ 。右侧第一项是潜在的车辆购买者从购买特定车辆中获得的效用,包括与运营成本无关的可观察或不可观察特征。第二项是潜在的购买者预期的车辆未来运营成本,  $C_t^{EV} = \frac{KWH}{km}$ ,  $C_t^{ICEV} = \frac{1}{km}$  分别表示燃油效率。具体来看,第二项包括离散选择模型的车辆技术特征参数等。在购买时,消费者对未来的电价和油价形成预期,根据预计行驶的里程( $VMT_i$ )和所选择车辆的燃油效率,形成对未来的车辆运营成本  $\sum_{t=0}^{\infty} [E[P_t^e](C_t^{EV})] VMT_i$ ,并根据贴现系数  $\delta^t$  进行贴现<sup>①</sup>。考虑到购买后的车辆会报废或变卖,  $S(t)$  表示车辆的持续使用概率。 $\varepsilon_i^{ICEV}$  是从购买车辆中获得的特殊效用。

虽然本文假设潜在的购买者以与传统汽车未来运营成本类似的折扣系数对新能源汽车的未来运营成本进行折扣,但潜在的购买者仍无法完全考虑未来的运营成本。 $\gamma_E$  和  $\gamma_G$  反映了这种非理性行为。如果潜在的购买者对于汽车未来运营成本是理性的,且将车辆未来的

①本文假设消费者对未来电力和未来汽油成本贴现因子相同。

运营成本完全内部化,那么  $\gamma_E$  与  $\gamma_G$  均为 1<sup>[6]</sup>。然而,如果潜在的购买者在做出购买决策时对电价和油价的反应和处理不同,这些差异将反映在  $\gamma_E$  和  $\gamma_G$  中。本文还做出以下假设,以便下文开展进一步的实证分析。首先,本文假设消费者对汽油和电价的预测是基本稳定的。其次,本文假设在购买时,消费者认为这两种汽车的报废率是相等的,这意味着新能源汽车和燃油汽车在  $t$  期内生存的性质相同。最后,本文假设无论选择何种车辆,消费者都打算行驶一定距离。考虑标准 Logit 模型的假设与原理,本文进一步得到购买两类汽车的概率  $p(EV)$  与  $p(ICEV)$  为:

$$p(EV) = p(U_i^{EV} > U_i^{ICEV}) = \frac{1}{1 + \exp(-(V_i^{EV} - V_i^{ICEV}))}$$

$$= \frac{\exp(V_i^{EV})}{\exp(V_i^{EV}) + \exp(V_i^{ICEV})} \quad (3)$$

$$p(ICEV) = p(U_i^{EV} < U_i^{ICEV}) = \frac{\exp(V_i^{ICEV})}{\exp(V_i^{EV}) + \exp(V_i^{ICEV})} \quad (4)$$

$$p(EV) + p(ICEV) = 1 \quad (5)$$

于是进一步在式(1)至式(5)的基础上, $p(EV)$  相对于电价和油价的变动可以表示为:

$$\frac{dp(EV)}{dP_0^e} = \frac{dp(\frac{\exp(V_i^{EV})}{\exp(V_i^{EV}) + \exp(V_i^{ICEV})})}{dP_0^e} = \gamma_E C_i^{EV} \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t$$

$$\times p(EV) \times VMT_i \times p(ICEV) = \hat{\beta}_E \quad (6)$$

$$\frac{dp(EV)}{dP_0^g} = \frac{dp(\frac{\exp(V_i^{EV})}{\exp(V_i^{EV}) + \exp(V_i^{ICEV})})}{dP_0^g} = -\gamma_G C_i^{ICEV} \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t$$

$$\times p(EV) \times VMT_i \times p(ICEV) = \hat{\beta}_G \quad (7)$$

本文没有直接估计  $\gamma_E$  和  $\gamma_G$  的值,而是计算  $\gamma_E$  与

$$\gamma_G \text{ 的比值 } \gamma, \text{ 即 } \gamma = \frac{\gamma_E}{\gamma_G}。 \text{ 具体来看,有 } \bar{\gamma} = \frac{-\hat{\beta}_E \times \frac{\text{km}}{\text{KWH}}}{\hat{\beta}_G \times \frac{\text{km}}{1}}$$

如果消费者在做出购买决定时同样重视电价和油价,则  $\gamma = 1$ 。然而,如果潜在的购买者对未来电力成本的估值低于或高于未来汽油成本,本文预计  $\gamma$  将小于或大于 1。具体来看,  $\frac{\text{km}}{\text{KWH}}$  与  $\frac{\text{km}}{L}$  是新能源汽车与燃油汽车的相对燃油效率,即单位燃料或电力可以驱动的汽车里程;  $\hat{\beta}_E$

与  $\hat{\beta}_G$  则表示电价和油价对新能源汽车销量的影响系数,即  $\frac{EV}{P^e/\text{KWH}}$  与  $\frac{EV}{(P^g/L)}$ 。于是,  $\bar{\gamma}$  的分子  $\frac{EV}{P^e/\text{km}}$  反映每千米电力成本对新能源汽车需求的影响,分母  $\frac{EV}{P^g/\text{km}}$  反映每千米燃油成本对新能源汽车需求的影响。

