

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2022.09.024

基于收费转移的高速公路货车计重转 车型收费最优费率测算方法

耿 蕤

(交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要:为适应全国高速公路撤销省界收费站专项工作中要求货车收费方式由计重收费调整为按车型收费的改革要求,需要在计费方式转换后确保在相同交通流量条件下,不增加货车通行费总体负担,确保每类收费车型在标准装载状态下的应交通行费额均不大于原计重收费的应交通行费额。而传统方法采用静态平移法,对公路经营者通行费损失较大。以计重收费下各车型标准装载费率为上限,充分考虑费率变化引起的交通量转移吸引,假设货车能够根据综合运输成本比较在高速公路和平行普通国省公路上自由转移,采用费率-交通量 Logit 模型对转移比例进行了标定。由于收费收入受转移吸引因素影响,并非收费系数越大收入越大,而是存在一个收入最大值对应的收费系数,以此系数为基础,综合考虑对总收入影响、政策风险、公众接受程度、鼓励货车大型化政策取向等多因素,并考虑收费系数取整、递进、顺滑等因素,合理确定了高速公路货车按车(轴)型收费标准。结果表明:该收费标准可确保在相同交通流量条件下不增加货车通行费总体负担,每类收费车型在标准装载状态下的应交通行费额均不大于原计重收费的应交通行费额,并可统筹维护好高速公路使用者和经营管理者合法权益。

关键词:运输经济;收费公路;交通转移模型;费率;计重收费;车型收费;公共政策

中图分类号:U492.3

文献标识码:A

文章编号:1002-0268(2022)09-0185-06

A Method for Calculating Optimal Toll Rate of Truck Weight Transfer Model on Expressway Based on Toll Transfer

GENG Rui

(Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: In order to meet the reform requirements of the special work on the abolition of provincial toll stations on expressways in China, which requires that the truck charging method be adjusted from weight based charging to type based charging, it is necessary to ensure that under the same traffic volume conditions, the overall burden of truck tolls will not be increased after the conversion of billing methods, and that the amount of tolls payable for each type of charging vehicle in the standard loading state will not be greater than the amount of tolls payable for the original weight charging. However, the traditional method adopts the static translation method, which has a large toll loss to highway operator. Taking the standard loading rate of each vehicle type under the weight charge as the upper limit, taking full account of the traffic volume transfer attraction caused by the rate change, assuming that the trucks can transfer freely on the expressway and parallel ordinary country and province highways according to the comprehensive transport cost comparison, the transfer proportion is calibrated by the rate-traffic volume Logit model. Because the charge income is affected by the transfer attraction factors, it is not that the larger the charge coefficient, the greater the income, instead, there is a charging coefficient corresponding to the maximum income. Based on this

收稿日期:2021-11-12

作者简介:耿蕤(1979-),女,陕西西安人,副研究员。(r.geng@rioh.cn)

coefficient, comprehensively considering the influence on the total income, policy risks, public acceptance, policy orientation to encourage large-scale truck, and considering the rounding, progressive, smooth and other factors of the charging coefficient, the charging criteria for expressway trucks by vehicle (axle) type are reasonably determined. The result shows that the charging criteria can ensure that the overall burden of truck tolls will not be increased under the same traffic volume conditions, the toll payable of each type of toll vehicle in the standard loading state is not greater than the toll payable of the original weight charging, and it can comprehensively safeguard the legitimate rights and interests of expressway users and managers.

Key words: transport economics; toll road; traffic transfer type; rate; weight charging; type charging; public policy

0 引言

2018年5月,国务院常务会议确定推动取消高速公路省界收费站。交通运输部印发了《深化收费公路制度改革取消高速公路省界收费站实施方案》,明确要求,在撤销省界收费站后,全国高速公路货车收费方式将由目前以计重收费为主统一调整为按车型收费,收费车型划分依据《收费公路车辆通行费车型分类》(JTJ 489—2019)执行。

收费费率作为收费公路制度设计的核心^[1],是调节交通供需矛盾最直接最有效的手段^[2]。在高速公路全国联网的路网条件下,实现货车在2种收费方式下费率的平稳过渡,确保货车通行费整体水平不增加,是稳步有序推进取消高速公路省界收费站工作中迫切需要解决的重要问题^[3]。而大部分省份采取的静态平移法虽然能够保障货车整体水平不涨^[4],但未考虑收费变化引起的交通转移对收费收入的影响,因此不利于保护公路经营者的权益^[5]。本研究提出综合考虑交通转移情况下,兼顾货车用户通行费成本整体不涨,和公路经营者损失最小的计重转车型费率计算方法。

