

碳税政策下网络货运平台定价策略研究

苏牧首

重庆交通大学经济与管理学院, 重庆, 400074;

摘要: 在碳税政策背景下, 考虑网络货运平台对燃油货车承运人和新能源货车承运人给予不同的报酬比例, 构建基于 Hotelling 理论的寡头竞争性网络货运平台博弈决策模型, 通过均衡分析与数值仿真探讨平台中新能源货车接入比例、两类承运人报酬比例等相关参数对平台收益等方面的影响。研究结果表明: 网络货运平台收益与新能源货车接入比例、平台给予燃油货车承运人和新能源货车承运人的报酬比例呈正相关, 激励网络货运平台为提高收益而接入更多的新能源货车, 从而缓解公路货运领域的高碳排放。

关键词: 碳税政策; 网络货运平台; 新能源货车; 定价策略

DOI: 10.69979/3029-2700.26.02.027

引言

随着全球气候变化问题日益严重, 环境保护和可持续发展成为各国政府和社会各界关注的焦点。根据交通运输部相关文件, 我国公路运输碳排放占交通运输行业总排放量的 80%以上, 其中货运环节占比超过 60%。随着“互联网+物流”模式的快速发展, 以满帮、货拉拉、福佑卡车等为代表的网络货运平台迅速崛起, 已在货物运输组织和碳减排方面发挥重要作用。国际经验表明, 碳税政策是推动碳减排的有效工具之一。在此背景下, 研究碳税政策下网络货运平台的定价策略具有现实意义。

关于平台定价策略的研究, 姜良松和吴斌^[1]探讨竞争环境下用户归属结构变化时, 网络外部性和平台匹配技术等因素对平台定价策略的影响。和衫和马祖军^[2]采用 Hotelling 模型构建两个众包快递平台决策顺序先后的博弈, 得出均衡状态下的最优定价、收益, 并探讨了网络外部性系数等参数与最优定价以及收益的关系。另外, 货运碳减排及成本分摊的研究也广受学者们的青睐。Jiang^{[3][4]}等考虑消费者和服务者的碳排放成本、期望实现程度等参数, 分别建立碳税、碳交易政策下以相对剥夺感为导向的动态利益分配优化模型, 以此动态协调货运平台中各方的利益分配, 优化利益分配方案。鉴于此, 基于碳税政策引入相关参数, 建立双寡头垄断货运市场的 Hotelling 模型, 探讨网络货运平台对燃油货车承运人和新能源货车承运人给予不同的报酬比例对平台定价和收益的影响, 为现实货运平台定价和碳减排提供理论支持。

1 问题描述及效用函数

1.1 问题描述

本文考虑一个由网络货运平台 i ($i=1, 2$), 托运人 t 、承运人 c 组成的双边市场, 平台对双边用户收取注册费 p_u 、 p_{ci} ($i=1, 2$), 提供的匹配率为 λ , 托运人将货运需求发布在平台 i 上, 承运人根据平台 i 上的信息按每单位距离 p 的价格为托运人提供服务, 每次交易的平均配送距离为 d 。承运人提供服务的运输工具有新能源货车和燃油货车两种, 新能源货车接入平台的比例为 $\omega \in (0,1)$, 平台支付给燃油货车承运人 $\beta \in (0,1)$ 比例的酬金, 支付给新能源货车承运人 $\gamma \in (0,1)$ 比例的酬金。燃油货车的单位碳排放量为 e_β , 新能源货车的单位碳排放量为 e_γ , 政府根据平台的碳排放量收取碳税, 单位碳税价格为 p_t 。双边用户间交叉网络外部性系数分别为 α_t 和 α_c , 双边用户加入任意平台的转移成本为 t 。

Armstrong^[5]用“竞争性瓶颈”定义了双边市场中一侧用户单归属, 另一侧用户多归属的行为, 本文基于此研究思路, 考虑托运人单归属、承运人多归属的情形。承运人为获得更高的网络外部性强度, 通常为多归属。此时托运人单归属接入一个网络货运平台则可接触到不同平台的承运人, 且消费者受时间和转换成本等因素的制约, 通常为单归属。托运人和承运人均根据自身偏好自由选择加入两个网络货运平台。

