

文章编号:1671-8879(2009)04-0039-04

基于级差效益的公路收费定价模型

陈传德,赵文义

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

摘要:为了公平合理地进行公路收费定价,在分析各种收费定价理论的基础上,根据公路级差效益构成要素、车速-流量关系,研究了货物、车辆与旅客的在途时间价值,从轮胎磨损、燃油及润滑油消耗、车辆维修保养等方面建立了车辆运营费用模型,分析了安全、舒适等因素对级差效益的贡献。结果表明:以级差效益为基础,给公路使用者大约 50% 的优惠;将级差效益作为收费定价依据,完善了公路收费定价理论;根据级差效益制订收费标准,能够被公路投资者和使用者双方接受。

关键词:道路工程;收费公路;级差效益;时间价值

中图分类号:U491 **文献标志码:**A

Toll road pricing model based on differential benefit

CHEN Chuan-de, ZHAO Wen-yi

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to set the road toll reasonable, based on the analysis of each road toll model, according to the differential benefit's integrant part of a road and the relationship of vehicle speed-current capacity, the value of time in the way of cargo, vehicles and passengers is analyzed. The vehicle operation expense model is established from the wear of tire, the fuel and lubrication consumption and the vehicles maintenance, and the contribution factors of security and comfort are analyzed. Combined the above factors, the differential benefit computer model of a toll road is obtained. Taking the differential benefit as the foundation, and giving users about 50% preferential benefit, the toll road model is obtained. In this way, the traditional road model is improved and the value of the road toll is more accurate, so the toll standard can be accepted both by road investors and users. 5 tabs, 8 refs.

Key words: road engineering; toll road; differential benefit; value of time

0 引言

自 1984 年国家出台公路收费政策以来,对公路收费定价问题的研究一直没有停止过,但观点仍不统一。主要观点有^[1-3]:①成本反算法。根据预测成本及收益反向推算收费标准,这种方法存在 3 个问题:若收费定价过高,则会引起交通量分流,无法实

现收费目标;如果享受政策优惠,使收费定价过低也无法实现收费目标;“投多少资,收多少费”,公路经营者缺乏降低成本的积极性。②类比法。参照类似公路的收费标准,受主观因素影响大。③消费水平测算法。依据人们的承受能力进行收费定价,由于公车占较大比例,消费者支付意愿具有复杂性。④收费弹性定价法。收费弹性与其替代品的性价比有

收稿日期:2008-08-20

基金项目:陕西省社会科学界 2008 重大理论与现实问题研究项目(08C022)

作者简介:陈传德(1960-),男,陕西山阳人,教授,工学博士,E-mail:ccd5855@tom.com。

关,而与不同公路的替代品(替代运输通道)差别很大,其价格弹性在实践中难以确定。⑤以控制交通量为目的的收费定价。但控制交通量会抑制社会经济的发展。⑥级差效益定价法。以公路使用者所获得的级差效益为基准进行收费定价。该方法由笔者1989年提出^[4],并对货物、车辆及旅客的时间价值进行了研究。由于未对车速-流量关系作深入研究,级差效益的计算精度不够。近年来,美国公共道路署、英国交通部、中交公路规划设计院分别对车速-流量关系进行了研究;同济大学、湖南大学对车辆在不同路况下的燃油消耗进行了研究^[5-8]。为此,本文在上述研究的基础上建立收费公路级差效益计算模型,使级差效益的计算值趋于精确、完善。

1 收费公路的级差效益

根据经济学原理,同量资本投入不同土地,所获得的效益不同。这样,效益高的投资就得到一个超额利润。这个超额利润构成了级差地租。尽管这一理论是针对土地问题提出来的,但市场经济条件下的公路产品也有类似性质。在不同等级的公路上,公路使用者为完成一定的运输任务所投入的运输成本是不同的,因而产生不同的效益,这就是本文定义的“级差效益”。

级差效益定价法是以公路使用者所获得的级差效益为基准进行收费定价。基于收费公路的准公共产品特点,收费不足以弥补成本的部分应由政府或其他受益者予以补偿。该方法根据公路使用者的受益大小,在给予一定优惠的前提下进行收费定价,让利于消费者,即费率标准不得超过级差效益的一定比例,如世界银行建议的比例为30%~50%。

采用级差收益定价法,需要计算收费公路给道路使用者带来的直接效益,主要包括4个方面:运输时间节约的效益,运输距离缩短的效益,运输成本降低的效益,安全、舒适效益。其中,运输时间节约的效益、运输距离缩短的效益都与时间价值有关,可合并研究。

