

Electric Vehicles Subsidy Policy Advises Based on Game between the Government, Enterprises and Consumers

Hong Ma, Yuanyuan Zhang

Beijing Campus (CUP), China University of Petroleum, Beijing
Email: mahong1699@126.com, zhang_yy78@163.com

Received: May 12th, 2015; accepted: Jul. 27th, 2015; published: Jul. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

China's electric vehicles has gradually entered the industrialization stage of development, facing complex situations and difficulties, such as high price and low demand, especially the weak consumer purchase intention. All these have made that electric vehicle industry still unable to reach the scale of the industry quickly. Thus, in the initial stage of the development of electric vehicle industry, we need policy measures to support it and the most common one is implementation of financial subsidies. However, the present electric vehicle subsidies are too low and single, which seriously affects the efficiency of policy, and even the development strategy of China's new energy vehicles. Based on the game theory, this paper has built a three-stage Stackelberg model, which contains government, automobile enterprises and consumers, and obtained the optimal amount of government subsidies for electric vehicle. Then, it introduces the energy efficiency formula for electric vehicles, trying to give reasonable advice to government on the electric car subsidy policy.

Keywords

Electric Vehicle Subsidies, Analysis of Stackelberg Models, Energy Saving and Emission Reduction Benefits

基于政府、企业和消费者博弈的电动汽车补贴政策建议

马 红, 张媛媛

中国石油大学(北京), 北京
Email: mahong1699@126.com, zhang_yy78@163.com

收稿日期: 2015年5月12日; 录用日期: 2015年7月27日; 发布日期: 2015年7月30日

摘要

我国电动汽车逐步进入产业化发展阶段, 仍面临着产品价格过高, 市场需求不足, 尤其是消费者购买意愿不强等困境, 导致电动汽车行业还无法迅速达成产业规模。因此, 在电动汽车产业发展初期, 需要相关政策手段予以支持, 最常见的即是实施财政补贴。但是, 目前电动汽车补贴政策存在着过补贴过低, 补贴种类过于单一问题, 严重影响补贴效率, 进而影响政府对电动汽车行业的支持力度, 乃至中国新能源汽车的发展战略。本文从博弈论角度, 建立政府、汽车企业, 和消费者的三阶段斯塔克伯格博弈, 得出政府对电动汽车补贴的最优额度。在此基础上, 引入电动汽车节能减排公式, 重点分析电动汽车节能减排效益, 试图向政府提出制定电动汽车补贴政策的合理建议。

关键词

电动汽车补贴, 斯塔克伯格博弈分析, 节能减排效益

1. 引言

目前, 我国已超越美国和日本成为世界上第一汽车生产国和消费国。截止 2014 年末, 我国汽车总保有量为 1.54 亿辆, 仅 2014 年就新增 1170 万辆, 预计到 2020 年将超过 2 亿辆。汽车工业在推动国民经济发展、提高人们生活水平上发挥着重要作用, 又为能源消耗和环境保护带来严峻的挑战。

一方面, 随着我们机动车尤其是汽车保有量的增加, 我国石油对外依存度高达 59.5%, 严重威胁我国经济可持续发展和能源安全。另一方面, 汽车尾气是大气污染最主要的来源之一, 政府也制定了相应的减排目标。根据测算, 中国 2014 年二氧化碳排放约为 80 亿吨, 且有不断增长的巨大压力。同时, 政府在 2014 年 12 月 9 日《联合国气候变化框架公约》会议中表示, 2016~2020 年中国将把每年的二氧化碳排放量控制在 100 亿吨以下。因此, 我国经济发展将面临这两种条件约束的常态, 来进行能源机构的调整 and 环境保护措施的制定。

鉴于电动汽车对国家能源安全, 节能减排等方面积极作用, 电动汽车自在我国发展以来, 就受到了政府企业的高度重视。2012 年《节能与新能源汽车产业发展规划(2012~2020 年)》提出以纯电驱动为新能源汽车发展和汽车工业转型的主要战略取向。2013 年《大气污染防治行动计划》提出大力发展新能源汽车, 使其成为大气污染综合治理的重要措施。

目前, 由于电动汽车核心技术不完备, 消费市场不成熟, 互补资产不完善, 能源汽车发展受到局限。中国政府主要通过财政补贴的手段来推动新能源汽车尤其是电动汽车的发展, 但目前并未达到预期的驱动市场和刺激销量目的。在政策实行中, 为谋求自身利益的最大化, 政府, 企业和消费者存在着三方博弈问题。在电动汽车项目中, 企业的研发成本高, 收益低, 市场风险大, 政府欲通过补贴增加企业收入, 降低电动汽车的市场价格, 从而刺激消费者的消费。而消费者会从电动汽车的价格、性能、便利性等方面与传统汽车作对比后, 才做出消费选择。

