

基于动态博弈的新能源配送车推广分析

孙延强^{1,2}

¹中国人民大学, 北京

²盒子汽车, 北京

收稿日期: 2022年3月17日; 录用日期: 2022年4月6日; 发布日期: 2022年4月13日

摘要

本文根据完全且完美信息动态博弈的理论, 基于企业利润最大化原则, 构建地方政府与城市配送企业在新能源配送车推广应用上的动态博弈模型, 分析新能源配送车推广中的政策影响因素, 得到了一些关于推广城市新能源配送车的有益启示。

关键词

城市配送, 新能源配送车, 补贴政策, 动态博弈

Research on the Promotion of New Energy Distribution Vehicle Based on Dynamic Game Theory

Yanqiang Sun^{1,2}

¹Renmin University of China, Beijing

²I-T BOX, Beijing

Received: Mar. 17th, 2022; accepted: Apr. 6th, 2022; published: Apr. 13th, 2022

Abstract

According to the complete and perfect information dynamic game theory, based on the enterprise profit maximization principle, the paper constructs the dynamic game model between local government and urban distribution enterprises on the promotion and application of new energy distribution vehicles, analyzes the policy influencing factors in the promotion of new energy distri-

tribution vehicles and obtains some useful enlightenment on the promotion of urban new energy distribution vehicles.

Keywords

Urban Distribution, New Energy Distribution Vehicle, Subsidy Policies, Dynamic Game Theory

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

相比于市场上的大批、低频的大物流业务,城市内碎片化、周期短的短途物流配送业务,存在道路复杂、运输路径短、经常停靠等特点,对城市配送车辆有着距离短、速度低、性能适中等要求。当下我国城市短途配送多采用的是三轮车,其中很多车辆无法达到上牌要求,存在随处停靠、逆行等很多交通安全隐患,给城市形象带来了一些负面影响。为改善配送车辆的不合规现状,越来越多的地方开始鼓励使用新能源城市配送车辆替换三轮车。新能源配送车主要指采用新能源(纯电动为主)提供动力的小型封闭式货车或厢式货车。新能源配送车具有易于管理、环保、信息化程度高、城市形象承载等优势,契合了城市短途配送车辆的要求,有效推进了城市短途绿色配送行业的发展。

2. 新能源配送车推广趋势分析

自2017年至今,国内已经建立了16个城市的46个“绿色货运示范工程”,用于探索推广新能源配送车辆,创新集约化配送模式。2020年11月2日国务院办公厅发布了《新能源汽车产业发展规划(2021~2035年)》,提出了要构建智能绿色物流运输体系,推动新能源汽车在城市配送等领域的应用[1]。虽然国家和地方政策鼓励使用新能源配送车,但是由于小型新能源配送车的市场售价大都在3万到4万左右,相较配送三轮的几千的售价,明显不具备价格竞争优势,不利于新能源配送车的市场推广。故,就目前新能源配送车所处的市场推广现状来讲,尚处于政策驱动为主的阶段。目前,已有深圳、济南、西安等一些城市陆续出台三轮车禁行或限行政策,鼓励使用新能源城市配送车替代配送三轮车。为深入推进新能源配送车的应用,越来越多的地方政府相继出台了相应的补贴、通行管理等政策,但是对于补贴金额、通行管理方式各地存在着一些差异,确定合理的补贴金额、明确通行政策的作用机制对于新能源配送车市场推广具有重要意义。本文从完全且完美信息动态博弈视角进行分析,构建了地方政府与配送运营企业的博弈模型,为当下新能源城市配送车的推广应用政策提供建议,也为配送运营企业在不同政策下的最佳策略选择提供了理论依据。

3. 关于新能源配送车推广的研究现状

国内关于新能源配送车推广的研究方向大都通过与传统燃油车的对比分析,进而标定其推广策略与政策。如刘博(2020)通过与燃油车的对比分析,得出了继续加大路权政策的支持,制定更多优于燃油物流车的新能源物流车的城市通行路权政策的结论等[2]。蒋星等(2016)从共计与需求端进行了在城市配送领域使用新能源货运车代替燃油车的可行性,认为从市场角度来看新能源货运车的使用具有适用性和经济性[3]。大多数现有研究没有充分考虑国内新能源配送车主要替代的是占据国内城市配送车中数量最

