

纯电动汽车技术经济性评价

王宁^{1,2} 蒋静^{1,2}

(1. 同济大学汽车学院, 上海 200092; 2. 同济大学新能源汽车产业化研究中心, 上海 200092)

摘要: 以比亚迪E6、荣威E50、江淮iev3为研究对象, 利用CRUISE仿真分析NEDC_LOW和上海两种行驶工况下燃料消耗经济性, 构建基于购置成本和使用成本的纯电动汽车消费者拥有成本模型, 分析纯电动汽车的市场竞争力, 并与传统汽油车进行比较。

关键字: 纯电动汽车; 消费者拥有成本; 城市工况; 技术经济性评价; CRUISE能耗仿真

中图分类号: F407.2

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2014.05.008

Pure Electric Vehicle Technical and Economic Evaluation

Wang Ning^{1,2}, Jiang Jing^{1,2}

(1. School of Automotive Study, Tongji University, Shanghai 200092; 2. Center for Automotive Study, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract: The author takes BYD E6, ROEWE E50, JAC iev3 as the research object under the two kinds of driving cycles NEDC_LOW and Shanghai, simulates the fuel consumption and economy by using CRUISE, establishes pure electric vehicle consumer ownership costs model, analyses competition capability of pure electric vehicle and compares with traditional petrolic vehicle.

Keywords: pure electric vehicle, consumer ownership cost, city driving cycle, technical and economic evaluation, CRUISE fuel consumption simulation

1 引言

过高的成本是制约电动汽车大规模商业化的一大瓶颈^[1]。国内外对电动汽车相关的研究领域主要集中在技术稳定性、可靠性及技术成本的发展趋势、政策推动机制及产业化发展战略等方面^[2-9]; 政策方面的研究主要体现在社会影响和技术进步的经济效益及相应的购置补贴、

税收优惠及费用减免等方面。

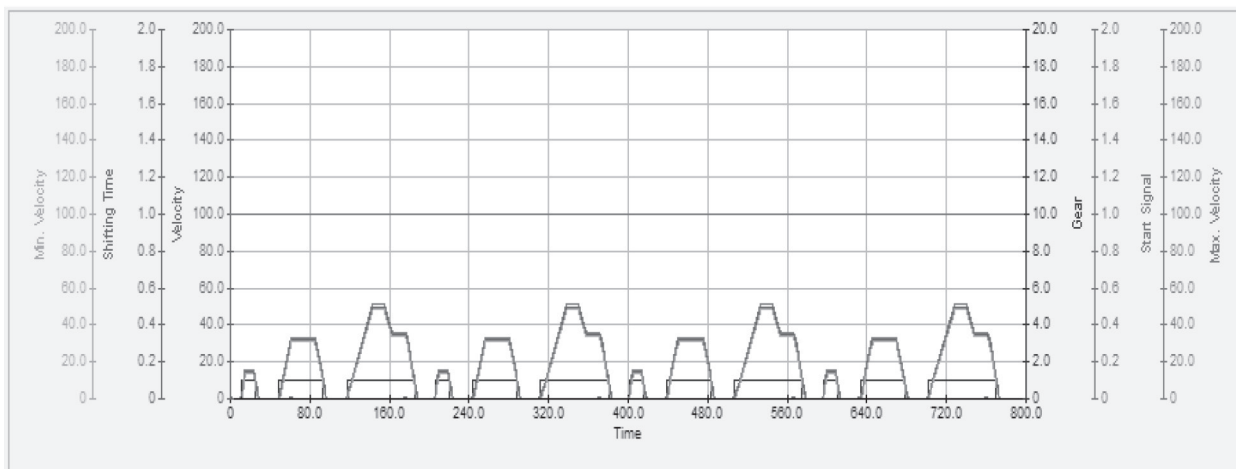
消费者的购置和使用成本是实现纯电动汽车产业化的重要因素。本文以国内3款典型纯电动汽车为研究对象, 基于购置成本和使用成本构建纯电动汽车拥有成本模型, 从技术特性出发, 利用CRUISE仿真分析得到NEDC-LOW和上海两种行驶工况下的使用成本, 并研究基本情景、油价上涨情景、电池价格下降情景和油价上涨同时电池

