

高速公路通行费收入预测方法研究

蔡晓¹, 李燕鸿², 李培骏¹

(1.四川公路工程咨询监理公司, 四川 成都 610041; 2.四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院, 四川 成都 610041)

摘要: 以经营性高速公路为例, 通过搜集已运营高速公路的通行车辆数和对应的通行费收入, 分析影响通行费收入的因素, 确定可量化的指标, 通过计算公式将量化指标联系起来, 预测新建或扩建高速公路未来年的通行费收入, 为相关决策提供数据支持。

关键词: 工程经济; 高速公路; 通行费收入; 新建或扩建

中图分类号: U415.11

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)02-0173-05

近年来, 中国高速公路迅猛发展, 通车里程已位居世界第一, 高速公路网络框架总体形成, 基本覆盖全国城镇人口 20 万以上城市。高速公路不仅缩短了省际之间、重要城市之间的时空距离, 加快了区域间人员、商品、技术、信息的交流速度, 有效降低了生产运输成本, 重要的是带动了经济落后地区与外界的联系, 促进了落后地区的发展。但高速公路建设投资大, 资金主要来源于银行贷款。通行费为高速公路运营的主要收入来源, 特许经营的高速公路公司主要依靠车辆通行费收入还银行贷款和利息、支付高速公路日常运营开支。对于新建或扩建高速公路, 了解项目回收即未来年通行费收入尤其重要。新建或扩建高速公路的通行费收入需通过预测获得, 它与运营后获得通行费收入的计算方法类似, 但有区别。该文对新建或扩建高速公路通行费收入进

行预测, 为高速公路公司及相关管理部门决策和管理提供数据来源。

1 运营高速公路通行费收入影响因素

搜集某高速公路历年通行车流量及对应通行费收入(见表 1~5), 分析影响实际通行费收入的因素, 作为预测新建或扩建高速公路运营后通行费收入的相关指标。

由表 1~5 可知: 影响运营高速公路通行费收入的因素包括:

(1) 交通量。根据表 1 和表 2, 车流量越大, 通行费收入越大, 即通行费收入与车流量呈正比。在收费标准一定的条件下, 交通量越大, 通行费收入越大; 相反, 交通量越小, 通行费收入越小。

(2) 车型。根据表 3, 该高速公路 2012—2015

表 1 某高速公路 2012—2013 年通行车流量及对应通行费收入

月份	通行费收入			日均车流量		
	2012 年/元	2013 年/元	同期增减/%	2012 年/辆	2013 年/辆	同期增减/%
1	35 700 148	37 500 867	5.04	23 523	21 546	-8.40
2	31 621 233	23 186 926	-26.67	19 186	18 738	-2.34
3	38 221 258	37 276 337	-2.47	19 858	22 641	14.01
4	37 532 688	30 760 019	-18.04	19 225	17 670	-8.09
5	38 196 345	24 738 410	-35.23	18 941	21 969	15.99
6	34 325 508	36 550 472	6.48	15 929	22 127	38.91
7	37 559 933	36 044 253	-4.04	21 853	22 783	4.26
8	39 359 379	40 216 395	2.18	24 020	25 489	6.12
9	35 071 482	36 847 618	5.06	18 352	22 610	23.20
10	31 328 704	35 063 189	11.92	22 396	21 113	-5.73
11	35 385 588	37 979 344	7.33	23 737	23 397	-1.43
12	35 782 239	38 255 597	6.91	18 947	23 067	21.74
合计	430 084 505	414 419 427	-3.64	20 497	21 929	6.99