1 费率调整的基本原则

1.1 不增加货车通行费总体负担的原则

确保在相同交通流量条件下,不增加货车通行费总体负担,确保每类收费车型在标准装载状态下的应交通行费额均不大于原计重收费的应交通行费额。

1.2 公平合理原则

根据当年高速公路各车型货车通行和装载实际情况,并结合车辆对高速公路的使用和破坏因素,合理确定货车按车(轴)型收费标准,在货车由计重收费转为按车(轴)型收费的过程中实现大多数合理装载车辆收费水平基本持平和平稳过渡^[6]。

1.3 保障高速公路投资者和运营单位合法权益的原则

高速公路货车通行费计费方式调整应在符合政策规定、政策性因素造成减收已不可避免的情况下^[7],尽可能控制和减少企业通行费减收的幅度,以确保全省高速公路养护运营管理工作的正常开展^[8],防控高速公路债务风险^[9]。

2 交通转移下的最优费率测算方法

2.1 总体思路

以计重收费下各车型标准装载费率为上限,充分考虑费率变化引起的交通量转移吸引,以各类货车收费收入及总收入最大为目标,求解对应的收费车型^[10]收费系数。

2.2 统计货车计重收费基础数据

根据基年货车计重收费原始数据,通过设计程序^[11],统计整理出按新收费车型划分的车次、行驶量和收费收入的吨位分布表,吨位从1~100 t,步长为1 t,如表1所示。

2.3 计重转车型费率测算方法

1类车型~6类车型车货总重认定标准吨位分别为:4.5, 17, 25, 35, 43, 49 t^[12],其在计重收费模式下对应的收费费率即为车型收费的费率上限 Y_{\max} 。

(1) 基本费率 F 不变(小客车收费费率,如:0.45元/(veh·km)),自变量为6类货车车型收费系数 Y_6 。

(2) 预设6类货车车型收费系数 Y_6 ,得到6类货车车型费率 F_6 :

$$F_6 = F \times Y_6. \quad (1)$$

(3) 根据6类货车车型费率,计算6类货车车型不同车货总重的货车收费标准变化幅度^[13]:

$$B_{i6} = F_6 / Z_{i6} - 1, \quad (2)$$

B_{i6} 为6类货车车货总重 i 时计重与车型收费费率变化幅度; Z_{i6} 为6类货车对应车货总重 i 的计重收费费率。

表 1 各货车车型基年计重收费基础数据统计表

Tab. 1 Statistical table of basic weight charging data of each truck type in base year

车货总重/t	1 类货车			2 类货车			3 类货车		
	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元
0~1	N_{11}	S_{11}	C_{11}	N_{12}	S_{12}	C_{12}	N_{13}	S_{13}	C_{13}
1~2	N_{21}	S_{21}	C_{21}	N_{22}	S_{22}	C_{22}	N_{23}	S_{23}	C_{23}
...	N_{i1}	S_{i1}	C_{i1}	N_{i2}	S_{i2}	C_{i2}	N_{i3}	S_{i3}	C_{i3}
99~100	$N_{1\ 001}$	$S_{1\ 001}$	$C_{1\ 001}$	$N_{1\ 002}$	$S_{1\ 002}$	$C_{1\ 002}$	$N_{1\ 003}$	$S_{1\ 003}$	$C_{1\ 003}$
车货总重/t	4 类货车			5 类货车			6 类货车		
	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元	车次/次	行驶量/(veh·km)	收费收入/元
0~1	N_{14}	S_{14}	C_{14}	N_{15}	S_{15}	C_{15}	N_{16}	S_{16}	C_{16}
1~2	N_{24}	S_{24}	C_{24}	N_{25}	S_{25}	C_{25}	N_{26}	S_{26}	C_{26}
...	N_{i4}	S_{i4}	C_{i4}	N_{i5}	S_{i5}	C_{i5}	N_{i6}	S_{i6}	C_{i6}
99~100	$N_{1\ 004}$	$S_{1\ 004}$	$C_{1\ 004}$	$N_{1\ 005}$	$S_{1\ 005}$	$C_{1\ 005}$	$N_{1\ 006}$	$S_{1\ 006}$	$C_{1\ 006}$