## 2.2 变量选取

与之前学者的设定一致<sup>[14]</sup>,本文的被解释变量是 2010—2020 年 50 个城市的新能源汽车销量<sup>①</sup> ( $EV_{mt}$ )。核心解释变量是油价  $P_{mt}^g$  和电价  $P_{mt}^e$ 。具体来讲,本文选取解释变量是各地区当年 92 号汽油的价格,并通过对月度价格调整后得到年份油价。电价是各样本地区年度居民平均用电价格。数据来源于各年度节能与新能源汽车年鉴、东方财富网、发改委官网、国家能源局发布的《电力监管年度报告》《全国电力价格情况监管通报》以及各城市的《电力监管报告》。控制变量包括:政府补贴<sup>[15]</sup>、充电设施的完善程度<sup>[16]</sup>、新能源汽车价格<sup>[17]</sup>、新能源汽车技术性能<sup>[18]</sup>、消费者收入<sup>[19]</sup>、学历<sup>[20]</sup>、城市常住人口总量<sup>[21]</sup>、限行、限购政策<sup>[22,23]</sup> 是影响新能源汽车销量的重要因素。各变量符号、定义与数据来源见表 1。

## 2.3 模型设定

相比于随机效应模型,双向固定效应模型被广泛应用于实证研究中。通过引入省份固定效应和时间固定效应,能够部分缓解由于不随时间或个体变化的遗漏变量与解释变量相关导致的内生性问题。因此,本文首先使用双向固定效应模型来估计电价和油价对新能源汽车销量的影响系数  $\hat{\beta}_E$  与  $\hat{\beta}_G$ , 具体的计量模型如下:

$$\ln EV_{mt} = \beta_G P_{mt}^g + \beta_E P_{mt}^e + \beta_n X_{mt} + \mu_m + \varphi_t + \varepsilon_{mt} \quad (8)$$

其中,  $m$  表示城市,  $t$  表示时间,  $\beta_n$  是控制变量对应的系数,  $X_{mt}$  包含一系列的控制变量,  $\mu_m$  表示城市固定效应,  $\varphi_t$  表示时间固定效应,  $\varepsilon_{mt}$  表示随机误差项。尽管双向固定效应模型能够控制固定效应,但其容易受到模型设定错误的影响。为此,本文进一步采用了断点回归方法,该方法在处理非随机性问题和简化模型设定方面具有优势。断点回归的核心思想是:当一个特殊变量(运行变量)决定个体是否受到某种外生冲击时,因变量的分布在临界值处会出现断点,进而可以估计出局部处理效应<sup>[24,25]</sup>。具体模型为:

$$\ln EV_{mt} = \beta_E \Delta P_{mt}^e + \beta_G \Delta P_{mt}^g \times h(city) + \beta_n X_{mt} + \alpha_1 Distance + \alpha_2 Distance \times h(city) + \varphi_t + \varepsilon_{mt} \quad (9)$$

①本文选取该 50 个城市的原因如下:一方面,在样本期间内,被选取城市的新能源汽车总销量占全国总销量的比例大于 85%, 样本具有代表性。另一方面,本文选择的样本城市基本与新能源汽车私人补贴试点城市一致,具有政策的一致性。具体来看,50 个城市包括北京、天津、上海、重庆、沈阳、南京、杭州、合肥、郑州、武汉、广州、长沙、海口、成都、西安、石家庄、济南、南昌、昆明、西宁、呼和浩特、乌鲁木齐、长春、兰州、银川、南宁、福州、太原、哈尔滨、贵阳、深圳、苏州、南通、大连、襄阳、厦门、唐山、扬州、盐城、宁波、金华、新乡、佛山、青岛、绍兴、湖州、东莞、绵阳、德阳。

表1 变量定义、计量单位及数据来源

变量名称	变量定义	数据来源
EV <sub>mt</sub>	各样本地区当年新能源汽车销量	节能与新能源汽车年鉴
P <sub>mt</sub> <sup>e</sup>	各样本地区当年汽油价格	东方财富网
P <sub>mt</sub> <sup>e</sup>	各样本地区当年平均居民电力售价	国家能源局
Subsidy	各样本地区当年新能源汽车推广应用补助资金清算金额	节能与新能源汽车年鉴
Charger	各样本地区当年每千人所拥有的充电桩总数	节能与新能源汽车年鉴
Patent	各样本地区当年新能源汽车年度专利申请量	智慧牙专利网
Price	新能源汽车售价,用比亚迪 E6 年度成交价格来表示	达示数据平台
Income	各样本地区当年城镇居民可支配收入	中国统计年鉴
Education	各样本地区当年本专科人数占比	中国统计年鉴
PopTotal	各样本地区当年城市常住人口总量	国家统计局
Road	各样本地区当年是否对燃油汽车实行限行	节能与新能源汽车年鉴
Purchase	各样本地区当年是否对燃油汽车实行限购	节能与新能源汽车年鉴

