

文章编号: 1009-6744 (2008) 03-0126-05

案例分析

电动汽车充电电价定价分析

滕耘, 胡天军*, 卫振林

(北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044)

摘要: 主要运用敏感性分析、博弈比较的方法,对电动汽车实际运营过程中息息相关的充电电价进行了量化分析。首先采用相关研究资料,从充电站运营商、电动汽车使用者和电力供应商三方面分别给出敏感性分析模型,从中寻求与充电电价相关的主要因素。然后通过博弈分析比较,对政府、使用者和充电方共同形成的三方博弈分别进行比较分析,均衡三方各自利益取向,给出了三方均可接受的充电电价浮动区间,从而为电动汽车的推广提供一定的决策参考依据。

关键词: 电动汽车; 充电电价; 比较分析

中图分类号: U469.72

文献标志码: A

Analysis on Charge Price of Electric Vehicles

TENG Yun, HU Tian-jun, WEI Zhe-ling

(School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: According to the sensitivity analysis and game theory, this paper provides quantitative analysis on the charge price of electric vehicles. With interrelated data, the paper seeks primary factors about the charge price from three parts: the operator of electric vehicle charge station, the users of EV, and the suppliers of electric power. During the research, some major factors is found out. By analyzing game theory, this paper compares the respective benefits of government, users and suppliers and gives an acceptant electrification price so as to establish a referenced decision-making system for popularizing EV.

Key words: EV (Electric Vehicles); charge price; compare and analyze

CLC number: U469.72

Document code: A

1 引言

随着经济发展与能源供给、环境污染之间的矛盾日益激化,节能降耗,减少对石油资源的依赖,已成为我国经济持续发展迫切需要解决的问题。电动汽车是全部或部分由电能驱动电机作为动力系统的汽车,它以电代油,能够实现“零排放”,噪声

低,是解决交通、能源和环境问题的重要手段。

国外发展电动汽车起步较早,各国政府为推动电动汽车产业的发展主要采取的措施和手段大体可以分为经济扶持,政策激励和法规强制三种。英国是当今世界拥有较先进的电动汽车生产技术和电动汽车使用最广泛的国家,该国使用电动汽车的

收稿日期:2007-12-14 修回日期:2008-02-27 录用日期:2008-03-05

作者简介:滕耘(1982-),女,土家族,湖南人,硕士生。

*通讯作者:hutianjun@jtys.bjtu.edu.cn

历史已有 50 年之久。英国政府投资 2 000 多万英镑用于支持电动汽车的开发,实行多项电动汽车使用优惠政策,例如免收牌照税、养路费,夜间充电只收取 50% 的电费等。美国、法国、日本等发达国家也都有类似的相关政策法规。而现阶段,国内关于充电电价的定价分析仍缺少成熟、系统的理论依据,仍处于研究阶段。

有效的利益引导机制是促进电动汽车市场化推广的关键所在,除政策层面的补贴与激励外,充电电价是电动汽车发展中的一项主要调控手段,它是车辆用户、充电站运营商、电力供应商之间利益的纽带,也直接或间接地影响着它们三者的经济效益。

本文通过充电电价的敏感性分析和市场博弈,研究电价对各利益主体自身效益的影响以及其可能的市场行为,进而确定合理的电价浮动区间。分析电动汽车各相关利益主体的经济性,为电动汽车推广提供决策参考支持,有一定的实用意义。

2 电动汽车相关主体敏感性分析

对电动汽车充电电价的敏感性分析,主要通过充电站运营商、电动汽车使用者和电力供应商三个方面的分析。寻找与充电电价相关的主要因素,研究不确定性因素变动所引起的利益主体经济效益的变化,以便寻求有效激励各利益主体积极性、提高电动汽车使用率的应对措施。同时也为充电电价的合理制定、政府政策的扶持力度等提供了数据支持。在此主要采用单因素敏感性分析法。

由于电动汽车在我国处于研发、推广期,相关数据随着运营中技术水平的不断完善和市场规模的扩张都会有不同程度的变化,因而本论文中所列模型的相关数据在借鉴相关研究的基础上,可采用调研方式得到。此外,计算中未考虑资金的时间价值,按照静态资金价值计算,对于一些总体估计,采用单车经济效益乘以车辆总数的模式,进行经济效益概算。

