

文章编号: 1009-6744 (2011) 01-0168-05

北京市机动车拥堵成本测算与分析

吴奇兵^{1,2}, 陈峰^{*1}, 黄垚¹, 胡映月¹

(1 北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044

2 北京市创通基础设施建设投资公司, 北京 100052)

摘要: 对北京市机动车拥堵成本的研究, 可从经济上量化交通拥堵所产生的成本, 从而为决策部门制定相关政策提供依据。在详细阐述国内外机动车拥堵成本概况后, 本文提出了拥堵的临界速度, 分析了拥堵的各个子项成本, 并建立时间、能耗、尾气三大子项成本的计算模型。本文不但对2008年北京市机动车交通拥堵成本进行了测算并将结果与国外研究成果进行对比, 而且对2009年北京市交通拥堵成本进行了预测和敏感性分析。交通拥堵成本的经济化, 有助于更加直观地分析拥堵成本与社会经济之间的关系, 为缓解交通拥堵, 实现低碳出行提供决策参考。

关键词: 城市交通; 交通拥堵; 临界速度; 时间成本; 能耗成本; 尾气成本; 碳权交易

中图分类号: U268.6

文献标识码: A

Calculation and Analysis of Traffic Congestion Cost in Beijing

WU Qi-bing², CHEN Feng^{*}, HUANG Yao¹, HU Ying-yue¹

(1 School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2 Beijing Chuangong Infrastructure Construction Investment Company, Beijing 100052, China)

Abstract: In order to quantify the cost arising from traffic congestion of Beijing economically and provide the basis for the decision-making departments to formulate correlated policy, the paper study on the traffic congestion cost in Beijing. After detailedly described the traffic congestion cost at home and abroad, this paper proposes the critical velocity, analyzes the sub-costs of traffic congestion, and establishes the calculation model of the three sub-items cost which are time, energy consumption and gas costs. This paper not only calculate the traffic congestion cost in Beijing in 2008 and compare it with overseas research, but also predict the traffic congestion cost in Beijing in 2009 and do sensitivity analysis on it. The economization of the cost contribute to analyze the relationship between the traffic congestion cost and the socioeconomic more intuitively, which can also provide reference for the decision-making of alleviate traffic congestion and the Realization of a low-carbon trip.

Key words: urban traffic; traffic congestion; critical velocity; time cost; energy cost; exhaust gas cost; carbon trading

CLC number: U268.6

Document code: A

收稿日期: 2010-07-08 修回日期: 2010-10-25 录用日期: 2010-11-08

基金项目: 北京市发展改革委员会委托项目 (C10L00090)

作者简介: 吴奇兵 (1977—) 男, 安徽安庆人, 博士生。

*通讯作者: fengchen@bjtu.edu.cn

1 引言

随着城市经济发展, 交通需求量急剧上升, 机动车数量猛增带来的交通拥堵问题日益凸显. 交通拥堵不但导致交通参与者时间的浪费, 还将导致额外能耗和环境污染等问题的产生. 通过对交通拥堵成本的研究, 建立起交通拥堵与社会经济发展等方面的关系, 为政府及相关部门制定相应的交通政策、发展战略等提供数据支撑.

目前国内外许多城市都存在不同程度的交通拥堵, 相关研究资料表明, 英国是欧洲最拥堵的国家, 每年拥堵造成 150 亿英镑的损失^[1]. 西班牙是欧洲第二拥堵的国家, 每年拥堵经济损失高达 150 亿欧元, 相当于西班牙国内生产总值 (GDP) 的 2%. 2003 年交通拥堵使美国人浪费的时间为 37 亿小时, 浪费的汽油为 87 亿升, 造成的损失高达 630 亿美元^[1]. 日本东京每人每年因交通拥堵损失的时间约为 42 小时, 其货币价值为每年 12 万日元, 约合人民币 9 000 元^[2].

也有一些学者对国内一些城市的拥堵成本做了初步测算. 2004 年 2 月中国社科院数量经济与技术经济研究所张国初估算, 北京市交通拥堵造成的社会时间损失每年高达 146 亿元^[3]. 著名经济学家茅于軾曾粗略估计, 1997 年北京交通拥堵的时间损失总数不下 50 亿元, 2003 年不下 60 亿元^[4].

北汽福田及零点研究咨询集团联合发布的“2008 福田指数”显示, 北京上班族的人均拥堵时间成本每月 375 元, 2008 年北京从业人员 980 万, 拥堵损失约为 441 亿元^[5].

