

还贷性高速公路成本分担比例及计算方法

赵京,王建伟,毛新华,甘家华

(长安大学 经济与管理学院,陕西 西安 710064)

摘要:为了公平地对还贷性高速公路成本进行分担,在分析了各种定价方法如何分担成本之后,以公共产品理论界定了还贷性高速公路产品属性,结合“受益支付主体相一致”的原则,提出成本应由使用者和政府共同承担的观点,认为影响分担比例的因素为政府收益和使用者收益;厘清政府和使用者收益的概念之后,用投入产出表建立政府收益的核算方法,综合速度-流量模型、速度-油耗模型以及旅客和货物时间价值模型构建使用者收益的核算方法,最后给出成本分担比例计算公式。研究表明:在算例的环境中,使用者成本分担比例取53.85%~83.82%为宜;根据成本分担比例定价,使公路收费更加公平。

关键词:交通工程;交通经济;成本分担比例;投入产出;级差效益;还贷性高速公路

中图分类号:U491

文献标志码:A

Cost assignment ratio of repayment highway and its calculation

ZHAO Jing, WANG Jian-wei, MAO Xin-hua, GAN Jia-hua

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to share the cost of repayment highway fairly, the paper define the product attributes of repayment highway by public goods theory, proposed cost should be shared by users and government according to the principle of “who gains who pays”, and considered the factors affecting sharing ratio were government revenue and users gain after analyzing various pricing methods for sharing the cost. After clarifying the concept of government revenue and users, the government revenue accounting method was proposed by using input-output table and the user revenue accounting method was proposed by integrating speed-flow model, speed-fuel consumption model and the time value models of passenger and cargo. Finally, the paper deduced the formula of cost assignment ratio. The results indicate that in the case, the users' cost ratio should be proper within 53.85%~83.82%. Pricing based on cost assignment ratio can make the toll of repayment highway fair. 13 tabs, 2 figs, 16 refs.

Key words: traffic engineering; transportation economy; cost assignment ratio; input-output; differential benefit; repayment highway

0 引言

中国改革开放初期,在国家财力有限、投入严重不足的情况下,公路交通严重滞后,成为制约国民经济发展的“瓶颈”。“贷款修路,收费还贷”政策拓宽了公路建设投融资渠道,大大推进了公路交通的建设进程。与 1984 年相比,中国公路总里程提高了 4.3 倍,二级以上高等级公路提高了 27.9 倍,干线公路车辆行驶平均速度提高了 1.2 倍,高速公路从无到有,在不到 30 年的时间里建成了 7.4×10^4 km,居世界第 2^[1]。成绩显著的同时出现了收费标准偏高、脱离公路属性的经营行为等问题,收费公路专项清理工作主要内容就包括“降低偏高的收费标准”。然而收费标准的“高”与“低”如何判断,亦或“合理性”如何界定是首先要回答的问题。还贷性高速公路通行费率计算与经营性公路的不同表现在投资主体是否获取利润,在偿还贷款(收回投资)方面并无差异^[2]。然而作为还贷性高速公路,向使用者收取通行费来转嫁全部高速公路建设成本是否合理?若否,则转嫁的比例应为多少?计算的方法和根据是什么?上述问题的答案能为“合理性”的界定提供必要依据,因此从还贷性高速公路的产品属性出发,以“受益支付主体一致”原则科学确定成本分担比例,对调整收费标准达到“合理”水平非常关键。

现有的通行费率定价方法主要有:净现金流量法、两部收费法、级差效益法、高峰定价法、双层规划法和计重收费法等^[3-10]。高峰定价法、双层规划法和计重收费法分别从需求的价格弹性、交通量平衡和边际成本的角度出发,在道路使用者之间进行成本分担的计算。级差效益法从消费者支付意愿和能力出发制定收费标准;净现金流量法从财务平衡的角度出发保证收费总额使项目避免收不抵支;两部收费法对固定成本实行“平均分担”,对变动成本“按量分担”,在保证收支平衡的同时兼顾了使用者付费公平。除净现金流量法和两部收费法之外,其余方法在计算成本分担时均未对要分担的成本总量做出讨论,而净现金流量法和两部收费法中均默认对“全部成本”进行分担,即全部建设和运营投入(经营性公路再加投资回报),然而关于还贷性高速公路分担“全部成本”是否合理、合理分担比例如何计算的研究则十分鲜见。在此背景下,本文从还贷性高速公路的产品属性出发,探讨还贷性高速公路成本分担的合理性及其影响因素,并试图建立成本分担比例的计

算方法。

1 成本分担

1.1 俱乐部产品

萨缪尔森给出的公共产品的定义为:那种不论个人是否愿意购买,都得能使社会每一个成员获益的物品,即在消费上同时具有非竞争性和非排他性的物品。并将与此相对应的私人产品定义为:那些可以分割,可以供不同人消费,并且对他人没有外部收益和成本的物品^[11]。