多的三轮车, 缺少相应的针对性推广政策, 故在政策方向和制定的相关标准研究上与实际状况会存在一定差异。本文侧重研究政策作用在新能源配送车替代配送电动三轮车的策略分析, 包括基于政府新能源配送车推广效用最大化考量的通行政策和补贴策略, 以及基于配送运营商利润最大化考量的新能源配送车应用数量策略, 为新能源配送车的在国内大范围的推广提供借鉴意义。

目前关于新能源配送车推广的研究方法大都以使用成本的实证分析、商业模式等方向为主, 缺少以博弈论的视角研究新能源配送车推广的内容。如阎亮(2018)对东风瑞泰特 EM39-RTT 这款纯电动厢式运输车在城市物流配送领域的应用推广, 通过使用成本的经济性对比来分析其推广优势[4]。张潇文(2016)通过参考国内外的城市物流配送的成功案例与商业模式的研究, 针对目前城市物流配送企业的发展现状及其与新能源汽车行业结合的难点问题, 提出关于新能源城市物流配送车发展的商业模式建议[5]。本文将从完全且完美信息动态博弈的视角, 假设博弈双方均为理性选择, 且双方最优策略均基于自身效用最大化, 通过博弈模型分析为大范围推广新能源城市配送车提供了相应推广措施的参考模型。

4. 新能源配送车推广博弈理论分析

4.1. 完全且完美信息动态博弈概述.

博弈论主要是研究两个或多个决策主体之间存在的相互作用, 任何一方的决策策略都不能完全独立于其他各方策略时, 各方的决策过程及均衡问题[6]。完全信息是在博弈中各参与方都完全了解所有参与人各种情况下的支付。完美信息是在博弈中参与人对其他参与人的行动选择有准确的了解。动态博弈指参与人的行动存在先后顺序, 且后行动者能够观察到先行动者所选择的行动[7]。故, 完全且完美信息动态博弈即指在决策主体间的策略、收益、行动等都互相完全了解的基础上, 博弈各方按照行动的先后顺序依次制定各方的决策及均衡问题。

本文涉及的博弈主体主要有两个: 地方政府、城市配送运营商。由于传统电动三轮具有较为明显的售价优势, 在无政策等因素驱动时, 运营商缺少主动使用新能源配送车替换三轮车的动机。故, 运营商在该博弈中属于后行动的一方, 运营商会依据政府公布的补贴、通行等政策, 核算自身的成本和收益, 并依据利润最大化原则确定运营商企业的最佳策略。博弈双方涉及的关键信息包括新能源配送车和三轮车的售价和使用成本、运营商成本及利润、补贴金额等, 双方对以上信息均可通过自身渠道获取。综上所述, 地方政府与城市配送运营商在新能源配送车推广中的博弈属于完全且完美信息动态博弈理论的实际应用。

4.2. 动态博弈的均衡解

逆向归纳法是求解动态博弈纳什均衡的有效方法。逆向归纳法是指从博弈的最后一个阶段的博弈方的行为进行分析, 倒推前一个阶段的博弈方的行为策略选择, 一直到第一个阶段的行为选择进行分析, 最后得到博弈的均衡解。逆向归纳法事实上就是把多阶段动态博弈简化为一系列的单人博弈, 通过对一系列单人博弈的分析, 确定各博弈方在各自选择阶段的选择, 最终对动态博弈结果, 包括博弈的路径和各博弈方的得益做出判断, 归纳各个博弈方各阶段的选择则可得到各个博弈方在整个动态博弈中的策略[8]。

5. 城市新能源配送车推广的博弈模型分析

5.1. 博弈假设

在新能源配送车推广博弈中的参与方有城市配送运营商和地方政府两方, 且双方对补贴金额、通行政策、三轮车及新能源配送车的成本和收益等信息完全了解, 运营商是在政府政策公布后再制定自身策