作者简介: 王宁*(1977-), 男, 同济大学副教授, 研究方向: 消费者行为与新能源汽车产业化; 蒋静(1990-), 女, 硕士, 研究方向: 新能源汽车产业化。

基金项目: 国际合作项目“基于城市工况运行的电动汽车关键技术研究”(2011DFB80100); 国家科技支撑计划课题“电动汽车技术预测及决策支持应用示范”(2013BAG06B04)。

收稿日期: 2014年6月18日。

NEDC_LOW 工况



上海工况

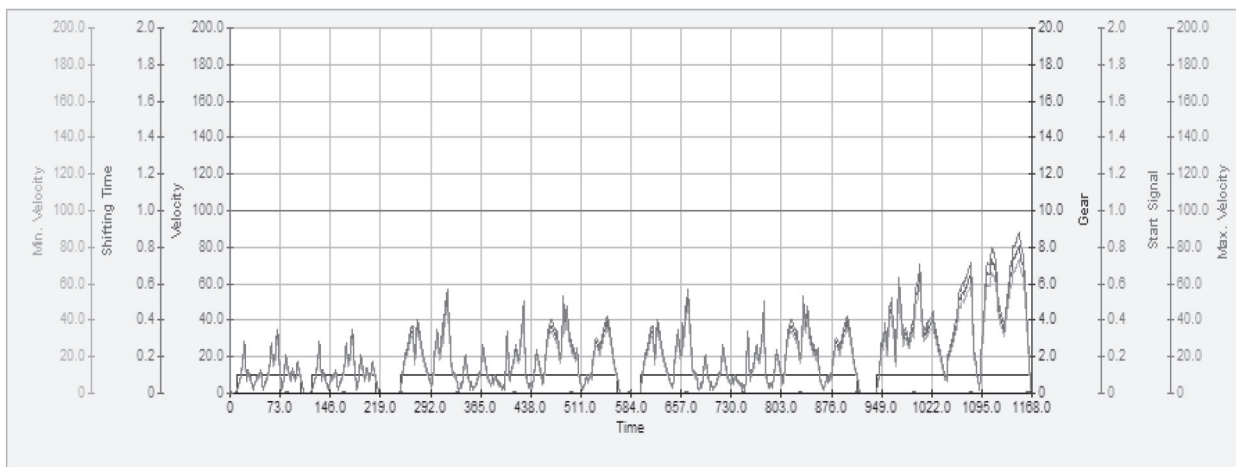


图2 车辆行驶工况

表1 整车基本参数

参数	单位	比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3
整车售价	元	369800	234900	15000
整备质量	kg	2380	1060	1260
满载质量	kg	2550	1360	1500
电池容量	kWh	60	18	19
电机功率	kW	90	52	42
燃油车	--	比亚迪F6	长安奔奔LOVE	江淮和悦A13
燃油车售价	¥	99800	41900	52800
燃油车百公里油耗	L/100km	8.2	6.1	5.9

括购置成本和使用成本。

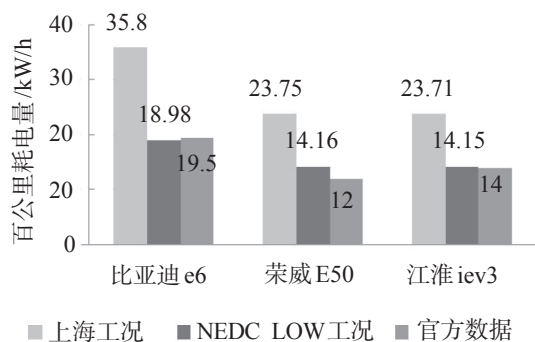


图3 纯电动汽车百公里耗电量

3.1 购置成本

购置成本包括整车售价、购置税和政府补贴。整车售价在2.1节中已给出。购置税的计税价格中包含根据排量而不同的消费税，不包含17%的增值税，若汽车按照制造商建议整车售价销售，不考虑经销商折扣，汽车购置税额应为：

$$C_{\text{购置税}} = (C_{\text{整车售价}} - C_{\text{政府补贴}}) \times \beta_{\text{购置税率}} / (1 + 17\%)$$