2.1 充电站运营商

将充电站运营商作为独立法人,自主经营充电业务,实现经营收益为其目标,因而选择运营商的总投资收益率(P_1)作为敏感性分析指标。建立敏感性分析模型:

$$P_1 = \frac{D_{C1} \times N_{CD} - C_Y - E \times \frac{N_{CD}}{1-S} \times S}{C_J} \times 100\% \quad (1)$$

其中 C_J ——基础设施成本,主要指的是建立充电站时所需的基础设施产生的成本费用,包括充电设备、电池维护设备、监控系统、土地购置费等等。

C_Y ——运营成本,指每年各种管理费用、设备维修费、充电站日常运营需要支付的基础资料费用等等。

D_{C1} ——充电电价(即充电站零售价)和购入电价(即电力供应商的销售电价)差,即指充电站运营商对电动汽车使用者每次充电的单位电价与从电力供应商处购入的单位电价之差。 $D_{C1} =$ 充电电价 - 购入电价

N_{CD} ——年充电量,指一个标准充电站运营商,每年提供给电动汽车的充电总量。随着充电站规模的增大(可充电车辆数增多),充电站的年充电量也会增大。

S ——充电损耗率,即在充电过程中由于电机能量消耗所造成的充电损耗与总的电量比。由于损耗率同充电设备性能相关,所以在以下分析中未将其纳入敏感性分析的因素。

$$S = \frac{\text{充电机总供电量} - \text{电动汽车实际充电量}}{\text{充电机总供电量}}$$

E ——充电损耗部分的电价,即为销售电价。充电损耗所产生的成本由充电站运营商承担。

参考《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)^[1],取中间值 10% 作为社会基准投资收益率。将相关数值代入(1)式,可求出使得充电站运营商的总投资收益率高于基准收益率的 D_{C1} 值。

由模型分析可知,充电电价和购入电价差敏感性最强,每年需求充电量和基础设施成本的敏感性次之,另外由于运营成本在总成本中所占比重最小,所以其敏感性最弱。所以,对于充电站运营商而言,增加电价差、每年需求充电量或者降低基础设施成本和运营成本都可以提高投资收益率。

2.2 电动汽车使用者

电动汽车和传统燃油汽车在使用过程中,除了两者对环境造成的不同影响之外,其区别主要在于二者的综合使用成本^[2]。在此,选择电动汽车的年使用成本(C)作为车辆使用者的敏感性分析指标。

建立敏感性分析模型:

$$C = C_{CZ} + C_{SY} + C_{WH} \quad (2)$$

其中 C_{CZ} ——车辆年折旧费,主要是将购买电动汽车整车的成本折合为寿命期限内每年所需成本。

C_{SY} ——燃料成本,对电动车辆而言,燃料成本包括充电费用和电池成本. 设单位充电电价为 D_{CD} (元/度), 车辆每年总充电电量为 N (万度), 电池每年所需成本为 A (万元), 则车辆使用成本可表示为 $C_{SY} = D_{CD} \times N + A$ 。为了敏感性分析的直观性, 将充电电价 D_{CD} 、每车每年总充电电量 N 和电池费用 A 设为敏感性分析指标。

C_{WH} ——维护成本,指车辆每年使用中周期性支付的费用. 包括保养费、修理费和电池更换费用等等。

经过测算不难发现:

对电动汽车年总成本影响最大的因素是电池年成本, 其次为单位充电电价和年总充电电量. 其中, 每年所需的电池成本占整车成本 10% 左右, 它在总成本中占最大比重, 所以敏感性最强; 年总充电电量主要取决于车辆的能耗水平和总行驶里程, 单位充电电价等同于单位燃料成本, 通过总使用里程共同决定了车辆使用中的直接燃料费用。

2.3 电力供应商

对于电力供应商的敏感性分析, 主要从电力供应商拓展电力需求市场, 增加售电收益角度予以测算. 因此, 设定其敏感性分析指标为电力供应商给充电站供电所得到的投资收益率 (P_2). 建立敏感性分析模型:

$$P_2 = \frac{D_{C2} \times \frac{N_{CD}}{1-S} - C_W}{C_P} \times 100\% \quad (3)$$

