

公交专用车道设置综合效益评估 ——以京通快速路为例

童文聪, 缪芳

(上海济安交通工程咨询有限公司, 上海 200092)

摘要:为解决当前公交专用车道设置缺乏评估标准的问题,从个人出行成本和社会成本两个角度出发,对公交专用车道设置前后交通运营成本组成进行分析。在此基础上,重点针对公交专用车道运营的直接效益,通过分析公交专用车道设置前后交通运行参数的变化,分别对运营产出和运营成本进行综合分析,评估公交专用车道设置前后的运能总量、时间及能源消耗成本的变化,并将其折算成货币指标,实现评估指标的量化。最后,以京通快速路为例进行了评估实证分析。

关键词: 公交政策; 公交专用车道; 综合效益评估; 运能总量; 出行时间成本; 出行能耗成本

Evaluation on Comprehensive Benefits of Exclusive Bus Lane Settings: Taking Jingtong Expressway as an Example

Tong Wencong, Miao Fang

(Shanghai Ji'an Transportation Consulting Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Realizing the lack of evaluation standard for setting exclusive bus lanes, this paper analyzes the operation costs before and after setting exclusive bus lanes from the perspectives of individual travel cost and social cost. Focusing on the direct benefits of exclusive bus lanes, the paper discusses the operation costs and benefits through analyzing the change of traffic parameters before and after setting exclusive bus lanes. By evaluating the changes of transport capacity, time cost and energy cost, the paper quantifies these indicators into monetary values. Finally, a case study using Jingtong Expressway as an example is conducted.

Keywords: public transit policies; exclusive bus lanes; evaluation of comprehensive benefits; transport capacity; travel time cost; travel energy cost

收稿日期: 2013-11-06

作者简介: 童文聪(1983—),男,福建连城人,硕士,技术研发部经理,主要研究方向:城市交通管理与设计、ITS系统研发。E-mail: twctwc2006@126.com

0 引言

随着城市经济持续发展、居民生活水平不断提高,居民出行需求呈增长趋势。出行者不仅仅关注交通方式的可用性及低成本,而且对出行舒适性、便捷性提出了更高要求。公交专用车道作为实现公共交通优先的一个重要措施,旨在对现有路权进行重新分配,改善公交运行环境,提高公共汽车的运行速度、准点率及可靠性,从而吸引更多乘客选择公交出行。

公交专用车道的设置直接影响道路交通。合理设置公交专用车道可以有效实现公

共汽车与社会车辆的路权分离,提高道路交通的运行速度和运送效率,减缓道路交通压力。若公交专用车道设置不合理,则有可能带来负面影响。例如,若在交通过于拥堵而公交分担率低的道路上开辟公交专用车道,则会加剧交通拥堵状况,降低道路运行效率,增加周边道路交通负担,恶化路网交通环境。所以,须结合实际道路交通状况综合考虑,通过评估综合效益决定是否设置公交专用车道。

1 公交专用车道运行成本分析

城市交通成本由个人出行成本与社会成

本共同构成，如图1所示。

对于公共交通与小汽车交通而言，二者个人出行成本的直接表现形式有所不同。公共交通的直接出行成本以票价的形式体现，而小汽车交通的直接出行成本则略为复杂，包括车辆购置费、燃油费、车辆保养费等。此外，无论是公共交通还是小汽车交通，其个人承担的出行成本除了以直接的货币形式表现的部分外，还包括无形成本，如出行时间成本、车内拥挤造成的工作效率降低成本等。

公交专用车道的设置将改变个人出行成本和社会成本。对于公共交通出行者而言，设置公交专用车道可以提高公共汽车的运行速度，改善公共交通的服务质量，其承担的无形成本将下降。而对于小汽车出行者而言，其出行成本将会出现多种可能的变化。若公交专用车道设置合理，则排除公共汽车外界干扰带来的积极效应胜过可利用道路资源减少带来的消极效应，或两者相互抵消，其承担的个人出行成本将维持不变或减少，相应的，整体交通运行状况的改善会降低社会成本。反之，若公交专用车道设置不合理，则可利用道路资源减少带来的消极效应大于排除公共汽车外界干扰带来的积极效应，道路交通状况则会恶化，交通拥堵加剧，其承担的个人出行成本将增加，相应的，交通恶化带来的社会成本也会增加。