2 路段行驶费用的计算

路段行驶费用是指出行者为实现空间位移所需付出的代价。路段行驶时间是影响出行者路径选择的主要因素。此外,收费标准、营运消耗、舒适性和安全性等因素对出行者的路径选择也应当考虑。由于安全、舒适性指标不便量化,采用相应的系数来调整。因此,本文仅从行驶时间费用、车辆营运费用

与收费定价的关系展开讨论。

2.1 行程时间

车辆运行中所耗费的时间价值,由行程时间 t 乘以时间价值(value of time,简称VOT)获得。

路段行程时间是交通量的函数。要确定行程时间,须先建立车速-流量关系模型。对此,中交公路规划设计院建立的车速-流量关系模型比较适合中国国情,本文予以采用。

2.1.1 高速公路的车速-流量模型

$$s = \begin{cases} a \exp[m(v/c)^2] & v/c \leq 0.8 \\ a_1 \exp[m_1(v/c)^2] & v/c > 0.8 \end{cases} \quad (1)$$

式中: s 为车速(km/h); v 、 c 分别为标准车每小时交通量和通行能力(pcu/h); a 、 a_1 、 m 、 m_1 均为回归系数(表1)。

考虑纵坡影响,将式(1)中的车速修正为 s' ,计算式为

$$s' = sf_g = s(1 + \alpha g) \quad (2)$$

式中: f_g 为坡度修正系数; g 为纵坡绝对值; α 为系数(表1)。

表1 车速-流量模型回归系数

车型	a	m	a_1	m_1	α
小轿车	96.55	-0.350	86.093	-0.648	-4.13
面包车	87.81	-0.244	83.288	-0.616	-4.42
大客车	79.08	-1.154	78.710	-0.559	-4.87
小货车	73.67	-0.160	71.925	-0.469	-4.71
中货车	68.31	-0.060	70.956	-0.455	-5.08
大货车	65.00	-0.150	62.375	-0.327	-5.39

2.1.2 普通公路的车速-流量模型

普通公路的车速-流量模型及修正系数为

$$s = \begin{cases} a \exp[b(v/c)^2] & v/c \leq 0.8 \\ a_1 + b_1(v/c) & v/c > 0.8 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_g = \begin{cases} A + (v/c)^2 & g = 5\% \\ A_1 + B_1(v/c) & g = 7\% \end{cases} \quad (4)$$

式中: b 、 b_1 、 A 、 A_1 、 B_1 均为回归系数。

2.2 时间价值(VOT)分析

公路运输中客、货车的时间价值,表现为出行个体为节约单位运行时间所愿意支付的货币界限值。由于各地旅客收入水平、货物价值和车型的不同,其时间价值有所不同。客车的时间价值 V_k 由在途旅客时间价值和在途客车时间价值构成;货车的时间价值 V_h 由在途货物时间价值及在途货车时间价值构成。

2.2.1 在途货物的时间价值

该时间价值体现为货物流通中的资金积压,采用

货物运输期间占用资金的利息值来计算,计算式为

$$v_h = PKi/(365 \times 24) + Pr \quad (5)$$

式中: v_h 为所载货物时间价值(元/(车·h)); P 为在途货物平均价格(元/t); K 为货车平均实载量(t/车); r 为鲜活产品每小时损耗率(%); i 为社会折现率。

2.2.2 在途车辆的时间价值

在途车辆的时间价值用其单位时间所创造的利润来衡量,计算式为

$$v_c = S_j N_j (X_j - Y_j) \quad (6)$$

式中: v_c 为单位车辆在途时间价值(元/(车·h)); S_j 为 j 型车的平均运行速度(km/h); N_j 为 j 型车平均实载量(t或人数); X_j 为运价(元/(t·km)或元/(人·km)); Y_j 为 j 型车平均速度为 S_j 时的单位运输成本(元/(t·km)或元/(人·km))。

2.2.3 在途旅客的时间价值

当地 GDP 值直接影响该地区的时间价值。在途旅客的时间价值计算式为

$$v_k = (V_{GDP}/T) n \lambda \beta \quad (7)$$

式中: v_k 为客车乘客时间价值(元/(车·h)); T 为年工作时间, $T = (365 - 52 \times 2 - 10) \times 8 = 2\,008$ (h); n 为平均载客人数(人/车); λ 为不同出行目的的调节系数,业务出行取 1,上下班取 0.5; β 为时间机会费用系数,由于节约的时间不一定都用于有效经济活动,所以 β 取 0.5。