其中 C_P ——配电设施成本, 包括充电站配电设施安装费用、电缆铺埋费用等等. 以上海为例, 目前上海的配套政策, 外线及内部工程的费用都应由充电站的营运商或充电站所有者来支付, 但考虑初期的扶持政策, 充电站可以由政府或电力公司来投资. 在此假设电力供应商为新建的充电站运营商提供电能, 并由电力供应商负担配电设施成本。

D_{C2} ——电力供应商销售电价 (充电站购入电价) 与上网电价差, 即指电力供应商将电力卖给充电站运营商的单位价格同电力供应商上网电价的差价。

$$D_{C2} = \text{销售电价} - \text{上网电价}$$

C_W ——每年配电设施维护成本。

N_{CD} 与 S 的定义与 2.1 节中相同。

参考《建设项目经济评价方法与参数》(第三

版)^[1], 选取国家规定的电网工程的 (税前) 基准收益率为 7%, 代入 (3) 式, 可得出使得投资收益率高于行业基准投资收益率的 D_{C2} 值。

经数据测算可知:

配电设施成本在总投资中所占比重最大, 对投资收益率的影响最大; 总供电量的敏感性次之; 销售电价与上网电价差和设施维护成本两个因素的敏感性则较弱. 电价差的增大、供电总量增加或者基础设施成本的降低都可以提高电力供应商的投资收益率。

3 电动汽车充电电价博弈分析及电价确定

电动汽车充电电价所涉及的利益群体均有各自不同的利益取向及利益选择, 其主要的参与人有: 政府、电动汽车用户、电力供应商和充电站运营商. 其中电力供应商和充电站运营商的利益基本相似, 可以将两者看成一方. 所以在电动汽车充电电价的制定和电动汽车的推广使用上, 处理各利益主体间的利益冲突, 平衡各方利益是一个关键所在^[3,4]。

3.1 电动汽车充电电价博弈模型

三个参与人可供选择的战略分别为: 政府 —— 支持和不支持; 运营商和供电商 (统称为充电方) —— 为电动汽车提供充电服务和不提供充电服务; 使用者 —— 购买电动汽车和不购买电动汽车. 其中, 只要使用者购买了电动汽车, 充电方提供充电条件, 就会发生电动汽车充电的行为; 若使用者不购买电动汽车则不需要充电. 充电站属于电动汽车的配套设施, 所以运营商、供电商和消费者可以视为合作博弈, 在合作利益的分配中, 两者之间可以通过互相协调来实现^[5]。

对各假设参数定义如下:

使用者的消费成本 (S) —— 电动车使用者在使用电动汽车时所需要支付的总成本, 包括购置成本、使用成本和运行维护成本等。

充电站运营商和供电商的成本 (C) —— 指充电站运营商和供电商开展充电业务所需支付的总成本, 包括基础设施成本、运营成本、配电设施成本和配电设施维护成本等。

政府支持使用者的成本 (Z_1), 政府支持充电方成本 (Z_2) —— 指政府对电动汽车的推广采取支持策略时, 对电动汽车使用者和充电方分别需要支付的成本, 即政府对特定利益主体的扶持力度。

如:对于使用者,政府在其购买电动汽车时实行价格优惠,减免贷款利息和税费;对于充电站运营商和电力供应商采取优惠政策、减免税费或给予经济补贴。两者的和设为 Z , 可视为政府推动电动汽车发展的成本或社会成本。

使用者收益 (Y_1), 运营商和供电商收益

(Y_2), 政府收益 (Y_3) ——推广电动汽车后对三方都会产生收益。对于使用者而言,得到了使用汽车的收益;对于运营商和供电商而言,实现了经济效益;对于政府而言,则实现了社会效益、经济效益以及环境效益。