詹姆斯·布坎南指出,萨缪尔森定义的公共产品是“纯公共产品”,而事实上产品的竞争性和排他性是呈连续变化的,兼有公共产品和私人物品属性的混合产品在生活中大量存在。根据竞争性和排他性的有无将混合物品分为 2 类:一是消费上具有非竞争性但容易做到排他的商品,称为俱乐部产品;另一类是消费上具有竞争性但不具有排他性的产品,称为公共资源。就高速公路而言,由于实施封闭式管理和收取通行费,消费上具有排他性和非竞争性,属于俱乐部产品。商品属性如图 1 所示。

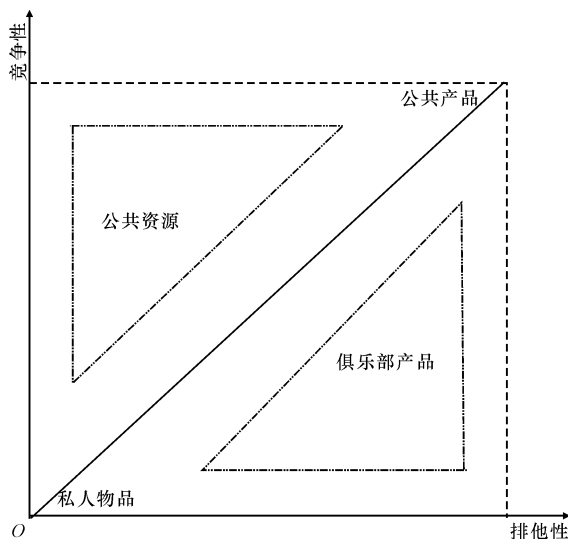


图 1 商品属性

Fig. 1 Goods attributes

1.2 高速公路成本分担

萨缪尔森认为,私人物品的高效分配由市场进行,公共产品的高效供给由政府提供。这本质上是受益和支付主体一致性要求的结果。私人物品由于正外部性小,即容易排他,且具有消费的竞争性,所以使用产品的收益全部由私人占有,因此生产产品的成本自然由私人承担;公共产品有较大的正外部性,消费上具有非竞争性,

产品的受益范围广,以至于由社会全体成员共享,因此产品的成本由政府(全体纳税人)承担。高速公路属于俱乐部产品,由于其消费具有很大的外部性,或者是其他收益实现的前提条件,因此消费者在使用还贷性高速公路获得直接收益的同时,也客观上增加了社会经济效益,所以受益者为公路使用者和社会全体成员。

根据受益和支付主体相一致的基本原则,还贷性高速公路的成本应该由使用者和政府共同承担,成本的负担应该由原来的使用者全部负担转变为使用者分担一定的比例。并且所分担的成本应是固定成本,即公路建设成本,运营成本——变动成本随使用量的增加而增加,由使用者完全承担。

1.3 成本分担的影响因素与计算思路

成本在使用者和政府之间的划分,同样可以根据收益和支付主体一致原则确定,即原则上获得较多收益的一方分担较多的成本。还贷性高速公路的俱乐部产品属性,是公共财政相对不足情况下产品属性阶段性偏离的结果,其本质上仍然是公共产品^[12]。政府修建高速公路是进行公共产品供给,不是为了获得投资回报而进行的经营活动,所以政府因修建高速公路而获得的全部收益(E_1)应该用于弥补建设成本(C),从而达到收益为0的结果。就使用者而言,是否选择高速公路取决于高速公路的使用成本——通行费(T)在使用高速公路的收益(E_2)中所占比例的大小。上述4个变量之间关系为

$$E_1 + T = C \tag{1}$$

$$T = \sigma E_2 \tag{2}$$

式中: σ 为通行费所占收益的比例。

变量间的大小关系是影响成本分担比例的重要因素,分担比例则可通过上述变量计算得出。建设成本是实际发生的成本,可通过调查或资料获得,通行费是使用者收益的函数,因此分担比例只需通过计算政府收益(E_1)和使用者收益(E_2)得出。

2 成本分担比例计算

2.1 收益与成本的界定

2.1.1 公路项目的经济效益

列昂惕夫产业关联理论认为任何一个产业都同其他产业存在关联关系,其产品作为其他产业生产的原材料,同样地,其生产活动的原材料也由其他产业的产品充当。公路项目建设在国民经济分类中作为建筑业的一种,对经济的推动效益分为后向效益、

前向效益和消费效益^[13]。公路项目建设导致各种生产要素直接消耗增加,而某种要素消耗增加,又会间接引起其他要素消耗增加,直接和间接消耗增加的总和称为后向效益。由公路项目建设产出增加导致以其作为原材料的各相关产业产出增加,称为前向效益。上述两项效益的边际消费倾向导致的产出增加称为消费效益。经济效益是整个国民经济的增加,政府收益与使用者收益是特定主体收入的增加,三者既有区别也有联系。对其进行明确的界定是计算政府收益和使用者收益的前提。

