

# 城市交通拥堵的外部成本估算

冯相昭<sup>1</sup> 邹 骥<sup>2</sup> 郭光明<sup>3</sup>

(1. 环境保护部环境与经济政策研究中心, 北京, 100029; 2. 中国人民大学环境学院, 北京, 100872; 3. 黄河建工集团有限公司, 郑州, 450045)

**【摘要】** 交通拥堵带来出行时间延误、车用燃料消耗增加以及 CO<sub>2</sub> 排放增加等诸多外部成本, 国外研究机构开发了一些用于估算交通拥堵外部成本的模型并取得了积极的研究进展。本文主要介绍两种比较权威的外部成本估算模型, 并估算了 2005 年北京和上海私家车通勤因拥堵而导致的外部成本增加, 最后强调指出应加强针对城市交通拥堵外部成本的各项研究, 在城市层次积极推进交通领域的节能减排工作。

**【关键词】** 城市交通拥堵; 外部成本; 模型估算

中图分类号: X21 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2009)03-0001-04

目前, 交通拥堵已成为国内外大中型城市决策当局面临的主要问题之一。城市当局决策者之所以对交通拥堵感到棘手, 很大程度上在于交通拥堵不仅仅导致城区机动车行驶速度降低, 出行时间延长且不确定性增加, 而且会造成车用燃料消耗增加, 标准污染物以及温室气体排放增加, 道路事故率增加等诸多外部成本。可以说拥堵的交通已经影响到广大城市居民的正常生活、工作乃至一个城市的可持续发展进程。所以如何减少交通拥堵的外部成本成为国外许多城市发展各类交通政策的主要指导方针, 就国内而言, 对交通拥堵外部成本的研究目前尚处于起步阶段。

## 1 国内外交通拥堵外部成本研究综述

迄今为止, 国内外许多机构为研究城市交通拥堵产生的外部成本问题, 开发了一些模型, 并在拥堵外部成本估算方面取得不少积极进展。所有这些研究工作作为城市当局各类缓解拥堵的政策措施如拥堵收费制度的出台, 奠定了坚实的基础。下面主要介绍两种交通拥堵成本估算模型并列举国内外交通拥堵研究的部分估算结果。

### 1.1 外部成本估算模型

鉴于车流速度、时间成本与机动化水平之间的复杂关系, 以及数据采集的困难, 估算交通拥堵外部成本一直被认为是一项比较棘手的研究任务。在这里, 我们主要介绍两种比较权威的估算模型: 一是 Maddison 等<sup>[1]</sup>构建的交通拥堵外部成本简单概念模型; 二是美国得克萨斯交通研究所年度报告中所使用的估算模型。

#### 1.1.1 拥堵外部成本简单概念模型

这是一个仅对交通拥堵导致的时间损失外部成本进行考察的基础理论模型, 因此在前提假设方面比较苛刻, 即该模型假设所有出行者、出行车辆是没有差别的, 即单位出行成本、运行费用是一致的, 单位时间价值相等。

以  $g$  表示每辆车单位里程的总成本 (即私人边际出行成本,  $MPC$ ),  $a$  表示单位里程的实际货币成本 (燃料费、汽车日常维护费、过路费等),  $b$  表示单位时间价值,  $T$  表示单位里程所需时间,  $s$  表示平均车速,  $M$  表示总的车流量。那么, 每辆车的单位里程的总成本可表示为:

$$g = MPC = a + bT = a + b/s \quad (1)$$

由于车速通常是车流量的减函数, 所以假定车速 ( $s$ ) 与车流量 ( $M$ ) 之间的函数关系为:

$$s = \alpha - \beta M = 1/T \quad (2)$$

其中,  $\alpha$ ,  $\beta$  均为正数, 可以通过线性回归估计得到, 且一阶导数  $ds/dM = -\beta < 0$ 。

将 (2) 式代入 (1), 从而 (1) 式可以写成:

$$g = a + \frac{b}{\alpha - \beta M} \quad (3)$$

这些车流单位里程总成本 ( $TC$ ) 为:

$$TC = g \times M = Ma + \frac{Mb}{\alpha - \beta M} \quad (4)$$

对 (4) 式对  $M$  求导可以得出边际社会成本 ( $MSC$ ):

$$\begin{aligned} MSC &= \frac{dTC}{dM} = a + b \frac{(\alpha - \beta) - M \times (-\beta)}{(\alpha - \beta M)^2} \\ &= a + \frac{b}{\alpha - \beta M} + \frac{b\beta M}{(\alpha - \beta M)^2} \end{aligned} \quad (5)$$

