

新能源汽车财政补贴政策节能减排效应初步分析： 基于混合动力公交车经济性分析*

欧训民^{1,2,3} 齐天宇^{2,3} 张希良^{2,3}

(1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084; 2. 清华大学能源环境经济研究所, 北京 100084; 3. 清华大学中国车用能源研究中心, 北京 100084)

摘 要 节能减排效应分析是评价新能源汽车补贴政策效益的重要方面。本研究以混合动力公交车(HEV)为研究对象, 并以传统柴油公交车(CDB)为比较对象。首先从持有者成本角度分析财政补贴的影响, 然后结合全生命周期能耗及污染物排放研究初步核算出HEV的节能减排数值, 并通过对污染物进行定性与定量的外部成本定价研究, 简单测算出HEV的社会成本及效益。研究表明, 比较高的财政补贴水平才能弥补HEV与CDB的成本差异, 从而扩大市场促进HEV的大规模发展; 财政政策具有促进HEV的技术研发、商业化示范运行乃至大规模应用的效果, 可取得一定的节能减排效益和社会福利效益。

关键词 新能源汽车 财政补贴 节能减排 效益评价 HEV 持有者成本

Preliminary analysis of energy-saving and emission-reduction effect from new energy vehicle financial subsidy by case of HEV bus

Ou Xunmin^{1,2,3} Qi Tianyu^{2,3} Zhang Xiliang^{2,3}

(1. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China; 2. Institute of Energy, Environment and Economy, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China; 3. China Automotive Energy Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China.)

Abstract It is an important aspect to analyze energy-saving and emission reduction effects for the new energy vehicle subsidy policy evaluation. In this study, hybrid electric vehicle buses (HEV)

*第一作者(通讯作者): 欧训民(1978-), 男, 湖南宁乡人, 经济师, 博士研究生, 主要研究方向为交通和能源政策研究; E-mail: oxm07@mails.tsinghua.edu.cn; 电话: 13910731708, 62792866-803; 传真: 62792866-802; 地址: 100084, 清华大学中意环境节能楼 325 房间。

基金项目: 国家自然科学基金重大国际(地区)合作研究项目“能源利用 CO₂ 减排技术路线评价模型与战略研究”项目(50520140517); 国家能源局、通用汽车/上汽集团资助项目(CAERC)。

has been as the research object with conventional diesel buses (CDB) as baseline. First, based on the holder-cost, the impact of financial subsidies is studied; then combined with the entire life-cycle energy consumption and pollutant emissions analysis, the energy-saving and emission reduction values are preliminarily calculated and finally the social costs and benefits of HEV are simply computed based on the some qualitative and quantitative assumptions of the external cost of pollutants. It is shown that relatively high levels of financial subsidies are essential for that the HEV's has price competence to CDB and get the promote large-scale development; and fiscal policy can promote technical research and development as well as the commercialization of large-scale application of HEV resulting in significant energy-saving and emission-reduction effect even the social welfare improvement.

Key words New energy vehicle Financial subsidies Energy saving and emission reduction Cost-effectiveness evaluation HEV (hybrid electric vehicle) Vehicle holder-cost

前言

近年来,全球能源危机和环境污染等问题日渐加剧,汽车行业作为能源消耗和空气污染的重要领域越来越受到各国政府的广泛重视,发展新能源汽车已经成为各国关注的焦点^[1]。目前新能源汽车种类众多,其中混合动力汽车(HEV)在技术方面比较成熟,在世界各国得到了广泛的推广和应用^[2]。我国近年来也对新能源汽车的技术研发和市场推广进行了大力支持,并取得了较大成绩。重点主要还是城市客车方面,如国家 863 计划对节能环保城市客车的开发和应用进行了大力支持:“十五”电动汽车重大科技专项中设有纯电动客车专门课题,并在北京、武汉等 4 个进行示范运行,至 2006 年燃料电池城市客车研发成功;“十一五”节能与新能源汽车重大项目中同时推动电动客车和燃料电池客车的技术研发和商业化示范运行。2009 年,为进一步推动电动汽车的产业化进程,解决高科技产品市场推广初期规模和成本之间的矛盾,在更大范围推广应用电动汽车,科技部和财政部共同启动“十城千辆”电动汽车示范应用工程,主要应用到这些大中城市的公交、出租、公务、市政、邮政等领域。最近,新能源汽车进程加速。2009 年 2 月,节能与新能源汽车财政支持办法发布,此次补助标准主要依据节能与新能源汽车和同类传统汽车的基础差价,并适当考虑规模效应、技术进步等因素确定。