式(9)中,  $h(\text{city})$  表示地区是否在省际边界附近(在特定配对组内距离最近),例如当探究河南-湖北的边界时,假定前者位于边界右侧,到边界的距离大于0,  $h(\text{city}) = 1$ , 此时湖北不受边界的影响,  $h(\text{city}) = 0$ 。  $\Delta P_{mt}^e$  是边界两侧的电价差异。此外,参照田文佳等的做法<sup>[26,27]</sup>, 本文将城市  $i$  与相邻省份中最近的城市进行配对(定义为  $a$  和  $b$ , 有  $i = (a, b)$ ), 针对每对城市进行估计。本文还控制了每对城市距离省际边界的距离, 即  $Distance$ , 同时控制了年度固定效应  $\varphi_t$ , 扩展后的模型为:

$$\Delta \ln EV_{it} = \Delta \beta_C P_{it}^e + \beta_E \Delta P_{it}^e + \beta_n \Delta X_{it} + \alpha_1 Distance_i + \alpha_2 Distance_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

### 3 结果与分析

在本节,基于面板回归模型和断点回归方法,本文估计消费者对电价和油价的反应系数  $\hat{\beta}_E$  与  $\hat{\beta}_C$ 。本文预期在控制其他条件下,电价和新能源汽车销量呈现出反方向变动趋势,油价和新能源汽车销量呈现出同方向变动趋势。

#### 3.1 双向固定效应回归

本文基于过度识别检验的结果,采取双向固定效应模型来估计电价和油价对新能源汽车销量的影响系数  $\hat{\beta}_E$  与  $\hat{\beta}_C$ , 并以特定车型的燃油效率对此进行校准,计算出特定车型对应的  $\gamma$ 。采用双向固定效应模型有助于排除时间和城市间不可观测变量造成的偏误。为了对比结果的准确性,列(1)采用没有加入控制变量的 OLS 模型,结果显示电价的系数预期相符,但不显著。列(2)采用没有加入控制变量的双向固定效应模型,结果显示证实了本文的预期。列(3)采用加入控制变量后的 OLS 模型,结果显示电价的系数与预期相符,但不显著。列(4)采用加入控制变量后的双向模型,结果显示油价的提高对新能源汽车销量的影响具有显著的促进作用,每升汽油的价格提高 1%,新能源汽车销量提高 2.755%;

电价的提高对新能源汽车销量的影响具有显著的阻碍作用,电价提高 1%,新能源汽车销量降低 1.130%。为了以更有意义的方式解释回归结果,本文引入特定车型的发动机效率指标。考虑特定的消费者,其偏好反映了表 2 列(4)中的回归结果,该消费者正在决定是购买一辆比亚迪宋(EV),燃油效率为 7.3 千米/千瓦时,还是日产轩逸(ICEV),燃油效率为 18 千米/升。因此,在这种情况下,  $\gamma = -7.3 \times \frac{-1.13}{18 \times 2.755} = 0.167$ , 即新能源汽车销量对电价的反应程度仅为油价的 0.167 倍(新能源汽车销量对油价的反应成本为电力成本的 6 倍),验证了消费者严重低估了未来的电力运营成本。

表2 面板回归结果

变量	(1) lnEV	(2) lnEV	(3) lnEV	(4) lnEV
P <sub>mt</sub> <sup>e</sup>	-2.284 (-0.94)	-1.831*** (-3.35)	-2.594 (0.81)	-1.130** (2.06)
P <sub>mt</sub> <sup>e</sup>	0.629*** (3.11)	0.632*** (3.58)	3.335*** (3.93)	2.755*** (2.81)
$\gamma$				0.167** (2.54)
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	未控制	未控制	控制	控制
时间固定效应	未控制	未控制	控制	控制
N	550	550	550	550
R <sup>2</sup>	0.02	0.773	0.852	0.852

注:括号中报告的是 t 值;\* 表示显著性水平: \*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ ;  $\gamma$  的隐含参数设定参数来源于新能源汽车(宋 EV)的燃油效率为 7.3 千米/千瓦时,燃油汽车(日产轩逸)的燃油效率为 18 千米/升;下同

#### 3.2 断点回归

##### 3.2.1 能源价格差异与新能源汽车销量

本文基于断点回归方法考察能源价格与新能源汽车销量之间的关系。一方面,这种方法允许新能源汽车

销量在每个配对城市之间的边界两侧线性变化,从而捕捉从一个样本城市跨越边界到与其配对样本城市的新能源汽车销量变化,并基于离散选择模型来测算新能源汽车销量对电价的反应系数 $\hat{\beta}_E$ 。另一方面,新能源汽车销量对油价的反应系数 $\hat{\beta}_O$ 仍是根据样本城市间面板回归确定的。

为了进一步阐释上述变化,本文分别用两种方式绘制了配对城市间电价差异和油价差异的分布图。图1a显示配对城市间电价的差异很大,这一结果也验证了前文的分析,因为本文选择了位于省级边界两侧的对城市。即便处于不同行政区划下的城市拥有近似的基础设施或经济社会条件,但仍面临不同的电价。此外,电价差异的分布大致上满足正态分布的趋势。然而,图1b显示油价差异的分布更加“温和”,峰度小于电价分布,