表2 某高速公路2014—2015年通行车流量及对应通行费收入

月份	通行费收入			日均车流量		
	2014年/元	2015年/元	同期增减/%	2014年/辆	2015年/辆	同期增减/%
1	36 698 372.00	40 002 372.05	9.00	25 212	32 010	26.96
2	25 016 252.00	28 088 175.40	12.28	20 541	24 570	19.61
3	40 863 979.00	40 334 589.10	-1.30	26 820	32 303	20.44
4	38 681 621.00	36 047 132.95	-6.81	25 060	29 735	18.66
5	39 946 505.00	36 235 140.25	-9.29	24 095	30 385	26.11
6	37 600 571.00	35 614 103.65	-5.28	25 114	32 443	29.18
7	42 113 044.00	36 156 974.65	-14.14	27 606	31 110	12.69
8	41 791 730.00	39 628 061.75	-5.18	30 529	31 665	3.72
9	44 324 174.00	38 848 838.65	-12.35	30 680	32 569	6.16
10	35 727 982.00	37 022 752.06	3.62	24 401	35 699	46.30
11	39 505 780.50	45 665 076.55	15.59	34 708	32 002	-7.80
12	41 962 978.50	40 253 710.75	-4.07	36 062	31 710	-12.07
合计	464 232 989.00	453 896 927.81	-2.23	27 569	31 350	13.71

表3 某高速公路2012—2015年客车、货车流量及对应通行费收入

年份	日均交通流量				通行费收入			
	客车		货车		客车		货车	
	流量/辆	占比/%	流量/辆	占比/%	收入/元	占比/%	收入/元	占比/%
2012	15 057	73.46	5 440	26.54	234 008 979	54.41	196 075 525	45.59
2013	15 901	72.51	6 028	27.49	219 577 144	52.78	194 842 283	47.22
2014	20 507	74.38	7 062	25.62	259 612 622	55.98	204 126 536	44.02
2015	24 068	76.77	7 282	23.23	261 387 555	57.65	191 986 156	42.35

表4 某高速公路2012—2015年通行费总收入与免收的通行费

年份	通行费收入/ 万元	免收的通行费	
		金额/万元	占比/%
2012	43 008	905.00	2.10
2013	41 442	1 554.12	3.75
2014	46 423	1 866.20	4.02
2015	45 390	2 361.71	5.20

表5 某高速公路2012—2015年货车流量及通行费收入

年份	货车流量 (进出站之和/2)/辆	货车收入		平均单车 通行费收入/ (元·车 ⁻¹)
		金额/元	占比/%	
2012	1 846 608	196 075 525	45.59	106.18
2013	2 069 185	194 842 283	47.22	94.16
2014	2 577 630	204 126 536	43.97	79.19
2015	2 657 930	191 986 156	42.30	73.06

年的客车日均交通流量分别占73.46%、72.51%、74.38%和76.77%，对应通行费收入占比分别为

54.41%、52.78%、55.98%和57.65%；货车日均交通流量分别占26.54%、27.49%、25.62%和23.23%，对应通行费收入分别占45.59%、47.22%、44.02%和42.35%。尽管货车的交通流量占比不超过30%，但其收入占40%以上，货车对通行费收入的贡献较大。这是因为货车计重收取通行费用，即正常装载的合法运输车辆行驶计重收费，以收费站实际测量确定车货总重和行驶里程为依据，当车货总重超过该路段承载能力认定标准时，按基本费率的倍数线性递增计重收取车辆通行费。

(3) 里程和收费标准。表1~5中的高速公路通行费收入是按照区间获得的通行费收入的累计值，区间通行费收入通过收费区间(区间里程)和收费标准获得。收费区间由车辆起讫点距离决定。收费标准由高速公路所在地政府和物价部门共同制定，原则是使高速公路的社会效益最大化、经济效益最优化，依据各地区经济发展水平和道路等级的不同有一定差异。另外，随着物价水平的提高，收费标准也将调整。

(4) 政策。2012年国庆节开始实施7座以下(含7座)小型客车免收通行费,以后每年的春节、五一、清明、国庆共20d均免收通行费。表4中,2012—2015年小型客车免收的通行费逐年递增,占当年通行费的比例也逐年增加,其中2012年最低,原因是当年轻仅国庆7d免收通行费。从2013年12月21日起,高速公路实施入口货车计重和严禁超限超载货车进入高速公路的政策,该高速公路2014年货车流量为2 577 630辆,2015年为2 657 930辆,比2014年增加3.12%,货车收入占总收入的比例由2014年的43.97%下降至2015年的42.3%。2014年实施正常装载优惠政策,平均单车通行费比未实施该政策的2013年大幅下降,降幅达15.9%。