本文即针对电动汽车生产消费过程, 从博弈视角研究政府补贴、企业生产和消费者消费之间的关系, 得出最优补贴政策制定策略。一方面能发现现有财政政策的不足, 另一方面也有利于指导建立完善的电

动汽车财政政策体系，以采用合理的政策手段促进产业的发展。

2. 文献综述

在电动汽车补贴博弈研究方面，罗晓明[1]从电动汽车企业进入壁垒、发展模式、技术创新、产量决策、政策制定这些方面建立博弈模型，分析我国现阶段电动汽车替代传统的内燃机汽车的发展战略。苏小惠[2]从政府和汽车企业角度出发，运用博弈理论对影响新能源汽车补贴政策效果各因素进行分析并给出政策建议。陈慧斌[3]以电动汽车及其供应链为研究对象，突出政府补贴在供应链定价关系中的重要性。王海嘯，缪小明[4]尝试建立政府与企业之间的博弈模型，分析新能源汽车发展过程中政府与企业就补贴问题在信息不对称情况下的博弈。刘亦红[5]在政府与企业博弈模型中，分别对社会总收益、机会收益、政府失灵、贴现因子以及技改投资等问题进行了讨论。罗春林[6]基于政府的补贴和合作博弈的方法研究了电动汽车供应链的最优定价与期望销量等问题。张国兴、张绪涛、汪应洛、郭冬梅[7]借助信号博弈理论探究了政府与企业在节能减排补贴申请与发放过程中双方策略的选择与依存性变化，据此及节能减排效果影响因素，建立了动态方程。

以上文献主要研究的是政府对企业补贴模式与效果，对消费者补贴的方式研究并不多。而现阶段我们推动电动汽车发展最主要的压力是节能减排，也将政府补贴对节能减排的作用效果纳入博弈模型，以突出电动汽车补贴制定对环境保护方面突出作用。

3. 模型建立

3.1. 问题描述

政府对电动汽车进行补贴[8]，以消费者为补贴对象，以促进和鼓励电动汽车制造商的研发。首先，本节按照汽车不同绿色度构建普通汽车和电动汽车消费者需求函数，其次，分析基于社会福利最优的政府补贴政策以及生产者在政府最优补贴政策下的最优决策，包括产量与价格；最后，得到政府最优补贴额，并引入电动汽车节能减排的具体衡量方法后，分析最优补贴额的变化趋向。

决策步骤为：1) 政府以社会效益最大化为目标决定电动汽车补贴额；2) 两类汽车制造商根据政府的补贴政策，以自身利润最大化为目标，分别确定普通汽车和电动汽车的价格；3) 消费者根据对低碳产品的偏好程度，以自身效用最大化为目标做出购买选择。显然，该博弈属于 Stackelberg 序贯博弈，其博弈均衡可用递归法进行逆向求解。

3.2. 假设

- 1) 令 $i = 0, 1$, 0 代表普通汽车，1 代表电动汽车。设消费者总数为 M 。
- 2) 博弈是信息完全的。
- 3) 汽车的边际成本为 c_i ，电动汽车比普通汽车研发成本高，通常 $c_1 > c_0$ 。汽车的价格为 p_i ，同等情况下， $p_1 > p_0$ 。市场对汽车的需求为 q_i 。
- 4) 汽车的绿色度为 h_i ，绿色度[9] [10]是指产品符合“绿色标准”的程度，绿色度越高，产品环保的性能越好。可知 $h_1 > h_0 > 0$ ，且 h_1, h_0 为固定参数。消费者的绿色偏好为 δ_i ，其值在 $[0,1]$ 内均匀分布，可知， δ_0 为消费者对不购买汽车和购买普通汽车无差异时的偏好参数， δ_1 为消费者对购买普通汽车和电动汽车无差异时的偏好参数。且偏好参数为 δ_0 ($\delta_0 \leq x$) 的消费者人数为 xM [11]。
- 5) 汽车生产企业总利润为 π ， $\pi = \pi_1 + \pi_2$ 。消费者 i 效用函数为 U_i ，可知， $U_i = \delta_i h_i - p_i$ ， $U_i \geq 0$ ，当消费者不购买汽车时效用为 0。消费者总效用为 U ， $U = \sum U_i$ 。
- 6) 政府对每辆电动汽车补贴为 s ，总补贴为 $S = sq_1$ 。