(4) 转移吸引比例 L_{i6}

转移吸引比例指因收费标准变化而引发的交通流量转移的比例^[14]。货车收费方式从计重改为车型收费，不同车货总重的货车收费标准将发生增减变化，从而引起交通量的转移。比原收费标准提高的，车流量将从高速公路转移到平行道路；比原收费标准降低的，车流量将从平行道路吸引到高速公路上。

本研究暂不考虑普通公路治超等管理政策因素对交通量的影响，假设货车车辆能够根据综合运输成本比较在高速公路和平行普通国省上自由转移，转移比例采用费率-交通量 Logit 模型进行标定^[15]，测算基础数据包括：高速公路分车型交通流量信息、与之有流量竞争关系的普通国道分车型交通流量信息、路网通行时间、油耗等成本效益的参数信息等^[16-17]，具体模型不再赘述。

根据收费标准变化幅度，在标定的费率-交通量 Logit 模型中查找该车货总重的货车转移吸引比例 L_{i6} 。

(5) 计算 6 类货车按车型收费收入 C_{j6} ：

$$C_{j6} = \sum_{i=1}^{100} [S_{i6} \times (1 + L_{i6}) \times F_6], \quad (3)$$

式中， S_{i6} 为车货总重为 i 的 6 类货车行驶量，根据实际收费统计数据得到； L_{i6} 为车货总重为 i 的 6 类货车转移吸引比例。

(6) 求解收费收入最大时对应的收费系数

通过上述计算过程，其对应的收费系数即为该车型最优车型收费系数 Y_6 。

$$C_{j6} = \max f(Y_6), \quad (4)$$

$$s. t. \quad Y_6 \leq Y_{6\max}. \quad (5)$$

由于收费收入受转移吸引因素影响，并非系数越大收入越大，而是存在一个最大值。

(7) 综合判断取值

以此系数为基础，再综合考虑对总收入影响、政策风险、公众接受程度、鼓励货车大型化政策取向等多因素，并考虑收费系数取整、递进、顺滑等因素，最终得到能够不超上限又保障收入的收费系数。

3 以广东省为例

按上述方法模型对广东省计重转车型收费标准进行了测算^[18]。

3.1 统计基年计重收费基础数据

根据广东省 2018 年货车计重收费实际情况，按照表 1 格式统计分析各车型行驶量和通行费收入情况如图 1、图 2 所示。

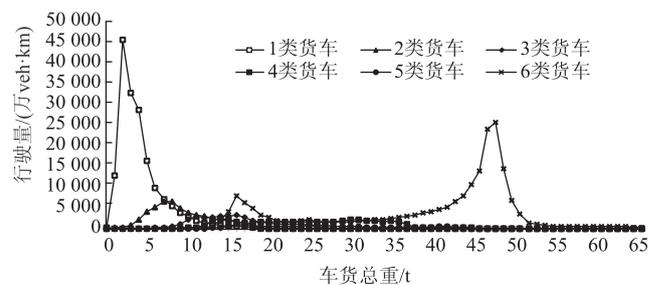


图 1 2018 年广东省各车型不同车货总重车辆行驶量

Fig. 1 Vehicle driving volume of gross weights of various vehicle types in Guangdong Province in 2018

3.2 标定费率-交通量转移模型与参数

由图 4 可以看出，各类车型随价格变化的转移曲线较为相似，以现行价格为基点，免费通行时最

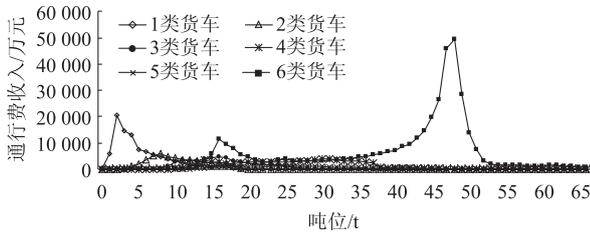


图 2 2018 年广东省各车型车货总重车辆计重收入分布
 Fig. 2 Distribution of vehicle weight income by gross weights of various vehicle types in Guangdong Province in 2018

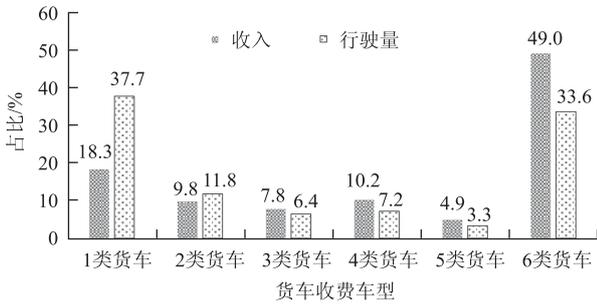


图 3 2018 年广东省货车各车型总行驶量与总计重收费收入
 Fig. 3 Total driving volume and total vehicle weight income by gross weights of various vehicle types in Guangdong Province in 2018