略，且双方的策略均为理性选择。

假设：

- 1) 全部使用三轮车的购置和使用成本为 a ，无政策限制时的年收入为 x ，年利润为 $x - a$ ；
- 2) 全部使用新能源配送车购置和使用成本为 b ，无补贴时的年收入为 y ，年利润为 $y - b$ ；
- 3) 地方政府的新能源配送运营商年补贴金额为 c ，政府效用主要体现在新能源配送车的使用率 z ($0 \leq z \leq 1$)；
- 4) 三轮车的购置和使用成本、年收入较新能源配送车低，即 $b > a > 0$ ， $y > x > 0$ ；
- 5) 三轮车年利润较新能源配送车略高，即 $x - a > y - b$ ；
- 6) 地方政府采取的推广政策主要包括通行政策、补贴政策两种。

5.2. “通行政策”下新能源配送车推广动态博弈模型分析

地方政府根据发展规划，制定配送三轮的通行政策。通行政策包括三种：禁行、限行、不限行。禁行指在一定区域范围内的任何时段都禁止三轮车通行，限行一般指部分时段禁止三轮车通行，一般为早晚交通高峰时段，约占日常配送工作时间的三分之一，不限行即无限制性通行政策。

配送运营商在地方政府出台通行政策后，有 3 种策略可选：全部使用新能源配送车、部分使用新能源配送车(通常约 1/3 使用新能源配送车 2/3 使用三轮)、不使用新能源配送车(全部使用三轮)。当政府出台禁行政策时：运营商全部使用新能源的利润是 $y - b$ ，政府效用为 1；运营商 1/3 使用新能源 2/3 使用三轮的利润为 $1/3(y - b)$ ，政府效用为 1/3；运营商全部使用三轮的利润为 0，政府效用为 0。当政府出台早晚高峰限行政策时：运营商全部使用新能源的利润为 $y - b$ ，政府效用为 1；运营商 1/3 使用新能源 2/3 使用三轮的利润为 $2/3(x - a) + 1/3(y - b)$ ，政府效用为 1/3；运营商全部使用三轮的利润为 $2/3(x - a)$ ，政府效用为 0。当政府无通行限制政策时：运营商全部使用新能源的利润为 $y - b$ ，政府效用为 1；运营商 1/3 使用新能源 2/3 使用三轮的利润为 $2/3(x - a) + 1/3(y - b)$ ，政府效用为 1/3；运营商全部使用三轮的利润为 $x - a$ ，政府效用为 0。

双方博弈的支付矩阵见表 1：

Table 1. Payment matrix based on local government access policy

表 1. 基于地方政府通行政策下的支付矩阵

地方政府	配送运营商		
	全部新能源	1/3 新能源 2/3 三轮	全部三轮
禁行	$(1, y - b)$	$(1/3, 1/3(y - b))$	$(0, 0)$
限行	$(1, y - b)$	$(1/3, 2/3(x - a) + 1/3(y - b))$	$(0, 2/3(x - a))$
不限行	$(1, y - b)$	$(1/3, 2/3(x - a) + 1/3(y - b))$	$(0, x - a)$

逆向归纳法求解：当地方政府出台禁行政策时，运营商最大年利润为 $y - b$ ，政府效用 $z = 1$ ，配送运营商最佳策略选择全部使用新能源配送车。当地方政府出台限行政策时，运营商最大年利润为 $2/3(x - a) + 1/3(y - b)$ ，政府效用 $z = 1/3$ ，配送运营商最佳策略选择 1/3 使用新能源配送车应对限制时段通行，2/3 使用三轮。当政府不限行时，运营商最大年利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 0$ ，配送运营商最佳策略选择全部使用三轮车。

博弈均衡：在仅考虑通行政策的前提下，基于政府效用最大化的博弈均衡为“禁行政策 + 运营商全

部更换新能源”，基于运营商利润最大化的博弈均衡为“不限行 + 运营商全部使用三轮”。考虑城市配送涉及民生领域，为减少对居民日常生活的影响，也为了保持运营商效益的稳定，目前大多数致力推广新能源配送车的地方政府大多采取限行政策，推广力度不足。