7) 由于电动汽车有环保有节能减排效应, 可产生环境效益, 而普通汽车带来尾气污染, 需政府付出一定的治理成本。假设电动汽车产生的环境单位效益为 A , 环境治理成本为 B 。

8) 社会总效益 W , 由上述假设条件可得到:

$$W = \pi + U - Bq_0 + Aq_1 - sq_1$$

3.3. 模型构建及求解

Stackelberg 完全信息动态博弈可采用逆向归纳法求解子博弈精炼纳什均衡, 即从最后一个子博弈开始层层递归, 直至得到均衡解。此博弈为以消费者 a)、企业 b)、政府 c) 为序的三阶段博弈模型。

3.4. 模型推导

a) 消费者决策分析

由假设(5)可知, 由消费者在购买普通汽车和不购买汽车偏好无差异, 得到 $\delta_0 = \frac{p_1 - s - 0}{h_1 - 0} = \frac{p_1 - s}{h_1}$;

由消费者在购买普通汽车和电动汽车偏好无差异, 得到 $\delta_1 = \frac{p_1 - s - p_0}{h_1 - h_0}$ 。

因而, 消费者购买普通汽车的概率为 $\delta_1 - \delta_0$, 购买电动汽车的概率为 $1 - \delta_1$ 。从而对市场对普通汽车和电动汽车的需求为:

$$q_0 = (\delta_1 - \delta_0)M = \left(\frac{p_1 - p_0 - s}{h_1 - h_0} - \frac{p_0}{h_0} \right)M \quad (1)$$

$$q_1 = (1 - \delta_1)M = \left(1 - \frac{p_1 - s - p_0}{h_1 - h_0} \right)M \quad (2)$$

b) 企业决策分析

由假设知, 对于普通汽车生产企业, 其利润函数为: $\pi_0 = (p_0 - c_0)q_0$, 对于电动汽车生产企业, 其利润函数为: $\pi_1 = (p_1 - c_1)q_1$, 将 π_0, π_1 分别对 p_0, p_1 求导并令其为 0, 即得到普通汽车和电动汽车的最优价格 p_0^* 和 p_1^* :

$$p_0^* = \frac{h_1(h_0 + 2c_0) + h_0(c_1 - s - h_0)}{4h_1 - h_0} \quad (3)$$

$$p_1^* = \frac{h_1(2h_1 - 2h_0 + 2c_1 - 2s - c_0)}{4h_1 - h_0} + s \quad (4)$$

将式(3), (4)带入(1)和(2)可得普通汽车生产企业和电动汽车生产企业的最优需求:

$$q_0^* = \frac{h_1^2(h_0 - 2c_0) + h_1h_0(c_1 - s + c_0 - h_0)}{h_0(4h_1 - h_0)(h_1 - h_0)}M \quad (5)$$

$$q_1^* = \frac{h_1(2h_1 + c_0 - 2h_0 - 2c_1) + h_0(c_1 - s)}{(4h_1 - h_0)(h_1 - h_0)}M \quad (6)$$

可得到汽车生产商的最大化利润为:

$$\pi_0^* = \frac{h_1[h_0(h_1 + c_1 + c_0 - s - h_0) - 2c_0h_1]^2}{(4h_1 - h_0)(h_1 - h_0)}M \quad (7)$$

$$\pi_1^* = \frac{[2h_1(h_1 - 2c_1 + c_0 - 2h_0 + 2s) + h_0(c_1 - s)]^2}{(4h_1 - h_0)^2(h_1 - h_0)} M \quad (8)$$

分别将 p_0^* , p_1^* , q_0^* , q_1^* , π_0^* , π_1^* 对 s 求导并判断其符号: $\frac{\partial p_0^*}{\partial s} < 0$, $\frac{\partial p_1^*}{\partial s} < 0$, $\frac{\partial q_0^*}{\partial s} < 0$, $\frac{\partial q_1^*}{\partial s} > 0$, $\frac{\partial \pi_0^*}{\partial s} < 0$, $\frac{\partial \pi_1^*}{\partial s} > 0$ 。