2.3 车辆运输成本

车辆运输成本包括轮胎磨损、燃料及润滑油消耗、维修保养费等。其影响因素有道路特性、车辆特性、交通特性和地区因素。

2.3.1 轮胎磨损

轮胎磨损与轮胎性质及构造、车辆行驶时作用

在轮胎上的力有关。同济大学针对平直路段提出的与路况有关的经验关系式为

$$T_c = r_0 + r_1 P_{IRI} \quad (8)$$

式中: T_c 为每 1 000 车·km 所消耗的当量新轮胎数(条/(1 000·车·km)); P_{IRI} 为国际平整度指数(m/km); r_0 、 r_1 均为模型参数,其值随车型变化,如表 2 所示。

表 2 平直路段轮胎模型参数

参数	中小型客车	轻货车	大客车	中客车	重客车	铰接车
$r_0/10^{-3}$	4.66	6.99	7.39	6.53	15.56	21.55
$r_1/10^{-3}$	7.1	10.7	1.6	1.2	3.4	5.3

2.3.2 燃油消耗

车辆在单位时间内的燃油消耗量 F_{uc} 和发动机的输出功率 H_p 、转速 R_{pm} 有关,而输出功率和转速则随车辆特性、道路特性和运行速度而变化。车辆往返行程的燃油消耗量为

$$F_L = 500\alpha_1\alpha_2(F_{uc,u}/V_u + F_{uc,d}/V_d) \quad (9)$$

式中: F_L 为行驶 1 000 km 的燃油消耗量(L); $F_{uc,u}$ 、 $F_{uc,d}$ 分别为上、下坡的平均单位油耗量(mL/s),由式(10)、式(11)确定; V_u 、 V_d 分别为上、下坡的行驶速度(m/s); α_1 为考虑发动机和燃油类型不同的耗油量变化系数; α_2 为考虑实际工况同试验条件不同的修正系数。

$$F_{uc,u} = \delta_0 + \delta_1 R_{pm} + \delta_2 R_{pm}^2 + \delta_3 H_{pu} + \delta_4 H_{pu} R_{pm} + \delta_5 H_{pu}^2 \quad (10)$$

$$F_{uc,d} = \delta_0 + \delta_1 R_{pm} + \delta_2 R_{pm}^2 + \delta_3 H_{pd} + \delta_4 H_{pd} R_{pm} + \delta_5 H_{pd}^2 \quad (11)$$

式中: $\delta_0 \sim \delta_5$ 均为试验回归系数,经同济大学油耗试验,其标定值如表 3 所示; H_{pu} 、 H_{pd} 分别为上、下坡输出功率。

表 3 单位油耗模型回归系数

车型	α_1	α_2	δ_0	$\delta_1/10^4$	δ_2	$\delta_3/10^2$	$\delta_4/10^6$	$\delta_5/10^6$	代表车型
小客车(汽油)	1.000	1.66	0.150 91	3.31	0	0	0	374.29	上海 santana
中客车(汽油)	0.859	1.16	0.060 14	3.76	0	3.846	13.98	0	三菱 L-300
大客车(汽油)	1.000	1.55	0.715 74	5.50	0	4.562	0	0	东风 JS-663
轻货车(汽油)	0.585	1.55	-0.483 81	12.70	0	5.867	0	43.7	丰田 DYNA
轻货车(柴油)	0.580	1.55	-0.418 03	7.16	0	5.129	0	0	五十铃 NHR
中货车(汽油)	1.000	1.55	1.298 57	6.27	0	0	0	63.66	东风 EQ-140
重货车(柴油)	0.770	1.55	-0.415 55	10.36	0	3.858	0	16.02	STAY1291

2.3.3 润滑油消耗

润滑油消耗量是路面平整度的函数,且随车型变化,世界银行推荐的计算式为

$$O_c = O_{c0} + O_{c1} P_{IRI} \quad (12)$$

式中: O_c 为 1 000 车·km 的润滑油消耗量(L), O_{c0} 、 O_{c1} 均为回归系数(表 4)。

表 4 润滑油消耗模型回归系数

车型	O_{c0}	O_{c1}
小客车与小货车	1.55	0.150 865
中客车与轻货车	2.02	0.150 865
公共汽车与中重型货车	3.07	0.150 865