表明配对城市间油价也存在一定差异,但与电价差异相比,配对城市间的油价差异要小得多。

为进一步考察能源价格差异与新能源汽车推广之间的关系,本文在图1的基础上,引入了新能源汽车销量的变动趋势。图2a显示电价差异和新能源汽车差异均呈现出正态分布的趋势,且随着电价差异的提高,销量显著下降。然而,从电价差异和销量差异的偏度来看,电价差异呈现出左偏,销量差异呈现出右偏,表明高电价差异往往意味着低销量,暗示二者存在反向变动的关系。同理,图2b油价差异和新能源汽车差异均呈现出正态分布的趋势,且随着油价差异的提高,销量也有显著的变动。作为对比,油价差异和销量差异具有相同的偏态趋势,表明高油价差异往往意味着高销量,暗示二者存在正向变动的关系。

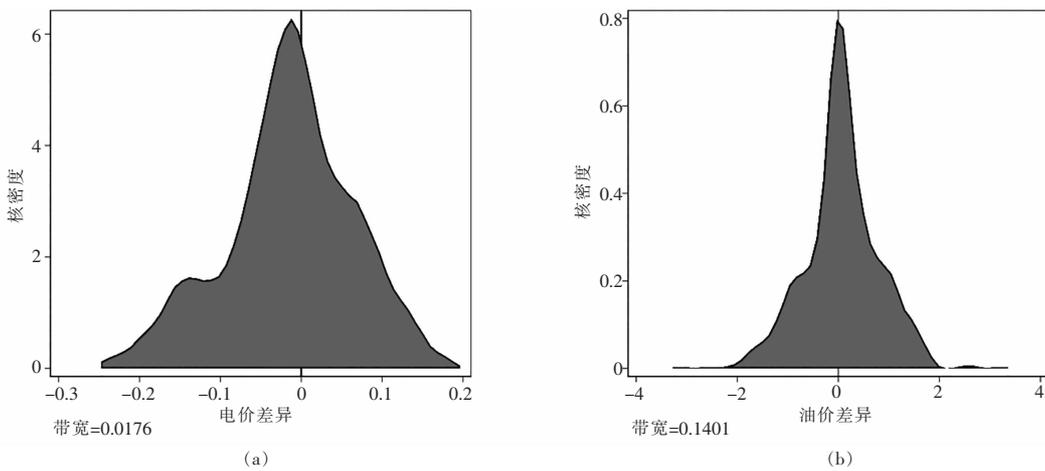


图1 配对城市电价差异和油价差异的分布

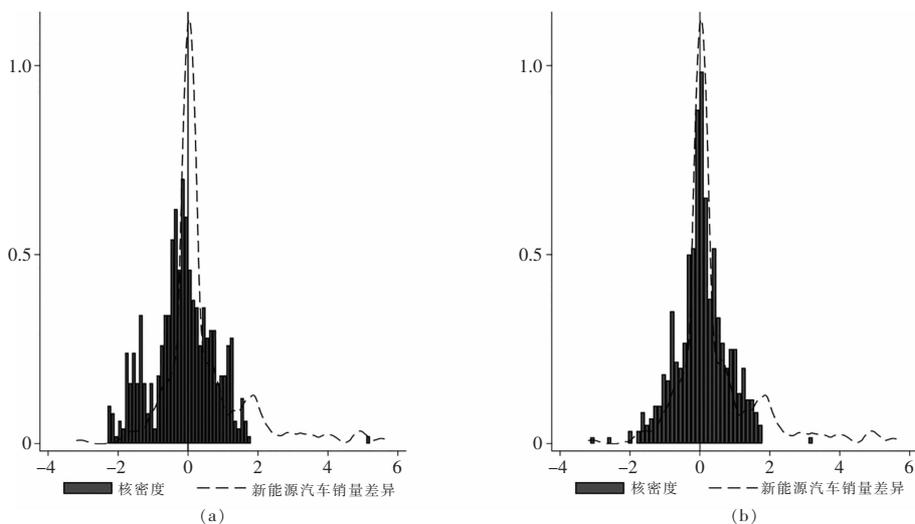


图2 配对城市电价差异和油价差异的分布

### 3.2.2 断点回归实证结果

本文基于式(10)进行边界断点回归,具体的回归结果如表3所示。其中,列(1)回归中的解释变量未加入

控制变量,只包含配对城市间电价差异与油价差异。在列(2)与列(3)回归中,本文分别加入了人口统计学变量、政策变量与经济社会特征变量,以解释与新能源汽车

表3 RDD回归结果

变量	(1) $\Delta \ln EV$	(2) $\Delta \ln EV$	(3) $\Delta \ln EV$	(4) $\Delta \ln EV$
$\Delta P_{it}^c$	-0.581* (-1.66)	-0.503 (-1.48)	-0.533** (-2.12)	-0.448*** (-2.73)
$\Delta P_{it}^e$	0.926*** (6.05)	0.841*** (6.14)	0.716*** (5.11)	0.645*** (6.11)
$\gamma$				0.380* (1.647)
控制变量	控制	控制	控制	控制
配对固定效应	未控制	未控制	未控制	控制
时间固定效应	未控制	未控制	未控制	控制
配对数	136	136	136	136
R <sup>2</sup>	0.03	0.243	0.481	0.700