本文在相关研究的基础上,首先利用持有者成本模型,对 HEV 和 CDB 的全生命周期成本进行了计算和对比,分析财政补贴的影响,然后结合全生命周期能耗及污染物排放研究初步核算出 HEV 的节能减排数值,并通过对污染物进行定性定量的外部成本定价研究简单测算出 HEV 的社会成本及效益。

1 研究方法

1.1 公交车持有者成本模型结构

公交车持有者成本模型是指公交车从购置到报废的全生命过程中产生的成本总和^[3]。本研究认为持有者成本 C 主要由购置成本 C_p 、保有成本 C_0 和使用成本 C_u 组成($C=C_p+C_0+C_u$),其中 C_p 和 C_0 是固定成本, C_u 是与累计使用时间、累计行驶里程等相关的变动成本。 C_p 主要包括公交车价格 P 、汽车购置税 T (税基为 P , 税率为 p), HEV 车时还要考虑到政府相关补贴政策带来的购车成本降低 R ; C_0 主要包括公交车维修保养费 M 以及报废补贴收益 S ;

C_u 主要指燃油费, 由每年平均油价 P_{if} 乘以公交车年均行驶里程 d 和百公里耗油量 E_f , 累计八年计算(国家规定公交车使用年限不超过八年)。相关计算公式如式(1)-(3)所示^[4]:

$$C_p = P + T - R \tag{1}$$

$$C_o = M - S \tag{2}$$

$$C_u = \sum_{i=1}^8 d \times E_f \times P_{if} \tag{3}$$

因此持有者成本模型公式如下式:

$$C = P + T - R + M - S + \sum_{i=1}^8 d \times E_f \times P_{if} \tag{4}$$

因此通过确定或者调整相关财政参数(T、R 和 S), 可以分析车辆持有者成本变化情况, 并探讨新能源汽车被市场接受可行性。

1.2 相关参数确定

与成本相关的各种参数根据参考文献、实地调研和专家预测确定(见表 1 到表 3)。

表 1 两种公交车购置成本 C_p 清单(万元)

年份	2009		2015		2020	
车型	CDB	HEV	CDB	HEV	CDB	HEV
$P^{①}$	48.00	100.00	45.60	73.07	43.20	65.76
$T^{②}$	4.10	8.55	3.90	6.24	3.69	5.62
$R^{③}$	0.00	25.00	0.00	5.00	0.00	0.00

注: ①2009 年价格均为市场调研结果, 2015 年和 2020 年 CDB 价格假设分别下降 5%和 10%, HEV 价格根据学习曲线推算得出^[4]; ②根据国家规定^[5], 12 米长的公交车购车需按 10%缴纳车辆购置税, 假设各年保持不变; ③CDB 公交车购车补贴为 0, HEV 公交车根据国家财政补贴标准^[6], 2009 年为 25 万元; 假定因 HEV 规模效应带来成本下降, 政府补贴 2015 年将调整为 5 万元, 2020 年起不再补贴。

表 2 两种公交车使用成本 C_u 清单

年份	2009		2015		2020	
车型	CDB	HEV	CDB	HEV	CDB	HEV
P_{if} (元/升) ^①	5.86	5.86	9.72	9.72	14.81	14.81
E_f (升/百公里) ^②	45	40	45	33	40	28
D (百公里) ^③	450	450	400	400	350	350

注: ①柴油价格根据我国北京市 1989-2006 年年均 0#柴油(公交车标准用油)价格采用几何布朗运动模型预测得到^[4]; ②参考清华大学车用能源研究中心的相关研究报告中的实地调研数据^{[7][8]}; ③参考文献^[9]。

表3 两种公交车保有成本 Co 清单 (万元)

年份	2009		2015		2020	
车型	CDB	HEV	CDB	HEV	CDB	HEV
M ¹	10.80	12.96	10.80	12.96	10.80	12.96
S ²	-1.92	-4.00	-1.82	-2.92	-1.73	-2.63

注：①根据实地调研 CDB 公交车维修费用第一年为 0.8 万元，第二年为 1 万元，第三年及以后各年为 1.5 万元，HEV 公交车维修费用开始两年为 0.96 和 1.2 万元，后续年份为 1.8 万元；②根据相关规定，一般会按照汽车购置费的 4% 给与报废汽车车主补偿，该报废补偿视为车辆持有者的部分收益。