由此可知,政府对电动汽车制造商进行补贴可以降低普通汽车和电动汽车的价格。而普通汽车的需求会减少,电动汽车的需求增加;普通汽车制造商利润减少,电动汽车制造商利润增加。这将促进绿色低碳经济的发展,是政府希望看到的结果。

c) 政府决策分析

政府的决策目标是社会总效益 W 最大,假设条件(8)已经给出了关系表达式,且:

$$U = U_0 + U_1 = M \int_{\beta_0}^{\beta_1} (\beta h_0 - p_0) d\beta + M \int_{\beta_1}^1 (\beta h_1 - p_1) d\beta \quad (9)$$

将 π 和 U 带入假设条件中得到 W ,再令其对 s 求导,并使 $\frac{\partial W}{\partial s} = 0$,即是政府的最优补贴:

$$s^* = \frac{4h_1^2(c_1 - c_0 - h_0 - B - 2A) + h_1 h_0(2c_0 - 3c_1 + 7h_1 + B + 6A) + h_0^2(c_1 - 3h_1 - A)}{h_1(3h_0 - 4h_1)} \quad (10)$$

然后,将 s^* 分别对 c_1 , B , A 求导得:

$$\frac{\partial s^*}{\partial c_1} = \frac{4h_1^2 - 3h_1 h_0 + h_0^2}{h_1(3h_0 - 4h_1)} < 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial B} = \frac{-4h_1^2 + h_1 h_0}{h_1(3h_0 - 4h_1)} > 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial A} = \frac{-8h_1^2 + 6h_1 h_0}{h_1(3h_0 - 4h_1)} > 0 \quad (13)$$

d) 对单位环境效益的进一步分析

对电动汽车的节能效益衡量,考虑到电动汽车能量来源¹的从“矿井到车轮”(Well-to-Well, WTW) [12] 全过程,将车辆对不同能源的消耗全部归算到对相应能源所含能源消耗上,以电动汽车每 km 能耗为着眼点。减排方面,采用不同能源 CO₂ 排放因子计算普通汽车和电动汽车全过程的二氧化碳水平[13]。

电动汽车以 V 表示电源集合, $\beta_{p,i}$ 表示第 i ($i \in V$) 中燃料开采过程中能量效率, $\beta_{t,i}$ 表示第 i ($i \in V$) 种燃料运输过程中能量效率。对化石能源和核能,定义发电效率 β_i 为单位电能 E_{out} (本文取 $E_{out} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h}$) 与生产单位电能所消耗的第 i ($i \in V$) 种燃料热值 $E_{in,i}$ 之比,即 $\beta_i = E_{in,i}$ 。这样,区域内综合发电效率可按式(17)计算[13]:

$$\beta_{total} = E_{out} / \sum_{i \in V} \frac{I_i E_{out}}{\beta_i \beta_{p,i} \beta_{t,i}} = 1 / \sum_{i \in V} \frac{I_i}{\beta_i \beta_{p,i} \beta_{t,i}} \quad (14)$$

式中, I_i 表示地 i 种电源的的年发电量占所研究区域内年总发电量的百分比。以 $\eta_{km, EV}$ 表示电动汽车

¹ 与传统汽车相对单一的能量来源不同,电动汽车的能量来源是由研究区域内的电源种类(包括煤电、燃气和燃油发电、水电、核电、风电、太阳能发电等)所决定的。

每百 km 耗电量, 单位为 kW·h, β_{charge} 表示电动汽车充电效率, β_{tran} 表示研究区域内的平均输电效率, 即 $\beta_{tran} = \frac{\beta_{out} - \beta_{loss}}{\beta_{out}}$, 以年为单位来衡量。则电动汽车百 km 能耗为:

$$\alpha_{EV} = \eta_{km, EV} / (\beta_{tran} \beta_{total} \beta_{charge}) \quad (15)$$

设 α 为每辆汽车的平均能量消耗, 则电动汽车的节能效益[14]为

$$A_E = \alpha - \eta_{km, EV} / (\beta_{tran} \beta_{total} \beta_{charge}) \quad (16)$$

采用全过程分析方法计算电动汽车 CO₂ 排放量电动汽车百 km CO₂ 排放量也取决于研究区域电源结构[15]。对于第 i ($i \in V$) 种电源, 以 $e_{b,i}$ 表示相应燃料产生单位热值的 CO₂ 排放量, 称为排放因子。

此外, 各种燃料在开采运输过程中也会产生二氧化碳排放, 本文以 $e_{p,i}$ 表示, 则电动汽车每百 km CO₂ 排放量为[13]:

$$e_{EV} = \eta_{km, EV} \sigma_{switch} \sum_{i \in V} I_i (e_{p,i} + e_{b,i}) / (\beta_{tran} \beta_i) \quad (17)$$