对设置公交专用车道的综合效益进行评估，要全面考虑个人出行成本和社会成本的

变化，才能全面、客观地反映实际情况。

2 公交专用车道直接效益分析

道路设置公交专用车道后，由于公共汽车的行驶环境发生了显著变化，其车流组织形式也要进行相应调整。对于不同公交线路，要根据其客流量大小、高峰小时满载率情况及沿线土地利用情况，预测当前交通需求和潜在交通需求，并根据公交专用车道的通行能力合理编排公共汽车的发车班次。一般来说，在公交专用车道设置合理且相应管理措施较完善的情况下，会吸引更多潜在客源放弃小汽车出行而转向公共交通方式出行。故为了满足乘客需求，并实现公交专用车道的充分利用，公共汽车的比例较设置专用车道前须有所提高，从而增加公交公司乃至整个社会的直接效益。

同时，就中国的城市道路交通发展状况而言，道路建设初期并没有考虑公交专用车道的设置需求，而是在投入使用后期考虑划出一条车道改造成公交专用车道，这必然会减少社会车辆的通行空间，由于道路通行能力的限制，社会车辆的比例较设置专用车道前将有所下降。

综上，道路设置公交专用车道后公共汽车与社会车辆的比例会发生变化。因此，要根据道路沿线土地利用情况、路段通行能力、路段客流量大小、公共汽车高峰小时满载率等因素合理确定并调整二者的比例。

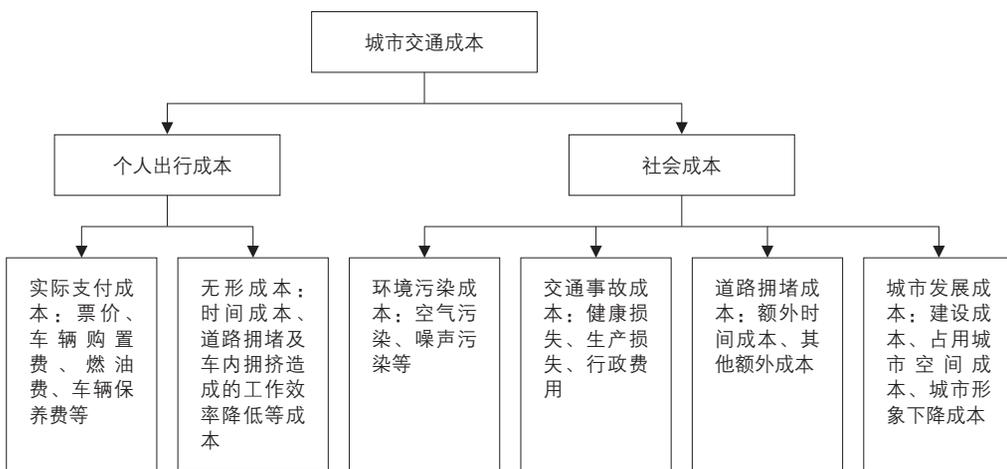


图1 城市交通成本构成

Fig.1 Composition of urban transportation costs

资料来源：文献[1]。

2.1 运能总量变化效益

公共交通人均占用道路资源远小于小汽车交通,因此在确保公交客流量高于某一水平的情况下,公交专用车道的运能将远大于其他机动车道,从而提高道路的整体通过量。道路运能的释放在为整个道路网络增加总体社会效益的同时,也为公交企业带来了新的经济效益。

运能提升带来的直接经济效益

$$\chi_1 = [(Q_1'P_1 + Q_2'P_2) - (Q_1P_1 + Q_2P_2)]l\epsilon, \quad (1)$$

式中: χ_1 为单位时间内运能提升带来的直接经济效益/(元·h⁻¹); Q_1' , Q_2' 为设置公交专用车道后公共汽车和小汽车流量/(pcu·h⁻¹); P_1' 为设置公交专用车道后公共汽车平均载客量/(人·pcu⁻¹); Q_1 , Q_2 为设置公交专用车道前公共汽车和小汽车流量/(pcu·h⁻¹); P_1 , P_2 为设置公交专用车道前公共汽车和小汽车平均载客量/(人·pcu⁻¹); l 为公交专用车道长度/km; ϵ 为人均单位里程出行成本/(元·人公里⁻¹)。