(5) 式等号右端的前两项事实上就是边际私人出行成本 (MPC), 第三项为当道路上已有  $M$  个驾车者时每新增一辆机动车强加给其他  $M$  个驾车者的外部成本 (即边际外部成本 MEC) 为:

$$MEC = \frac{b\beta M}{(\alpha - \beta M)^2} = MSC - MPC \quad (6)$$

用上述方法, Maddison 等估算了 1990 年英国交通拥堵所造成的外部成本, 结果显示, 中心城区, 非中心城区高峰时段和非高峰时段拥堵的边际外部成本分别为 15.86 便士/车公里和 8.74 便士/车公里<sup>[1]</sup>。

### 1.1.2 德克萨斯交通研究所拥堵外部成本估算模型<sup>[2]</sup>

美国德克萨斯交通研究所 (TTI)<sup>[2]</sup> 在 2004 年度报告中对美国 2002 年的道路交通情况进行了系统分析, 其中对交通拥堵的研究包括外部成本的测算和对缓解拥堵政策的效果评价, 体系比较完整。

TTI 年度报告中所使用的交通拥堵外部成本估算模型对客运和货运两类机动车的外部成本分别进行了计算, 其中客运类机动车外部成本包括乘客时间延误成本以及额外燃油成本两种, 最后经过加总客货运两类外部成本得出道路交通拥堵的总成本。具体估算主要分以下四个步骤进行:

步骤一: **乘客时间延误成本**。这是对道路交通拥堵造成的乘客出行时间延误成本进行估算, 即出行延误成本是日出行延误时间、每人单位时间价值、平均每车次承载率以及年工作天数等诸变量的乘积。其中日出行延误时间则由每日总延误车时、客运用车比重以及每日车次数三变量相乘得到。

步骤二: **乘客额外燃油成本**。额外燃油成本是指乘客由于交通拥堵而额外支付的燃油费用, 这一成本与拥堵高峰期车速、平均燃油效率、燃油价格和日延误车时等变量有关, 即额外燃油成本等于日延误时间、高峰时段拥堵时平均车速、燃油价格以及年工作天数三变量的乘积再除以平均燃油经济效率得到。在这里平均燃油经济效率指的是拥堵情况下单位油耗能行驶的里程数。

步骤三: **货运成本损失**。这是对道路交通拥堵造成的货运成本损失进行估算, 由于货运每小时时间价值已包含了时间成本和额外燃油成本, 因此就不再对浪费的时间和燃油分别计算。具体而言, 货运成本损失主要取决于每日延误总车时、货运用车比重、货运单位时间价值以及年工作天数等变量的乘积。

步骤四: **交通拥堵总成本**。将上面计算出来的乘客出行延误成本、乘客额外燃油成本以及货运成本损失加总就可以得出全年道路交通拥堵总成本。

与 Maddison 等<sup>[1]</sup> 的估算模型相比, 德克萨斯运输研究所的模型在数据完备的情况下具有比较高的可操作性, 而且易于理解。但缺点是只测算了**拥挤产生的**