2.1.2 政府收益与使用者收益

就政府而言,公路建设投资是其改进生产要素、促进经济发展的投资;就使用者而言,公路使用成本是运输生产者购买生产要素的投资(对于消费者而言是最终消费而不是再生产)。因此政府收益表现为一种经济发展后财政收入的增加,即税收增加;使用者收益表现为使用者(包括运输生产者和最终消费者)因选择该高速公路而节省的投资花费,包括节省燃油和时间的价值。

公路项目的经济效益与政府收益框图见图2。

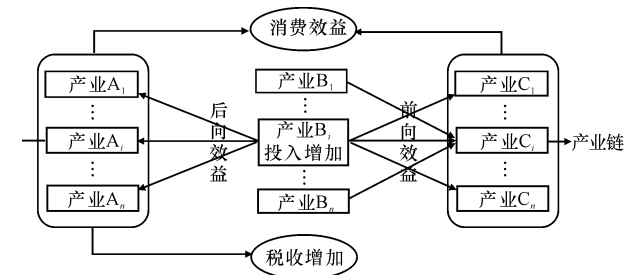


图2 公路项目的经济效益与政府收益

Fig. 2 Economic benefits and government profit of highway project

需要指出的是,以公路项目经济效益计算政府税收增加,即后向、前向和消费效益导致的税收增加,与政府投资公路项目获得的收益是不一致的。原因在于,前向效益是众多要素投入共同导致的,是以全部要素为成本获得的收益,而公路建设项目产出仅作为众多要素投入中的一项。所以包含前向效益的税收增加大大放大了政府收益,经本文计算其收益远远大于公路建设所花费的成本,显然与实际相背离。后向效益反映的是仅由公路项目建设引发的要素需求增加,以此计算税收增加可以相对准确的反映以公路建设投资为成本所获得的收益。显然,政府收益大于或者说至少等于项目建设及其后向效益引发的税收增加。由于无法单独计算项目建

设的前向效益,本文通过计算项目建设和后向效益引发的税收增加来估算政府收益。

2.1.3 建设成本与使用者成本

建设成本指公路项目建设的一切开销,包括高速公路建设的总投资、建设贷款利息、设备等固定资产投资、固定资产折旧、期末大修总投资、期末工程改造总投资、工程改造贷款及利息、设备升级改造费等。使用者成本指全部公路使用者所支付的通行费用。

表 1 投入产出基本流量

Tab. 1 Basic flow of input-output

投入		中间使用				最终使用				进口	其他	总产出
		行业 1	行业 j	行业 n	合计	消费	资本形成	出口	合计			
行业 1		x_{ij} 第Ⅰ象限				第Ⅱ象限						
⋮												
行业 i												
行业 n												
合 计												
增 加 值	劳动者报酬	第Ⅲ象限										
	生产税净额											
	固定资产折旧											
	营业盈余											
	合计											
总投入												

注: x_{ij} 具有双重意义,沿行方向看,表示*i*部门生产的货物或服务提供给*j*部门使用的价值量,被称为中间使用;沿列方向看,表示*i*部门在生产过程中消耗*d_j*部门生产的货物或服务的价值量,被称为中间投入。

2.2.1 消耗系数

(1)直接消耗系数

投入产出表第Ⅰ、Ⅱ象限的*j*列表示*j*产品部门在生产过程中消耗各产品部门生产的货物或服务的价值量,被称为中间投入。直接消耗系数是指*i*部门的投入价值占*j*产品生产要素总投入价值的比例。以 a_{ij} 表示直接消耗系数, $a_{ij}=\frac{x_{ij}}{X_j}$, $i=1,\cdots,n$,其中 $X_j=\sum_{i=1}^n x_{ij}$,表示*j*列元素的行加总。所有系数组成的矩阵为直接消耗系数矩阵,以**A**表示, $\mathbf{A}=[a_{ij}]$ 。

(2)完全消耗系数

生产钢需要直接消耗电力、生铁、耐火材料等,而在生产生铁、耐火材料和其他所消耗的产品时又要消耗电力。这就是钢对电的第 1 次间接消耗。由于所有供消耗的产品都有可能消耗电力,依此类推,还有第 2 次、第 3 次以至无穷次的间接消耗。于是,钢对电力的直接消耗和无数次间接消耗之和,就构成了钢对电的完全消耗。**B**表示完全消耗系数矩阵, $\mathbf{B}=[b_{ij}]=\left(\mathbf{I}-\mathbf{A}\right)^{-1}-\mathbf{I}$, $i,j=1,\cdots,n$ 。

2.2 政府收益核算模型

投入产出表以矩阵形式描述国民经济各部门在一定时期(通常为 1 年)生产活动的投入来源和产出使用去向,揭示国民经济各部门之间相互依存、相互制约的数量和比例关系,具体形式如表 1 所示。本文利用投入产出表计算政府收益,假设前提为在一段时间内(5 年左右),各部门间投入产出的比例关系不产生较大变动。