2.2 时间成本变化效益

小汽车的路段行程时间可采用美国联邦公路局提出的路阻函数模型^[3]进行计算,其公式为

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right], \quad (2)$$

式中: t 为小汽车在路段上的实际行程时间/min; t_0 为小汽车在自由流条件下的行程时间/min; Q 为路段上机动车流量/(pcu·h⁻¹); C 为路段的车道实际通行能力/(pcu·h⁻¹); α , β 为参数,一般取 $\alpha=0.15$, $\beta=4$ 。

公共汽车在路段上的行程时间主要由匀速行驶时间、变速进出站时间、在站滞留时间组成。为便于计算,不考虑公共汽车的变速进出站过程,将其行程时间模型简化为匀速行驶时间部分与在站滞留时间部分。

道路设置公交专用车道后,最明显的变化是车辆行驶时间的变化,即乘客出行时间中的在车时间的变化。一方面,公交专用车道的设置提高了公共汽车的运行速度;另一方面,为保证车辆高速行驶,一般沿公交专用车道设置公共汽车站的间距为 600~2 200 m,而沿混行车道设置公共汽车站的间距为 300~1 200 m^[4],具体的车站间距要根据建设投资情况、沿线土地利用情况、车道形式等

具体确定。针对大部分城市的调查表明,公共汽车在车站的平均停靠时间约为 25 s^[5],设乘客经过的平均车站数为 n ,则公共汽车的路段行程时间为

$$t_1 = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right] + \frac{25}{60} n. \quad (3)$$

设置公交专用车道前后的路段人均行程时间分别为

$$t_{r1} = \frac{t_1 k \lambda P_1 + t_2 (1 - \lambda) P_2}{\lambda P_1 + (1 - \lambda) P_2}, \quad (4)$$

$$t_{r2} = \frac{t_1' k \lambda P_1 + t_2' (1 - \lambda) P_2}{\lambda P_1 + (1 - \lambda) P_2}, \quad (5)$$

式中: t_{r1} , t_{r2} 为设置公交专用车道前后路段人均行程时间/min; t_1 和 t_1' 为设置公交专用车道前后公共汽车的路段平均行程时间/min; k 为车型换算系数; t_2 和 t_2' 为设置公交专用车道前后小汽车的路段平均行程时间/min; λ , λ' 为设置公交专用车道前后公共汽车的比例/%。

时间价值分为工作时间价值和非工作时间价值两种。根据国际惯例,非工作时间价值约为工作时间价值的 25%~75%,近似取工作时间价值的 50%进行评估,则设置公交专用车道后的人均时间节约效益^[6]为

$$\chi_2 = \frac{t_{r1} - t_{r2}}{60} \delta \times 50\% / l, \quad (6)$$

式中: χ_2 为设置公交专用车道后的人均时间节约效益/(元·人公里⁻¹); δ 为某城市的单位工作时间价值/(元·h⁻¹)。其中,单位工作时间价值

$$\delta = \frac{\overline{\text{GDP}}}{365 \times 8}, \quad (7)$$

式中: $\overline{\text{GDP}}$ 为某城市的人均国民生产总值/元;一年按 365 天计算,每天按 8 h 工作时间计算。

2.3 能耗变化效益

在行驶路程一定的条件下,车辆的燃油消耗量取决于车辆的运行工况和行程时间。根据文献[7]和路阻函数模型分析可知,当交通流饱和度较低时,交通流运行状况稳定,车辆基本保持匀速行驶工况,且行程时间短,从而燃油消耗少。反之,若交通流饱和度和度较高,交通流呈现不稳定的状态,车辆频繁加减速,行程时间增加,燃油消耗增加。

道路设置公交专用车道后,专用车道上的公共汽车运行速度提升,燃油消耗大大减

少。但小汽车车道的饱和度和车辆燃油消耗可能会有所提高，需要根据具体的交通状况进行计算分析。

小汽车的燃油消耗采用回归模型^[7]计算，公式为

$$FC_L = a(Q/C)^2 + b(Q/C) + c, \quad (8)$$

式中： FC_L 为车辆的燃油消耗/(L·(100 km)⁻¹)； a, b, c 为拟合参数，不同等级道路的拟合参数不同。

公共汽车的百公里油耗约为小汽车的3~4倍，本文取3倍进行计算。

设置公交专用车道前后的人均燃油消耗分别为

$$\overline{FC}_L = \frac{FC_{L1}\lambda + FC_{L2}(1-\lambda)}{k\lambda P_1 + (1-\lambda)P_2}, \quad (9)$$

$$\overline{FC}'_L = \frac{FC'_{L1}\lambda' + FC'_{L2}(1-\lambda')}{k\lambda' P'_1 + (1-\lambda')P_2}, \quad (10)$$

