

消费补贴对新能源汽车供应链 研发的传导效应研究

何琳¹, 宋文卉²

(1. 北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044; 2. 广东财经大学 会计学院, 广东 广州 510000)

摘要:各级政府投入千亿资金对新能源汽车产业进行的消费补贴,培育了消费市场,但是否促进了新能源汽车产业链的技术进步需要进一步研究。以2010~2020年间A股上市的汽车供应链238家企业为样本,采用倾向得分匹配法和多元回归方法,实证研究新能源汽车消费补贴对新能源整车上游零部件制造企业研发投入和研发产出的传导和激励效应。研究发现,设定技术门槛的消费补贴能够推动新能源供应链的技术创新行为,专利增长率和研发投入未跟随技术创新难度增大而呈现规律性波动,消费补贴促进了上游供应链企业持续加大研发投入,提高研发产出,在补贴退坡之后,企业的研发强度依然能够保持。研究表明,为扶持新能源汽车产业发展,政府需要继续重视新兴产业的消费补贴,利用资金传导传递市场预期的积极信息,激励企业技术研发行为;当产业发展趋向稳定,政府的消费补贴可以逐渐退坡,通过非货币补贴政策、加大相关基础设施建设等继续传递政策支持信号,激励企业持续进行技术创新,从而促进新能源汽车产业持续高质量发展。

关键词:消费补贴;政府补贴;传导效应;倾向得分匹配法;新能源汽车;供应链;汽车产业;技术创新

中图分类号:F426

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2021)05-0073-12

Study on the transmission effect of consumption subsidies on the supply chain R&D of the new energy vehicle industry

HE Lin¹, SONG Wenhui²

(1. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Accounting, Guangdong University of Finance & Economics,

Guangzhou 510000, Guangdong, China)

收稿日期:2021-07-11

基金项目:北京市社会科学基金研究基地项目(18JDGLB001)

作者简介:何琳(1973-),女,江西南昌人,副教授,管理学博士。

Abstract: Governments at all levels have invested hundreds of billions of RMB in the form of consumption subsidies in the new energy vehicle industry, and cultivated the consumer market, but whether these measures have promoted the technological progress of the new energy vehicle industrial chain still requires further research. Based on the samples of 238 A-share listed vehicle supply chain enterprises from 2010 to 2020, this paper empirically studies the transmission and incentive effects of the Chinese government's new energy vehicle consumption subsidies on the R&D input and output of new energy vehicle upstream parts manufacturing enterprises by using the propensity score matching method (PSM) and multiple regression method. The results show that the consumption subsidies with established technology thresholds can promote the technological innovation behaviors of new energy vehicle supply chain enterprises, while patent growth rate and R&D investment did not follow the increasing difficulty of technological innovation and showed regular fluctuations, thus promoting the upstream supply chain enterprises to increase R&D investment and improve R&D output. After the decline in the amount of subsidies, the R&D intensity of enterprises can still remain in the same level. The research suggests that the government should continue to pay attention to consumption subsidies of emerging industries, transmit the positive message of market expectations with capital, and stimulate the technological R&D behaviors of enterprises so as to support the development of the new energy vehicle industry. When the industrial development tends to stabilize, the government can gradually reduce the consumption subsidies, continue to send signals of policy support through non-monetary subsidy policies and stepping up relevant infrastructure construction, encourage enterprises to continue technological innovation, so as to promote the sustainable and high-quality development of the emerging new energy vehicle industry.

Key words: consumption subsidy; government subsidy; transmission effect; propensity score matching (PSM); new energy vehicle; supply chain; automobile industry; technological innovation

发展新能源汽车产业不仅意味着社会交通运输方式的绿色化转型,也成为降低中国石油的对外依存度、实现汽车产业赶超的重要契机。为了推动新能源汽车产业的市场推广应用,中国政府从2009年开始对公共领域、2013年开始对私人领域的新能源汽车消费者进行消费补贴,2016~2020年消费补贴共约329.46亿元^①。在政府补贴驱动下,中国新能源汽车消费市场经历了爆发式增长,截至2021年6月,中国新能源汽车保有量达到603万辆,是全球新能源汽车保有量最多的国家。

尽管自2009年以来的政府补贴是针对“需求侧”的消费补贴,但政策目的是扶持中国新能源汽车产业“供给侧”的成长并培育新能源汽车产业国际竞争力。为此,补贴政策针对“续航里程”“节油

率水平”“快充倍率”等技术指标设置差异化补贴标准。补贴的“技术门槛”是否间接促进新能源汽车零部件制造企业的技术创新(本文将此定义为消费补贴政策的“传导效应”),值得研究。

当前已有不少研究,是以整车制造企业为研究对象,研究消费补贴对培育新能源汽车消费市场和激励新能源整车制造企业的影响^[1-2];或研发补助对新能源汽车整车制造企业研发投入和技术创新的影响^[3-4]。然而新能源汽车产业是一个颠覆传统汽车动力来源、商业模式和配套基础设施体系的新兴产业,产业发展不仅表现为整车产品创新,而且

① 资料来源于中华人民共和国工业和信息化部装备工业一司发布的《关于2016~2020年度新能源汽车推广应用补助资金清算审核初审情况的公示》,见 https://www.miit.gov.cn/zwgk/wjgs/art/2021/art_99ae13aa81d04a358e0443700fe100ce.html。

表现为产业链的整体培育与创新。中国政府为推动新能源汽车产业发展,进行十余年的消费补贴,正好为研究消费补贴政策对产业链发展的影响提供了不可多得的样本。基于此,本文的研究聚焦以下 2 个问题:(1)消费补贴对整车上游企业的技术创新是否产生“传导效应”? (2)如果产生“传导效应”,该效应对新能源汽车产业链上游企业的研发产生了怎样的影响,随着消费补贴的退坡,产业链上游企业的研发行为是否会随之改变?