1.2 效用函数

基于 Hotelling 模型, 构建两个网络货运平台之间的博弈模型。假设在单位长度为 1 的双寡头垄断市场两

端各有一个网络货运平台，分别为平台1和平台2，托运人和承运人均匀分布在线段上。托运人和承运人的规模总数为1，即 $0 \leq n_u \leq 1, 0 \leq n_{ci} \leq 1, 0 \leq n_c \leq 1, n_{t1} + n_{t2} = 1, n_{c1} + n_{c2} + n_c = 1$ 。用户提供服务或满足需求所获得的基本效用为 v 。

托运人接入平台 i 的效用函数为：

$$U_{ti} = v + \alpha_i(n_{ci} + n_c) - pd - p_{ti} - tx \quad (1)$$

$$U_{t2} = v + \alpha_t(n_{c2} + n_c) - pd - p_{t2} - t(1-x) \quad (2)$$

承运人只接入平台 i 和同时接入两个网络货运平

$$n_{ci} = \frac{-\alpha_c^2 \alpha_t + (t^2 + (2\alpha_t + p_{t1} - p_{t2})t + 2\alpha_t(p((\beta - \gamma)\omega - \beta)d + p_{c1}/2 + p_{c2}/2))\alpha_c - 2(t + p((\beta - \gamma)\omega - \beta)d + p_{c1})t^2}{2t(-t^2 + \alpha_c \alpha_t)} \quad (8)$$

$$n_{c2} = \frac{-\alpha_c^2 \alpha_t + (t^2 + (2\alpha_t - p_{t1} + p_{t2})t + 2\alpha_t(p((\beta - \gamma)\omega - \beta)d + p_{c1}/2 + p_{c2}/2))\alpha_c - 2(t + p((\beta - \gamma)\omega - \beta)d + p_{c1})t^2}{2t(-t^2 + \alpha_c \alpha_t)} \quad (9)$$

2 模型构建及求解

$$\pi_i = p_{ti}n_{ti} + p_{ci}(1 - n_{ci}) + (1 - \beta)(1 - \omega)\lambda n_{ti}dp + (1 - \gamma)\omega\lambda n_{ti}dp - (1 - \omega)\lambda n_{ti}de_\beta p_t - \omega\lambda n_{ti}de_\gamma p_t \quad (10)$$

以平台1为例，其中 $p_{ti}n_{ti}$ 为平台1向托运人收取的注册费， $p_{ci}(1 - n_{ci})$ 为平台1向承运人收取的注册费， $(1 - \beta)(1 - \omega)\lambda n_{ti}dp$ 为平台去除给燃油货车承运人剩下的利润， $(1 - \gamma)\omega\lambda n_{ti}dp$ 为平台去除给新能源货车承运人剩下的利润， $(1 - \omega)\lambda n_{ti}de_\beta p_t$ 为政府向平台中燃油货车收取的碳税， $\omega\lambda n_{ti}de_\gamma p_t$ 为政府向平台中新能源货车收取的碳税。

$$p_{t1} = \frac{(4((-\beta + \gamma)\omega + \beta - 1)p + p_t((e_\gamma - e_\beta)\omega + e_\beta))\lambda t + 2((\beta - \gamma)\omega - \beta)\alpha_c p)d + 4t^2 - \alpha_c(\alpha_c + 3\alpha_t)}{4t} \quad (11)$$

$$p_{c1} = -\frac{((\beta - \gamma)\omega - \beta)pd}{2} + \frac{\alpha_c - \alpha_t}{4} \quad (12)$$

同理可计算出均衡状态下平台2对双边用户收取的注册费，可知 $p_{t1} = p_{t2}$ 、 $p_{c1} = p_{c2}$ ，将最优注册费带回用户规模表达式，可得最优注册费情况下用户规模：

$$n_{t1} = n_{t2} = \frac{1}{2} \quad (13)$$

$$n_{c1} = n_{c2} = \frac{2((\beta - \gamma)\omega - \beta)pd + 4t - \alpha_c - \alpha_t}{4t} \quad (14)$$