2.3.4 车辆维修保养费

车辆维修保养的材料消耗量同路面平整度及车辆质量有关。通过对调查资料的回归分析,建立经验关系式

$$P_c = C_0(1 + C_q P_{IRI}) C_{km}^p \quad (13)$$

式中: P_c 为1 000车·km消耗的保修材料费占新车费用的比例; C_0 、 C_q 均为回归系数; C_{km} 为车辆平均行驶里程; p 为车龄指数;车辆维修费用参数如表5所示。

表5 维修费用参数

车 型	$C_0/10$	$C_q/10$	p
小型和轻型车	12.95	17.81	0.308
公共汽车	1.87	4.36	0.483
中轻型货车	1.87	324.33	0.371
重型货车	5.52	45.90	0.371

2.3.5 运输成本降低的效益(ΔC)

$$\Delta C = \Delta T_c + \Delta F_L + \Delta O_c + \Delta P_c \quad (14)$$

式中: ΔT_c 、 ΔF_L 、 ΔO_c 、 ΔP_c 分别为收费公路与替代公路上行驶的车辆在轮胎磨损、燃油消耗、润滑油消耗、车辆维修保养费用方面的相差值,单位均为元/(1 000·车·km)。

2.4 其他效益

减少交通事故的效益(B_{sg}),计算式为

$$B_{sg} = P_{sg}(J_1 - J_2) \quad (15)$$

式中: J_1 为收费公路事故率; J_2 为替代通道事故率; P_{sg} 为重大事故平均损失费(元)。

除上述直接效益外,由于收费公路路况较好,提高了旅客舒适度,减少了货物损耗,这方面的效益也应当考虑,但不易量化,分别用系数 a_k 、 a_h 表示,其值可采用现场问卷调查确定。

3 级差效益与收费定价

通过分析,可将总级差效益的计算式修正为

$$B_h = (V_h + \Delta C + B_{sg})(a_h + 1) \quad (16)$$

$$B_k = (V_k + \Delta C + B_{sg})(a_k + 1) \quad (17)$$

式中: B_h 、 B_k 分别为货、客车的总级差效益。

根据世界银行的建议,取全部级差效益的50%左右作为收费定价的基准,再根据交通运输部的车型分类规定确定各类车型的收费标准。

4 结 语

(1)收费公路给道路使用者带来的级差效益包括:运输时间节约的效益,运输距离缩短的效益,运输成本降低的效益和安全、舒适效益。

(2)车辆运行中人车路3方面所耗费的时间价

值,由行程时间乘以时间价值获得,路段行程时间是交通量的函数;依据车速-流量模型计算不同道路的行程时间,进而计算运输中客、货车的时间价值。

(3)从轮胎磨损、燃料及润滑油消耗、维修保养费等方面分析了不同公路的车辆运输成本。

(4)综合上述(2)、(3)两项级差效益及安全、舒适因素,得到收费公路的总级差效益,取全部级差效益的50%左右作为收费定价的基准,再根据车型分类规定确定各类车型的收费标准。

参考文献:

References:

- [1] 谭诗樵,龙 虎. 对我国高速公路收费管理的思考[J]. 重庆交通学院学报:社科版,2003,3(3):66-69.
TAN Shi-qiao, LONG Hu. Thinking of China's expressway toll management [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University: Social Sciences Edition, 2003, 3(3):66-69.
- [2] 路成章,李爱民. 关于收费公路经济属性及通行费定价原则和策略的理论探讨[J]. 公路交通科技,2003,20(4):134-138.
LU Cheng-zhang, LI Ai-min. Discussion on economic attribute and toll road pricing principles and policy [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2003, 20(4):134-138.
- [3] 甘先永,严宝杰. 高速公路收费公平性[J]. 长安大学学报:自然科学版,2003,23(3):73-76.
GAN Xian-yong, YAN Bao-jie. Tolling equity on expressway [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2003, 23(3):73-76.
- [4] 陈传德. 论我国公路收费理论与收费标准[D]. 西安:长安大学,1989.
- [5] Shu K S, Lawrence W L. Definitions and indicators of equity in road tolls [J]. Transportation Planning Journal, 1993, 22(1):35-64.
- [6] Fwa T F, Sinha K C. A unified approach for allocation of highway pavement costs [J]. Transportation research, 1986, 20(3):211-221.
- [7] 詹 燕. 公路收费费率与路段交通量关系研究[D]. 长沙:湖南大学,2001.
- [8] 裴玉龙,盖春英. 考虑收费影响的公路路段行程时间函数研究[J]. 中国公路学报,2003,16(1):91-94.
PEI Yu-long, GAI Chun-ying. Study of the link performance function of highway segments considering toll influences [J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(1):91-94.