2 财政补贴影响分析

2.1 持有者成本清单

两种公交车分别于 2009 年、2015 年和 2020 年进入市场的成本清单计算结果列示在表 4-表 6。

表4 2009 年进入市场的两种公交车成本清单及比较 (万元)

大类	小类	CDB		HEV	
		数值	%	数值	%
Cp	P	48.00	25.15	100.00	48.09
	T	4.10	2.15	8.55	4.11
	R	0.00	0.00	25.00	12.02
	小计	52.10	27.30	83.55	40.18
Cu		129.85	68.04	115.42	55.51
Co	M	10.80	5.66	12.96	6.23
	S	-1.92	-1.01	-4.00	-1.92
	小计	8.88	4.65	8.96	4.31
总计		190.83		207.93	

表5 2015 年进入市场的两种公交车成本清单及比较 (万元)

大类	小类	CDB		HEV	
		数值	%	数值	%
Cp	P	48.00	19.01	73.07	32.51
	T	4.10	1.62	6.24	2.78
	R	0.00	0.00	5.00	2.22
	小计	52.10	20.64	74.31	33.06
Cu		191.49	75.85	140.43	62.47
Co	M	10.80	4.28	12.96	5.77
	S	-1.92	-0.76	-2.92	-1.30
	小计	8.88	3.52	10.04	4.47
总计		252.48		224.78	

表 6 2020 年进入市场的两种公交车成本清单及比较(万元)

大类	小类	CDB		HEV	
		数值	%	数值	%
Cp	P	48.00	16.66	65.76	27.32
	T	4.10	1.42	5.62	2.34
	R	0.00	0.00	0.00	0.00
	小计	52.10	18.09	71.38	29.66
Cu		227.10	78.83	158.97	66.05
Co	M	10.80	3.75	12.96	5.38
	S	-1.92	-0.67	-2.63	-1.0%
	小计	8.88	3.08	10.33	4.29
总计		288.08		240.68	

同时，两种公交车按年份累计的动态成本及差异(HEV 高于 CDB 的成本)结果如表 7 所示。在 2009 年示范运营阶段，即使算上国家补助，全生命周期成本 HEV 比 CDB 车依旧高出 17 万元左右；但是在 2015 年和 2020 年以后，HEV 开始逐步实现产业化和规模效应以后，其持有者成本远远低于 CDB。在 2015 年区域性推广阶段，使用第四年时两种公交车成本即基本持平，而全生命周期来看 HEV 可以比 CDB 车节省 27 万元左右；而在 2020 年大范围应用阶段，使用第三年两者成本即可持平，全生命周期 HEV 节省成本 42 万余元。

表 7 两种公交车逐年累积成本比较(万元)

累计使用 时间(年)	2009 年进入市场			2015 年进入市场			2020 年进入市场		
	CDB	HEV	差异	CDB	HEV	差异	CDB	HEV	差异
1	64.76	95.05	30.29	67.78	88.09	20.31	68.43	86.86	18.43
2	78.66	107.72	29.05	87.81	103.25	15.44	92.00	103.85	11.86
3	94.20	121.99	27.79	110.01	120.23	10.22	118.05	122.84	4.79
4	110.98	137.37	26.40	134.04	138.55	4.51	146.26	143.34	-2.92
5	129.09	153.94	24.85	160.05	158.32	-1.73	176.83	165.48	-11.34
6	148.68	171.82	23.14	188.21	179.67	-8.54	209.95	189.42	-20.53
7	169.85	191.10	21.25	218.72	202.75	-15.97	245.86	215.30	-30.55
8	190.83	207.93	17.10	249.97	224.78	-25.19	283.07	240.68	-42.39

2.2 敏感性分析

以 2009 年进入市场的 HEV 为例，对其持有者成本中比例最高的三部分成本：HEV 价格、政府补贴和燃油成本(以油价变动为例)进行敏感性分析，结果如图 1 所示。可以看出，政府补贴是影响相对较小的因素，但其增加 50%，仍可为车辆持有者减少总成本 12 万元。