将注册费和用户规模带入(10)式，可得到两个网络货运平台在均衡状态下的最优收益为：

$$\pi_1 = \pi_2 = \frac{4((\beta - \gamma)\omega - \beta)^2 p^2 d^2 + 8t^2 - \alpha_c^2 - 6\alpha_c \alpha_t - \alpha_t^2}{16t} \quad (15)$$

3 数值分析

基于上述理论分析，下面运用maple软件，利用数值分析网络货运平台收益与平台给予燃油货车承运人、新能源货车承运人报酬比例的关系。根据上述模型进行数值分析，验证模型结果。根据相关文献及实际情况相

台的效用函数为：

$$U_{c1} = v + \alpha_c n_{t1} + pd\beta(1 - \omega) + pd\gamma\omega - p_{c1} - ty_1 \quad (3)$$

$$U_{c2} = v + \alpha_c n_{t2} + pd\beta(1 - \omega) + pd\gamma\omega - p_{c2} - t(1 - y_2) \quad (4)$$

$$U_c = v + \alpha_c + 2pd\beta(1 - \omega) + 2pd\gamma\omega - p_{c1} - p_{c2} - t \quad (5)$$

托运人单归属情况下 $n_{t1} = x, n_{t2} = 1 - x$ ；承运人多归属情况下 $n_{c1} = y_1, n_{c2} = 1 - y_2$ ，得到双边用户规模：

$$n_{t1} = \frac{(-p_{c1} + p_{c2} - \alpha_c)\alpha_t + t(t - p_{t1} + p_{t2})}{2t^2 - 2\alpha_c \alpha_t} \quad (6)$$

$$n_{t2} = \frac{(p_{c1} - p_{c2} - \alpha_c)\alpha_t + t(t + p_{t1} - p_{t2})}{2t^2 - 2\alpha_c \alpha_t} \quad (7)$$

$$(8)$$

平台的收益函数为：

$$\pi_i = p_{ti}n_{ti} + p_{ci}(1 - n_{ci}) + (1 - \beta)(1 - \omega)\lambda n_{ti}dp + (1 - \gamma)\omega\lambda n_{ti}dp - (1 - \omega)\lambda n_{ti}de_\beta p_t - \omega\lambda n_{ti}de_\gamma p_t \quad (10)$$

对 π_i 求关于 p_{ti} 、 p_{ci} 的二阶导数，在满足 $t^2 - \alpha_c \alpha_t > 0$ 时，二阶导函数小于零，函数存在极大值，此时存在最优注册费 p_{ti} 、 p_{ci} 使得网络货运平台 i 收益最大化。根据利润最大化的一阶条件，求 π_i 对 p_{ti} 、 p_{ci} 的一阶导数，并令其为0，可得均衡状态下平台1对双边用户收取的注册费，如式(11)、(12)所示。

$$p_{t1} = \frac{(4((-\beta + \gamma)\omega + \beta - 1)p + p_t((e_\gamma - e_\beta)\omega + e_\beta))\lambda t + 2((\beta - \gamma)\omega - \beta)\alpha_c p)d + 4t^2 - \alpha_c(\alpha_c + 3\alpha_t)}{4t} \quad (11)$$

$$p_{c1} = -\frac{((\beta - \gamma)\omega - \beta)pd}{2} + \frac{\alpha_c - \alpha_t}{4} \quad (12)$$

结合，模型参数数值如下： $\omega = 0.4, p = 0.1, d = 35, t = 5, \alpha_t = 0.7, \alpha_c = 0.8$ 。如图1所示，通过具体数值分析可以看出：网络货运平台收益随着平台给予燃油货车承运人和新能源货车承运人的报酬比例增大而提高，可见平台可以适当提高承运人的报酬比例，这样平台也可以获得更高的收入。