式中： $\overline{FC}_L, \overline{FC}'_L$ 为设置公交专用车道前后人均燃油消耗/(L·(100人公里)⁻¹)； FC_{L1}, FC'_{L1} 为设置公交专用车道前后每辆公共汽车的平均燃油消耗/(L·(100 km)⁻¹)； FC_{L2}, FC'_{L2} 为设置公交专用车道前后每辆小汽车的平均燃油消耗/(L·(100 km)⁻¹)。

则设置公交专用车道后的人均能耗变化效益

$$\chi_3 = \frac{\overline{FC}_L - \overline{FC}'_L}{100} \sigma, \quad (11)$$

式中： χ_3 为设置公交专用车道后的人均能耗变化效益/(元·人公里⁻¹)； σ 为燃油价格/(元·L⁻¹)。

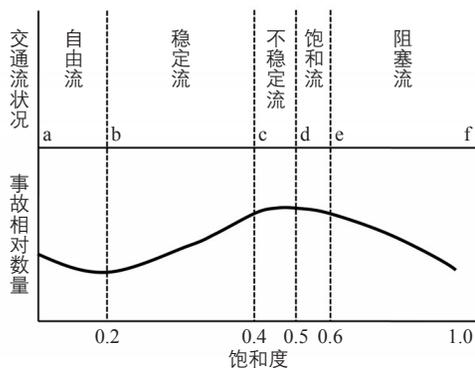


图2 交通事故与交通饱和度的关系
Fig.2 Relationship between traffic accidents and traffic saturation
资料来源：文献[8]。

3 公交专用车道间接效益分析

3.1 土地价值变化效益

由于公共交通方式具有集聚效应和运输效应，当道路合理设置公交专用车道后，有利于交通容量的扩大以及公共汽车运行速度的提升，使道路沿线的可达性增加，区域经济的发展会吸引更多的人向此处聚集，土地价值随之提升。显然，对于土地开发强度高、区域经济越发达、交通压力越大的地区，采用公交专用车道、提高公共汽车发车频率后，上升的交通容量将越快被新释放的交通需求填补，对土地价值增长的作用越发明显。

3.2 安全变化效益

交通事故带来的外部性巨大，直接影响和制约道路的正常运作。通过对城市道路交通事故统计数据可知，大型车是城市中干扰交通流平稳运行、影响交通安全性的主要因素。而交通饱和度也是交通安全性的重要影响因素。从交通事故与交通饱和度的关系可知，当交通流状况处于不稳定流与饱和流之间时发生交通事故概率最大(见图2)。

当道路未设置公交专用车道时，公共汽车与小汽车混合行驶，由于两者的车辆外形和性能均差距较大，相互干扰严重，难以在时间、空间上保持相互协调、均衡有序的运行状态。公共汽车会遮挡跟随其后行驶的小汽车的视距，容易诱发交通事故。道路设置公交专用车道后，专用车道上的车型单一，饱和度降低，交通流运行平稳性提高。小汽车车道排除了公共汽车的干扰，交通成分简单化，对提高道路交通安全具有一定促进作用。

3.3 社会公平效益

从路权分配看，城市道路的修建依赖所有纳税人的支出，每个公民都有平等使用的权利。城市交通空间作为一种共享的公共资源，优先分配给公共交通，符合社会公平原则和以人为本理念。优先发展低廉、便捷的公共交通，合理设置公交专用车道，为市民(尤其是没有私人汽车的群体)提供均等的出行机会，既可保障社会公平，也是宜居城市

的体现。

从社会成本角度分析，外部成本是指由于环境污染、交通拥堵、交通事故等所造成的由社会承担的负面影响成本。表1所示欧盟国家对小汽车和公共汽车的外部成本估算结果对比显示，公共汽车的人均外部成本远远低于小汽车，故合理设置公交专用车道有利于使外部成本内部化，从而提高社会公平性。

4 京通快速路公交专用车道设置综合效益评估

4.1 京通快速路概况

京通快速路是北京市中心通往通州区的一条城区快速路，是北京东部地区重要的公共交通走廊。由于其交通地位突出，交通需求量大，故饱和度较高。公共交通走廊内缺乏有效的公共交通优先措施，混行交通状况致使公共汽车运行效率低下、公交服务水平及吸引力难以提升，快速联络通道的功能难以发挥^[10]。