**时间延误和额外燃油消耗**两类成本, 未能把产生的空气污染、温室气体排放、噪音污染以及交通事故等成本纳入到估算体系中。

### 1.2 部分估算结果

下面列举了国内外交通拥堵外部成本的一些最新研究结果。

美国: 据估算, 1980—2003 年间平均每个司机高峰时段因拥堵而耽误的时间从最初的 16 小时增至 2003 年的 47 小时; 就全美国范围而言, 2003 年因交通拥堵而损失的时间高达 37 亿小时, 浪费了约 23 亿加仑的车用燃料<sup>[3]</sup>; 以货币价值估算, 2003 年因交通拥堵使得这个国家额外增加了大约 630 亿美元的费用支出, 而 20 年前交通拥堵造成的外部成本仅为 125 亿美元<sup>[4]</sup>。得克萨斯交通研究所 2007 年发表的美国机动车年度研究报告提供了美国 85 个大都市地区交通状况的详细信息, 其中洛杉矶地区交通拥堵最严重, 导致开车族每人每年平均浪费 72 小时, 其次是亚特兰大、旧金山、华盛顿和达拉斯; 美国开车族 2005 年因交通拥堵浪费了 42 亿小时, 比 2004 年增加 2 亿小时, 平均每名司机每年浪费 38 小时, 相当于近一个工作周的时间; 同时估计美国开车族 2005 年因交通拥堵浪费了约 109 亿升燃油, 相当于每人浪费约 98 升; 综合上述数据, 交通拥堵每年给美国造成约 782 亿美元的经济损失<sup>[5]</sup>。

欧洲: 在英国, 拥堵目前每年给交通使用者以及经营者造成 150 亿英镑的损失, 且预计未来十年损失将翻倍。交通造成的外部成本高达将近 GDP 的 10%, 而且 90% 以上的外部性归因于道路交通<sup>[3]</sup>。

中国: 据中国社会科学院数量经济与技术经济研究所估计, 北京市交通拥堵造成的社会损失为每天 4000 多万元, 每年高达 146 亿元, 就全国范围而言, 损失大约为 1700 亿元/年<sup>[6]</sup>。著名经济学家茅于軾曾粗略估计, 1997 年北京一年堵车的损失总数不下 50 亿元, 约占北京国内生产总值的 5%; 2003 年, 北京一年堵车的损失总数不下 60 亿元<sup>[7]</sup>。而美国能源基金会北京代表处交通项目主管何东全的测算表明, 在北京, 因为交通拥堵每年多消耗燃油 30 万吨, 造成直接经济损失 10 亿元<sup>[8]</sup>。

## 2 北京和上海私家车通勤交通拥堵外部成本估算

根据上面所介绍的两种拥堵估算模型 (主要是基于 TTI 的模型), 并结合收集掌握的数据资料, 我们试着对国内北京、上海两大城市利用私家车通勤时, 早晚高峰时段拥堵所造成的时间延误成本、额外燃油消耗成本以及额外 CO<sub>2</sub> 排放等外部成本进行了估算, 同时也评估了拥堵导致的私家车温室气体排放增加。具体估算过程如下:

### 2.1 估计单位车次延误时间

由于交通拥堵将会导致**行车速度降低**，出行时间延长，所以对于每车次平均延误时间的计算，我们可以**比较拥堵时和畅行时的平均行车速度**而得到，具体采用如下公式：

$$T_d = D_c \times \left[ \frac{1}{V_c} - \frac{1}{V_f} \right] \tag{7}$$

在这里， $T_d$ 、 $D_c$ 、 $V_c$  和  $V_f$  分别代表每车次延误时间、平均通勤里程、拥堵时段平均车速以及畅行时平均车速。

其中，平均通勤里程和拥堵时段平均车速数据均摘自上海华普汽车有限公司与零点研究咨询集团联合编制的《中国城市畅行指数 2006 年度报告》，这份报告对中国 25 个省会城市和直辖市的交通拥堵进行了研究分析，结果显示这些城市上下班时平均行车速度为 23.5km/h，仅比怠速行驶速度（20km/h）高出 3.5km/h，交通低畅通状况令市民不满意；上下班通勤距离平均为 9.9 公里，其中北京、上海、天津三个直辖市的通勤距离最远，分别为 19.3 公里、16 公里和 13.4 公里，其通勤时间也位居前三位，分别为 43 分钟、36 分钟和 32 分钟，相应的三个城市的平均行驶速度为 26.6km/h、26.9km/h 及 25km/h<sup>[9]</sup>。

经过计算，我们得出北京和上海每车次平均延误时间分别为 0.24 小时（折合 14.4 分钟）和 0.19 小时（11.4 分钟）。

2.2 计算小时工资率

**平均小时工资率**与上面 TTI 模型中的“每人每小时时间价值”的涵义相同，在我们的测算中，这个参数主要通过如下公式计算得到：

$$R_h = \frac{I_a}{12} \times \frac{1}{D_m \times 8} \tag{8}$$

在这里， $R_h$ 、 $I_a$  和  $D_m$  分别表示小时工资率、年平均工资收入和月计薪天数。

其中，年平均工资收入数据来自《中国统计年鉴 2006》，月计薪天数由全年 365 天扣除 104 个休息日后除以 12 计算得到。

需要说明的是，由于私家车主的平均工资收入通常要高于当地平均收入水平，所以我们假设北京、上海两地私家车主 2005 年平均工资收入均比当地平均收入水平高 50%，即北京为 51287 元，上海 51518 元（而统计年鉴上显示这两个地区的年平均工资收入分别为 34191 元和 34345 元）。