根据我国相关法规^[2]，通常取购置税率为10%。按2014年新能源汽车补贴标准，根据纯电动乘用车续航里程R（单位：km）补贴标准为：若80 R<150，每辆车补贴3.325万

表2 纯电动汽车购置成本详情

单位：元

车型	国家补贴后购置税	国家补贴	国家+地方补贴后购置税			地方补贴		
			上海	深圳	合肥	上海	深圳	合肥
比亚迪e6	26735	57000	23316	21863	25880	40000	57000	10000
荣威E50	17235	33250	13816	14393	16380	40000	33250	10000
江淮iev3	9978	33250	6659	7136	9123	40000	33250	10000

表3 NEDC_LOW工况消费者使用成本

NEDC-LOW 工况	单位	上海			深圳			合肥		
		比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3	比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3	比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3
能耗费用	元/100km	13.78	10.28	10.27	15.18	11.33	11.32	13.29	9.92	9.91
维护费用	元/100km	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16
年均使用成本	元	2910	2400	2398	2689	2203	2202	1750	1446	1446
电池更换成本	元	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表4 上海工况消费者使用成本

上海工况	单位	上海			深圳			合肥		
		比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3	比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3	比亚迪e6	荣威E50	江淮iev3
能耗费用	元/100km	25.99	17.24	17.21	28.64	19.00	18.97	25.07	16.63	16.61
维护费用	元/100km	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16
年均使用成本	元	4693	3416	3412	4385	3170	3166	2811	2051	2049
电池更换成本	元	0	81522	86051	0	0	0	0	0	0

元；若 $150 < R < 250$ ，每辆车补贴4.75万元；若 $R > 250$ ，每辆车补贴5.7万元。上海市对进入上海市新能源汽车补贴目录的车型给予每辆4万元的补助。深圳市施行与国家补贴政策1:1补贴标准。合肥市对私人购买新能源乘用车每台给予补贴1万元。本文假设选择的新能源汽车都进入了当地的新能源汽车补贴目录。各纯电动汽车购置成本详情见表2。

3.2 使用成本

使用成本主要分为能耗费用和车辆维护费用以及可能出现的电池更换成本。

(1)在能耗费用方面，上海市充电电价为0.617元/kWh，深圳市充电电价为0.68元/kWh，合肥市充电电价为0.5953元/kWh，假设纯电动汽车充电效率为85%。根据本文在搜狐网站上所

做的调查（全国样本2702）和在此基础上进一步对车主进行的调研，得出上海市消费者日均行驶里程为40km，年均行驶14400km（假设每年行驶360天）；深圳市消费者日均行驶里程为35km，年均行驶12600km；合肥市消费者日均行驶里程为25km，年均行驶9000km。

(2)在车辆维护费用方面，主要包括车辆维护保养费、车辆维修费、保险费、养路费等，纯电动汽车年检保养费用约为每100km/6.16元，普通车辆为每100km/14元^[4]。

(3)在电池更换成本方面，根据Topology Research Institute^[5]报告显示，目前锂离子电池价格为4529元/kWh，电池循环充电次数为2000次左右，本文取电池循环充电次数为2000次。