2 北京机动车拥堵成本测算

2.1 拥堵临界速度

要进行拥堵成本计算, 就首先要对交通拥堵进行界定, 找出拥堵和畅通的合理临界点, 并以此作为拥堵成本的计算起点.

在交通拥堵评价方面, 美国、欧洲、日本等国家展开了大量研究, 尤其是美国建立了比较完善的拥堵评价指标体系, 如美国的畅通性研究报告 (Mobility Report)、交通拥堵评价系统 (Congestion Management System, CMS) 等.

目前对于北京城市道路, 常用的拥堵判别方式有三种: 北京交研中心的基于浮动车系统的交通拥堵评价指标体系, 北京市交管局实时路况信息系统和公安部的以主干道行车速度为判别标准的评

价体系.

由于公交出行量占总出行量的比例较大, 而其行驶特征与其它车型明显不同, 因此需区别对待, 但以上评价体系都没有基于不同车型来评价. 本研究针对全北京道路网, 结合北京交研中心的指数评价系统和实际调研数据, 提出各主要车型的全网综合畅通速度标准, 见表 1^[6].

表 1 北京市城市路网拥堵—畅通临界速度标准与拥堵速度

Table 1 Standard of traffic congestion unbumped critical velocity and congestion rate based on the road network of Beijing

	公交车	出租车	小汽车
畅通速度 (km/h)	20.4	25.4	25.4
拥堵速度 (km/h)	18.8	20.6	20.6

2.2 成本主要构成

本文从经济学的角度将拥堵成本分为直接成本和间接成本, 见图 1^[7].

根据北京居民出行和机动车的基本情况, 交通拥堵带来的交通事故成本、汽车损耗成本、货运成本、疲劳成本及噪声污染量值较小, 机会成本因果关系复杂, 难以量化, 在实际计算中予以忽略. 因此, 本文主要计算时间、能耗和尾气三项成本, 基本公式如下:

$$EC_{总} = C_{时间} + C_{油耗} + C_{尾气} \quad (1)$$

2.3 2008 年成本计算

(1) 时间成本.

从居民出行角度出发, 结合世界银行推荐的影响系数计算出分目的、分方式的时间价值. 根据拥堵时段出行量, 可先求得拥堵时段总时间成本, 再通过比较畅行和拥堵时的时间消耗, 测算出拥堵导致的额外时间成本.

$$C_{总拥堵时间成本} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 t(C_{ij} \times M_j) \times 365 \quad (2)$$

其中 $C_{总拥堵时间成本}$ 为拥堵时段总时间成本; t 为不同出行方式一次出行时耗; C_{ij} 为不同出行目的的单位时间价值; M_j 为不同出行目的的日出行量; i 为公交车、出租车、小汽车; j 为三种不同出行方式.

根据交通调查报告以及北京市第三次交通综合调查, 推算北京市公交车、出租车、社会小汽车拥堵时段一次出行时耗分别为 40.4 min, 24.4 min, 42.1 min. 另据《北京市综合交通运输成本研究》提供的 2005 年的时间成本影响系数、世界

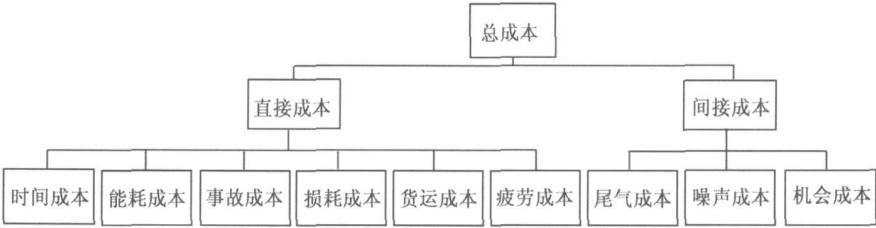


图 1 成本构成分析图

Fig 1 Figure of analysis of costs component

银行推荐的影响系数可得到 2008 年不同出行方式和目的的单位时间价值, 见表 2

表 2 2008 年北京不同出行方式和目的单位时间成本 (元 /小时)

Table 2 Generalized cost of unit time with different travel modes and trip purposes in Beijing in 2008 (RMB/h)

出行方式	出行目的		
	工作商务出行	非工作出行	上学出行
公交车	28.16	6.35	3.18
出租车	38	8.57	4.3
社会小车	49	11	5.5

根据 2009 北京市交通发展年度报告, 结合不同出行目的的出行量比例, 推算不同出行方式下, 不同出行目的的出行总量, 如表 3 所示.