2011年，京通快速路部分路段早晚高峰时段设置了公交专用车道，并相应提高公共汽车的发车频率。这虽然对小汽车的运行造成一定负面影响，增加了小汽车交通的人均出行成本，但公共汽车的运行速度明显提升，服务水平得到极大改善。为了解该组织方式的综合效益，须对其进行评估。

4.2 总体评估流程

道路设置公交专用车道综合效益的总体评估流程如图3所示。在总体评估过程中，还要考虑交通需求的转移，包括交通方式及交通压力的转移。道路设置公交专用车道后，部分小汽车出行者转向选择公共交通方式出行，小汽车数量减少，公交分担率提高，降低了进入市中心的机动车数量。另一方面，公交专用车道的设置缩减了原来小汽车的行驶车道数，某些驾驶人会选择其他路径出行，从而造成绕行交通，使路网其他区域交通压力增加，这会在一一定程度抵消设置公交专用车道增加的社会效益。

4.3 直接效益评估

4.3.1 研究范围及基础数据

本文研究范围为京通快速路双会桥至八

里桥收费站共10.6 km的路段，分别对公交专用车道实施前后交通数据进行调查(见表2)，采用早高峰7:30—8:30时段数据进行分析(见表3)。

表1 小汽车与公共汽车的外部成本对比

Tab.1 Comparison of external costs of car and bus traffic

对比项目	外部成本/(欧元·千人公里 ⁻¹)	
	小汽车	公共汽车
噪声	10~25	2~3
空气污染	6~12	<1
空气污染(包括温室效应)	10~50	小汽车交通的1/3
交通事故	5	<1
交通拥堵	50	<10
占用城市空间	50~250	3~20

资料来源：文献[9]。

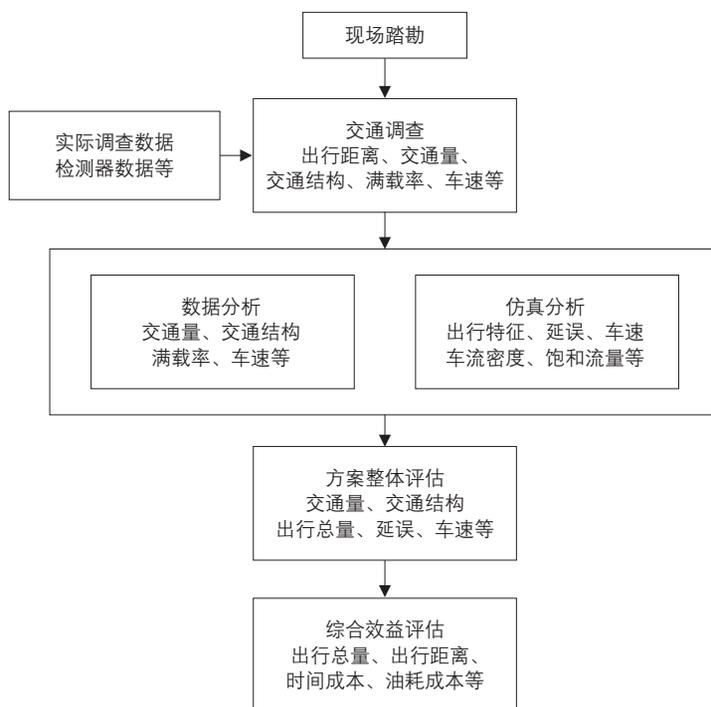


图3 道路设置公交专用车道综合效益的总体评估流程

Fig.3 Comprehensive evaluation process of exclusive bus lane benefits

资料来源：文献[11]。

表2 京通快速路实施公交专用车道基本信息

Tab.2 Basic information of setting exclusive bus lanes along the Jingtong Expressway

基本信息	早高峰进城方向
公交专用车道起终点	双会桥——八里桥收费站
公交专用车道长度/km	10.6
实施公交专用车道时段	早高峰7:00—9:00；晚高峰17:00—19:00