一、文献回顾与研究假设

学者们自 20 世纪初开始研究政府补贴对企业研发投入和研发产出的影响,形成不同的观点。

(一) 政府补贴对企业研发投入与产出的影响

1. 政府补贴对企业研发投入的影响

一些研究表明,政府补贴能够有效补充企业资金,促进企业增加研发投入。Lach、Xulia et al. 和 Lee et al. 分别通过研究以色列、西班牙和韩国的高新技术制造企业,发现政府补贴能够有效降低中小型制造企业技术创新的风险,显著刺激其研发投入强度^[5-7]。曾繁荣等、谷丽静等认为政府补贴显著推动了企业技术创新,且通过信号效应影响股权融资规模,间接激励企业进行技术创新^[8-9]。梅吟晨等认为一定程度的财政补助政策能够促进新能源汽车制造企业研发投入,但其激励效果不如所得税优惠^[10]。

另一些研究则表明,政府补贴会导致企业过度依赖外部,进而减少自身对技术创新的投入^[11]。Higgins 基于 174 个制造业企业的财务数据,研究证实,随着政府补贴的增加,企业自身的研发投入下降^[12]。Wallsten 以参加小企业创新研究计划的 81 家企业数据,研究认为政府补贴与企业自身的研发投入呈替代关系^[13]。吕久琴等建立补助组、研发组和补助研发组,研究发现政府补贴显著“挤出”企业当年和下一年的研发投入^[14]。

另有学者认为,政府补贴对企业研发投入的影响呈现倒“U”形。例如刘虹等以 2007 ~ 2009 年中国上市公司为对象,研究发现政府补贴在初期对企业研发支出产生激励作用,当超过最佳补贴值则对企业研发支出产生挤出效应^[15]。侯世英等基于 2013 ~ 2017 年高新技术产业上市公司的财务数据,研究发现财政补贴激励效果在研发活动前中期显著,但后期逐渐下降^[16]。

2. 政府补贴对企业研发产出的影响

一些研究认为,政府补贴通过引导企业增加研发投入,从而刺激企业研发产出。Kang et al. 基于 2003 ~ 2007 年中国工业企业数据,研究证实政府对中小企业的研发补贴能够显著提升企业创新能力^[17]。郑春美等通过研究创业板高新技术企业的财务数据,得出“政府财政激励显著推动中小型高新技术企业创新绩效”的结论^[18]。李磊基于 A 股上市的 50 家新能源汽车企业,研究发现尽管对不同生态位企业产生了不同效果,政府研发补贴仍可以使新能源汽车产业的整体技术创新产出有显著提升^[3]。谢海娟等、陈威等分别以 2011 ~ 2014 年高新技术型上市公司和 2014 ~ 2017 年中国上市战略性新兴产业为研究对象,实证研究结果均表明政府科技创新补助能够提升样本企业的创新能力,同时这种推动作用具有滞后影响^[19-20]。

另一些研究则认为,政府补贴会“挤出”企业研发投入,进而削弱其创新能力,抑制企业研发产出。熊维勤、逯东等发现企业并未有效运用政府给予的补助及资源,政府补贴反而对企业研发效率产生了负向影响^[21-22]。白旭云等实证研究了 505 家高新技术企业的调研数据,发现直接研发补贴显著挤出企业创新绩效和创新质量^[23]。任跃文以沪深 A 股上市企业 2015 ~ 2017 年的数据为样本,研究发现政府补贴显著抑制企业创新效率^[24]。

还有研究认为,政府补贴与企业研发产出不存在显著关系或一致性关系。Minjeong et al. 认为政府补助对企业创新产出无显著的正向作用^[25]。李爽运用 SFP 模型研究发现在新能源上市企业中,政府补贴的激励作用不显著,技术创新效率一般不

高^[26]。余英等基于中国省级宏观数据,研究认为政府的财政补贴在企业研发阶段有显著激励作用,但是其在技术成果转化阶段无显著效果^[27]。彭若弘等研究认为在企业研发不同阶段,不同类型的政府补贴对研发产出正向促进作用存在差异^[28]。

(二) 政府补贴对供应链技术创新的传导作用

彭鸿广等认为,政府按照购买或销售单位产品对消费者或供应商补贴,对激励供应商研发投入的效果相同^[29]。Huang et al. 研究了在双寡头环境下消费补贴对燃料汽车与混合动力汽车供应链的影响,发现高补贴可能并不会促进企业技术创新和降低环境污染^[30]。

还有学者认为,供应链企业的研发投入受到政府补助有正向促进作用。罗春林研究电动汽车供应链,提出政府补贴越高,供应链绩效越好,从而促进制造商加大研发投入^[31]。张正等研究发现政府对供应商和消费者采取创新补贴,能够提高上游制造商价值,促进供应链内企业创新水平提高^[32]。Zhang et al. 发现,不产生碳排放的零售商通过调整销售价格,将政府补贴转移给上游产生碳排放的制造商,制造商低碳技术创新水平会随着补贴力度的加大而提高^[33]。李柏洲等认为政府的成果奖励与成本补贴都可以增强战略性新兴产业供应链系统协同创新效应^[34]。

综上,目前国内外学者在研究政府补贴与企业研发、供应链研发之间的关系时,由于产业样本、时间跨度、研究方法等存在差异,实证研究结果存在分歧,且较少关注消费补贴对新能源汽车供应链企业技术创新的影响。本文在已有研究的基础上,将研究问题聚焦于:政府提供的消费补贴是否存在激励上游供应链企业技术创新的传导效应,传导效应是否随着补贴退坡而弱化,并提出以下假设:

H1:消费补贴对新能源汽车供应链研发投入有正向促进作用。

H2:消费补贴对新能源汽车供应链研发产出有正向促进作用。

H3:消费补贴对新能源汽车供应链研发投入的传导效应不随补贴退坡而降低。

二、研究设计

本文通过两步法完成对假设的检验。第一步运用倾向得分匹配(Propensity Score Matching, PSM)方法,通过配对分析具有相似特征的处理组与控制组样本,检验消费补贴驱动下新能源汽车供应链企业与传统汽车零部件企业(从未受消费补贴影响)的研发投入和研发产出差异,从而有效验证消费补贴政策对供应链企业研发激励的传导效应“是否有”;第二步运用多元回归方法,检验不同时期消费补贴政策变化对新能源汽车供应链企业的研发投入产生了怎样影响,即研究传导效应“是怎样”。