2 高速公路通行费收入预测方法

根据上述分析,量化通行费收入可通过交通量、收费标准和收费里程实现,而收费标准与收费车型有关。因此,对于新建或扩建高速公路,未来年通行费收入可通过交通量、收费标准、收费里程和收费车型来预测。

2.1 交通量

通行费收入与进入高速公路的交通量呈正比关系,交通量越大,在收费标准一定的条件下,通行费收入越大。一条高速公路建成后运营初期,路段的交通量较少,人们选择距离短、快捷、舒服公路出行的习惯及经济的发展和整个社会经济形势的改善,路段交通量一般会呈增加趋势,一定时间后,车流量会缓慢增加。

对于新建或扩建高速公路,未来年的交通量通过调查项目影响相关区域历年经济和交通运输数据、相关路网现有交通出行OD及车型,采用四阶段法预测获得。

2.2 收费标准

收费标准主要由交通主管部门会同计委、物价局等有关部门综合项目区经济发展水平、物价影响因素后确定。若收费标准太高,道路使用者将避开

收费公路,选择通道内道路条件稍差,但免费的其他公路,使高速公路交通流量减少,通行费收入减少,造成公路资源浪费,经营风险增大。反之,若收费标准太低,运输通道内更多车辆将分流至高速公路,造成高速公路使用率上升,道路经营者的运营成本加大,经营风险仍然存在。因此,确定车辆通行费收费标准时应考虑公路使用者对公路收费的负担能力和接受能力、公路投资者期望的投资收益。实际运营时,收费标准随着经济及物价水平变化,隔几年要作一次调整。

预测新建或扩建高速公路通行费收入时,借鉴所在省份类似技术标准的高速公路不同车型的收费标准,并隔几年按照一定百分比增长确定新的收费标准。

2.3 收费车型

分车型收费的主要目的是保证通行费计收的相对合理性。JTG B01—2014《公路工程技术标准》依据额定载荷划分车型,通行费收入预测采用该规范划分的车型(见表6)。这种预测方法对同一车型(客车)中的空车、重车不加区别,按照额定载荷收取相同费用。实际运营时客车按额定载荷收取通行费,不区分空车和重车。

表6 《公路工程技术标准》中的代表车型及车辆折算系数

代表车型	车辆折算系数	划分标准
小客车	1.0	座位≤19座的客车和载质量≤2t的货车
中型车	1.5	座位>19座的客车和2t<载质量≤7t的货车
大型车	2.5	7t<载质量≤20t的货车
汽车列车	4.0	载质量>20t的货车

对于新建或扩建高速公路,其未来年车型比例可通过上述获得交通量的方法获得,不区别同一车型中的空车和载重。但预测时划分的车型与实际收费划分的车型稍有区别,实际收费车型见表7。

实际运行中车辆通行费的收取方法如下:1)当

表7 车辆分类与收费价格折算系数

车辆类别	车型及规格	折算系数
一类车	7座(含7座)以下轿车,小型客车,2t(含2t)以下小货车	1
二类车	8~19座客车,载重2~5t(含5t)货车	2
三类车	20~39座客车,载重5~10t(含10t)货车,6.096m集装箱运输车	3
四类车	40座(含40座)以上客车,10~15t(含15t)货车,12.192m集装箱运输车	4
五类车	货车载重15t以上	5

单车拖曳另一辆挂车时,该组合车辆的车型按照高于主车一个类别的车型分类标准收费。2)牵引车单机头行驶收费公路时,按分类划分的第二类车型标准收费;行驶收费公路的不能载客也不能载货的吊车等特种车辆按照车辆核定总质量折半所对应的车型分类标准收费。3)大型物件运输车辆按《道路大型物件运输管理办法》的有关规定执行,重量在20 t以上(含20 t)的单体货物或不可解体的成组(捆)货物,其车辆通行费按车辆划分类别及通行费+超过20 t的实际吨位数×一类车收费标准收取。4)装运2只6.096(20英尺)或12.192 m(40英尺)标准集装箱的运输车辆分别上靠一个类别收费。5)以上车辆不分空车、重车,以行驶证核定吨(座)位为准。货车按计重收费规定执行。6)20~30座客车临时降低一个类别收取车辆通行费,即由三类车型降为二类车型,实施时间至2011年4月9日止。