车销量相关的人口统计学特征与社会经济特征的差异。同时,配对城市到边界的距离被加入到列(3)与列(4)中,以捕捉每个配对城市与边界之间距离的线性变化。列(4)证明电价差异与新能源汽车销量之间存在负相关的关系以及油价差异与新能源汽车销量之间存在正相关的关系。在列(4)中,本文控制了配对城市的固定效应与时间的固定效应。结果显示油价差异的提高对新能源汽车销量的影响具有显著的促进作用,差异提高1%,新能源汽车销量提高0.645%;电价差异的提高对

表4 替换距离与替换样本

	(1) 40千米	(2) 80千米	(3) 120千米	(4) 市场份额	(5) 纯电动汽车	(6) 去除直辖市
$\Delta P_{it}^c$	-0.878** (-3.82)	-0.367* (-1.93)	-0.178** (-1.99)	-0.923*** (-5.40)	-0.493*** (-2.96)	-0.513*** (-3.98)
$\Delta P_{it}^e$	0.918*** (4.39)	0.805*** (4.50)	0.525*** (4.42)	1.535*** (3.41)	0.674*** (6.82)	0.754** (1.98)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
配对固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
配对数	71	49	16	136	136	102
R <sup>2</sup>	0.427	0.235	0.182	0.634	0.803	0.870

注:括号内为t值,已控制配对城市到边界的距离

### 3.3.2 替换变量

为了验证研究结果的稳健性,本文的第二种稳健性检验方法是替换变量。具体来说,将原先使用的新能源汽车销量数据替换为新能源汽车市场份额和纯电动汽车销量,并重新运用了RDD方法进行估计。估计结果见表4列(4)至列(6),表明关键系数 $\Delta P_{it}^c$ 和 $\Delta P_{it}^e$ 均保持显著性,与前文的分析结果一致。

### 3.3.3 替换样本

为了进一步验证研究结果的稳健性,本文实施了第三类稳健性检验——替换样本方法。为了避免样本中特定地区特性导致的偏差,本文特别排除了所有直辖市的数据,并重新运用RDD方法进行了估计。如表4列(6)所示,剔除直辖市后的估计结果依然显示关键变量系数显著,并且与原始样本的估计结果保持一致。

新能源汽车销量的影响具有显著的阻碍作用,电价差异提高1%,新能源汽车销量降低0.448%。

按照与面板回归中类似的做法,本文再次引入特定车型的发动机效率指标。因此,在这种情况下,  $\gamma = -7.3 \times \frac{-0.448}{18 \times 0.645} = 0.280$ ,即新能源汽车销量对每千米电力成本的反应程度仅为汽油成本的0.280倍(新能源汽车销量对油价的反应成本为电力成本的3.57倍),这一结果与面板回归的结果类似,再次表明消费者严重低估了未来的电力运营成本。

### 3.3 稳健性检验

#### 3.3.1 基于边界距离的稳健性检验

为确保RDD回归结果的稳健性,本文采用的第一种稳健性检验方法是利用与断点边界不同距离的数据进行回归分析。具体而言,本文依据配对城市与断点边界的距离,将样本划分为三组:距离边界40千米、80千米和120千米,并分别对每组样本执行了回归分析。回归结果如表4所示,在5%或10%的统计水平上均显著,从而验证了先前RDD回归结果的稳健性。此外,回归系数随距离增加而递减的趋势,也揭示了电价影响从城市中心向边缘递减的一般规律。

表5 替换车型、系统GMM与分位数回归

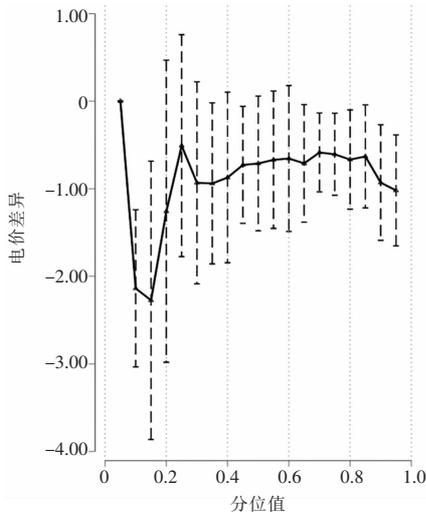
	(1) 特斯拉-Model Y	(2) 大众-迈腾	(3) 系统GMM
$\gamma$	0.324** (2.11)	0.422** (2.38)	
$\Delta P_{it}^c$			1.346*** (-2.89)
$\Delta P_{it}^e$			1.794** (2.16)
$\ln EV(-1)$			0.251*** (4.20)
控制变量	控制	控制	控制
配对固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
配对数	136	136	136
R <sup>2</sup>	0.788	0.855	/