(一) 样本选择与数据来源

本文的研究样本是中国 A 股上市的汽车零部件制造行业企业,包括传统汽车零部件制造企业和新能源汽车供应链企业(主要为电池、电机、电控 3 类核心零部件供应企业)。为了保证研究的准确性,剔除以下几种情况的公司:①未披露本文所研究主要变量与相关数据的公司;②ST、*ST 公司和 B 股公司;③上市年数小于 1 年的公司。经过筛选和整理后,从同花顺数据库国民经济行业“汽车零部件及配件制造”中选择出 2010~2020 年间共计 238 家上市公司的数据进行实证分析。根据有无新能源汽车零部件制造业务,进一步手动筛选区分出传统汽车零部件制造企业 125 家、新能源汽车零部件制造企业 113 家。

第一步的 PSM 法选择上述所有企业(共计 238 家)作为样本,将 125 家传统汽车零部件企业与 113 家新能源汽车零部件企业进行匹配分析检验;第二步的多元回归法仅将新能源汽车零部件制造企业(共计 113 家)作为研究对象进行实证分析。

(二) 变量选取

本文的被解释变量为研发投入和研发产出。考虑到指标的代表性以及数据的可得性,本文选取

“研发费用”“研发费用/营业收入”和“研发费用/资产总额”来衡量企业研发投入强度;选择“年专利申请数量”和“年专利申请数量增长率”来度量研发产出绩效。PSM 法中,处理变量选择“消费补贴”,使用虚拟变量(新能源汽车企业组取值为 1,传统汽车企业组取值为 0)来衡量;根据企业相关财务指标和治理结构特征选取指标作为协变量^[35-36]。多元回归法中,基于数据的可得性与合理性,解释变量采用年平均每辆新能源汽车所获消费补贴进行计量,控制变量与 PSM 方法中的协变量选择相同。变量说明如表 1 所示。

表 1 变量说明表

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	研发投入	R_1	研发费用/营业收入
		R_2	研发费用的自然对数
		R_3	研发费用/资产总额
	研发产出	T_1	年专利申请数量
		T_2	年专利申请数量增长率
处理变量	消费补贴	S_i	虚拟变量,若企业 i 当年有新能源汽车业务则取 1,否则取 0
解释变量	每辆所获消费补贴	S_u	平均每辆新能源汽车所获消费补贴
协变量(控制变量)	营业收入收现比率	C_f	经营现金净流量/营业总收入
	企业规模	B	资产总额的自然对数
	营业收入增长率	G_r	(当期营业收入-上期营业收入)/上期营业收入
	净资产收益率	R_e	净利润/股东权益总额
	总资产收益率	R_a	净利润/资产总额
	第一大股东持股比例	H	第一大流通股股东持股数/公司流通股股数
	资产负债率	L_e	负债总额/资产总额

(三)PSM 模型设计

倾向得分匹配法的处理过程如下:第一,Logit 回归估计倾向得分值。通过比较不同协变量的 Logit 模型回归 R^2 和 AUC 值,确定适用的倾向得分匹配模型。第二,平衡性检验消除匹配后的两组样本协变量数据的显著性差异。第三,根据最近邻匹配法进行 1: 1 匹配。第四,稳健性检验采用半径匹配和核匹配法,检验匹配效果。

本文样本被分为处理组(新能源汽车企业组,

受到消费补贴影响)和控制组(传统汽车企业组,从未受到消费补贴影响)。本文假设二元虚拟变量 S_{it} ,当企业 i 在第 t 年为补贴企业时, S_{it} 取 1,否则取值为 0。

本文借鉴 Rosenbaum et al. 和 Lian et al. 的方法^[37-38],选择企业的内部特征及公司治理结构等指标,构建如下 Logit 模型估计倾向得分值 P

$$P = P\{S_{it} = 1\} = \Phi\{X_{it}\}$$
 (1)

式中: $P\{S_{it} = 1\}$ 表示企业在多维度特征影响下可能会受到消费补贴的条件概率, X_{it} 为 i 企业在第 t 年的多个维度的特征, $\Phi\{X_{it}\}$ 表示 Logit 分布的累积概率。

将 R_{1i} 、 R_{2i} 和 R_{3i} 定义为企业 i 的研发投入, T_{1i} 、 T_{2i} 定义为企业 i 的研发产出,进一步把受补贴企业的研发投入和产出表示为 R_{1i}^1 、 R_{2i}^1 、 R_{3i}^1 、 T_{1i}^1 、 T_{2i}^1 ,把未受补贴企业的研发投入和产出表示为 R_{1i}^0 、 R_{2i}^0 、 R_{3i}^0 、 T_{1i}^0 、 T_{2i}^0 。本文采用“处理组企业的平均处理效应(ATT)”来估计企业在受到消费补贴和没有受到消费补贴两种状态下研发投入和产出的差异 λ 。以企业 i 的研发投入变量 R_{1i} 为例, λ 可表示为

$$\lambda = E(\lambda_{it} | S_{it} = 1) = E(R_{1i}^1 | S_{it} = 1) - E(R_{1i}^0 | S_{it} = 0)$$
 (2)

式中: $E(\lambda_{it} | S_{it} = 1)$ 表示企业受到消费补贴和没有受到消费补贴两种状态下研发投入的差异期望值, $E(R_{1i}^1 | S_{it} = 1)$ 表示处理组企业研发投入的期望值, $E(R_{1i}^0 | S_{it} = 1)$ 表示与处理组相匹配的控制组企业研发投入的期望值。在获取倾向得分值后,本文采用最近邻匹配法为处理组配对相近的控制组。

对式(2)进行估计可以得到概率预测值,将处理组和控制组的倾向得分值分别表示为 P_i 和 P_j ,则式(3)可表示最近邻匹配原则

$$\Omega_i = \{P_i | \min \| P_i - P_j \|, i \in (S_{it} = 1), j \in (S_{it} = 0)\}$$
 (3)