2.2.2 税收系数

税收系数是指*j*产品部门生产投入中,生产税额占投入总价值的比例,属于直接消耗系数,是投入的增加值,以 t_j 表示。 $t_j=\frac{d_j}{X_j}$, $j=1,\cdots,n$ 。以**T**表示税收系数矩阵, $\mathbf{T}=[t_j]$ 。

2.2.3 核算模型

政府收益 E_1 以项目建设及其后向效益引发的税收增加估算,即

$$E_1=t_c+t_b \tag{3}$$

$$t_c=\frac{d_c}{X_c}C \tag{4}$$

式中: t_c 为项目建设投入引发的生产税; t_b 为后向效益引发的生产税; $\frac{d_c}{X_c}$ 为项目所属行业生产税系数。

项目建设对各产品部门的完全消耗为 $\Delta I_{i,c}$,即项目建设使*i*产品部门总产出增加了 $\Delta I_{i,c}$,在投入产出表中存在“总投入等于总产出”的恒等关系,则与此对应的生产税收增加为

$$t_B=\sum_{i=1}^n t_i \Delta I_{i,C} \tag{5}$$

式中: $\Delta I_{i,C}=Cb_{i,C}$

经整理,得到政府收益的计算公式为

$$E_1=C(\frac{d_C}{X_C}+\sum_{i=1}^n t_i b_{i,C}) \tag{6}$$

2.3 使用者收益核算模型

2.3.1 行车速度

公路交通流的速度-流量模型为^[14]

$$U=\frac{\alpha_1 U_s}{1+(v/c)^\beta} \tag{7}$$

$$\beta=\alpha_2+\alpha_3(\frac{v}{c})^3 \tag{8}$$

式中: U 为标准车平均车速(km/h); v 为标准车每小时交通量(pcu); c 为通行能力(pcu/h); U_s 为设计车速(km/h); α_1 、 α_2 、 α_3 为回归参数,如表 2 所示。

表 2 车速-流量模型参数

Tab. 2 Speed-flow model parameters

技术等级	高速公路			一级公路	
设计车速/(km·h ⁻¹)	120	100	80	100	80
通行能力(单车道)/ (pcu·h ⁻¹)	2 200	2 200	2 000	2 100	1 950
α_1	0.93	0.95	1.00	0.93	0.98
α_2	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
α_3	4.85	4.86	4.90	4.93	4.88

上述公式得出的是某饱和度下的平均车速,对不同车型而言,速度差别较大,可根据陈传德的模型给出各车型与标准车的速度比,进而得出各车型车速为^[15]

$$U'=\begin{cases} ae^{m(\frac{v}{c})^2} & v/c\leqslant 0.8 \\ a_1 e^{m_1(\frac{v}{c})^2} & v/c>0.8 \end{cases} \tag{9}$$

式中: a 、 m 、 a_1 、 m_1 为回归参数,如表 3 所示。

表 3 各车型车速-流量模型参数

Tab. 3 Speed-flow model parameters of all types of vehicles

车型	小客车	大客车	小货车	中货车	大货车
a	87.810	79.080	73.670	68.310	65.000
m	-0.244	-0.154	-0.160	-0.155	-0.150
a_1	83.288	78.710	71.925	70.956	62.375
m_1	-0.616	-0.559	-0.469	-0.455	-0.327

令式(9)中 v/c 为常数,将各车型参数代入式(9),可得出不同车型同标准车的速度比,根据标准车速度 U 即可得到 i 车型速度 U^i ,则 i 车型行驶时间为 $t^i=L/U^i$ 。车型划分采用交通运输部规统便字[2005]126 号文件的标准。

2.3.2 燃油消耗

速度-油耗模型为^[15-16]

$$O_i=\frac{a_iU^2+b_iU^i+c_i}{100} \tag{10}$$

式中: O_i 为车型每车公里油耗(L/km); U^i 为行驶速度(km/h); a_i 、 b_i 、 c_i 为回归系数,按车型和公路不同取值,如表 4 所示。

表 4 各车型车速-流量模型参数

Tab. 4 Speed-flow model parameters of all types of vehicles

公路类型	普通公路			高速公路		
参 数	a_i	b_i	c_i	a_i	b_i	c_i
小客车	0.001 6	-0.248 5	15.611 1	0.001 0	-0.182 4	13.407 8
中客车	0.003 8	-0.505 5	28.985 3	0.002 8	-0.401 3	25.669 4
大客车	0.009 7	-1.191 1	161.845 0	0.007 3	-0.969 8	55.405 3
小货车	0.004 6	-0.637 1	30.776 2	0.003 4	-0.491 7	25.068 6
中货车	0.008 2	-0.961 3	45.885 8	0.004 1	-0.581 7	36.986 2
大货车	0.016 2	-1.817 1	175.239 6	0.012 6	-1.478 1	65.657 3