5.3. 组合政策作用下新能源配送车动态博弈模型分析

许多地方政府为达到政府推广效用最大化和运营商利润保持平稳的目标，会将新能源配送车通行政策和补贴政策一起使用。基于通行政策的时间限制，运营商可选择应对通行和补贴组合政策的策略主要有三种：全部更换新能源配送车，1/3 更换新能源配送车，不更换新能源配送车。针对上文通行政策博弈的运营商策略分析，政府的补贴金额 c 的确定原则应基于弥补新能源配送车与三轮车的利润差，故地方政府补贴金额共有 3 种策略：全部更换新能源配送车的运营商补贴 $c = (x - a) - (y - b)$ ；1/3 更换新能源配送车的运营商补贴 $c = 1/3[(x - a) - (y - b)]$ ；不更换新能源配送车的运营商补贴 $c = 0$ 。

当政府出台禁行 + 补贴组合政策：运营商选择全部更换新能源配送车的补贴金额 $c = (x - a) - (y - b)$ ，补贴后利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ ；运营商选择 1/3 更换新能源配送车 2/3 使用三轮车的补贴金额 $c = 1/3[(x - a) - (y - b)]$ ，补贴后利润为 $1/3(x - a)$ ，政府效用 $z = 1/3$ ；运营商选择全部使用三轮车的补贴金额 $c = 0$ ，利润为 0，政府效用 $z = 0$ 。

当政府出台限行 + 补贴组合政策：运营商选择全部更换新能源配送车的补贴金额 $c = (x - a) - (y - b)$ ，补贴后利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ ；运营商选择 1/3 更换新能源配送车 2/3 使用三轮车的补贴金额 $c = 1/3[(x - a) - (y - b)]$ ，补贴后利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1/3$ ；运营商选择全部使用三轮车的补贴金额 $c = 0$ ，利润为 $2/3(x - a)$ ，政府效用 $z = 0$ 。

当政府出台不限行 + 补贴组合政策：运营商选择全部更换新能源配送车的补贴金额 $c = (x - a) - (y - b)$ ，补贴后利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ ；运营商选择 1/3 更换新能源配送车 2/3 使用三轮车的补贴金额 $c = 1/3[(x - a) - (y - b)]$ ，补贴后利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1/3$ ；运营商选择全部使用三轮车的补贴金额 $c = 0$ ，利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 0$ 。

双方博弈的支付矩阵见表 2：

Table 2. Payment matrix based on local government policy mix

表 2. 基于地方政府组合政策下的支付矩阵

政府	配送运营商		
	全部更换新能源	1/3 新能源 2/3 三轮	全部三轮
禁行 + 补贴	$(1, x - a)$	$(1/3, 1/3(x - a))$	$(0, 0)$
限行 + 补贴	$(1, x - a)$	$(1/3, x - a)$	$(0, 2/3(x - a))$
不限行 + 补贴	$(1, x - a)$	$(1/3, x - a)$	$(0, x - a)$

逆向归纳法求解：当地方政府出台禁行 + 补贴政策时，运营商最大年利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ 。当地方政府出台限行 + 补贴政策时，运营商最大年利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ 或 $z = 1/3$ 。当政府不限行仅补贴时，运营商最大年利润为 $x - a$ ，政府效用 $z = 1$ 或 $z = 1/3$ 或 $z = 0$ 。

博弈均衡：结合政府效用最大化 + 运营商利润最大化原则，双方的博弈均衡解共有 3 个。即不同的补贴金额水平对应的博弈均衡存在：“政府禁行 + 补贴组合政策、运营商全部更换新能源”，“政府限行 + 补贴组合政策、运营商全部更换新能源”，“政府不限行 + 补贴组合政策、运营商全部更换新能源”。

6. 结论与建议

6.1. 仅使用通行政策时

当地方政府出于财政紧张或其他方面的考量,仅采取通行政策(禁行或限行)作为推广新能源配送车的抓手时,实现推广效用最大化的最佳策略是采用“一刀切”的禁行或严格的限行政策。但是这种行政手段会对运营商利润造成较大影响,运营商势必压缩人员等其他方面成本,极易造成服务质量下降、配送时间拖长、消费者体验降低等,不利于扩大内需的国家政策要求和居民生活水平的提高。为保证消费者的体验和配送运营商的利润稳定,必须思考其他增收或降本方式。基于新能源配送车的车型特点和功能优势(新能源配送车大多配备独立厢体、电池快换等),建议城市配送运营商通过对新能源配送车的商业模式改进,实现“一车多用”,进一步增效和创造多元化营收,增加企业的营业外收入。例如,使用智能配送厢体、厢体快换、定向大屏广告、多用途配送(冷链)等。同时,地方政府也需为运营商的新型商业模式转型提供相应便利政策,如短时泊车、车辆广告管理、园区管理、充电优惠等。