由此得出三方博弈得益矩阵, 参见表 1, 表 2。

表 1 政府与运营商和供电商博弈的得益矩阵

Table 1 The game payoff matrix of government and suppliers

		政府		
		支持 (P_3)		不支持 ($1 - P_3$)
		成功 (P_4)	不成功 ($1 - P_4$)	
运营商和 供电商	充电 (P_1)	$(Y_2 + Z_2 - C, Y_3 - Z_1 - Z_2)$	$(Y_2 + Z_2 - C, -Z_1 - Z_2)$	$(Y_2 - C, 0)$
	不充电 ($1 - P_1$)	$(0, -Z_1 - Z_2)$	$(0, -Z_1 - Z_2)$	$(0, 0)$

表 2 政府与电动车使用者博弈的得益矩阵

Table 2 The game payoff matrix of government and users

		政府		
		支持 (P_3)		不支持 ($1 - P_3$)
		成功 (P_4)	不成功 ($1 - P_4$)	
使用者	购买 (P_2)	$(Y_1 + Z_1 - S, Y_3 - Z_1 - Z_2)$	$(Y_1 + Z_1 - S, -Z_1 - Z_2)$	$(Y_1 - S, 0)$
	不购买 ($1 - P_2$)	$(0, -Z_1 - Z_2)$	$(0, -Z_1 - Z_2)$	$(0, 0)$

求解可得所建博弈模型的混合策略纳什均衡为

$$P_1 = P_2 = Z / (Y_3 P_4),$$

$$P_3 = (C - Y_2) Z_2 \text{ 或 } P_3 = (S - Y_1) / Z_1$$

模型的均衡解表示, 充电方、使用者和政府将以最优概率 P_1 、 P_2 和 P_3 推行电动汽车, 并从中获得收益。

$P_1 = P_2$, 即无论政府采取哪种策略电动汽车使用者和充电方推广电动汽车的概率都是一致的, 有着联动效应。而且, P_1 和 P_2 取决于 Z 、 Y_3 、 P_4 , P_1 、 P_2 与 Z 成正比, 与 Y_3 、 P_4 成反比, 也就是说要充电方和使用者增大推广概率就需要政府增加支持力度, 即增加支持成本。

由 $P_3 = (C - Y_2) Z_2$ 可知, P_3 与 C 成正比, 与 Y_2 和 Z_2 成反比, 因此当充电方成本增大、需要政府投入的成本减小时, 政府进行支持的概率也增大。

同理, 由 $P_3 = (S - Y_1) / Z_1$ 可知, 当使用者成本增大、需要政府投入的成本减小时, 政府进行支持的概率也增大。

上述分析所采用的是静态博弈模型分析, 而在现实生活中, 三方的博弈是动态的, 三者会在多重博弈中理性地调整自己的行为。但就总体而言, 在市场经济体制下, 由于人们对效益最大化的追求, 使得外部性的收益能够自发的实现内部化; 相反,

单纯的市场机制无法实现外部负效应(外部成本)的内部化, 此时必须依靠政府的干预。初期发展电动汽车的社会效益大于直接经济效益, 所以政府行为起着决定性的作用, 在此阶段, 电动汽车的发展必须依靠政府的扶持, 无论电动汽车使用者还是充电站运营商、供电商都需要由政府统一规划, 在适当的政策扶持下进行运作。

3.2 政府扶持力度与充电电价的关联分析

由于政府在电动汽车发展中的重要地位, 下面将政府、电动汽车使用者、充电方结合起来进行充电电价定价分析, 以期得出三方均能接受的合理电价范围。

在此, 将政府扶持政策分为两类, 一类是对电动汽车使用者的经济补贴(补贴 1), 补贴力度用补贴占电动汽车整车费用的比值来表示; 另一类是对充电站运营商和电力供应商(即充电方)的经济补贴(补贴 2), 补贴力度用补贴占充电站固定设施成本的比值。将不同充电电价下, 电动汽车年实际个体使用成本同燃油汽车年个体使用成本之差称为使用者损益。将调研得到的各项相关数据进行比较分析可以得出以下结论:

· 当政府对电动汽车使用者和充电方均不进行补贴时(补贴 1 和补贴 2 为 0% 时), 电动汽车使用者的年个体使用成本高于燃油汽车的成本, 此时

充电电价超出使用者和充电方可承受范围。

· 设补贴 1 的力度为 0% 不变, 补贴 2 的力度分别增长到 5%、10% 时, 使用者损益值仍为负。说明不对电动汽车使用者进行经济补贴的话, 使用者不会主动选择使用电动汽车。