分析新能源货车接入比例、平台给予燃油货车承运人与新能源货车承运人报酬比例的差值对网络货运平台收益的影响。根据相关文献及实际情况相结合，模型参数数值如下： $\beta = 0.7, p = 0.1, d = 35, t = 5, \alpha_t = 0.7, \alpha_c = 0.8$ 。如图2所示，通过具体数值分析可以看出：随着平台接入新能源货车的比例越大，平台的收益越高；平台给予燃油货车承运人与新能源货车承运人的报酬比例差值越大，平台的收益越高。由此可见，平台应该提高燃油货车承运人与新能源货车承运人报酬比例的

差值，给予新能源货车承运人高的报酬比例，有益于提高新能源货车的接入量，还能增加平台的收益。

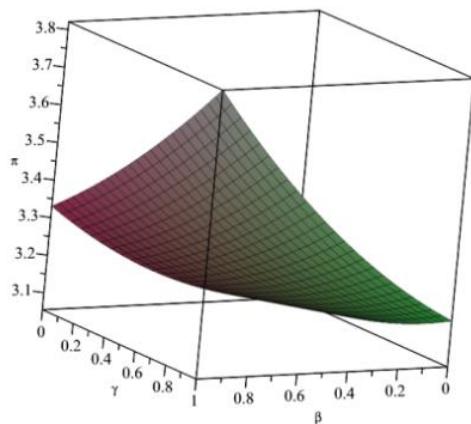


图1 不同货车承运人所得报酬比例对平台收益的影响

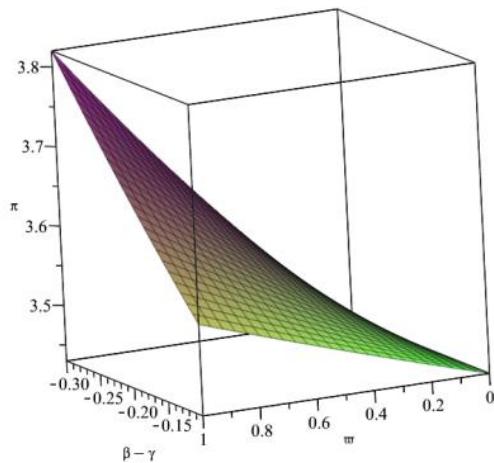


图2 新能源货车接入比例、不同承运人报酬比例差值对平台收益的影响

4 结论

本文基于双边市场理论，在碳税政策下，考虑网络货运平台对燃油货车承运人和新能源货车承运人给予不同的报酬比例，分析平台接入新能源货车比例、承运人所得报酬比例对平台收益的影响。主要结论如下：网络货运平台收益随着平台给予燃油货车承运人和新能源货车承运人的报酬比例增大而提高，可见平台可以

适当提高承运人的报酬比例，这样平台也可以获得更高的收入；随着平台接入新能源货车的比例越大，平台的收益越高，平台给予燃油货车承运人与新能源货车承运人的报酬比例差值越大，平台的收益越高。由此可见，平台应主动提高这一报酬比例差距，给予新能源货车承运人更具竞争力的报酬。这有利于吸引更多新能源货车承运人加入平台，并能进一步增加平台的总收益。

参考文献

- [1] 姜良松, 吴斌. 众包物流平台最优定价策略研究[J]. 价格理论与实践, 2019(06): 152-155.
- [2] 和杉, 马祖军. 众包快递平台的竞争性定价策略[J]. 工业工程与管理, 2021, 26(04): 44-51.
- [3] Chang-bing Jiang, Jia-ming Xu, Shu-fang Li, Yu-lian Fei, Yao Wu. Profit Allocation Problem and Algorithm of Network Freight Platform under Carbon Trading Background[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(22): 15031.
- [4] Chang-bing Jiang, Jia-ming Xu, Shu-fang Li, Yu-lian Fei, Yao Wu. The Order Allocation Problem and the Algorithm of Network Freight Platform under the Constraint of Carbon Tax Policy [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(17): 10993.
- [5] Armstrong M. Competition in two-sided markets[J]. The RAND Journal of Economics, 2006, 37(3): 668-691.

作者简介：苏牧首（2002—），男，黑龙江绥化人，重庆交通大学经济与管理学院硕士研究生，研究方向：交通运输经济。

基金项目：重庆交通大学研究生科研创新项目资助(2025S0085)