2.3.3 时间价值

(1)旅客时间价值

$$M_K=\frac{G}{t_p} \tag{11}$$

式中: M_K 为旅客时间价值; G 为人均年工资收入; t_p 为年平均工作小时数(h)。

(2)货物时间价值

$$M_H=\frac{M_Z}{365\times 8Q} \tag{12}$$

式中: M_H 为货物时间价值; M_Z 为批发零售商品销售额; Q 为年社会货运量。

2.3.4 核算模型

根据定义,使用者收益的计算式为

$$E_2=\Delta v_0+\Delta v_t \tag{13}$$

式中: Δv_0 为燃油节省的价值,计算公式为

$$\Delta v_0=P_O(\sum O_i^B V_i L'-\sum O_i^C V_i L) \tag{14}$$

式中: P_O 为燃油价格(元/L); O_i^B 、 O_i^C 分别为并行路段和高速公路各车型每车公里油耗(L/km); V_i 为 i 车型交通量(辆); L' 为并行公路里程(km); L 为新建高速公路里程(km)。 Δv_t 为节省时间的价值,由旅客时间价值和货物时间价值组成,其计算公式为

$$\Delta v_t=M_K \sum q_K^i V_K^i \Delta t_K^i+M_H \sum q_H^i V_H^i \Delta t_H^i \tag{15}$$

式中: V_K^i 为客车 i 车型交通量(辆); V_H^i 为货车 i 车型交通量(辆); q_K^i 为客车 i 车型平均客运量(人); q_H^i 为货车 i 车型平均货运量(10^3 kg); Δt^i 为 i 车型节约时间,计算公式为

$$\Delta t^i = \frac{L'}{U_B^i} - \frac{L}{U_G^i}$$

(16)

式中： U_B^i 为并行路段上 i 车型行车速度(km/h)； U_G^i 为高速公路上 i 车型行车速度(km/h)。

2.4 分担比例计算公式

定义 ω 为成本分担比例,则 $\omega = T/C$,根据 E_1 、 E_2 、 T 、 C 间的关系可得

$$\omega = 1 - \frac{E_1}{C}$$

(17)

本文将政府收益定义为项目建设及其后向效益引发的税收增加,但事实上税收增加是政府收益(E_1)的下限值,即: $E_1 \geq E_1' = t_C + t_B$ 。因此

$$\omega \leq 1 - \frac{E_1'}{C}$$

(18)

通行费 $T = \sigma E_2$,在实际中占使用者收益的比例在某一区间内,即 $\sigma \in (\sigma_1, \sigma_2)$,则 $\sigma_1 E_2 \leq T \leq \sigma_2 E_2$ 。因此

$$\frac{\sigma_1 E_2}{C} \leq \omega \leq \frac{\sigma_2 E_2}{C}$$

(19)

两不等式联立即得到成本分担比例计算公式为

$$\frac{\sigma_1 E_2}{C} \leq \omega \leq \min\left(\frac{\sigma_2 E_2}{C}, 1 - \left(\frac{E_1'}{C}\right)\right)$$

(20)

3 算例

3.1 概况

H 省境内高速公路 J 段全长 100.35 km,投资 30.27 亿元,与其并行的国道里程为 113.5 km。项目 2005 年 1 月建成通车,收费期限 30 年,预计 2035 年停止收费。高速公路及并行路段的具体情况见表 5,本文以该项目为例,对高速公路成本分担比例进行计算。为保证计算的精确度,避免预测数据年限较长导致偏差较大,以 2013 年到 2018 年未来 6 年时间为期限,计算高速公路成本分担比例。

表 5 H 省高速 J 段及并行路段情况

Tab. 5 Status of highway J segment in H province and its parallel road

技术等级	高速公路	一级公路
里程/km	100.35	113.5
设计车速/(km·h ⁻¹)	120	100
通行能力(单车道)/(pcu·h ⁻¹)	2 200	2 100
车道数量/道	4	4
建设成本/(万元·km ⁻¹)	3 000	
收费期限/年	30	

3.2 计算过程

3.2.1 政府收益

依照表 5 中的数据,该项目建设成本约 30 亿

元,每年平均投资约 1 亿元,则 2013 年到 2018 年间该项目投资成本为 6 亿元,即 $C = 60\,000$ 万元。以《2007 年中国投入产出表》中 135 部门投入产出表的数据,结合各系数公式以及政府收益核算公式计算得到: $t_C = 1\,722.24$ 万元; $t_B = 7\,984.03$ 万元,因此政府收益 E_1 为 9 706.27 万元。

3.2.2 使用者收益

(1)交通量

从各年《H 省公路交通情况调查资料汇编》中获取 J 段高速公路各车型 2005 年~2012 年平均日交通量,综合考虑人口、经济和交通量自身增长的因素,预测步骤如下:①根据交通量自身增长趋势首先得出未来年的交通量;②建立一元回归方程预测 GDP、人口未来的各年增长率,计算增长率的几何平均数;③以平均增长率同 2012 年交通量相乘,得到未来年的交通量;④以得到的 2 个预测交通量的算术平均数作为 2013 年~2018 年年平均日交通量,如表 6 所示。