式中, σ_{switch} 为常数。设 e 为对环境不造成压力的排放水平, 即电动汽车的减排效益为

$$A_G = e_{EV} = e - \eta_{km, EV} \sigma_{switch} \sum_{i \in V} I_i (e_{p,i} + e_{b,i}) / (\beta_{tran} \beta_i) \quad (18)$$

则电动汽车的单位环境效益为 $A = A_E + A_G$, 将 A 对 $\eta_{km, EV}$, β_{tran} , β_{total} , β_{charge} 和 $e_{b,i}$ 分别求导得

$\frac{\partial A}{\partial \eta_{km, EV}} < 0$, $\frac{\partial A}{\partial \beta_{tran}} > 0$, $\frac{\partial A}{\partial \beta_{charge}} > 0$, $\frac{\partial A}{\partial \beta_{total}} > 0$, $\frac{\partial A}{\partial I_i} < 0$, $\frac{\partial A}{\partial e_{b,i}} < 0$ 。从而得到:

$$\frac{\partial s^*}{\partial \eta_{km, EV}} < 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial \beta_{charge}} > 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial \beta_{tran}} > 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial \beta_{total}} > 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial s^*}{\partial e_{b,i}} < 0 \quad (23)$$

3.5. 模型分析

式(11)表明, 在其他条件不变的情况下, 政府对电动汽车最优补贴水平应与电动汽车生产成本成反比。最优的政府补贴应是对高技术电动汽车予以更多补贴, 从而促进各个企业的技术创新, 在此推动下进行竞争和赶超, 推进整个电动汽车行业技术进步。

式(12)表明, 在其他条件不变的情况下, 政府对电动汽车最优补贴水平应与普通汽车尾气污染的治理成本 B 成正比。对普通汽车尾气污染治理成本越大, 市场对电动汽车清洁出行需求越迫切。因此, 在尾气污染治理成本很高时, 政府应采取提高对电动汽车补贴的方式来刺激电动汽车行业的发展, 带动更多电动汽车进入市场, 从而减少汽车尾气排放。

式(13)表明, 在其他条件不变的情况下, 政府对电动汽车的最优补贴水平应与电动汽车产生的环境单

位效益 A 成正比。通过政府对电动汽车的最优补贴与电动汽车环境单位效益挂钩,就可实现对电动汽车环境效益的刺激,能够实现电动汽车环保性能提升,从而符合电动汽车行业发展战略。

式(19)表明,在其他条件不变的情况下,政府对电动汽车最优补贴水平应与电动汽车每百 km 耗电量成反比关系。要对每百 km 耗电量少的电动汽车,给予更多的补贴。说明电动汽车每百 km 耗电应该作为补贴额度制定的一个参考标准,以鼓励企业降低电动汽车能耗降低的研究。

式(20)表明,在其他条件不变的情况下,政府对电动汽车最优补贴水平应与电动汽车充电效率成正比。即对充电效率高的电动汽车给予高的补贴。因而突出电动汽车充电效率应作为补贴额度制定的一个参考标准,以鼓励企业提高电动汽车能充电效率的研究。

式(21)、(22)表明,在其他条件不变的情况下,政府对电动汽车最优补贴水平应与电动汽车所在区域平均输电效率与综合发电效率成正比。即电动汽车补贴政策实施区域内,电网输电效率和综合发电效率越高,电动汽车单位环境效益越大,对电动汽车补贴额度应越高。这说明在发电效率和输电网效率高的地区更易实行补贴政策。

式(23)表明,在其他条件不变的情况下,政府对电动汽车的最优补贴水平应与燃料产生单位热值的 CO₂ 排放成反比。即针对所在区域内发电燃料的 CO₂ 排放进行电动汽车补贴额度的制定。若所研究区域内发电采用低 CO₂ 排放的燃料,则应给予较高补贴。因而,电动汽车补贴政策的制定与区域的发电结构相适应。

4. 政策建议

4.1. 电动汽车补贴标准应多元化

目前,我国电动汽车的补贴标准单一,只根据纯电续航里程来简单划分,这就严重影响了电动汽车补贴效果,造成过于注重便利性而忽视环保初衷的局面。通过上述博弈分析得知,最优电动汽车补贴额度应该根据政策实施区域具体情况(包括电动汽车企业生产成本、污染治理成本等)、电动汽车的其他技术指标综合考虑,才能都借助电动汽车较好的实现节能减排任务,实现电动汽车行业升级发展,实现社会效益的最大化。