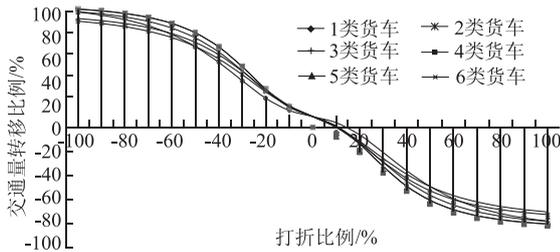


图 4 广东省标定的各货车车型价格涨幅与交通量转移关系
 Fig. 4 Relationship between price increase of each truck type calibrated in Guangdong Province and traffic volume transfer

大可吸引 30%~33% 的交通量。当价格上涨 1 倍时，将转移走 27%~30% 的交通量。

当预设各类车型的初始费率时，即可计算同一车型不同总重下的价格变化幅度。根据价格变化幅度和费率-交通量转移模型，即可求得同一车型不同吨位下吸引转移比例，如图 5 所示。

由于 1 类货车为 4.5 t 以下货车，计重收费时按 5 t 计费，改为车型收费时基础费率不变，因此改革前后价格无变化，亦无交通转移。其他收费车型则因计重改车型收费，收费价格发生变化从而引发交通转移。以 2 类货车为例，根据图 2 计算结果，发生了车型收费标准为其 10 t 时的计重收费价格，因

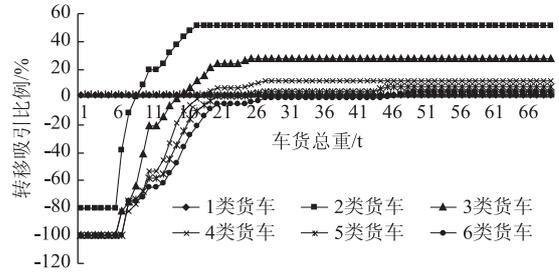


图 5 某组车型收费系数下各车型不同总重货车转移吸引比例分布
 Fig. 5 Distribution of transfer attraction proportion of each truck types under charging coefficient of a group of vehicle types

此车货总重为 10 t 的 2 类车型改革前后费率无变化，小于 10 t 的价格上涨，产生交通转移，大于 10 t 的价格下降，产生交通吸引。

(3) 测算车型费率

根据前述计算公式，在考虑费率-交通量转移情况下，某收费车型取不同的车型费率，将引发该车型各重量车辆的通行费价格变化，从而引发交通转移吸引，再测算转移吸引后的交通量按车型费率收费的总收入，通过调整车型费率，寻求总收入最大解。

图 6 所示为 6 类货车在某车型收费费率下，与各吨位车辆计重收费价格相比有涨有降，从而引发交通量转移吸引，转移吸引后的交通量与该车型收费费率计算各吨位车辆的通行费收入，收入曲线与横轴的面积即为 6 类货车在此车型费率下的总收入。通过调整车型费率，在不超过 49 t 费率上限的前提下，寻求收入曲线与横轴的最大面积。

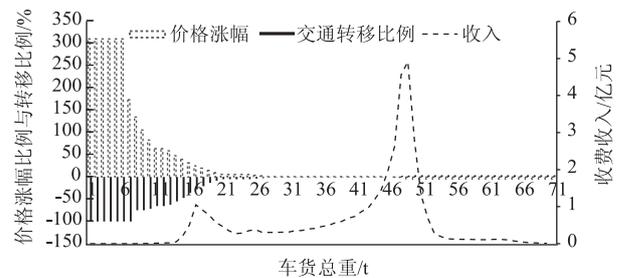


图 6 某收费系数下 6 类货车各吨位车辆转移和车型收费收入
 Fig. 6 Vehicle transfer and vehicle type charging income of each tonnage of category 6 trucks under a certain charging coefficient

由于交通量随费率转移的原因，并非费率越大，收入越大，图 7 显示不同车型收费系数与通行费收入的关系。随着收费系数的增大，其收入曲线均呈现先增后减的趋势，每条曲线的最高点对应的系数，就是全省高速公路收费收入最大化为目标的解值。