· 当补贴 1 的力度为 5%, 补贴 2 的力度为 0% 时, 电动汽车使用成本同燃油汽车使用成本相等, 政府补贴额正好可以保证使用者和充电站运营商的基本收益, 此时得到的临界充电电价三方均可以接受。临界充电电价值比日常居民用电电价略高出 15%。

· 随着补贴 1 和补贴 2 数额的增长, 使用者和充电方的收益进一步得到保障, 使用者和充电方收益逐步增加, 可以承受的充电电价范围也进一步扩大。

由此可见, 当政府给予车辆用户和充电方补贴且同时保证两者的基本收益时, 随着政府给予双方补贴的增加, 充电电价可以进一步降低, 此时充电电价成为利益杠杆, 提高充电电价, 则充电站收益上升; 降低充电电价, 车辆使用者收益增加。从而可利用合理充电电价增加车辆使用者和充电站运营商的积极性, 加速电动汽车的推广应用。若政府不给予补贴, 会导致车辆用户使用成本上升, 此时使用者将选择燃油车辆抵制使用电动汽车。

4 研究结论

充电电价的制定是一个复杂的系统工程, 它有多个因素相互联系、相互制约, 因此要制定合理的充电电价, 需要对多方因素综合考虑: 需要电动汽车使用者、充电站运营商和电力供应商在政府的宏观调控下, 通过法律法规的强制力, 以标准来规范市场, 用激励措施来引导使用者和充电站运营商; 需要政府根据电动汽车开发及产业化的进展情况, 适时制定和调整政策扶持力度, 且应考虑利益在充电站运营商和车辆使用者间的分配。只有在两者利益同时满足的情况, 才能顺利推动电动汽车的发展, 这也是制定电动汽车充电电价的最终依据。

通过分析比较我们可以得知, 随着政府扶持力

度的不同, 使用者和充电方可以承受的充电电价也不同: 政府补贴力度越大, 使用者和充电方可承受电价也越高; 反之越低。当补贴 1 的力度为 5%, 补贴 2 的力度为 0% 时, 电动汽车使用成本同燃油汽车使用成本相等, 政府补贴额正好可以保证使用者和充电站运营商的基本收益, 此时得到的临界充电电价三方均可以接受。临界充电电价值比日常居民用电电价略高出 15%。

总而言之, 只有各项政策相互配合, 才能形成开发和使用电动汽车的有效激励机制, 为电动汽车的发展创造更好的市场氛围。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委, 建设部. 建设项目经济评价方法与参数(第三版)[M]. 北京: 中国计划出版社, 2006: 10 - 22. [Structural Dynamics Research Corporation, Construction Ministry. The Economic Evaluation Methods and Parameters of Construction Projects[M]. Beijing: Plan Press of China, 2006: 10 - 22.]
- [2] 刘强, 王春莉. 市场环境下电动汽车的电力服务[J]. 电力需求侧管理, 2007(1): 45 - 47. [LIU Qiang, WANG Chun-li. Electric power service of electric automobile based on market environment[J]. POWER DSM, 2007(1): 45 - 47.]
- [3] 刁勤华, 林济锵, 倪以信, 陈寿孙. 博弈论及其在电力市场中的应用 1[J]. 电力系统自动化, 2001(1): 19 - 23. [DIAO Qin-hua, LING Ji-qiang, NI Yi-xin, CHEN Shou-sun. Game theory and its application in electric power market 1[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001(1): 19 - 23.]
- [4] 刁勤华, 林济锵, 倪以信, 陈寿孙. 博弈论及其在电力市场中的应用 2[J]. 电力系统自动化, 2001(2): 13 - 18. [DIAO Qin-hua, LING Ji-qiang, NI Yi-xin, CHEN Shou-sun. Game theory and its application in electric power market 2[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001(2): 13 - 18.]
- [5] 韩正华, 周渝慧. 博弈论在电力市场中的应用[J]. 华北电力技, 2006(3): 17 - 20. [HAN Zheng-hua, ZHOU Yu-hui. Application of game theory in electric power market [J]. North China Electric Power, 2006(3): 17 - 20.]