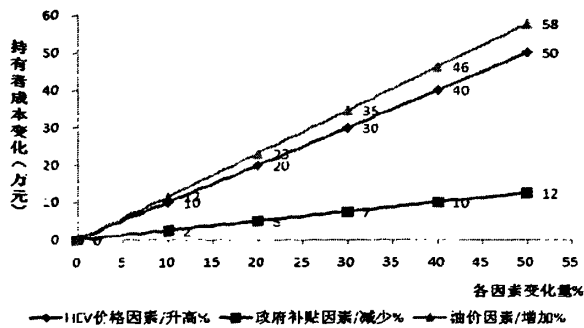


图 1 HEV 公交车所有者成本敏感性分析

3 全生命周期节能效益与社会外部性成本初步分析

HEV 与 CDB 相比, 不仅燃油消耗减少(节能率 11%左右, 全生命周期柴油减少量为 21.5 吨), 而且从全生命周期来看排放的污染气体较少, 将减少社会外部性成本(即 HEV 外部性成本优势), 其测算情况如表 8 所示。目前来看 HEV 比 CDB 车的外部性成本优势并不明显, 全生命周期为 2.93 万元, 但是随着污染问题更加严重, 污染气体外部性单位成本进一步提高, 此优势将更加显著。

按照财政补贴为 25 万元, 扣除 2.93 万元外部性成本优势, 则 21.5 吨柴油减少量的减耗成本为 1 万元/吨左右。

表 8 两种公交车污染气体外部性成本定价及排放量

污染性 气体	外部性单位成本 (元/吨) ^①	全生命周期排放量(吨/辆) ^②		外部性成本		
		CDB	HEV	CDB	HEV	HEV 成本优势
CO ₂	221.13	675.28	576.15	14.93	12.74	2.19
NO _x	4914	8.20	7.29	4.03	3.58	0.45
PM	8190	0.41	0.37	0.34	0.30	0.04
CO	8190	2.76	2.46	2.26	2.01	0.25
总计	—	—	—	21.56	18.63	2.93

注①: 参考文献[10]; ②: 根据文献[8]中柴油全生命周期(制造与使用)的排放系数与本研究车辆全生命周期的柴油消耗量测算。

4 结论及政策建议

研究表明, 比较高的财政补贴水平才能弥补 HEV 与 CDB 的成本差异, 促进 HEV 的大规模发展; 财政政策能促进 HEV 的技术研发、商业化示范运行乃至大规模应用, 并取得一定的节能减排效益和社会福利效益。

基于以上分析, 我们有以下几条政策建议: (1)国家应该继续重点推进 HEV 公交车发展。从分析中可以看到, 只要 HEV 实现了一定规模的产业化, 那么其不仅在节能减排方面效果

明显,而且在经济成本上也将会有很大优势,为社会带来巨大效益;(2)目前国家对 HEV 的财政补贴不能弥补其与传统车的成本差距,因此国家还应该进一步出台更有力的优惠政策来弥补 HEV 和传统车的成本差,促使 HEV 在中国的推广,助其形成一定规模;(3)国家应继续鼓励企业和科研单位等对 HEV 的研发。HEV 车目前的生产成本过高,生产技术有待改进,同时 HEV 的燃油经济性也有较大提升空间。对这些技术问题的解决也可以大大降低 HEV 的生命周期成本。

参考文献

- [1] Ou, X M. Zhang X L. Chang S Y. et al. Energy consumption and GHG emissions of six biofuel pathways by LCA in China. *Applied Energy*. 2009, 86: S197-S208.
- [2] Ou, X M. Zhang X L. Chang S Y. Alternative fuel buses currently in use in China: life-cycle fossil energy use, GHG emissions and policy recommendations. *Energy Policy*. 2010.38: 406-418.
- [3] 李道清, 任玉珑, 韩唯健. 替代燃料汽车的持有者成本研究. *中国软科学*. 2007(5): 53-59.
- [4] 齐天宇, 欧训民, 张希良, 等. 混合动力公交车发展的经济性对比分析. *中国软科学(增刊)*, 刊印中.
- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国车辆购置税暂行条例.
http://www.gov.cn/banshi/2005-08/19/content_24868.htm.
- [6] 财政部. 节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法.
http://jjs.mof.gov.cn/jinjijianshesi/zhengwuxinxi/zhengcefagui/200902/t20090205_111617.html.
- [7] 欧训民, 张希良, 常世彦. 中国车用能源全生命周期综合评价平台研究报告. 北京: 清华大学中国车用能源研究中心. 2008.
- [8] 欧训民, 张希良, 常世彦. 多种新能源公交车能耗与主要污染物排放全生命周期对比分析. *汽车与配件*. 2008(52): 16-20.
- [9] Wang Q L. Huo H. Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO2 Emissions through 2050. Energy system Division, Argonne National Laboratory, 2006
- [10] 孟先春. 基于全生命周期理论的两辆公交车成本差异分析. 湖南: 机械与汽车工程学院. 2007.