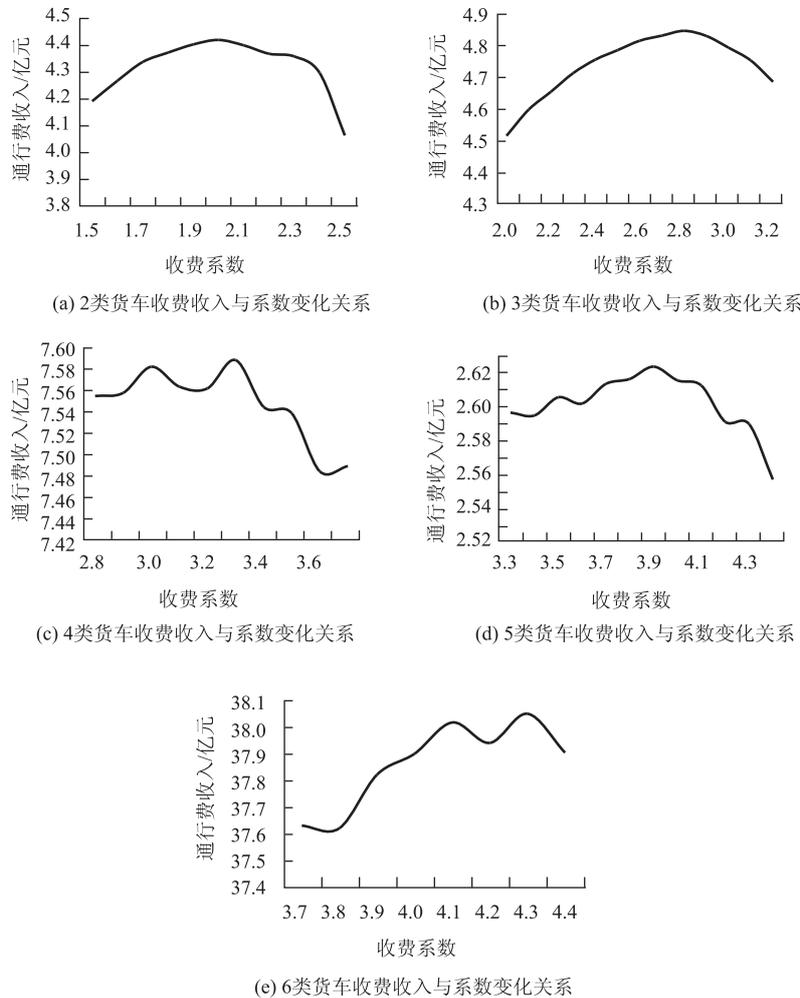


图7 广东省各货车车型在不同收费系数下收入变化情况

Fig. 7 Income changes of truck types in Guangdong Province under different charging coefficients

以此收费系数值为基础，再综合考虑其他因素，最终得到即不超上限又保障收入的收费系数。

4 结论

本研究分析了高速公路货车收费方式由计重收费调整为按车型收费的最优费率测算方法。相比于静态平移方法，充分考虑了价格对交通需求的影响，在交通量动态变化中测算通行费收入的最大值，可同时兼顾公路用户和经营者的利益。以广东省计重转车型费率调整为例，验证了模型的可行性，其测算思路对于收费公路收费方式变化中费率转换测算方法均有借鉴意义。

参考文献：

References:

[1] 刘拥华, 闫丹丹, 姚逸豪. 基于高速公路收费制度改革的影响分析 [J]. 物流科技, 2021, 26 (3):

15-16.

LIU Yong-hua, YAN Dan-dan, YAO Yi-hao, Analysis on the Influence of Highway Toll System Reform [J]. Logistics Sci-tech, 2021, 26 (3): 15-16.

[2] 周芦芦. 高速公路货车收费模式变化影响浅析 [J]. 中国交通信息化, 2020, 12 (7): 21-22.

ZHOU Lu-lu. Analysis on Influence of Change of Expressway Truck Charging Mode [J]. China ITS Journal, 2020, 12 (7): 21-22.

[3] 朱春生, 张健, 员兰. 高速公路货车车型计费费率测算方案及优化 [J]. 中国交通信息化, 2020, 8 (2): 7-8.

ZHU Chun-sheng, ZHANG Jian, YUAN Lan. Calculation Scheme and Optimization of Charging Rate of Expressway Truck Types [J]. China ITS Journal, 2020, 8 (2): 7-8.

[4] 孙如龙, 陆正峰, 速鸣, 等. 高速公路收费定价模式分析及建议 [J]. 交通企业管理, 2020, 9 (5): 14-15.