可见,预测获得的车型与实际收费车型有区别。为了使预测通行费收入更接近运营后的通行费收入,将预测获得不同比例车型转化为实际收费所对应的车型。在预测计算时,依据所在省份相似技术标准的高速公路实际通行车辆车型比例及预测交通量,将预测车型对应的交通量转化为实际收费对应车型的交通量。

根据国务院颁布的《收费公路管理条例》,除下述车辆免收通行费外,其他车辆都依法缴纳通行费:军队车辆、武警部队车辆;公安机关在辖区内收费公路上处理交通事故、执行正常巡逻任务和处置突发事件的统一标志的制式警车;经国务院交通主管部门或省人民政府批准执行抢险救灾任务的车辆;进行跨地区作业的联合收割机及运输联合收割机(包括插秧机)的车辆。另外,已开通绿色通道的运输鲜活农产品的车辆也免收通行费。参考各省现有高速公路免费车所占比重,有效费率按95%计算。

2.4 收费里程

高速公路的功能之一是解决长途运输,提高车辆运输效率。对于运营公司,车辆运行距离越远,通行费收入越大,运营收益增多,运营成本也会增加。

对于新建或扩建高速公路,预测通行费收入采用的行驶里程根据预测所得未来年OD表获得。

2.5 收费时间

根据国发[2012]37号《国务院关于批转交通运输部等部门重大节假日免收小型客车通行费实施方案的通知》,每年重大节假日(春节、清明节、劳动节

和国庆节)共20 d免收通行费,即每年的实际收费时间为345 d(按照平年计算),其中未考虑日常运输鲜活农产品运输车辆免收的通行费。

从2012年开始重大节假日实施小客车免通行费政策,免收通行费占当年通行费的比例逐年增加,由2012年的2.1%增加至2015年的5.2%。

根据历年统计数据,每年大型节假日(春节、清明节、劳动节和国庆节)小客车及上述免费车辆和运输鲜活农产品车辆所免去的通行费合计约为总收费收入的7%。为避免重复扣除绿色通道及国务院规定的免费车辆和节假日的通行费,确保预测的未来年通行费收入与将来实际通行费收入接近,按预测得到的全部车辆以每年365 d计算新建或扩建高速公路通行费,取其中的93%作为有效车辆通行费。

2.6 预测计算公式

依据文献[1],新建高速公路运营后,每年通行费收入通过预测获得,预测计算公式为:

$$R = \sum_{v=1}^n (T_v \times TR_v \times L) \times 365 \quad (1)$$

式中: R 为收费年收入(元); T_v 为车型 v 的年平均日交通量(自然数,辆/d); TR_v 为车型 v 的收费标准[元/(车·km)]; L 为拟建项目里程(km);车型为标准小客车,通过车辆折算系数将其他车型转化为标准小客车。

依据文献[1],对于扩建高速公路,原则上采用增量法计算通行费收入,即扩建后增加的通行费收入,计算公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^n (T_{vi} \times TR_{vi} \times L_i) \times 365 - \sum_{j=1}^n (T_{vj} \times TR_{vj} \times L_j) \times 365 \quad (2)$$

式中: R 为增量通行费收入(元/年); T_{vj} 、 T_{vi} 分别为扩建前后车型 v 的收费交通量(辆/d); TR_{vj} 、 TR_{vi} 分别为扩建前后的收费标准[元/(车·km)]; L_j 、 L_i 分别为扩建前后的收费路段长度(km)。

3 实例

某条高速公路属于国道,2016年平均日交通量为44 618辆/d(折算后),全路段交通量趋于饱和,经常出现交通拥堵现象,尤其是节假日交通拥堵十分严重。按照国家发改委和交通运输部提出的对国家高速公路网拥挤路段扩容“尽可能采用原路加宽改造,条件受限时再选择新建复线”的指导原则,设计单位提出将该高速公路前后路段按不同方式实施