4.3.2 单项效益指标分析

1) 运能总量变化效益。

实施前运能总量(客运量参见表3)

$$c = 2.15 + 1.02 \times 10.6 = 33.60 \text{ 万人公里} \cdot \text{h}^{-1};$$

实施后运能总量(客运量参见表3)

$$c' = (2.93 + 0.71) \times 10.6 = 38.58 \text{ 万人公里} \cdot \text{h}^{-1}.$$

由于小汽车的出行成本构成复杂,因此采用人均出行时间成本和人均能耗成本作为总的人均出行成本,则实施公交专用车道后的人均出行成本

$$\epsilon = \frac{t_{r2} \delta \times 50\%}{60l} + \frac{\overline{FC}'_L \sigma}{100}$$

$$= 0.45 \text{ 元} \cdot \text{人公里}^{-1};$$

运能总量变化效益为:

$$\chi_1 = (38.58 - 33.60) \times 0.45 = 2.24 \text{ 万元} \cdot \text{h}^{-1}.$$

2) 时间成本变化效益。

根据式(4)、式(5)计算可知, $t_{r1} = 29 \text{ min}$, $t_{r2} = 15 \text{ min}$, 则人均节约的时间 $\Delta t_r = 14 \text{ min}$ 。

据调查,2011年北京市人均GDP为80394元,则单位工作日时间价值 $\delta = 28 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$,根据式(6),人均时间节约效益 $\chi_2 = 0.31 \text{ 元} \cdot \text{人公里}^{-1}$ 。

3) 能耗变化效益。

根据文献[7],快速路的油耗模型回归参数值: $a = 9.159$, $b = -8.447$, $c = 8.592$ 。

实施前:

$$FC_{L2} = 11.78 \text{ L} \cdot (100 \text{ km})^{-1},$$

$$FC_{L1} = 3FC_{L2} = 35.34 \text{ L} \cdot (100 \text{ km})^{-1},$$

根据式(9),人均燃油消耗 $\overline{FC}'_L = 2.50 \text{ L} \cdot (100 \text{ 人公里})^{-1}$ 。

实施后:

$$FC'_{L1} = 20.65 \text{ L} \cdot (100 \text{ km})^{-1},$$

$$FC'_{L2} = 11.38 \text{ L} \cdot (100 \text{ km})^{-1},$$

根据式(10),人均燃油消耗 $\overline{FC}'_L = 1.48 \text{ L} \cdot (100 \text{ 人公里})^{-1}$ 。

据调查,2011年北京北京的燃油价格约为 $7.85 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$,根据式(11),则人均能耗变化效益

$$\chi_3 = \frac{2.50 - 1.48}{100} \times 7.85 = 0.08 \text{ 元} \cdot \text{人公里}^{-1}.$$

表3 京通快速路早高峰实施公交专用车道前后交通状况参数变化

Tab.3 Changes in traffic parameters before and after setting exclusive bus lanes along the Jingtong Expressway during morning peak hours

交通参数	公共汽车		小汽车	
	实施前	实施后	实施前	实施后
平均车速/(km·h ⁻¹)	22.1	52.0	22.5	23.1
客运量/(万人·h ⁻¹)	2.15	2.93	1.02	0.71
流量/(pcu·h ⁻¹)	438	542	6 118	4 232
平均载客量/(人·pcu ⁻¹)	49	54	1.67	1.67
平均行程时间/min	29	12	28	28
饱和度	1.21	0.30	1.21	1.18

4.3.3 效益指标比较

忽略难以评估的间接影响因素,仅考虑直接效益,对实施公交专用车道前后分析数据进行评估。系统总效益为道路总运输量,系统总成本为出行时间成本和能耗成本。计算后比较实施前后各运营指标,可知实施后运输总量及运营成本均有明显变化,见表4。

通过评估表明,设置公交专用车道后,早高峰1h道路综合经济效益提高了13.10万元。按1年500个高峰小时计算,则设置公交专用车道后,年直接经济效益提升达到6550万元。

表4 京通快速路实施公交专用车道前后早高峰小时的成本效益变化

Tab.4 Changes in cost-benefits before and after setting exclusive bus lanes along the Jingtong Expressway during morning peak hours

项目	运输总量	运营成本
实施前	总量: 33.60万人公里·h ⁻¹ 人数: 3.17万人·h ⁻¹	人均时间成本: 29 min 总时间成本: 15 321 h 人均百公里燃油量: 2.50 L·(100人公里) ⁻¹ 总能耗成本: 6.59万元 人均单位里程出行成本: 0.84元·人公里 ⁻¹
实施后	总量: 38.58万人公里·h ⁻¹ 人数: 3.64万人·h ⁻¹	人均时间成本: 15 min 总时间成本: 9 100 h 人均百公里燃油量: 1.48 L·(100人公里) ⁻¹ 总能耗成本: 4.48万元 人均单位里程出行成本: 0.45元·人公里 ⁻¹
比较	运输总量提高15%,折合经济指标2.24万元·h ⁻¹	降低38%运营成本,折合经济指标10.86万元·h ⁻¹