### 3.3.4 替换车型

为了进一步确保研究结果的稳健性,本文执行了第四类稳健性检验——替换车型方法,旨在检验结果是否依赖于特定车型的燃油效率或电效率。具体而言,在保持原有车型对比设定(比亚迪宋EV与日产轩逸)的基础上,本文将新能源车型替换为特斯拉Model Y,并将燃油车型替换为大众迈腾。结果显示,重新计算得到的 $\gamma$ 值均落在原始估计区间内,验证了结果的稳健性。

### 3.3.5 动态面板回归

本文引入了系统广义矩估计(GMM)方法作为第五类稳健性检验手段,用以执行动态面板回归分析。



根据表5列(3)的估计结果,即使在控制了变量 $\ln EV$ (-1)之后,关键变量的系数依然显著,并且与原始样本的估计结果保持一致。同时, $P_{AR(1)} = 0.016$ ,  $P_{AR(2)} = 0.1609$ ,  $P_{SARGAN} = 0.1060$ ,该结果证实了GMM模型的稳健性。

### 3.3.6 面板分位数回归

本文进一步采用了面板分位数回归作为第六类稳健性检验手段。如图3所示,面板分位数回归的结果表明,即使在不同分位数水平下,关键变量的系数依然显著,与原始模型的估计结果保持一致,进一步确认了模型的稳健性。

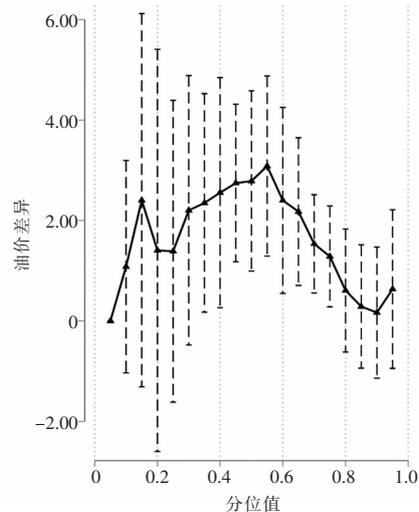


图3 面板分位数回归

## 4 研究结论与政策建议

### 4.1 研究结论

本文研究发现:第一,尽管油价和电价均为新能源汽车推广的关键经济因素,但消费者对这两者变化的敏感性存在显著差异。具体而言,油价的波动对新能源汽车销售的影响显著高于电价,这一发现指向了消费者在评估新能源汽车购买决策时存在的偏差。首先,消费者对燃油价格的敏感性源于燃油车长期以来的市场主导地位,以及燃油价格的直接和即时的经济影响。燃油价格上涨直接影响到消费者当前的运行成本,这种即时的经济压力使得消费者对燃油价格变化更为警觉。相比之下,电力成本通常不是即时支付的,且新能源汽车的电力消耗成本在消费者心中没有形成与燃油成本同等的认知地位。其次,电力成本的支付往往与家庭用电合并,这种支付方式的隐蔽性导致消费者对电力成本的忽视。最后,消费者对电力运营成本的低估还受到现有知识水平和信息获取渠道的限制。新能源汽车作为新兴技术产品,其运营和维护成本的透明度不如传统燃油车。消费者缺乏评估电力成本效益的必要信息和工具,从而导致对电力成本的长期节约潜力认识不足。第二,

引入发动机效率参数后的分析进一步强化了上述结论。研究发现,新能源汽车销量对每千米汽油成本的反应是每千米电力成本反应的3.5至6倍,该结论揭示了消费者在新能源汽车购买决策中对电力成本的严重低估现象,表现为新能源汽车销量对燃油成本变化的敏感度远高于电力成本,这一发现指向了市场失灵和消费者非理性行为的问题。

本文发现消费者在新能源汽车购买决策中对电力成本存在显著低估。这一现象源于信息可得性不足和传统消费习惯的路径依赖<sup>[28,29]</sup>。与汽油价格在加油站醒目显示不同,电价的地域差异和复杂的计费方式使得消费者难以快速、准确地理解电力成本。此外,电费通常与家庭其他用电支出一并支付,其隐蔽性弱化了消费者对新能源汽车运营成本的认知能力<sup>[11-13,30-33]</sup>。这种信息不对称现象强化了市场对新能源汽车长期经济效益的忽视,进一步加剧了消费者的非理性行为。本文的实证结果支持了消费者行为中存在认知偏差的理论,提示政策制定者和市场参与者需通过加强消费者教育和优化政策设计,纠正这一认知偏差。经济含义上,这不仅意味着消费者未能充分认识到新能源汽车在整个使

用周期内的经济效益,而且表明市场未能有效反映新能源汽车的长期节约潜力,导致新能源汽车的市场渗透率低于社会最优水平。因此,政策制定者需要考虑通过教育提升、信息透明化和财政激励等措施来纠正这一偏差,促进新能源汽车的普及,进而支持国家的“双碳”目标,实现交通领域的能源转型 and 环境保护。