表 3 2008 年拥堵时段的北京市分方式、目的出行量 (万人次 /日)

Table 3 Resident trips with different travel modes and trip purposes during the traffic congestion periods of Beijing in 2008 (million passengers / day)

出行方式	拥堵时段总出行量	工作商务出行	非工作出行	上学出行
公交车	812.7	328.98	404.72	78.83
出租车	71.82	29.07	35.77	6.97
社会小汽车	611.34	247.47	304.45	59.3

综上, 可计算不同出行方式拥堵总时间成本. 拥堵时间段拥堵额外时间成本计算公式为

$$C_{\text{拥堵额外时间成本}} = \sum_{i=1}^3 \frac{t_i - t_c}{t_i} \times C_{\text{总拥堵时间成本}} \quad (3)$$

其中 t_c 为拥堵时段一次出行距离若采用畅通速度时一次出行时耗, $C_{\text{总拥堵时间成本}}$ 为不同出行方式总拥堵时间成本. 根据北京交研中心的资料及实际调研数据, 可得到畅通速度, 并可推算出拥堵时段一次出行距离若采用畅通速度时公交车、出租车、社会小汽车一次出行时耗分别为 37.2 min, 19.6 min, 34.2 min.

综上, 得出 2008 年拥堵时段居民出行的总时间成本为 722.8 亿元, 拥堵时间成本为 103.4 亿元, 北京市不同车型 2008 年拥堵时段额外时间成本如表 4 所示^[6].

表 4 北京 2008 年拥堵时段额外时间成本明细表

Table 4 Detailed statement of extra time costs during the traffic congestion periods of Beijing in 2008

出行方式	拥堵时段总出行时间 (万小时)	拥堵时段成本 (亿元)	额外拥堵总时间 (万小时)	时间成本 (亿元)
公交车	199 734.6	297	15 820.6	23.52
出租车	10 529.4	21.1	1 966.1	3.94
社会小汽车	156 569.3	404.7	29 379.9	75.94
合计	366 833.3	722.8		103.4

(2) 能耗成本.

交通拥堵所带来的额外的能耗量为拥堵时间段内产生的, 拥堵时间段内的能耗量减去这段时间里如果畅行应消耗的能耗量即可得出额外能耗量, 再使用单位能耗价格经济化能耗, 公式如下:

$$V_{\text{额外拥堵能耗}} = \frac{S_{\text{拥堵总里程}}}{100} \times (V_{\text{拥堵时能耗}} - V_{\text{畅通时能耗}}) \times Y_{\text{单位能耗价格}} \quad (4)$$

其中 Y_i 为第 i 类车; $S_{\text{拥堵总里程}}$ 为 2008 年全北京市第 i 类车的实际拥堵总里程; $V_{\text{拥堵时能耗}}$ 为第 i 类车的拥堵时百公里能耗; $V_{\text{畅通时能耗}}$ 为第 i 类车的畅通时百公里能耗; $Y_{\text{单位能耗价格}}$ 为不同类型燃料单位能耗价格, 北京市不同车型 2008 年拥堵能耗成本如表 5 所示^[9].

(3) 尾气成本.

机动车尾气主要由温室气体和污染气体两大部分组成, 温室气体成本通过碳权交易价格进行计算; 污染气体则通过分析机动车额外排放量占全社会排放总量的比例, 结合治理费用测算. 拥堵导致的温室气体污染成本计算公式为

$$C_{CO_2} = \sum_{i=1}^3 M_i \times C_c \quad (5)$$

表 5 北京机动车 2008 年拥堵时段能耗成本明细表

Table 5 Detailed statements of energy costs during the traffic congestion periods of Beijing in 2008

机动车类别		分车型总拥堵里程	拥堵能耗	畅通能耗	单位能耗价格	能耗成本
公交车	柴油	50 229万公里	69.2L/100km	51.56L/100km	5.6元/L	4.81亿元
	电动		3 420.9万度		0.76元/度	
出租车		15 129万公里	9.7L/100km	7.5L/100km	5.74元/L	0.19亿元
社会小汽车		3 344 714万公里	10.2L/100km	7.6L/100km	5.74元/L	49.9亿元
合计		3 410 072万公里				54.9亿元