4.2. 电动汽车补贴技术衡量指标多角度化

根据上述博弈分析结果,得知电动汽车的每百 km 耗能及充电效率对电动汽车产业战略目标有十分重要的影响。每百 km 耗能少、充电效率高的电动汽车单位环境效益高,能更好地实现节约能源和减少排放的目标。为了能够从补贴政策上加以导向,使电动汽车行业朝低耗能和更高充电效率的方向上行,就应针对电动汽车这两个技术指标,来制定不同的补贴标准,引导电动汽车行业的资金、人力和智力朝节能减排的目标持续迈进。

4.3. 电动汽车补贴制定要应协同地域电力结构

地域内发电结构、综合发电效率以及输电效率都对电动汽车补贴效果有着协同关系。电力结构中,若使用较多的煤炭发电,就会产生较多的污染排放,因而就应针对火电地区制定较少的补贴额度。电力结构中的高发电效率和输电效率的地区,能减少电力在生产和运输途中的消耗与损失,从而降低电动汽车消耗的真实能耗,因而能实现较好节能减排效果,就应为电动汽车消费提供更多补贴,从而使当地电动汽车具有较大的价格优势,进而有利于电动汽车行业的发展。

4.4. 电动汽车补贴政策应充分与其他能源政策相协调

电动汽车最优补贴的设立与实现,不仅与本行业的发展有关,还受到我国其他能源领域具体政策情

况影响, 例如电力结构, 新能源发展水平等。因而, 电动汽车补贴的制定不仅要考虑自身部门发展, 更要着眼全局、通盘衡量, 需要国家在制定政策时使其相互协调, 相互助益, 才能推动我国经济社会优化发展。

基金项目

资助项目: 北京高等学校青年英才计划项目(YETP0697)。

参考文献 (References)

- [1] 罗晓明 (2006) 电动汽车发展的博弈论分析. 硕士学位论文, 武汉理工大学, 武汉.
- [2] 苏小惠 (2012) 基于政企博弈视角的新能源汽车补贴分析. 资源型地区可持续发展与政策国际会议暨国际区域科学学会第三次年会论文集, 2012年3月31日, 671-676.
- [3] 陈慧斌 (2012) 基于博弈分析的电动汽车供应链中定价和推广策略研究. 硕士学位论文, 南京航空航天大学, 南京.
- [4] 王海啸, 缪小明 (2013) 我国新能源汽车研发补贴的博弈研究. *软科学*, 6, 29-32.
- [5] 刘亦红 (2013) 新能源产业发展中政府与企业的博弈均衡. *求索*, 9, 53-55.
- [6] 罗春林 (2014) 基于政府补贴的电动汽车供应链策略研究. *管理评论*, 12, 198-205.
- [7] 张国兴, 张绪涛, 汪应洛, 郭冬梅 (2014) 节能减排政府补贴的最优边界问题研究. *管理科学学报*, 11, 129-139.
- [8] Shen, W., Han, W.J., Chock, D., Chai, Q. and Zhang, A. (2012) Well-to-wheels life-cycle analysis of alternative fuels and vehicle technologies in China. *Energy Policy*, 49, 296-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.038>
- [9] Beaman, B.M. (1999) Designing the green supply chain. *Logistics Information Management*, 12, 332-342. <http://dx.doi.org/10.1108/09576059910284159>
- [10] 赵丽娟, 罗兵 (2003) 绿色供应链环境管理绩效模糊综合评价. *重庆大学学报*, 11.
- [11] 申亮 (2007) 绿色供应链的演化博弈分析. *价值工程*, 5, 65-69.
- [12] Sheu, J.B. and Chen, Y. (2012) Impact of government financial intervention on competition among green supply chains. *International Journal of Production Economics*, 138, 201-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.024>
- [13] 张晨曦, 文福拴, 薛禹胜, 袁军, 李波, 汪宏华 (2014) 电动汽车发展的社会综合效益分析. *华北电力大学学报*, 3, 55-63.
- [14] 孔维政, 李琼慧, 汪晓露 (2012) 基于全周期能源利用效率的电动汽车节能减排分析. *中国电力*, 9, 64-67.
- [15] 施晓清, 李笑诺, 杨建新 (2013) 低碳交通电动汽车碳减排潜力及其影响因素分析. *环境科学*, 1, 385-393.