在理论贡献方面,本文通过对消费者价格敏感性的分析,为消费者行为经济学提供了新的实证证据。传统研究多集中于消费者对燃油车的理性决策分析,而本文首次以新能源汽车为对象,揭示了其购买决策中的非理性行为特征。这一发现深化了认知偏差理论在新兴产业领域的应用,尤其是在新能源汽车推广中的理论适用性。此外,本文从能源经济学的角度,提出了消费者对运营成本的敏感性差异这一新视角,揭示了燃油价格和电力价格对消费行为的异质性影响。这为新能源汽车市场失灵的理论解释提供了新的研究框架,填补了能源经济学和消费者行为研究交叉领域的空白。同时,本文通过实证分析验证了购置税减免政策的实施效果,并提出了基于消费者行为特点的政策优化建议,进一步丰富了政策分析研究的微观基础。在实践意义方面,本文强调了通过信息披露提升消费者认知的重要性。建议政策制定者建立透明、标准化的电力成本信息披露机制,帮助消费者更直观地评估新能源汽车的经济效益。例如,可以设计易于操作的成本计算工具,让消费者能够清晰比较不同车型在全生命周期内的经济表现<sup>[8,34]</sup>。同时,通过教育和宣传活动,提高公众对新能源汽车长期经济效益的认识,将有助于纠正市场中消费者对电力成本的低估现象<sup>[10]</sup>。此外,购置税减免政策的优化应进一步细化,考虑区域电价差异以及消费者的实际使用情况,动态调整减免力度。这不仅可以促进新能源汽车的市场接受度,还有助于推动交通领域的能源转型和碳减排,进而支持国家“双碳”目标的实现。

未来研究可进一步探索消费者在新能源汽车购买决策中非价格因素的影响,如充电便利性和环境意识的作用。这将有助于构建更全面的消费者行为模型,为新能源汽车推广政策提供更多依据。同时,本文以中国市场为研究对象,未来可拓展至其他国家和地区,比较不同经济和政策环境下的消费者行为特征,从而为全球新能源汽车推广提供更广泛的理论支持。

#### 4.2 政策建议

实证结果表明,消费者对油价的敏感性显著高于电价,且普遍低估了电力成本。基于本文的实证结果,政府、消费者和企业各方在新能源汽车推广中均面临不同的挑战与机遇。如何通过政策引导、市场选择和技术创新相结合,将直接影响新能源汽车在未来市场的接受度与普及速度。针对这些发现,本文提出以下政策建议:

(1) 政府应加强新能源汽车成本认知的教育和政策优化,特别是针对电力成本的长期节约效益。消费者对油价的反应远高于电价,且普遍低估电力成本。因此,政府应通过宣传和教育手段,提升公众对电力运营成本的认知,利用成本计算工具和实际案例展示电动汽车在长期使用中的经济优势。同时,优化购置税减免政策,动态调整补贴力度,以更好地反映油价和电价对消费者行为的不同影响,并结合区域间能源价格差异实施差异化政策。此外,政府应考虑对电价结构进行优化,提供更多的电价激励措施,特别是对电动汽车用户,以增强电力价格在新能源汽车推广中的激励作用。

(2) 消费者应提升对新能源汽车长期成本的认知,更加理性地评估新能源汽车的总体拥有成本,特别是长期的电力运营成本。消费者对电力成本的低估将导致其在购车决策中忽视电动汽车的长期经济效益。因此,消费者应充分利用政府提供的成本评估工具,全面了解购车后的实际使用成本。同时,积极参与试驾和体验活动,以便更直观地了解新能源汽车的性能和成本效益。此外,消费者应密切关注并有效利用政府的购车补贴、税收减免和电价优惠政策,确保其购车决策能够最大限度地享受到政策带来的福利。

(3) 企业应提高技术创新和市场推广的精准性,针对消费者的需求调整其研发和市场推广策略。消费者对油价的敏感性更高,且对电力成本的认知不足,这为企业提供了技术创新和营销的方向。新能源汽车企业应加大在电池效率和整车性能方面的研发投入,尤其是在提升续航能力和降低充电时间方面,以满足消费者对长期经济效益和使用便利性的期望。此外,企业应通过市场宣传,强调电动汽车在长期使用中的经济优势,并加强与政府及能源供应商的合作,共同推动充电基础设施的建设与优化,为消费者提供更加便利的使用体验。

#### 参考文献:

- [1] 周瑛,严林志. 双碳背景下新能源汽车政策文本量化评价[J]. 软科学, 2024, 38(7): 127-134+144.
- [2] 赵小磊,李雪梅,赵庆先. 新能源汽车推广降低了碳排放吗?——基于空间溢出效应的视角[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(2): 1-8.
- [3] 刘南,孔军. 引入碳奖励机制的新能源汽车消费选择行为研究[J]. 软科学, 2024, 38(2): 49-57.
- [4] 吴婧敏,刘朝,马超群. 政策组合对纯电动汽车销量影响的效果评估[J]. 软科学, 2021, 35(3): 129-135.
- [5] Silva R E D, Sobrinho P M, Souza T M D. How can Energy Prices and Subsidies Accelerate the Integration of Electric Vehicles in Brazil? An Economic Analysis[J]. The Electricity Journal, 2018, 31(3): 16-22.
- [6] Busse M R, Christopher R K, Florian Z. Are Consumers Myopic? Evidence from New and Used Car Purchases[J]. American Economic Review, 2013, 103(1): 220-256.