其中 C_{CO_2} 为拥堵造成的额外排放成本； M_i 为不同出行方式的额外 CO_2 排放量； C_c 为碳氧化合物成本，本次计算取国际碳权交易价格。

根据调研得到北京公交车、出租车、社会小汽车的 CO_2 排放量分别为 13.57 万吨、0.79 万吨、206.97 万吨，国际碳权交易中碳氧化合物成本为 18 美元/吨，取 2008 年美元对人民币汇率为 6.8。根据公式（5），可得 2008 年北京由于交通拥堵导致的 CO_2 排放成本，如表 8 所示。额外拥堵污染气体排放量可以由下式计算：

$$M_{\text{额外拥堵排放污染气体}} = S_{\text{拥堵总里程}} \times (A_{\text{车拥堵排放因子}} - A_{\text{车畅通排放因子}}) \quad (6)$$

拥堵导致的污染气体的总成本计算公式为

$$C_{\text{拥堵额外污染气体总成本}} = R_{\text{机动车大气污染经济损失}} \times P \times \frac{M_{\text{额外拥堵排放污染气体}}}{M_{\text{总排放污染气体}}} \quad (7)$$

其中 $R_{\text{机动车大气污染经济损失}}$ 为 2008 年北京市治理机动车带来的大气污染费用； P 为由于机动车造成的污染物排放占大气总污染物排放比例。

表 6 北京市 2008 年 OEM 实测综合排放因子表（g/km）

Table 6 Combined emission factors measured by OEM in Beijing in 2008 (g/km)

车型	CO	HC	NO _x
中型柴油公交车	13.28	7.12	23.31
汽油出租车	66.94	5.91	2.96
汽油轿车	41.14	2.36	1.95

表 7 2008 年北京市综合拥堵排放因子（g/km）

Table 7 Combined emission factors during the traffic congestion periods of Beijing in 2008 (g/km)

车型	CO	HC	NO _x
中型柴油公交车	33.2	14.24	28.0
汽油出租车	167.35	11.82	3.55
汽油轿车	102.85	4.72	2.34

的研究成果，见表 6 所示；以富康车为例，根据车辆综合排放情况，推算拥堵排放因子，如表 7 所示；推算出北京 2008 年额外拥堵排放污染气体量为 218.68 万吨，继而可知总拥堵排放污染气体量为 591.4 万吨。夏凯旋等在北京市发展汽车共享服务的经济生态效率及其可行性研究中指出，北京市大气环境污染物的 40% 来源于汽车排放的比例，由此推算 2008 年北京污染气体排放成本，如表 8 所示^[9]。

表 8 北京机动车 2008 年拥堵时段尾气成本明细表

Table 8 Detailed statements of exhaust gas costs during the traffic congestion periods of Beijing in 2008

机动车类别	类别细分	拥堵尾气量值	尾气成本
公交车	CO ₂	13.57 万吨	2.71 亿元
出租车	CO ₂	0.79 万吨	
社会小汽车	CO ₂	206.97 万吨	
公交车	CO	0.92 万吨	24.8 亿元
出租车	CO	1.52 万吨	
社会小汽车	CO	206.40 万吨	
公交车	HC	0.33 万吨	
出租车	HC	0.09 万吨	
社会小汽车	HC	7.89 万吨	
公交车	NO _x	0.22 万吨	27.51 亿元
出租车	NO _x	0.009 万吨	
社会小汽车	NO _x	1.30 万吨	
合计		440.01 万吨	

综上，北京市 2008 年机动车交通拥堵成本为 185.81 亿元，各项成本构成如表 9 所示^[6]。

表 9 北京机动车 2008 年拥堵成本构成明细表

Table 9 Detailed statements of traffic congestion costs component of Beijing in 2008

子项类别	时间	能耗	尾气	合计
经济化数据	103.4 亿元	54.9 亿元	27.51 亿元	185.81 亿元
所占比例	55.8%	29.5%	14.7%	100%
出行方式	小汽车	公交车	出租车	合计
经济化数据	152.82 亿元	28.67 亿元	4.32 亿元	185.81 亿元
所占比例	82.2%	15.5%	2.3%	100%

2.4 与国外成果比较

拥堵成本与经济密切相关，经济活动、交通出

根据北京交通大学于雷教授汽车尾气排放因子

行的需求及交通拥堵呈正比关系。相关研究表明,1996年欧盟国家城市交通的外部成本占国民生产总值(GNP)的6%,其中交通拥堵成本占(GNP)的2%^[8],如表10所示。