根据2013年商务部公布的《机动车强制报

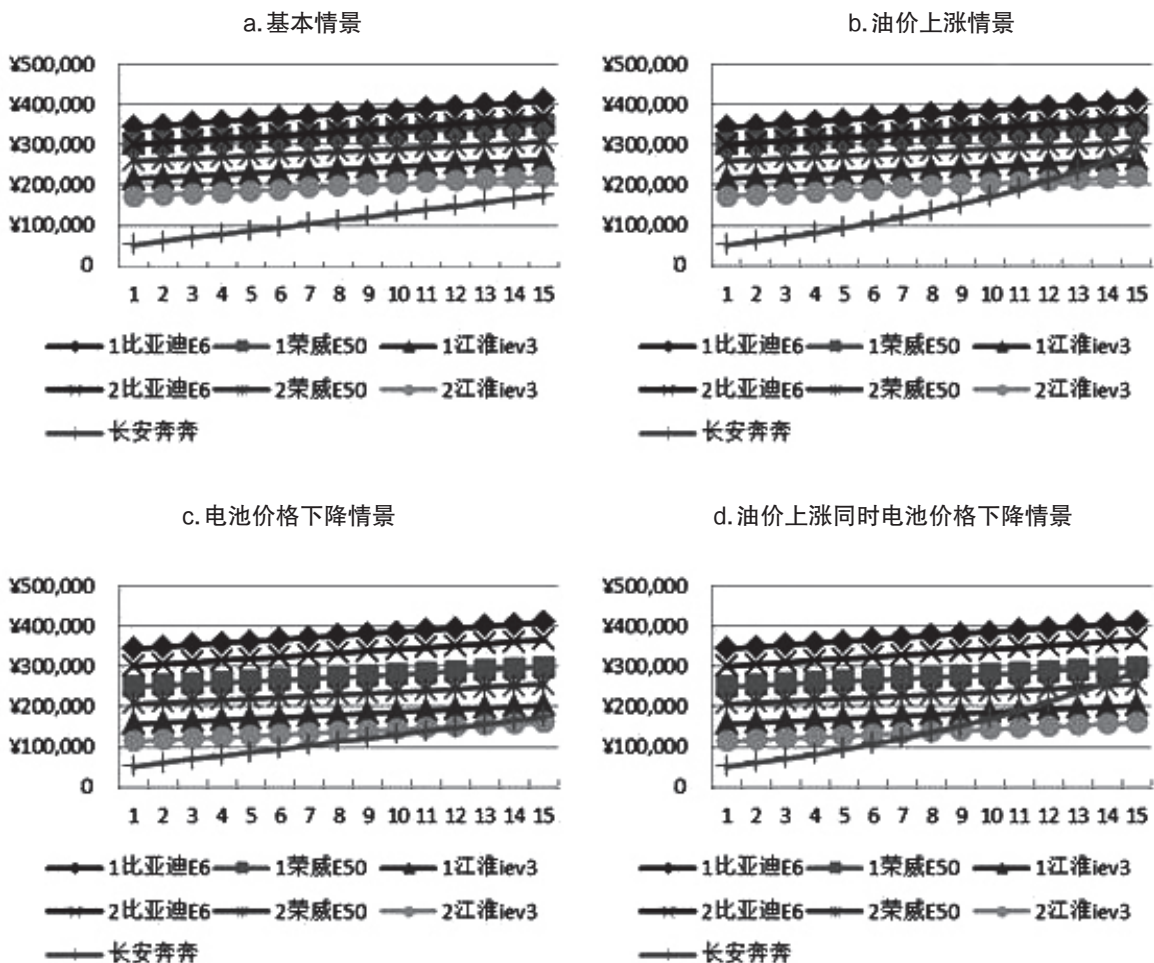


图4 上海市纯电动汽车消费者拥有成本(1国家补贴,2国家+地方双重补贴)