4.4 间接效益评估

从短期来看,京通快速路公交专用车道设置的间接效益主要体现在路网辐射影响及外部成本影响两个方面。

其中,路网辐射影响主要包括绕行的私人小汽车对周边路网拥堵加剧的负效应,以及转乘公交减少的小汽车出行对减缓市中心交通压力的正效应。据调查,京通快速路公交专用车道开通后,早高峰快速路平行道路朝阳北路、朝阳路、广渠路的车辆运行速度略有下降;快速路相交环路东五环外环北段、南段车辆运行速度明显提高。早高峰小时快速路平行道路中,朝阳北路流量有明显的增长,而朝阳路、广渠路、京沈高速、通惠河北路流量均有所下降^[10]。总体来说,辐射的路网范围内并未造成更严重的拥堵,正负效益相抵。此外,考虑到公交出行带来的环境污染、交通事故等所造成的由社会承担的负面影响成本的降低,以及交通资源重新分配带来社会福利公平性的效益增加,京通快速路公交专用车道的设置有效地减小了出行的外部成本。

从长期来看,公交出行比例的上升将有效改善北京交通出行效率,对提高城市经济活力、增加土地利用价值、改善城市环境和居民生活品质带来持续的正面影响。

5 结语

对设置公交专用车道的评估要从多方面进行综合考虑,估算其总体效益。合理设置公交专用车道可以有效降低社会总体交通使用成本,提高道路运能,减少驶入市区的交通量。而公交专用车道设置不合理,将带来严重后果,可能造成私人汽车拥堵加剧、绕行交通量增加,影响周边路网,甚至引发社会问题。在设置公交专用车道的同时,须充分做好应对措施,调整公交运行模式,如增加公交线路、提高现有公交发车频率等。此外,还可以考虑利用公交专用车道为紧急救援车辆、警车以及载客量较大的大型客车提供专用路权。

参考文献:

References:

[1] 刘丽亚,张超.城市公共交通发展的交通成

本分析[J].综合运输,2007(1):21-27.

[2] 钟永艳.公交专用道的交通影响分析[D].成都:西南交通大学,2008.

[3] 白玉,薛昆,杨晓光.公交专用车道效益评价方法探讨[J].公路交通科技,2004,21(1):102-105.

Bai Yu, Xue Kun, Yang Xiaoguang. Discussion on Bus Lane Evaluation Method[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(1): 102-105.

[4] 田春春.常规公交停靠站优化设置研究[D].长沙:中南大学,2009.

[5] 张卫华,黄艳君,胡刚.城市公共交通专用道设置标准的探讨[J].交通标准化,2003(7):33-36.

Zhang Weihua, Huang Yanjun, Hu Gang. Study on Design Standard for Urban Bus Lane [J]. Communications Standardization, 2003 (7): 33-36.

[6] 李娜.快速公交走廊效果测算方法研究[D].西安:长安大学,2009.

[7] 冯雨芹.基于交通流状态的城市道路燃油经济性模型研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.

Feng Yuqin. Research on Fuel Economy Model of Urban Road Based on Traffic Flow Status [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2011.

[8] 陈艳玲.公共交通与小汽车出行成本对比研究[D].南京:南京林业大学,2009.

Chen Yanling. A Comparative Analysis on the Transportation Costs between Public Transportation and Cars[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2009.

[9] 蔡君时.公平性:公交优先的立足点[J].交通与运输,2009,25(4):4-6.

[10] 刘雪杰,孙明正,李民伟,陈锋,张溪.京通快速路公交专用车道建设效果评估[J].城市交通,2012,10(3):33-39.

Liu Xuejie, Sun Mingzheng, Li Minwei, Chen Feng, Zhang Xi. Evaluation of Exclusive Bus Lane on Jing-Tong Expressway[J]. Urban Transport of China, 2012, 10(3): 33-39.

[11] 董文聪,李鹏凯.京通快速路公交专用车道实施后评估报告[R].上海:上海君安交通工程咨询有限公司,2011.