表 6 J 段高速公路各车型年交通量

Tab. 6 Annual traffic of all types of vehicles on highway J segment

年份	小型客车	大型客车	小型货车	中型货车	大型货车
2005	426 628	67 143	27 813	45 946	1 056 681
2006	493 131	77 609	32 148	53 109	1 221 397
2007	604 215	95 092	39 390	65 072	1 496 532
2008	733 398	115 423	47 812	78 985	1 816 496
2009	839 060	132 052	54 700	90 364	2 078 203
2010	1 033 692	162 683	67 389	111 325	2 560 271
2011	1 270 930	200 020	82 855	136 875	3 147 867
2012	1 366 250	215 022	89 069	147 141	3 383 956
2013	1 468 718	231 148	95 749	158 176	3 637 753
2014	1 578 872	248 484	102 931	170 039	3 910 585
2015	1 697 288	267 121	110 650	182 792	4 203 879
2016	1 824 584	287 155	118 949	196 502	4 519 169
2017	1 961 428	308 691	127 870	211 239	4 858 107
2018	2 108 535	331 843	137 461	227 082	5 222 465

(2)行车速度

用预测得到的各年交通量数据,结合表 5 中高速公路和其并行路段的情况,得到各年交通量分别在高速公路和其并行路段的饱和度,以速度-流量模型计算得到各年平均行车速度,数据如下页表 7 所示。

以陈传德的速度比模型结合表 7 数据计算出各车型行车速度比,进而得到各车型行车速度,如表

8、表 9 所示。

型行车速度带入 Δt^i 的计算公式,得到各车型单车将高速公路和其并行路段里程以及对应的各车节约时间,如表 10 所示。

表 7 平均行车速度

Tab. 7 Average running speeds

年份	高速公路			一级公路		
	v/c	β	$U/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	v/c	β	$U/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$
2013	0.125 395 16	1.889 562 778	109.435 766 0	0.131 366 36	1.891 176 335	91.202 387 19
2014	0.134 799 80	1.891 879 809	109.137 087 3	0.141 218 84	1.893 884 326	90.955 619 93
2015	0.144 909 78	1.894 758 250	108.800 290 2	0.151 810 25	1.897 248 455	90.677 824 63
2016	0.155 778 02	1.898 334 128	108.421 499 3	0.163 196 02	1.901 427 702	90.366 010 87
2017	0.167 461 37	1.902 776 430	107.996 755 2	0.175 435 72	1.906 619 567	90.017 187 86
2018	0.180 020 97	1.908 295 087	107.522 119 0	0.188 593 40	1.913 069 405	89.628 467 29

表 8 高速公路各车型行车速度

Tab. 8 Average running speeds of all types of vehides on highway km/h

车型	小型客车	大型客车	小型货车	中型货车	大型货车
比例	1.000 000 0	0.985 392 351	0.912 488 6	0.850 339 8	0.813 191 93
2013 年	109.435 766 0	107.837 166 800	99.858 885 0	93.057 590 0	88.992 281 90
2014 年	109.137 087 3	107.542 851 100	99.586 344 0	92.803 611 0	88.749 398 80
2015 年	108.800 290 2	107.210 973 800	99.279 020 0	92.517 219 0	88.475 518 10
2016 年	108.421 499 3	106.837 716 100	98.933 378 0	92.195 118 0	88.167 488 40
2017 年	107.996 755 2	106.419 176 500	98.545 804 0	91.833 941 0	87.822 089 90
2018 年	107.522 119 0	105.951 473 700	98.112 704 0	91.430 339 0	87.436 119 60

表 9 并行公路各车型行车速度

Tab. 9 Average running speeds of all types of vehicles on parallel road km/h

车型	小型客车	大型客车	小型货车	中型货车	大型货车
比例	1.000 000	0.985 392 351	0.912 488 6	0.850 339 8	0.813 191 9
2013 年	91.202 387	89.870 134 740	83.221 135 0	77.553 022 0	74.165 045 0
2014 年	90.955 620	89.626 972 180	82.995 963 0	77.343 186 0	73.964 376 0
2015 年	90.677 825	89.353 234 810	82.742 478 0	77.106 965 0	73.738 475 0
2016 年	90.366 011	89.045 975 920	82.457 951 0	76.841 817 0	73.484 911 0
2017 年	90.017 188	88.702 248 390	82.139 654 0	76.545 199 0	73.201 251 0
2018 年	89.628 467	88.319 206 120	81.784 951 0	76.214 655 0	72.885 146 0