式中: Ω_i 表示控制组企业(相对应处理组企业)的匹配集合。经过最近邻匹配后,控制组企业除了消费补贴以外的差异可被替代。因此式(2)转化为

$$\lambda = E(\lambda_{it} | S_{it} = 1) = E(R_{1i}^1 | S_{it} = 1) - E(R_{1i}^0 | S_{it} = 0), i \in \Omega_i \quad (4)$$

(四) 多元回归模型设计

多元回归分析以新能源汽车供应链企业为样本,模型设计如下

$$Y_i = \alpha_0 + \beta_1 L_{ei} + \beta_2 B_i + \beta_3 G_{ri} + \beta_4 C_{fi} + \beta_5 R_{ai} + \beta_6 H_i + \beta_7 S_{ui} + \varepsilon_i \quad (5)$$

式中: Y_i 分别采用前文 PSM 法下新能源汽车零部件制造企业与传统汽车零部件制造企业存在差异的 3 个技术创新指标,即 R_1 、 R_2 、 R_3 , α_0 为截距项, β_i 为待估参数, ε_i 为随机扰动项。

由于 2010 ~ 2020 年中国政府对新能源汽车的消费补贴政策不断调整,总体呈现退坡趋势(表 2),为了进一步研究消费补贴强度变化对新能源汽车零部件企业研发投入和研发产出的影响,本文将新能源汽车供应链企业样本分为补贴上升阶段(2010 ~ 2013)和补贴下降阶段(2014 ~ 2020),分别进行多元统计回归分析。

表 2 平均每辆新能源汽车所获消费补贴(2010 ~ 2020)

年份	消费补贴总额/万元	受补贴的新能源汽车/万辆	每辆所获补贴/元(S_u)	同比增长率/%
2010	66 065.20	0.72	92 000.00	
2011	75 850.00	0.82	92 500.00	0.54
2012	130 857.51	1.28	102 232.43	10.52
2013	199 278.31	1.76	113 226.31	10.75
2014	608 211.29	7.48	81 311.67	-28.19
2015	2 185 077.56	33.11	65 994.49	-18.84
2016	2 040 997.51	34.64	58 917.36	-10.72
2017	1 413 998.85	34.12	41 441.94	-29.66
2018	1 934 498.65	53.80	35 957.22	-13.23
2019	957 897.99	27.68	34 606.14	-3.76
2020	1 053 712.25	58.50	18 012.18	-47.95

注:数据来源于《关于 2018 年度、2016 年及以前年度新能源汽车推广应用补助资金清算审核和 2018 年度、2019 年度补助资金预拨审核情况的公示》《关于 2016 ~ 2020 年度新能源汽车推广应用补助资金清算审核初审情况的公示》。

(五) 稳健性检验

本文选用半径匹配和核匹配的方法再次配对分析处理组和控制组的样本企业,用以考察最近邻匹配法的稳健性,保证实证结果可靠稳定。

半径匹配首先需要设定半径值 r ,比较控制组

半径范围内的样本平均倾向得分值与处理组个体 i 的倾向得分值,匹配程度低于半径 r 的匹配对象具体表示为

$$\Omega_i = \{P_i \parallel P_i - P_j \parallel < r, i \in (S_{it} = 1), j \in (S_{it} = 0)\} \quad (6)$$

核匹配通过加权平均所有的控制组企业,构建最贴近控制组企业倾向得分值的虚拟样本。

本文选用相似变量代替原模型的控制变量,再次对多元回归模型进行分析。如果二次回归的结果与原有模型相同,则证明多元回归模型结果的稳定可靠性。

三、实证结果

(一) 描述性统计

技术创新指标和 Logit 模型各协变量的基本统计指标如表 3 所示。

表 3 变量的描述性统计

变量	全样本			传统汽车零部件企业			新能源汽车零部件企业		
	均值	中位数	标准差	均值	中位数	标准差	均值	中位数	标准差
R_1	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02	0.05	0.04	0.07
R_2	8.99	8.84	1.29	8.96	8.76	1.20	9.03	8.88	1.38
R_3	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02
T_1	117.39	35.00	311.02	73.47	28.00	182.41	160.54	42.00	394.27
T_2	0.62	0.03	5.34	0.46	-0.02	4.34	0.78	0.10	6.17
R_a	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06
B	22.04	21.91	1.12	22.01	21.96	1.07	22.08	21.89	1.18
G_r	0.33	0.17	1.29	0.33	0.17	1.52	0.34	0.17	1.03
C_f	0.07	0.07	0.21	0.11	0.10	0.11	0.03	0.05	0.27
R_e	0.08	0.08	0.12	0.08	0.08	0.10	0.07	0.07	0.14
H	33.28	31.92	14.02	36.18	36.00	14.08	30.43	28.27	13.37
L_e	0.41	0.42	0.17	0.40	0.40	0.17	0.43	0.43	0.18

表 3 显示,在研发投入方面,传统组企业研发费用、研发费用/营业收入、研发费用/总资产的均值和标准差均低于新能源组,说明新能源组样本的研发投入强度更大,但企业间差异较大。在研发产出方面,新能源组企业年专利申请数量和增长率的均值、中位数和标准差都远高于传统组企业,说明新能源组样本企业的研发产出绩效总体高于传统汽车组,但企业间的异质性更大。

(二) 倾向得分匹配 Logit 模型选择

根据 Lian et al. 的观点^[38], 本文基于式(1), 使用 R^2 和 AUC 值判断 Logit 回归模型的有效性, 选择 R^2 和 AUC 值最优的模型作为估计倾向得分值的模型。经过多次筛选协变量构建 Logit 模型回归分析, 得到 R^2 和 AUC 值最优的 3 组协变量组合如表 4 所示。

表 4 Logit 模型估计结果

变量	模型①		模型②		模型③	
	系数	Z 值	系数	Z 值	系数	Z 值
R_a	-0.089	-0.04	-1.638	-0.78	-0.119	-0.05
B	0.000	0.00	0.049	0.98	-0.001	-0.01
G_r			-0.048	-0.99	-0.052	-1.07
C_f	-4.489***	-7.68	-4.611***	-7.93	-4.503***	-7.69
R_e	0.422	0.42	0.995	0.98	0.459	0.45
H	-0.029***	-7.02	-0.029***	-6.99	-0.029***	-7.07
L_e	0.675	1.59			0.701*	1.65
Constant	1.002	0.83	0.239	0.21	1.026	0.85
R^2	0.075 7		0.076 2		0.076 3	
AUC	0.697 4		0.697 6		0.698 5	
Obs	1 469		1 469		1 469	