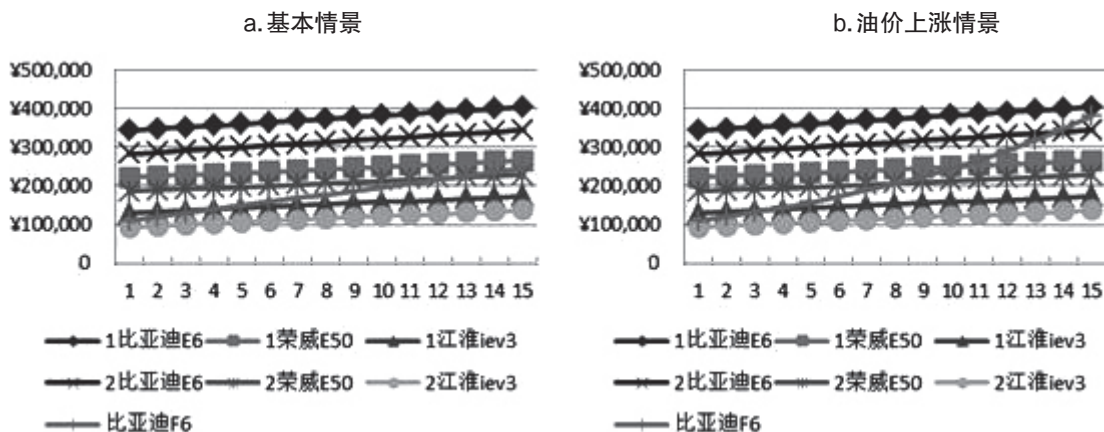


图5 深圳市纯电动汽车消费者拥有成本(1国家补贴,2国家+地方双重补贴)

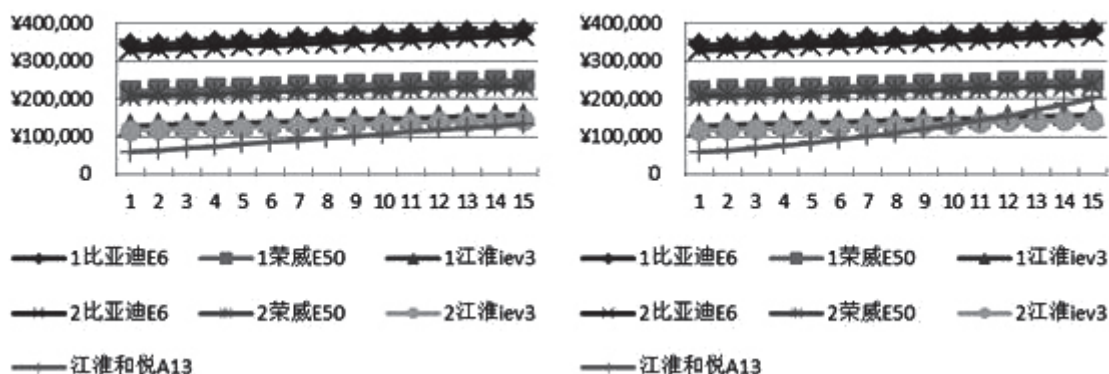


图6 合肥市纯电动汽车消费者拥有成本(1国家补贴,2国家+地方双重补贴)

废标准规定》^[6],自2013年5月1日起,乘用车没有明确的报废时限。但多数消费者在使用15年后会考虑更换车辆,本文假设纯电动汽车和燃油车的名义寿命周期为15年。

4 纯电动汽车经济效益

从消费者角度分析,纯电动汽车消费者拥有成本包括购置成本和使用成本。购置成本是固定成本,包括整车售价、购置税和政府补贴;使用成本是累计使用时间、累计行驶里程等相关的变动成本,包括能耗费用和车辆维护费用以及可能出现的电池更换成本。根据分析得到纯电动汽车消费者拥有成本公式:

$$C_{\text{全生命周期成本}} = C_{\text{整车售价}} + C_{\text{购置税}} - C_{\text{政府补贴}} + C_{\text{能耗费用}} + C_{\text{车辆维护费用}} + C_{\text{电池更换成本}}$$

虽然纯电动汽车购置成本会高于燃油车,但是消费者仍然能够通过车辆使用阶段的能耗成本节约来得到一定的经济收益。

根据目前新能源汽车的发展,本文定义了4种情景。(1)基本情景:油价为每升7.78元,电池价格为每1kWh 4529元;(2)油价上涨情景:在基本情景的基础上,统计了93#汽油从1998年到2011年的变化,计算得到油价年均增长速度为9.7%,故假设15年内油价每年上涨10%;(3)电池价格下降情景:在基本情景的基础上,根据日本新能源产业计算综合开发机构(NEDO)对1995年到2010年的锂离子电池价格进行调查显示,锂离子电池价格将以每年11%的速度下降,故假设15年内电池价格每年下降10%;(4)油价上涨同时电池价格下降情景:油价每年上涨