扩容建设。其中:第一段,新建八车道,路线长 42 km;第二段为原路加宽,扩容改造为八车道,路线里程 89 km。

以 2016 年为基年,依据四阶段法预测该高速公路扩建后未来年的交通量,结果见表 8,对应车型比例见表 9。收费标准参考相似技术标准的高速公路收费标准(见表 10)。按上述预测公式,未来年的通行费收入见表 11。

表 8 未来年交通量预测结果

年份	预测交通量/(pcu · d ⁻¹)	
	第一段	第二段(新增)
2020	46 342	35 513
2025	59 364	45 762
2030	70 625	55 846
2035	80 154	63 803
2039	87 193	68 922
2045	94 611	75 938
2049	98 445	82 665

表 9 未来年车型比例(标准小客车)预测结果

年份	各车型的比例/%					
	小客	大客	小货	中货	大货	汽车列车
2020	66.92	5.14	7.01	4.54	12.47	3.92
2025	67.13	5.22	6.75	4.26	12.60	4.04
2030	67.32	5.30	6.49	3.98	12.81	4.10
2035	67.44	5.37	6.34	3.82	12.89	4.14
2039	67.50	5.43	6.21	3.69	12.99	4.18
2045	67.55	5.49	6.09	3.57	13.08	4.22
2049	67.62	5.54	5.97	3.45	13.17	4.25

由表 8~11 可知:该项目扩容改建后,未来年交通流量逐年增加,之后增长速度放缓。预测年内收费标准不变。在通行里程、收费标准、车型划分、相关政策等因素不变的情况下,未来年其通行费收入随着交通量的增长而增加。

4 结语

实际运营的经营性高速公路的通行费收入除受

表 10 车型分类标准和收费标准

车辆类别	车型及规格	收费标准/[元 · (车 · km) ⁻¹]
一类车	7 座(含 7 座)以下轿车,小型客车,2 t(含 2 t)以下小货车	0.80
二类车	8~19 座客车,2~5 t(含 5 t)货车	1.60
三类车	20~39 座客车,5~10 t(含 10 t)货车,6.096 m 集装箱运输车	2.40
四类车	40 座(含 40 座)以上客车,10~15 t(含 15 t)货车,12.192 m 集装箱运输车	3.20
五类车	15 t 以上货车	4.00

表 11 未来年通行费收入预测结果

年份	通行费收入/万元	
	第一段	第二段(新增)
2020	101 302	77 630
2025	130 154	100 332
2030	155 288	122 792
2035	176 448	140 454
2039	192 240	151 957
2045	208 895	167 666
2049	217 639	182 753

上述因素影响外,自然灾害等特殊情况下免收通行费政策也会影响其通行费收入。如 2008 年四川发生地震,成都机场高速公路在震后按政府要求对过往车辆全部免费放行,使其 2008 年通行费收入分别比 2007、2009 年同期减少 2.44%、32.3%。此外,相关公路的施工、新建高速公路试运行免费或高速公路

路网扩大、城际客专通车、经济通货膨胀或收费政策变动等都会影响经营性高速公路的通行费收入。

该文预测新建或改建高速公路未来年的通行费收入,作为经营性高速公路工程可行性研究和 PPP 项目财务评价方案的基础数据来源,从经济收益角度为政府部门及企业决策者提供量化依据,提高决策的正确性。项目决策时,除考虑财务经济收益外,还需考虑国民经济收益,如时间节省、减少运输途中损耗、国防安全、环保等方面的效益,即考虑项目带来的综合收益。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委,建设部.建设项目经济评价方法与参数[M].第三版.北京:中国计划出版社,2006.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国

施 PPP 项目融资风险指标,建立了 PPP 融资风险指标体系。基于层次分析法确定各指标权重,结合模糊可拓理论建立 PPP 融资风险评价模型,该模型可有效解决指标间的模糊性和不相容问题,增强公路基础设施项目融资风险评价的科学性和合理性。工程实例评价结果与现场调研结果相吻合,验证了该模型的正确性及实用性,表明该模型能为 PPP 公路项目融资提供风险预判,降低融资风险,为 PPP 公路项目融资的顺利进行提供保障。

参考文献:

[1] 周群.高速公路 PPP 项目投资方风险评价研究[J].公路与汽运,2016(2).
 [2] Bing L, Akintoye A, Edwards P J, et al. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK[J]. International Journal of Project Management, 2005, 23(1).
 [3] 查勇,梁云凤.在公用事业领域推行 PPP 模式研究[J].中央财经大学学报,2015,35(5).
 [4] 王伟,夏秀龙,张雅博.辽宁基础设施 PPP 融资风险合理化分担研究[J].地方财政研究,2016,13(4).