表 10 单车节约时间

Tab. 10 Time saving per vehicle h

年份	小型客车	大型客车	小型货车	中型货车	大型货车
2013	0.327 509	0.332 364	0.358 918	0.385 150	0.402 745
2014	0.328 376	0.333 243	0.359 868	0.386 170	0.403 811
2015	0.329 352	0.334 234	0.360 938	0.387 318	0.405 012
2016	0.330 449	0.335 347	0.362 140	0.388 608	0.406 360
2017	0.331 676	0.336 593	0.363 485	0.390 051	0.407 869
2018	0.333 042	0.337 979	0.364 983	0.391 658	0.409 550

(3)收益核算

从《H 省统计年鉴(2012)》中获取“人均年工资收入”和“批发零售商品销售额”的历史数据,经预测得到 2013 年到 2018 年数据,代入公式得到各年旅客时间价值和货物时间价值,如下页表 11 所示。

表 11 旅客时间价格和货物时间价格
Tab. 11 Time value of passenger and goods

年份	旅客时间价值/(元·(h·人) ⁻¹)	货物时间价值/(元·(h·t) ⁻¹)
2013	16.117 942	0.549 096 9
2014	18.311 569	0.552 786 1
2015	20.803 746	0.556 116 7
2016	23.635 104	0.559 101 4
2017	26.851 806	0.561 752 7
2018	30.506 295	0.564 082 4

以交通量数据、节约时间数据、时间价值数据以

表 12 时间节约价值

Tab. 12 Saving time value 万元

车型	3 人小型客车	20 人大型客车	1.5 t 小型货车	4 t 中型货车	20 t 大型货车	合计
2013 年	675.620 72	719.373 3	0.822 208 6	3.886 790	467.361 274 3	1 867.064 3
2014 年	889.569 14	947.176 8	0.959 292 1	4.534 819	545.282 523 0	2 387.522 6
2015 年	1 241.979 50	1 322.409 0	1.185 983 0	5.606 445	674.138 555 3	3 245.319 5
2016 年	1 718.394 00	1 829.675 6	1.452 097 0	6.864 431	825.403 285 9	4 381.789 5
2017 年	2 241.824 60	2 387.003 1	1.675 379 0	7.919 942	952.321 607 4	5 590.744 7
2018 年	3 150.659 70	3 354.693 5	2.081 106 0	9.837 920	1 182.945 976 0	7 700.218 2

表 13 使用者收益

Tab. 13 User profit 万元

年份	时间节约	燃油节约	合计
2013	1 867.064 3	11 082.332 3	12 949.396 6
2014	2 387.522 6	12 015.086 6	14 402.609 2
2015	3 245.319 5	13 040.773 5	16 286.093 0
2016	4 381.789 5	14 171.373 2	18 553.162 7
2017	5 590.744 7	15 420.753 4	21 011.498 1
2018	7 700.218 2	16 804.949 8	24 505.168 0
合计	25 172.659 0	82 535.270 0	107 707.930 0

3.2.3 分担比例

根据上述计算, $E_1' + t_c + t_b = 9\,706.27$ 万元; $E_2 = 107\,707.93$ 万元; 对于收费额占使用者收益的比例, 世界银行给出的建议为 $30\% \sim 50\%$ [16], 即 $\sigma_1 = 0.3, \sigma_2 = 0.5$ 。则

$$\frac{\sigma_1 E_2}{C} = 53.85\%$$

$$\frac{\sigma_2 E_2}{C} = 89.76\%$$

$$1 - (\frac{E_1'}{C}) = 83.82\%$$

因此, $53.85\% \leq \omega \leq 83.82\%$, 即使用者负担高速公路建设成本的比例约在 $54\% \sim 84\%$ 之间。

4 结 语

(1) 从“谁受益, 谁支付”的原则出发, 提出还贷性高速公路的成本应由使用者和政府共同承担的观

及抽样调查得到的各车型平均客(货)载量数据, 代入公式得到各车型节约时间获得的价值, 如表 12 所示。

以表 8、表 9 中数据分别带入 O_i 公式, 得到 2 种情况下各车型单车油耗量, 再以交通量数据和公路里程得出 2 种情况下总油耗量, 相减得到燃油节约量。按照 7 元/L 的燃油价格计算, 最终得到燃油节约价值。结合时间节约价值, 使用者受益为 107 707.93 万元, 如表 13 所示。

点, 使费率制定更加公平。并分析得出影响分担比例的因素为政府收益和使用者收益。

(2) 用产业关联理论, 厘清了公路项目的“经济效益”、“政府收益”和“使用者收益”3 个概念。明确定义政府收益为税收增加, 使用者收益为节省的燃油和时间价值, 有效提高了计算 2 种收益的精度。

(3) 结合投入产出表, 构建了政府收益核算模型; 综合“速度-流量”模型、“速度-油耗”模型以及“旅客和货物时间价值”模型, 构建了使用者收益核算模型; 最后给出了分担比例计算公式。算例显示, 使用者应分担成本的比例为 $53.85\% \sim 83.82\%$, 可为公平制定费率提供理论和方法上的支持。