10%，同时电池价格每年下降10%。

从图4可知，基本情景下由于初始购置成本过高，纯电动汽车没有市场竞争力；油价每年上涨10%时江淮iev3在第12-14年体现经济效益，而电池价格下降相比油价上涨对拥有成本的敏感性要低，仅江淮iev3在双重补贴条件下可体现竞争力；油价上涨和电池下降情景是最有利的情景，不仅江淮iev3可以显示经济效益，荣威E50也可以在第14年体现经济性。从图5可知，纯电动汽车在深圳使用时，3款纯电动汽车不用更换电池，所以电池下降情景及油价上涨和电池下降情景分别与基本情景、油价上涨情景相同。由于深圳政府补贴较多，基本情景中，荣威E50在第12年体现经济效益，而江淮iev3购置成本和使用成本都低于燃油车，因此经济性更明显；油价上涨情景中，3款车都可以体现竞争优势。从图6可知，由于合肥市地方补贴比较少，加之合肥市消费者日均行驶里程较小，纯电动汽车使用经济性不明显，基本情景中纯电动汽车没有市场竞争力，油价上涨情景中江淮iev3在第11年体现竞争力。

5 结论

本文从技术经济性角度，基于NEDC_LOW和上海两种行驶工况下的CRUISE能耗仿真，分析了基本情景、油价上涨情景、电池价格下降情景及油价上涨同时电池价格下降情景下上海、深圳、合肥3个典型新能源汽车示范城市的纯电动汽车消费者拥有成本，结果表明如下。

(1) 电池较高的成本是影响目前消费者购买和使用的关键阻碍因素，也是制约电动汽车商业化普及的关键瓶颈之一，电池成本的贡献直接影响其经济效益的体现。

(2) 油价上涨是非常关键的影响因素，一方

面直接影响了纯电动汽车在使用成本方面的竞争优势，另一方面也直接影响了购车补贴政策标准的制定，购车补贴的标准可以随着油价上涨速度的不同进行适当的调整。

(3) 目前的政府补贴标准对提高纯电动汽车经济性具有明显的作用，随着电池价格和整车购置成本的降低、油价的上涨，政府补贴可以适当减少。

(4) 消费者拥有成本对油价每年上涨10%的敏感性相比电池价格每年下降10%更明显，油价上涨情景中，江淮iev3、荣威E50、比亚迪e6在深圳使用时都能体现经济效益。

(5) 针对上海这类纯电动汽车使用成本较高的城市，保持现有的补贴标准至少5年以上，在上海地区使用荣威E50，须有国家和地方双重补贴、油价上涨和电池价格下降三者同时激励条件，才会体现出优势，因此建议可引进部分江淮iev3，以降低初始购置成本，提升纯电动汽车在上海地区的市场竞争力。

(6) 针对合肥这类日均行驶里程较小的城市，建议购买售价不超过15万元的车型，同时售价超过30万元的车型经济性不高，不建议购买。

参考文献

- [1] 李哲, 卢兰光, 欧阳明高. 纯电动汽车市场化的成本障碍与产业发展对策[J]. 徐州师范大学学报: 哲学社会科学版, 2011, 37(1): 155-158.
- [2] 中华人民共和国国务院令[2000]294号. 中华人民共和国车辆购置税暂行条例[S]. 2000.
- [3] 赵洁. 基于Advisor建模的插电式混合动力汽车消费者拥有成本分析[D]. 上海: 同济大学, 2012.
- [4] Topology Research Institute. Lithium-ion Battery Information - Leading Power Future[R]. 2011.
- [5] 中华人民共和国国家商务部, 发改委, 公安部, 环境保护部. 机动车强制报废标准规定[S]. 2012.