经计算后得出，北京、上海两个城市的小时平均工资率分别为 24.56 元/小时和 24.67 元/小时。

2.3 测算延误时间损失

私家车通勤时间延误损失的计算主要通过以下公式来进行：

$$C_d = (T_d \times T_c) \times R_h \times O_c \times D_a \tag{9}$$

在这里， $C_d$ 、 $T_d$ 、 $T_c$ 、 $R_h$ 、 $O_c$  和  $D_a$  分别代表通勤延误成本、每车次延误时间、日车次数、小时工资率、平均车次乘载率以及年工作天数。

其中，假设日车次数为 4 次，平均车次乘载率为 2 人/次，年工作天数为 250 天。

经过估算，北京、上海这两个城市每年每辆私家车通勤出行时，交通拥堵所导致的时间延误损失分别为 11789 元和 9375 元，分别相当于私家车主年均工资收入的 23%和 18.2%。统计资料显示，2005 年北京和上海两地的私家车全年平均保有量分别为 137.265 万辆和 36.385 万辆，这样估算下来，这两个城市全部私家车通勤因交通拥堵造成的年经济损失分别为 161.82 亿元和 34.11 亿元。

2.4 估算额外燃料消耗成本

假定中国 2005 年私家车的平均油耗水平为 8.06L/100km，通勤拥堵时段平均油耗为 10L/100km（高于平均值约 25%），当年的汽油价格为 4.26 元，并直接引用 TTI 的公式进行估算，结果显示，北京市每辆私家车通勤出行因交通拥堵而每天多消耗汽油 2.55 升，每年增加燃油支出 2716 元，而上海这两项指标分别为 2.04 升和 2173 元；北京市 2005 年全部私家车通勤因拥堵导致燃料成本额外增加 37.28 亿元，而上海为 7.91 亿元。

2.5 推算额外 CO<sub>2</sub> 排放

国内外的众多研究数据表明，车辆行驶所耗用的燃料与该过程产生的 CO<sub>2</sub> 之间存在一定的相关性。由于燃料、燃烧状态等方面的差异，不同国家对 CO<sub>2</sub> 排放和燃料消耗量之间的换算系数存在着细微的差别（如表 1 所示）。在这里，本研究主要选用了中国、英国、德国三国 2002 年和 2006 年汽油消耗量和 CO<sub>2</sub> 排放换算系数的平均值，即 1L/100km ≈ 23.8gCO<sub>2</sub>/km。

表 1 国内外车用汽油消费与 CO<sub>2</sub> 排放换算系数

	中国		英国		德国		平均值
年份	2002	2006	2002	2006	2002	2006	
换算系数	23.4	23.9	23.9	23.9	24	23.8	23.8

由于交通拥堵导致机动车燃料消耗量增加，机动车的 CO<sub>2</sub> 排放量也相应增加。据估算，北京因私家车通勤拥堵导致全年 CO<sub>2</sub> 排放量增加了 208.27 万吨，是上海的 4.7 倍多（上海仅为 44.16 万吨）。

通过上面对北京和上海两地私家车通勤拥堵外部成本的研究分析，可以看出由于上海实施私家车牌照排放制度，该城市的私家车保有量远低于北京，因而其交通拥堵状况略好于北京，拥堵造成的时间延误损失和额外燃油成本也明显低于北京，相应地，因交通拥堵而导致机动车的 CO<sub>2</sub> 排放增量也明显小于北京。

# “限塑令”实施效果的差异性案例研究

周 娟 周志家

(厦门大学社会学系, 福建 厦门, 361005)

**【摘要】**“限塑令”实施的初衷经济手段在调节人们的环境行为时起到了一定的积极作用, 这在超市里反应比较明显。而农贸市场由于其政策执行上的现实困难, 从而使“限塑令”成为一纸空文。影响“限塑令”实施的相关因素主要有: 政策本身制定的不完善, 管理上的多头领导, 塑料袋可替代品的局限性, 公众的环保意识不强以及不同消费群体的客观需求。