[5] 朱寅.PPP 模式下基础设施项目融资风险管理[J].现代国企研究,2017(8).
 [6] 李凯风.城镇基础设施建设 PPP 融资模式风险管理研究[J].求索,2016,21(1).
 [7] 张明磊,张益东,季明,等.基于模糊可拓综合评价方法的巷道支护参数优化[J].采矿与安全工程学报,2016,33(6).
 [8] 黄飞澜.基于模糊可拓的农村公路桥梁养护质量评价[J].中外公路,2014,34(4).
 [9] 潘晓宇.基于模糊综合评价法的高速公路 PPP 项目承包商风险分析[J].公路与汽运,2017(6).
 [10] 陈纯.基于 PPP 融资模式的农村基础设施企业风险管理研究[J].企业改革与管理,2016(13).
 [11] 李妍.基于博弈论的基础设施 PPP 模式风险分担研究[J].徐州:中国矿业大学,2017.
 [12] 江春霞.公共部门视角下高速公路 PPP 项目前期决策研究[D].西安:长安大学,2017.
 [13] 蔡晓琰.收费公路 PPP 项目投资回报机制研究[D].西安:长安大学,2017.

收稿日期:2017-10-21

(上接第 172 页)

[4] 王佩贤,刘永睿,王婷.Excel VBA 在 GPS 坐标转换计算中的应用[J].测绘科学,2012(5).
 [5] 王汉雄,乔景顺.Excel VBA 在测量数据处理中的应用[J].测绘科学,2008(2).
 [6] 杨亭,常霞,粘丹妮.卫星遥测数据处理软件 Excel VBA 实现[J].计算机测量与控制,2014,22(8).
 [7] 汪莲,左胜,邵亚会,等.公路桥梁技术状况评定标准技术问题研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2015,38(11).

[8] 鲁巍巍,郭鑫.湖南省高速公路桥梁管理系统的研究与开发[J].公路与汽运,2009(3).
 [9] 陈照全,陈卫全.在用公路桥梁承载能力检测评定分析[J].公路与汽运,2015(4).
 [10] 沈海华,王银辉.基于 BIM 的桥梁养护管理应用初探[J].公路与汽运,2016(4).
 [11] 刘俊杰,李佑钢,吕振淑,等.浅谈三维 GIS 在桥梁群管理中的应用[J].公路交通科技:应用技术版,2015(5).

收稿日期:2017-12-08

(上接第 177 页)

交通运输部.公路建设项目经济评价方法与参数[M].北京:中国计划出版社,2010.
 [3] 曹光前,石勇民.高速公路收费标准分析方法研究[J].西安公路交通大学学报,1999,19(4).
 [4] 龙涌,蒋葛夫,冯云才.高速公路收费标准制定方法探讨[J].西南交通大学学报,2001,36(4).
 [5] 胡耀龙,蓝万炼,梁小文.基于四阶段法的高速公路收费收入预测研究:以宁常、镇溧高速公路为例[J].公路与汽运,2017(6).
 [6] 董梅.我国高速公路收费政策影响因素与预测[J].农村经济与科技,2016(10).

[7] 肖润谋,闫晟煜,孟庆鹏.交通流分流模式下高速公路收费年限研究[J].公路与汽运,2012(3).
 [8] 刘新杰.计重收费高速公路收费额预测方法研究[J].道路交通安全,2008(5).
 [9] 谷桂芳.计重收费模式下高速公路通行费收入预测研究[D].西安:长安大学,2009.
 [10] 林艳宁,宋晓磊.计重收费模式下高速公路收费额预测方法研究[A].中国公路学会高速公路运营管理分会 2011 年度年会暨第十八次全国高速公路运营管理工作会议论文集[C].2011.

收稿日期:2017-07-09