- SUN Ru-long, LU Zheng-feng, SU Ming, et al. Analysis and Suggestions on Expressway Toll Pricing Model [J]. Transportation Enterprise Management, 2020, 9 (5): 14-15.
- [5] 姚舒戈, 伊力扎提·艾热提, 樊东萱, 等. 从计重到按轴: 我国高速公路货车收费升降机理研究 [J]. 交通运输研究, 2021, 7 (5): 62-63.
YAO Shu-ge, AIRETI Yilizhati, FAN Dong-xuan, et al. From Weight-based to Axis-based: Mechanism of Rise and Fall of China's Expressway Freight Tolls [J]. Transport Research, 2021, 7 (5): 62-63.
- [6] 安家宏. 取消省界收费站对货车通行费影响及对策 [J]. 中国公路, 2020, 4 (1): 102-103.
AN Jia-hong. Influence of Canceling Provincial Toll Stations on Freight Vehicle Tolls and Countermeasures [J]. China Highway, 2020, 4 (1): 102-103.
- [7] 谢劲松, 金雪晴, 彭勇, 等. 关于高速公路收费费率优化研究 [J]. 价格理论与实践, 2018, 2 (3): 59-61.
XIE Jin-song, JIN Xue-qing, PENG Yong, et al. Research on the Highway Toll Rate Optimization [J]. Price: Theory and Practice, 2018, 2 (3): 59-61.
- [8] 申科, 段莉珍, 李洁云, 等. 高速公路收费新标准下货车车型收费系数测算 [J], 公路与汽运, 2021, 2 (3): 24-26.
SHEN Ke, DUAN Li-zhen, LI Jie-yun, et al. Calculation of Truck Type Charging Coefficient under New Expressway Charging Standard [J]. Highway and Automobile Transportation, 2021, 2 (3): 24-26.
- [9] 张静晶, 马帅之, 程波. 高速公路货车计重收费调整为车型收费定价标准研究: 以四川省为例 [J]. 青海交通科技, 2020, 4 (4): 76-84.
ZHANG Jing-jing, MA Shuai-zhi, CHENG Bo. Research on the Adjustment of Expressway Truck's Weight-to-charge to Vehicle-type Charge Pricing Standard: A Case Study of Sichuan Province [J]. Qinghai Communications Technology, 2020, 4 (4): 76-84.
- [10] JT/T 489—2019, 收费公路车辆通行费车型分类 [S]. JT/T 489—2019, Vehicle Classification of the Toll for Highway [S].
- [11] 关宏志. 非集计模型: 交通行为分析的工具 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
GUAN Hong-zhi. Non Aggregate Model: A Tool for Traffic Behavior Analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- [12] 邵春福. 交通规划原理 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
SHAO Chun-fu. Principles of Transportation Planning [M]. Beijing: China Railway Press, 2004.
- [13] 刘灿齐. 现代交通规划学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
LIU Can-qi. Modern Transportation Planning [M]. Beijing: China Communications Press, 2001.
- [14] 严作人, 杜豫川, 张戎. 运输经济学 [M]. 2版. 北京: 人民交通出版社, 2013.
YAN Zuo-ren, DU Yu-chuan, ZHANG Rong. Transportation Economics [M]. 2nd ed. Beijing: China Communications Press, 2013.
- [15] 浦亮. 高速公路收费标准定价及动态调整机制研究 [R]. 北京: 交通运输部公路科学研究院, 2019.
PU Liang. Research on Pricing and Dynamic Adjustment Mechanism of Expressway Toll Standards [R]. Beijing: Research Institute of Highway of Ministry of Transport, 2019.
- [16] 浦亮. 收费公路差别定价方法与策略研究 [R]. 北京: 交通运输部公路科学研究院, 2015.
PU Liang. Research on Differential Pricing Method and Strategy of Toll Road [R]. Beijing: Research Institute of Highway of Ministry of Transport, 2015.
- [17] 王炜. 公路交通流车速-流量实用关系模型 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2003, 33 (4): 487-491.
WANG Wei. Practical Speed-flow Relationship Model of Highway Traffic-flow [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2003, 33 (4): 487-491.
- [18] 耿蕤. 广东省高速公路差异化收费方案 [R]. 北京: 交通运输部公路科学研究院, 2019.
GENG Rui. Differentiated Toll Collection Scheme of Expressway in Guangdong Province [R]. Beijing: Research Institute of Highway of Ministry of Transport, 2019.