6.2. 同时使用通行政策和补贴政策

为实现新能源配送车的推广数量最大化(即效用最大化),同时考虑配送运营商利润最大化的前提下,政府的最佳策略是同时出台禁行 + 补贴政策,且适宜补贴的金额 c 应该等于或稍微大于 $(x - a) - (y - b)$,即补贴金额应大于等于使用三轮车与使用新能源配送车之间的利润差。运营商为避免受禁行政策处罚的风险,同时基于保持现有利润的考量,最佳策略也会积极配合更换使用新能源配送车。因此上述政策组合的推广速度快、双方效用也高,但是新能源配送车作为营运车型的使用期限相对较短,后期车辆更新等仍需要一定的补贴,对地方政府的财政压力较大,长期的补贴也容易降低运营商的市场竞争力。建议运营商利用补贴期逐步改进现有配送模式和经营方式,提效增收,扩展轻资产运营方式。同时地方政府也可以积极推进金融机构与车企等联合提供更多的购车及租电方案,减轻财政压力。

6.3. 仅使用补贴政策

当地方政府充分考虑居民的消费体验和配送运营商的营收,仅使用补贴政策作为新能源配送车推广的抓手时,对补贴金额的要求比较高(相对于使用“通行 + 补贴”组合政策),地方政府的财政压力也最大。相比于配送三轮,新能源配送车对于配送运营商来讲属于“重资产运营”,不仅对资金数量要求高且不利于资金快速运转,因此补贴金额 c 须大于 $(x - a) - (y - b)$,即补贴金额应大于使用三轮车与使用新能源配送车之间的利润差,且保持一定的差值,才能确保配送运营商有足够动力“重资产运营”新能源配送车。根据韦伯 - 费希纳定律,变化刺激量与初始刺激量成正比,当一般刺激变化量在 10% 以上时,能够明显感受到变化。故补贴后的利润比原利润的增加 10% 以上时,即 $c \geq (x - a) * (1 + 10\%)$,对于配送运营商的吸引力最高,推广效果最好,但是政府的财政压力极大,此方法适用于财政资金较为充足并计划一定时间内快速更换新能源配送车的城市。建议采用该类政策的时间窗口不要过长,一般为 3~6 个月为宜。配送运营商在遇到此类政策时,既要把握政策窗口,也必须做好长期配送运营规划,协调好车辆运力,避免出现运力过剩、车辆闲置过多、重资产运营带来的资金周转困难等后续问题。

参考文献

- [1] 国务院办公厅. 新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年) [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-11/02/content_5556716.htm, 2020-11-02.
- [2] 刘博, 黄鹤翔. 郑州市绿色货运配送发展的问题及对策研究[J], 漯河职业技术学院学报, 2020, 19(6): 62-64.
- [3] 蒋星, 王东, 郭笑捷. 新能源货运车在城市配送领域发展前景研究[J]. 上海管理科学, 2016, 38(4): 56-59.

- [4] 阎亮. 新能源商用车在城市物流配送的发展探析及其经济性分析——以东风·瑞泰特 EM30-RTT 纯电动厢式运输车为例[J]. 中国科技投资, 2018(22): 203.
- [5] 张潇文. 新能源汽车在城市物流配送的商业模式应用及经济性分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [6] 沈琪. 博弈论教程[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2010: 1-2.
- [7] 朱震葆. 非合作博弈论的基本体系——博弈论简介(三) [J]. 江苏统计, 1998(3): 15-16.
- [8] 任建英. 用逆向归纳法求解动态博弈问题[J]. 中小企业管理与科技, 2009(15): 126-127.