注: ***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平下显著。

比较上述 3 种 Logit 模型, 模型③的 R^2 和 AUC 值最高, 由此可以认为模型③的拟合效果更优, 更适用于估计样本的倾向得分值。

(三) 平衡性检验

只有处理组和控制组企业在匹配后的匹配变量上无显著差异, 才能满足倾向得分匹配法的可靠性要求。因此, 本文在匹配分析之前进行平衡性检验, 主要变量在匹配后的样本特征情况以及匹配的平衡性检验结果见表 5。匹配后各协变量的均值差异均无显著性。同时, 标准偏差值越小, 匹配效果越好。借鉴 Rosenbaum et al. 的研究, 当协变量的标准偏差绝对值小于 20 时, 匹配效果较好, 倾向得分匹配估计结果具有可靠性^[39]。表 5 匹配后各协变量的标准偏差绝对值均小于 20, 说明匹配方法有效。

图 1 和图 2 分别为最近邻匹配前和匹配后处理组和控制组间的核密度函数图。比较图 1 和图 2 发现, 匹配后处理组和控制组样本的核密度函数较为

接近, 且倾向得分值重合度较高, 说明本文的样本满足倾向得分匹配分析的“共同支撑假设”, 进行实证分析后得到的结果具有可靠性。

表 5 匹配后均值差异显著性检验及标准偏差检验

变量	处理组	控制组	均值差异显著性	P	标准偏差的绝对值
R_a	0.042	0.036	无	0.094	9.800
L_e	0.430	0.444	无	0.044	8.200
B	22.078	22.151	无	0.215	6.500
G_r	0.307	0.292	无	0.846	1.200
R_e	0.072	0.063	无	0.146	7.300
C_f	0.044	0.052	无	0.580	4.100
H	30.481	29.267	无	0.999	8.800

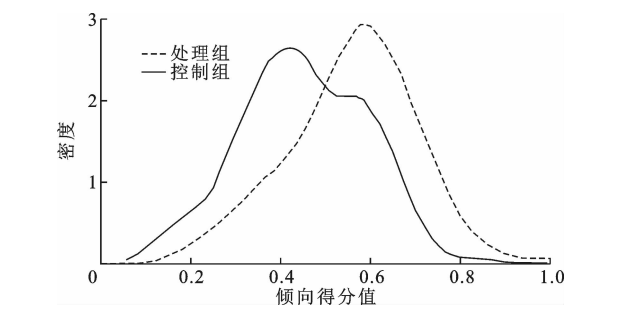


图 1 处理组和控制组的核密度函数图(匹配前)

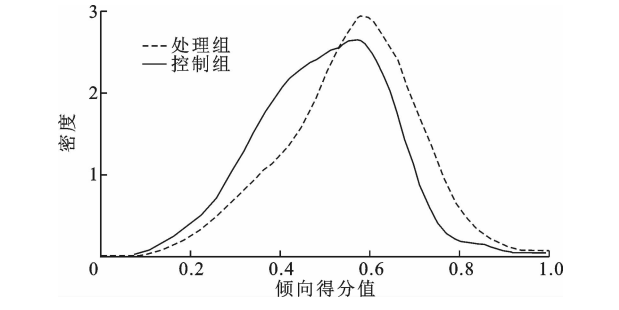


图 2 处理组和控制组的核密度函数图(匹配后)

(四) PSM 法最近邻匹配实证分析

1 对 1 匹配完成后, 消费补贴对新能源汽车供应链企业技术创新影响的 ATT 值及各指标的差异、显著性如表 6 所示。

为减少样本选择偏误对实证的影响, 本文使用 set seed 语句迭代 2 020 次, 计算标准误差和 T 值。表 6 显示, 匹配完成后, 除了“是否受消费补贴影响”以外的因素都已被控制, 样本企业之间技术创新投入和技术创新产出的差异可以认为源于下游整车企业有无接受消费补贴的差异, 即下游整车企

表 6 消费补贴对新能源汽车供应链技术

创新影响的效果(最近邻匹配 1 对 1)

被解释变量	样本	处理组	控制组	ATT 值	T 值
R_1	匹配前	0.05	0.04	0.01	5.03 ***
	匹配后	0.05	0.04	0.01	6.02 ***
R_2	匹配前	9.03	8.96	0.07	2.45 **
	匹配后	9.04	9.04	0.01	2.03 **
R_3	匹配前	0.03	0.02	0.00	4.87 ***
	匹配后	0.03	0.02	0.01	4.96 ***
T_1	匹配前	160.53	73.47	87.07	5.42 ***
	匹配后	161.34	65.95	95.39	5.22 ***
T_2	匹配前	0.78	0.46	0.32	1.15
	匹配后	0.79	0.27	0.52	1.54

注:“实施组”表示传统汽车供应链企业,“控制组”表示新能源汽车供应链企业;***、**和*分别表示在 1%、5% 和 10% 水平下显著。

业是否为新能源汽车企业的差异。

在采用最近邻匹配进行配对分析时,处理组的研发投入变量研发费用的自然对数(R_2)的 ATT 值为 9.04,显著高于匹配后控制组的同一变量,并且其 ATT 值在 5% 的水平上显著异于 0。研发费用/营业收入和研发费用/总资产(R_1 和 R_3)的 ATT 值均为 0.01,在 1% 的水平上显著异于 0。由此可知,与传统汽车供应链企业相比较,消费补贴促使新能源汽车供应链企业更倾向于进行研发投入,假设 H1 得到证实。

另外,处理组的研发产出变量年专利申请数量(T_1)的 ATT 值为 161.34,显著高于匹配后控制组的同一变量,并且其 ATT 值在 1% 的水平上显著异于 0。而年专利申请数量增长率(T_2)的 ATT 值为 0.52,并未显著异于 0。由此可知,相较于传统汽车供应链企业,消费补贴对新能源汽车供应链企业的研发产出(年专利申请数量)有正向促进作用,但对其年专利申请数量增长率无显著影响,假设 H2 部分得到证实。