- [7] 宋枫,崔健,蒋志高. 效率提升、租金转移与市场化改革——基于电力行业改革的社会福利分析[J]. 经济学(季刊), 2023, 23(2): 464-480.
- [8] Leard B, Linn J, Yichen Z. How Much Do Consumers Value Fuel Economy and Performance? Evidence from Technology Adoption [J]. The Review of Economics and Statistics, 2021, 105: 1-45.
- [9] Jaffe A B, Newell R G, Stavins R N. A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy [J]. Ecological Economics, 2005, 54(2-3): 164-174.
- [10] Gillingham K, Sebastien T H, Arthur A V B. Consumer Myopia in Vehicle Purchases: Evidence from a Natural Experiment [J]. American Economic Journal: Economic Policy, 2021, 13(3): 207-238.
- [11] Ito K. Do Consumers Respond to Marginal or Average Price? Evidence from Nonlinear Electricity Pricing [J]. American Economic Review, 2014, 104(2): 537-563.
- [12] Borenstein S, Bushnell J. Do Two Electricity Pricing Wrongs Make a Right? Cost Recovery, Externalities, and Efficiency [J]. Social Science Electronic Publishing, W24756.
- [13] Davis L W, Metcalf G E. Does Better Information Lead to Better Choices? Evidence from Energy - Efficiency Labels [J]. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 2016, 3(3): 589-625.
- [14] 陈俊廷,邢剑炜,肖俊极. 新能源汽车市场的本地偏好与地方保护[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(11): 117-136.
- [15] 周燕,潘遥. 财政补贴与税收减免——交易费用视角下的新能源汽车产业政策分析[J]. 管理世界, 2019, 35(10): 133-149.
- [16] 赵小磊,李雪梅. 产业政策对充电基础设施产业的影响机制与经验证据[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(7): 47-57.
- [17] 程永伟. 新能源汽车储能运营与激励机制研究[J/OL]. 系统工程理论与实践: 1-14.
- [18] 张明志,王新培,余东华. 政府补助对新能源汽车产业创新结构的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(7): 35-46.
- [19] 李晓敏,刘毅然,杨娇娇. 中国新能源汽车推广政策效果的地域差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(8): 51-61.
- [20] 李创,叶露露,王丽萍. 新能源汽车消费促进政策对潜在消费者购买意愿的影响[J]. 中国管理科学, 2021, 29(10): 151-164.
- [21] 李晓敏,刘毅然. 充电基础设施对新能源汽车推广的影响研究[J]. 中国软科学, 2023(1): 63-72.
- [22] 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, 373(4): 42-61.
- [23] 李晓敏,杨娇娇,刘毅然. 技术进步对新能源汽车需求的影响——来自15个国家的经验证据[J]. 软科学, 2020, 34(10): 12-17.
- [24] Thistlethwaite D L, Campbell D T. Regression - Discontinuity Analysis: An Alternative to the Ex Post Facto Experiment [J]. Journal of Educational Psychology, 1960, 51(6): 309-317.
- [25] 黄新飞,陈珊珊,李腾. 价格差异、市场分割与边界效应——基于长三角15个城市的实证研究[J]. 经济研究, 2014, 49(12): 18-32.
- [26] Turner M A, Haughwout A, Klaauw W V D. Land Use Regulation and Welfare [J]. Econometrica, 1960, 82(4): 1341-1403.
- [27] 田文佳,余靖雯,龚六堂. 晋升激励与工业用地出让价格——基于断点回归方法的研究[J]. 经济研究, 2019, 54(10): 89-105.
- [28] Allcott H, Wozny N. Gasoline Prices, Fuel Economy, and the Energy Paradox [J]. Review of Economics and Statistics, 2014, 96: 779-795.
- [29] Sallee J M, West S E, Fan W. Do Consumers Recognize the Value of Fuel Economy? Evidence from Used Car Prices and Gasoline Price Fluctuations [J]. Journal of Public Economics, 2016, 135: 61-73.
- [30] 郭强,叶焱,聂佳佳. 消费者预期后悔对汽车碳排放及其利润的影响[J]. 软科学, 2022, 36(7): 118-124.
- [31] 赵彦云,李倩. 风电上网电价政策地区差异及其产业效应[J]. 资源科学, 2021, 43(1): 12-22.
- [32] 陈涵一,史铁,王临风,等. 空气污染、规避行为和家庭电力消费——来自中国地级市的证据[J]. 经济学(季刊), 2023, 23(5): 1865-1882.
- [33] 李捷瑜,何坤. 气候变化提高了居民电力消费——基于适应性行为的视角[J]. 经济学(季刊), 2024, 24(3): 878-896.
- [34] 张昕竹,田露露,马源. 居民对递增阶梯电价更敏感吗——基于加总DCC模型的分析[J]. 经济学动态, 2016(2): 17-30.

(责任编辑:秦颖)