(4) 由于政府收益不包括前向效益, 致使计算不够精确。如何运用投入产出表或者构建新的计算模型, 计算由公路项目单独引发的前向效应是进一步研究的方向。

参考文献:

References:

[1] 交通运输部网站. 交通运输部收费公路专项清理工作新闻通气会[OL]. 2011-6-22. <http://www.moc.gov.cn/zhuzhan/wangshangzhibo/shoufeiqingli/>.
Website of Transportation Apartment. News of conference of “Special Clean-up on Toll Roads”[OL]. 2011-6-22. <http://www.moc.gov.cn/zhuzhan/wangshangzhibo/shoufeiqingli/>. (in Chinese)

- [2] 周国光.高等级公路收费费率确定的一般理论研究[J].交通财会,1997(4):9-10.
ZHOU Guo-guang. General theory research on highway pricing rate [J]. Transportation Finance, 1997(4): 9-10. (in Chinese)
- [3] 赵凤山,李文香,王大勇,等.高速公路收费标准的研究[J].东北林业大学学报,1996,24(1):81-86.
ZHAO Feng-shan, LI Wen-xiang, WANG Da-yong, et al. Research on highway pricing rate [J]. Journal of Northeast Forestry University, 1996, 24(1): 81-86. (in Chinese)
- [4] 陈传德,赵文义.基于级差效益的公路收费定价模型[J].长安大学学报:自然科学版,2009,29(4):39-42.
CHEN Chuan-de, ZHAO Wen-yi. Toll road pricing model based on differential benefit [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2009, 29(4): 39-42. (in Chinese)
- [5] 陆亚兴.公路收费原则及其收费标准的确定方法探讨[J].重庆交通学院学报,1992,11(1):89-94.
LU Ya-xing. Computational method of fee scale and principle [J]. Journal of Chongqing Jiaotong Institute, 1992, 11(1): 89-94. (in Chinese)
- [6] 周龙.拉姆塞定价模型在地铁定价中的应用[J].地铁与轻轨,2001(4):50-51.
ZHOU Long. Application of Ramsey model in metro pricing [J]. Metro and Light Rail, 2001(4): 50-51. (in Chinese)
- [7] 于世军,李旭宏,陈大伟,等.网络条件下高速公路收费费率优化方法研究[J].公路交通科技,2005,22(6):134-138.
YU Shi-jun, LI Xu-hong, CHEN Da-wei, et al. Optimal method of toll rate for expressway network [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22(6): 134-138. (in Chinese)
- [8] 王健伟,马 瞰,杨 铭.收费公路计重定价理论模型[J].中国公路学报,2004,17(3):101-104.
WANG Jian-wei, MA Jian, YANG Ming. Pricing theory model on toll-by-weight turnpike [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(3): 101-104. (in Chinese)
- [9] 张 军,李旭宏,何 杰,等.基于当量轴次和当量系数理论的计重收费计算方法研究[J].公路交通科技,2008,25(11):149-153.
ZHANG Jun, LI Xu-hong, HE Jie, et al. Study on charge standard calculation method for toll-by-weight based on equivalent axle theory and equivalent coefficient theory [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25(11): 149-153. (in Chinese)
- [10] 曹锦文,左庆乐,高 博.计重收费要素与模型分析及改进[J].中外公路,2009,29(1):264-269.
CAO Jin-wen, ZUO Qing-le, GAO Bo. The factor of toll-by-weight and model analysis and improvement [J]. Journal of China and Foreign Highway, 2009, 29(1): 264-269. (in Chinese)
- [11] 萨缪尔森.经济学[M].北京:人民邮电出版社,2008.
Samuelson P A. Economics [M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2008. (in Chinese)
- [12] 萧 赓.关于公路经济属性问题的若干思考—浅谈公路在公共财政和国有资产管理体制改革中定位的基础理论[J].公路,2003(8):118-120.
XIAO Geng. Thinking of the economic attribute of highway-in the reform of public finance and state-owned assets management system [J]. Highway, 2003(8): 118-120. (in Chinese)
- [13] 汪传旭.交通运输业对国民经济贡献的衡量方法[J].中国公路学报,2004,17(1):98-101.
WANG Chuan-xu. Quantitative study of transportation's contribution to national economy growth [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(1): 98-101. (in Chinese)
- [14] 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. (in Chinese)
- [15] 王 健,王晓原,王 刚.公路燃油消耗统计模型的建立与实证研究[J].山东师范大学学报:自然科学版,2004,19(4):13-16.
WANG Jian, WANG Xiao-yuan, WANG Gang. Study on statistical model of highway oil-consumption [J]. Journal of Shandong Normal University: Natural Science, 2004, 19(4): 13-16. (in Chinese)
- [16] 王飞雄.基于级差效益的高速公路合理收费标准研究[D].广州:华南理工大学,2011.
WANG Fei-xiong. Research on toll standard of expressway based on differential benefit [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011. (in Chinese)