(五) 多元回归模型分析

首先,对变量做相关性分析,2010 ~ 2013 年、2014 ~ 2020 年样本的相关性分析结果如表 7 所示。根据表 7 可知,各变量的方差膨胀因子值都在 2.00 以下,排除了自变量的多重共线性影响。

表 7 方差膨胀因子检验结果

变量名称	VIF	
	2010 ~ 2013 年	2014 ~ 2020 年
L_e	1.63	1.78
B	1.51	1.61
H	1.14	1.04
G_r	1.12	1.72
R_a	1.11	1.18
C_f	1.09	1.71
S_u	1.04	1.03
平均值	1.23	1.44

其次,描述 2010 ~ 2020 年每辆新能源汽车所获消费补贴与样本企业各年研发投入水平、研发产出绩效的趋势关系(图 3),发现在 2010 ~ 2013 年间,研发投入、研发产出与补贴水平呈同向变化;在 2014 ~ 2020 年间,补贴水平迅速下降,但研发投入和研发产出总体仍呈现上升直至平稳波动的趋势,表明企业的研发行为并未受补贴退坡的影响。

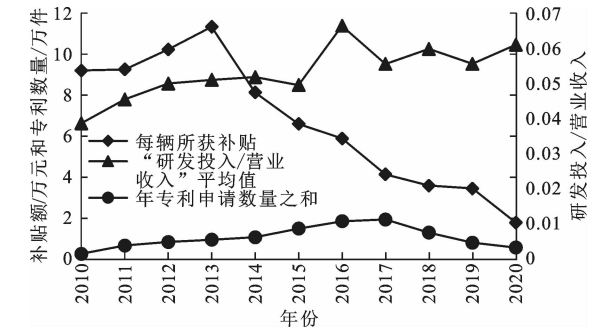


图 3 2010 ~ 2020 年补贴水平、研发投入和研发绩效比较

最后,本文分阶段进行回归分析,补贴上升阶段(2010 ~ 2013 年)和补贴下降阶段(2014 ~ 2020 年)的回归结果分别如表 8 和表 9 所示。

多元回归分析结果表明:在补贴上升阶段(2010 ~ 2013 年),消费补贴与新能源汽车零部件制造企业的研发费用、研发费用/总资产均显著正相关,与研发费用/营业收入不显著正相关,表明在此阶段消费补贴具有显著激励作用。在补贴下降阶段(2014 ~ 2020 年),消费补贴水平与研发费用、研发费用/总资产和研发费用/营业收入均显著负相关,表明在此阶段,随着消费补贴下降,研发投入强度反而继续上升。实证结果验证了本文的假设 H3。

表 8 2010 ~ 2013 年样本回归结果

2010 ~ 2013 年	R_1	R_2	R_3
S_u	0.000 001 (0.139)	0.000 013 * (0.059)	0.000 000 * (0.084)
L_e	-0.118 210 *** (0.001)	-1.419 835 *** (0.000)	-0.015 446 * (0.073)
B	0.005 463 (0.166)	1.091 782 *** (0.000)	0.000 542 (0.716)
G_r	0.015 387 ** (0.035)	0.061 667 (0.685)	0.000 957 (0.711)
C_f	-0.000 286 ** (0.040)	-0.003 358 (0.264)	-0.000 103 * (0.088)
R_a	-0.007 954 (0.905)	2.509 252 (0.103)	0.080 818 *** (0.001)
H	0.000 013 (0.958)	0.002 269 (0.591)	0.000 079 (0.303)
_cons	-0.080 627 (0.297)	-16.088 510 *** (0.000)	-0.010 390 (0.729)
R ²	0.168 0	0.571 5	0.087 1
F-statistic	6.860 0	51.740 0	5.290 0
Prob (F-statistic)	0.000 0	0.000 0	0.000 0

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。

表 9 2014 ~ 2020 年样本回归结果

2014 ~ 2020 年	R_1	R_2	R_3
S_u	-0.000 000 ** (0.014)	-0.000 005 *** (0.009)	-0.000 000 ** (0.018)
L_e	-0.085 794 *** (0.000)	-0.866 103 *** (0.001)	-0.014 641 ** (0.013)
B	-0.000 583 (0.796)	0.975 390 *** (0.000)	-0.001 174 (0.121)
G_r	0.015 097 ** (0.011)	-0.077 137 ** (0.050)	-0.001 656 *** (0.006)
C_f	-0.111 042 *** (0.000)	-0.007 692 (0.963)	-0.000 102 (0.970)
R_a	-0.071 143 (0.311)	1.439 479 ** (0.042)	0.038 172 ** (0.030)
H	-0.000 066 (0.716)	0.003 493 * (0.096)	-0.000 001 (0.985)
_cons	0.120 780 *** (0.008)	-11.970 480 *** (0.000)	0.066 164 *** (0.000)
R ²	0.500 7	0.692 7	0.087 2
F-statistic	10.390 0	176.310 0	6.510 0
Prob (F-statistic)	0.000 0	0.000 0	0.000 0

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。

(六) 稳健性检验

1. 半径匹配结果分析

将配对范围控制在 $r < 0.04$ 和 $r < 0.02$ 的匹配半径下,通过半径匹配检验最近邻匹配法的实证结果,如表 10 所示。

表 10 消费补贴对新能源汽车供应链技术创新影响的效果(半径匹配稳健性检验)