**【关键词】**限塑令; 塑料袋; 经济手段

中图分类号: X-01 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X (2009) 03-0004-04

普通塑料袋在自然环境中很难降解, 而大量填埋, 会污染土地, 容易引起土壤板结; 焚烧会产生二恶英、含苯化合物等有毒物质; 回收时清洗环节会造成水污染。同时, 每生产 1 吨塑料, 需消耗 3 吨石油, 对紧缺的石油资源耗费巨大。由此, 国务院于 2007 年 12 月 31 日颁布了“限塑令”: “从 2008 年 6 月 1 日起, 在全国范围内禁止生产、销售、使用厚度小于 0.025 毫米的塑料

购物袋。在所有超市、商场、集贸市场等商品零售场所实行塑料购物袋有偿使用制度, 一律不得免费提供塑料购物袋。商品零售场所必须对塑料购物袋明码标价, 并在商品价外收取塑料购物袋价款, 不得无偿提供或将塑料购物袋价款隐含在商品总价内合并收取; 加强对限产限售限用塑料购物袋的监督检查; 提高塑料购物袋的回收利用; 大力营造限产限售限用塑料购物袋的

## 3 结论

从以上的研究讨论中可以看出, 城市交通拥堵所造成的外部成本是相当大的, 所以我们不难理解国内外大中型城市纷纷出台各项政策措施用于缓解城市交通拥堵状况, 如私家车牌照拍卖制度 (新加坡和上海)、拥堵收费 (新加坡、伦敦和斯德哥尔摩等)、HOV 和 HOT (高承载率) 车道制度 (美国的休斯顿、圣迭戈、丹佛等城市)、BRT (快速公交专用车道) 以及发展轨道交通等。这些政策措施不仅能够有效缓解交通拥堵, 而且在一定程度上减少了机动车的燃料消耗及其尾气排放, 同时, 对降低交通部门的 CO<sub>2</sub> 等温室气体排放也具有重要的现实意义。因此, 应该加强针对城市交通拥堵外部成本的各项研究工作, 并以此为契机, 在城市层次积极推进交通领域的节能减排工作。

## 参考文献

- 1 Maddison D., D. Pearce. Blueprint 5: The true cost of road transport [R], London, UK: Earthscan 1996.
- 2 TTI, The Texas A & M University System; Appendix B Methodology for 2004 Annual Report [EB/OL]. Texas Transportation Institute 2004. Available at: <http://mobility.tamu.edu/ums/report/methodology.htm>.

- 3 市民花在上下班路上的时间知多少? [DB/OL], 中国经济网, 2006 年 9 月 21 日. 详见网页: <http://www.ce.cn/distric/syyc/zg/200609/21/20060921-8660016.shtml>
- 4 Schrank, D., T. Lomax. The 2005 urban mobility report [R]. Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, TX, 2005.
- 5 Pany, I. W. H., M. Walls, W. Hamington. Automobile externalities and policies [R]. Discussion paper for RFF (Resources for the Future), Washington, DC, June 2006.
- 6 张瑶. 驾车上班的美国人每年因堵车浪费一星期 [N]. 《华盛顿观察》周刊, 2007 年第 35 期, 2007 年 9 月 26 日.
- 7 张国初代表给交通拥堵算成本, 一天损失四千万 [DB/OL], 新浪网, 2004 年 2 月 17 日. 详见网页: <http://news.sina.com.cn/c/2004-02-17/13542884677.shtml>
- 8 北京市汽车驾驶外部性分析及简要对策 [DB/OL] 北京大学中国经济研究中心网站资料, 2007. 详见网页: <http://lingji.ccer.edu.cn/pf/work/2007-01.pdf>
- 9 交通拥堵每年多耗 30 万吨油快速公交可节能 [DB/OL] 中国汽车新网网站资料, 2004 年 8 月 11 日. 详见网页: <http://www.qiche.com.cn/files/200408/11043.shtml>

**作者简介:** 冯相昭 (1974—), 男, 河南焦作人, 环境经济学博士, 主要从事能源与气候变化、城市交通政策研究等。