表 10 欧盟国家城市交通外部成本占 GNP 的比例
Table 10 The proportion of transport external costs of total GNP in EU countries

项目	外部成本占 GNP 的比例 (%)
噪声	0.3
空气污染	0.4
温室效应	>0.1
交通事故	2.0
交通拥堵	2.0
其他	>1.2
总计	>6.0

2008年北京 GDP为10 488亿元,本文计算拥堵成本为185.81亿元,占 GDP的1.8%,与国外占 GNP2%(暂无2008年北京 GNP数据)的结果总体上比较接近。

2.5 2009年拥堵成本估算

2009年,北京市全年实现地区生产总值(GDP)11 865.9亿元,若按1.8%的比例推算,2009年拥堵成本为213.6亿元。

2009年交通拥堵成本的主要变化因子是小汽车数量的增加、小时工资(按 GDP增幅 9.6%^[9])、能源价格上涨(按 93号汽油价格涨幅 4%)对 2008拥堵成本构成明细表(表 9)进行系数调整,估算出 2009年北京机动车交通拥堵成本为 217.4亿元。

3 拥堵成本敏感性分析

自行测算结果显示,现实生活中车速是最活跃的变量,因此本次研究在假设其它变量不变的情况下,考察总成本对车速的敏感性。其计算关系式如下所示^[9]

$$C_{\text{拥堵者总成本}} = \frac{5\,584.2}{x} + \frac{8\,786.7}{y} - 537.15 \text{ (亿元)} \quad (8)$$

其中 x为公交车拥堵时段速度; y为出租车和小汽车拥堵时段速度;如表 11所示。

4 研究结论

本文通过对北京市交通拥堵成本的系统分析,提出了拥堵的临界速度,并以此为参照点,选择时间、能耗、尾气成本三项主要成本进行测算,得到北京市 2008年机动车拥堵成本,并估算 2009年的拥堵成本。通过计算发现,拥堵成本中时间成本占

表 11 2008年北京市机动车拥堵成本与速度敏感关系
Table 11 Sensitive relationship between congestion costs of motor vehicle and speed of Beijing in 2008

公交车 速度 x (km/h)	出租车 速度 y (km/h)	小汽车 速度 y (km/h)	总成本 (亿元)	总成本 变化
18.8	20.63	20.63	185.57	0
20.68 (+10%)	22.69 (+10%)	22.69 (+10%)	120.13	-35.26%
16.92 (-10%)	18.57 (-10%)	18.57 (-10%)	266.05	+43.37%

总成本的 55.8%,占主要部分;通过出行方式比较发现小汽车出行占拥堵总成本的 82.2%,占绝对部分;通过敏感性分析发现,拥堵速度对拥堵总成本非常敏感。建议决策部门采取必要的杠杆措施进行干预,实现公交优先发展战略,提高拥堵时段出行速度,缩短拥堵时间,降低拥堵成本。

参考文献:

[1] 冯相昭,等.城市交通拥堵的外部成本估算[J].环境与可持续发展报,2009(3):1-4. [FENG X Z et al] The estimates of the external costs of urban traffic congestion[J]. Environment and Sustainable Development 2009(3):1-4]

[2] 熊島大佑.東京の交通渋滞問題[D].大沼あゆみ研究会,2002

[3] <http://www.chinacourt.org/public/detail.php?id=104339> [OL].

[4] http://news.xinhuanet.com/newscenter/2003-09/25/content1098576_3.htm [OL].

[5] http://www.sj.xinhuanet.com/2008-06/18/content_13575861.htm [OL].

[6] 北京市机动车交通拥堵经济成本的初步研究[R].北京交通大学,2010年5月. [The preliminary study of the economic costs of traffic congestion in Beijing [R]. Beijing Jiaotong University May 2010]

[7] Javier Bilbao-Ubillos. The costs of urban congestion: Estimation of welfare losses arising from congestion on cross-town link roads[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice 2008 (8): 1098-1108

[8] 靳丽丽.城市交通外部成本分析及内部化定量方法[J].交通科技与经济,2007(5):103-105. [JIN L L. Municipal transportation exterior cost analysis and internalization quantitative method[J]. Technology & Economy in Areas of Communication 2007(5): 103-105]

[9] 2009年北京市经济形势分析及2010年展望[R].北京市经济信息中心,2009年. [The analysis of economic situation of Beijing in 2009 and the prospects in 2010 [R]. Beijing's Economic Information Center 2009]