匹配半径	被解释变量	样本	处理组	控制组	ATT	T 值
$r < 0.04$	R_1	匹配前	0.05	0.04	0.01	5.03 ***
		匹配后	0.05	0.04	0.01	6.84 ***
	R_2	匹配前	9.03	8.96	0.07	1.65 *
		匹配后	9.04	8.95	0.08	2.10 **
	R_3	匹配前	0.03	0.02	0.00	4.87 ***
		匹配后	0.03	0.02	0.01	6.28 ***
	T_1	匹配前	160.54	73.47	87.07	5.42 ***
		匹配后	161.34	76.16	85.17	4.99 ***
	T_2	匹配前	0.78	0.46	0.32	1.15
		匹配后	0.79	0.37	0.42	1.35
$r < 0.02$	R_1	匹配前	0.54	0.04	0.01	5.03 ***
		匹配后	0.53	0.04	0.01	6.69 ***
	R_2	匹配前	9.03	8.96	0.07	1.65 *
		匹配后	9.04	8.95	0.09	2.08 **
	R_3	匹配前	0.03	0.02	0.00	4.87 ***
		匹配后	0.03	0.02	0.01	6.22 ***
	T_1	匹配前	160.54	73.47	87.07	5.42 ***
		匹配后	160.58	75.68	84.90	4.90 ***
	T_2	匹配前	0.78	0.46	0.32	1.15
		匹配后	0.79	0.37	0.42	1.32

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平下显著。

表 10 显示,不同匹配半径下专利数量增长率的结果不同,当半径范围小于 0.02 和 0.04 时,研发费用的自然对数在 5% 水平下显著;研发费用/营业收入、研发费用/总资产和专利数量的实证结果均在 1% 水平下显著。半径匹配的实证结果整体上与最近邻匹配结果一致,进一步证明给予新能源汽车整车企业的消费补贴有助于增强新能源汽车供应链企业的研发积极性和研发产出。

2. 核匹配结果分析

进一步通过核匹配进行稳健性检验,匹配前后的结果如表 11 所示。表 11 显示,专利数量增长

率的实证结果不显著,研发费用/营业收入、研发费用的自然对数、研发费用/总资产和专利数量的实证结果均显著,稳健性检验的结果均控制了其他因素,表明消费补贴对研发费用的自然对数、研发费用/总资产、研发费用/营业收入和年专利申请数量的促进作用显著,证明本文的实证结果是稳健的。

表 11 消费补贴对新能源汽车供应链技术创新影响的效果(核匹配稳健性检验)

被解释变量	样本	处理组	控制组	ATT	T 值
R_1	匹配前	0.05	0.04	0.01	5.03***
	匹配后	0.05	0.04	0.01	6.86***
R_2	匹配前	9.03	8.96	0.07	1.65*
	匹配后	9.04	8.95	0.08	2.10**
R_3	匹配前	0.03	0.02	0.00	4.87***
	匹配后	0.03	0.02	0.00	6.26***
T_1	匹配前	160.54	73.47	87.07	5.42***
	匹配后	161.34	76.47	84.83	4.99***
T_2	匹配前	0.78	0.46	0.32	1.15
	匹配后	0.79	0.37	0.42	1.35

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平下显著。

3. 多元回归稳健性检验

为保证多元回归模型的稳定性,以净资产收益率代替总资产收益率,对模型重新进行回归分析,其实证结果与原有模型相同,证明了多元回归模型的结果是稳定、可靠的。

四、结论与启示

(一) 结论

本文以中国汽车供应链上市公司为样本,通过 PSM 和多元回归实证分析,研究消费补贴对新能源汽车零部件企业研发投入与产出中的传导性调节效应,并得到如下结论。

(1)相比传统汽车制造业而言,消费补贴激励了新能源汽车供应商的研发投入,并获得更优的研发产出,表明设定技术门槛的消费补贴存在“传导效应”,并推动了新能源供应链的技术创新。但是随着产业技术创新逐渐从渐进式创新走向突破式

创新阶段,技术创新难度越来越大,专利增长率与研发投入并未呈现规律性变动。

(2)在消费补贴政策早期阶段,新能源汽车供应链的研发投入受到补贴的激励效应较为明显;在后期的补贴退坡阶段,企业依然保持高强度研发投入,与补贴退坡呈现相反趋势。

本文认为,消费补贴的传导效应分为资金传导和信号传导。补贴初期正是产业起步期和消费市场培育初期,市场规模不够大,企业资金不足以完全支撑巨大的研发投入,政府补贴通过供应链采购行为从整车制造企业传导至上游,成为支撑上游企业研发和运营周转的重要财务资源。同时,高额且连续的消费补贴为企业传递了政府支持新能源汽车产业的强烈信号,增加了企业技术创新的意愿。随着消费补贴退坡,资金传导效应减弱,但信号传导效应依然强烈。政府补贴重心转向充电基础设施领域,并且延续了新能源汽车在购车、路权等方面的优惠政策,传递了持续支持新能源汽车产业发展的强烈信号,因此企业继续保持高研发强度。

(二) 启示

基于上述分析,本文认为政府可以在不同阶段实行相应的政策措施,激励企业技术创新行为,扶持新兴产业发展。

(1)政府从消费端进行持续补贴对新兴产业发展至关重要,不仅能够培育早期消费市场,而且能够为产业供应链提供资金,传递市场预期的积极信号,从而激励企业研发行为,促进产业发展。

(2)当产业发展的稳定预期建立之后,政府的补贴应当逐渐退坡。一方面可以降低财政压力,另一方面倒逼企业“自力更生”,避免陷入补贴依赖。

(3)货币补贴政策退坡的同时应当通过非货币补贴政策继续传递政策支持信号,激励企业的持续技术创新。消费补贴推动新能源汽车产业发展的案例,可以为政府支持其他新兴产业的发展和技术进步提供借鉴。

五、结语

本文证实了新能源汽车消费补贴对该产业链研发行为存在传导效应,丰富和完善了政府补贴对企业研发行为影响的相关理论,并有助于评价新能源汽车产业的补贴政策效果,为政府扶持新兴产业发展制定补贴政策提供经验证据。不足之处在于企业的产品结构往往多元化,一些新能源汽车产业链企业也会生产非新能源汽车配套零部件,因此样本企业的研发与新能源汽车补贴政策的相关度检验效果可能受到影响。总体而言,新能源汽车产业的消费补贴对产业链技术创新起到了积极作用,然而消费补贴在何种技术和市场条件下才能够起到最有效的激励效果,补贴的强度和时间长度应该如何确定,这是未来可进一步研究的问题。

参考文献:

- [1] 陈麟瓚,王保林. 新能源汽车“需求侧”创新政策有效性的评估——基于全寿命周期成本理论[J]. 科学学与科学技术管理,2015,36(11):15-23.
- [2] 熊勇清,徐文. 新能源汽车产业培育:“选择性”抑或“功能性”政策?[J]. 科研管理,2021,42(6):58-64.
- [3] 李磊. 政府研发补贴对新能源汽车产业技术创新产出的影响研究[J]. 科技管理研究,2018,38(17):160-166.
- [4] Shao W, Yang K, Bai X. Impact of financial subsidies on the R&D intensity of new energy vehicles: a case study of 88 listed enterprises in China[J]. Energy Strategy Reviews,2021,33(4):1-8.
- [5] Lach S. Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D? evidence from Israel[J]. Journal of Industrial Economics,2002,50(4):369-390.
- [6] González X, Pazó C. Do public subsidies stimulate private R&D spending? [J]. Research Policy,2008,37(3):371-389.
- [7] Lee E Y, Cin B C. The effect of risk-sharing government subsidy on corporate R&D investment: empirical evidence from Korea[J]. Technological Forecasting and Social

- Change,2010,77(6):881-890.
- [8] 曾繁荣,方玉,张雪笛. 政府补助对企业技术创新的影响路径分析[J]. 财会通讯,2019(9):103-107.
- [9] 谷丽静,王星. 政府补助能促进企业技术创新吗?[J]. 中国注册会计师,2017(5):62-68.
- [10] 梅吟晨,宋良荣. 财税政策对新能源汽车制造企业研发投入影响的实证分析[J]. 生产力研究,2017(11):25-29.
- [11] Shrieves R E. Market structure and innovation: a new perspective[J]. The Journal of Industrial Economics,1978,26(4):329-347.
- [12] Higgins R S. Federal support of technological Gr in industry: some evidence of crowding out[J]. IEEE Transactions on Engineering Management,1981,EM-28(4):86-88.
- [13] Wallsten S J. Do government-industry R&D programs increase private R&D? the case of the small business innovation research program[J]. Palo Alto: Stanford University Press,1999:82-100.
- [14] 吕久琴,郁丹丹. 政府科研创新补助与企业研发投入:挤出、替代还是激励?[J]. 中国科技论坛,2011(8):21-27.
- [15] 刘虹,肖美凤,唐清泉. R&D 补贴对企业 R&D 激励与挤出效应:基于中国上市公司数据的实证分析[J]. 经济管理,2012(4):19-27.
- [16] 侯世英,宋良荣. 财政激励、融资激励与企业研发创新[J]. 中国流通经济,2019,33(7):85-94.
- [17] Kang K N, Park H. Influence of government R&D support and inter-firm collaborations on innovation in Korean biotechnology SMEs [J]. Technovation, 2012, 32 (1): 68-78.
- [18] 郑春美,李佩. 政府补助与税收优惠对企业创新绩效的影响——基于创业板高新技术企业的实证研究[J]. 科技进步与对策,2015(16):89-93.
- [19] 谢海娟,金灿. 内部控制影响政府科技创新补助使用效果研究[J]. 会计之友,2018(3):124-129.
- [20] 陈威,周友. 负债融资、政府补助与企业创新——基于战略性新兴产业数据[J]. 会计之友,2019(15):48-54.
- [21] 熊维勤. 税收和补贴政策对 R&D 效率和规模的影响——理论与实证研究[J]. 科学学研究,2011,29

- (5):698-706.
- [22] 逯东,林高,杨丹. 政府补助、研发支出与市场价格——来自创业板高新技术企业的经验证据[J]. 投资研究,2012,31(9):67-81.
- [23] 白旭云,王砚羽,苏欣. 研发补贴还是税收激励——政府干预对企业创新绩效和创新质量的影响[J]. 科研管理,2019,40(6):9-18.
- [24] 任跃文. 政府补贴有利于企业创新效率提升吗——基于门槛模型的实证检验[J]. 科技进步与对策,2019,36(24):18-26.
- [25] Minjeong K, Sam Y L. The effects of government financial support on business innovation in South Korea[J]. Asian Journal of Technology Innovation, 2011, 19(1):67-83.
- [26] 李爽. R&D 强度、政府支持度与新能源企业的技术创新效率[J]. 软科学,2016(30):11-14.
- [27] 余英,张丹丹. 财政补贴、金融发展对技术创新两阶段影响——基于高新技术企业的研究[J]. 地方财政研究,2018(7):65-73.
- [28] 彭若弘,苏玉苗. 创新补贴、税收优惠与高新技术产业研发产出[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2019,21(6):77-89.
- [29] 彭鸿广,骆建文. 激励供应商 R&D 努力的最优补贴策略研究[J]. 工业工程与管理,2011,16(5):41-47.
- [30] Huang J, Leng M M, Liang L P, et al. Promoting electric automobiles: supply chain analysis under a government's subsidy incentive scheme[J]. IIE Transactions, 2013, 45(8):826-844.
- [31] 罗春林. 基于政府补贴的电动汽车供应链策略研究[J]. 管理评论,2014,26(12):198-205.
- [32] 张正,孟庆春,张文姬. 技术创新情形下考虑政府补贴的供应链价值创造研究[J]. 软科学,2019,33(1):39-44.
- [33] Zhang Y, Guo C, Wang L. Supply chain strategy analysis of low carbon subsidy policies based on carbon trading[J]. Sustainability, 2020, 12(9):1-20.
- [34] 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.
- [35] 孙菁,周红根,李启佳. 股权激励与企业研发投入——基于 PSM 的实证分析[J]. 南方经济,2016(4):63-79.
- [36] 康志勇. 政府补贴促进了企业专利质量提升吗?[J]. 科学学研究,2018,36(1):69-80.
- [37] Rosenbaum P R, Rubin D B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects[J]. Biometrika, 1983, 70(1):41-55.
- [38] Lian Y, Su Z, Gu Y. Evaluating the effects of equity incentives using PSM: evidence from China[J]. Frontiers of Business Research in China, 2011, 5(2):266-290.
- [39] Rosenbaum P R, Rubin D B. Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity score[J]. American Statistician, 1985, 39(1):33-38.

(责任编辑:杨海挺)