

北京市道路交通外部成本 衡量及内部化研究*

□佟 琮 王稼琮 王 静

摘要 :本文在综合分析了大气污染、噪声污染、交通事故和交通拥堵4种道路交通外部成本的基础上,分别用支付意愿和人力资本结合法、降噪达标法、事故综合经济损失计量模型和拥堵成本模型对北京市道路交通外部成本进行了衡量,得出拥堵外部成本最大、事故外部成本最小的结论。此外,文章还把计算出的外部成本通过燃油污染税、附加公害费和拥堵费的形式分配到公交车辆、私人汽车和出租汽车这3种交通工具上以实现内部化,并指出公交乘客每次出行承担的外部成本最小,私人车辆乘客承担最大,进而为交通运输产品的定价提供参考。

关键词 :外部成本 大气污染成本 噪声污染成本 交通事故成本 交通拥堵成本

一、引言

交通运输的发展给人们带来了巨大的便利,但同时也带来了一系列的负面影响。这些影响产生的成本费用不仅仅指那些通过市场价格体现出来的财务成本,还包括那些非市场成本,诸如死亡、疾病及对自然和生态环境破坏的代价。在大多数情况下,交通运输工具的使用者并没有承担这些非市场成本,目前这些影响也尚未形成市场化机制,因此,它们就被看作是外部成本。近年来,北京市道路交通飞速发展,至2011年底,北京市道路总里程已达27909公里,近十年来总里程数增加了47.33%;2011年北京市机动车拥有量为498.3万辆,其中公交车和出租车客运量总计达574144万人次,公路货运量总计20184万吨^①。在这些数字持续增加的同时,大气污染、噪声污染、交通事故以及交通拥堵也在相应的增加,这些负外部性不仅破坏了生态环境,而且也严重影响了人们的生活质量。因此,如何设计市场化机制,将交通运输外部成本内部化,以降低社会成本,就成了当务之急,而对交通运输外部成本衡量则是其重要内容。本文拟以北京市道路交通外部成本的衡量及内部化为例,对其进行实证研究探索。

二、相关研究述评

早在20世纪20年代,国外一些经济学家就对道路运输外部性问题进行了研究,庇古(2006)在所著的《福利经济学》中提出,道路定价是解决道路拥挤的最优方案;而对于外部成本计算的研究起源于成本收益分析方法,此方法是在20世纪70年代由加州伯克利地区发展研究所Keeler等人在其发表的《城市交通的成本分析和综合比较》报告中提出的。该报告以旧金山海湾地区小汽车、公交车辆和轨道交通的通勤费用为基础,分析了拥堵边际成本、公共服务成本、噪声成本、空气污染成本、设施成本、事故成本、停车成本和使用成本。随后,很

* 本论文得到北京市科委科普专项资助项目(Z131110001913119)、北京交通大学基本科研业务费(2009JBZ008-5)的资助。

多交通专家和学者也对交通系统成本效益分析进行了大量的研究。如 Mark Delucchi(1992)发表的《城市道路使用的社会成本及其本质》,提出了城市道路运输的外部成本,也推荐了能够计算外部成本的方法;Douglas Lee(1995)进行的公路成本研究分析了具有经济效率的最佳公路运输价格,并估计了外部成本;Silvia Banfi(2000)研究了西欧国家交通的环境与拥堵成本,计算了每个国家交通运输的总成本和外部成本,提出了外部成本应该被定价的观点;Astrid Jakob等(2006)对新西兰奥克兰市的交通外部成本进行了实证研究;Jason D. Lamp、Kara M. Kockelman(2008)对轻型载货汽车的外部成本进行研究,得出轻型载货车对大社区产生的外部成本远远大于客运汽车的结论。

国内关于交通运输外部性方面的研究,更多的是对外部效益的关注,在交通运输外部成本衡量方面,因为很难量化,国内研究并不多。张新宇、陈景艳(1999)在综合分析交通运输外部成本影响的基础上,提出了外部成本内部化的观点及方法;毛敏、蒲云等(2004)提出外部成本是我国城市客运交通结构性失衡的根源;钟涛、刘峰涛(2007)则认为,交通运输的负外部性政策及相应的定价目标应该定位于社会公平,即把社会成本进行经济量化,通过经济调节实现社会公平。

综合来说,关于运输外部成本的理论及其衡量方法,国外要比国内关注度高,研究更深入。但国内外学者对很多问题的看法并不完全一致,使用的道路运输外部性的定量计算方法也不同,导致计算结果有较大差别。本文在综合比较了国内外各种衡量方法的基础上,分别用支付意愿和人力资本结合法、降噪达标法、事故综合经济损失计量模型、拥堵成本模型对北京市大气污染、噪声污染、交通事故和交通拥堵这四大道路交通外部成本进行了衡量,并把计算出的外部成本通过燃油污染税、附加公害费和拥堵费的形式分配到公交车辆、私人汽车和出租汽车这3种交通工具上以实现内部化。

三、道路交通外部成本的衡量方法

城市道路交通外部成本的分类方法有多种,有按照城市主体关系划分的(Delucchi, McCubbin,

1999),也有按城市道路交通使用者对他人的影响进行分类的(杨金花、晏克非,2005)。考虑到重要性以及数据的可得性,本文仅讨论由大气污染、噪声污染、交通事故以及交通拥堵这4种因素引起的外部成本。

(一)大气污染成本

近年来,我国的大气污染日趋严重,机动车排放污染的分担率日趋上升。概括来讲,机动车尾气排出物会损伤接触人群的人体细胞,降低人体的免疫力,并引发心血管系统疾病和呼吸系统疾病等,尤对老人和儿童的影响更为严重;对于职业性接触人群,机动车尾气排出物可导致其抗击肿瘤的免疫力明显下降。

目前关于大气污染外部成本的衡量主要有替代市场法、间接法、人力资本法以及支付意愿法(Emile Quinet,2004)。考虑到各种方法的优缺点,为了提高灵敏度和准确度,本文把支付意愿法和人力资本法结合,重点放在机动车的尾气排放对人体健康的影响上,并以此对北京市汽车尾气排放造成的大气污染成本进行衡量。

(1)人力资本法。这属于一种间接方法,该方法将人看成一种资本,并将一个人对社会的贡献与其对社会资源的耗费之差进行折现,以此衡量其价值。大气污染造成的人力资本损失主要包括两个方面,第一是过早死亡造成的损失,第二是由于疾病等造成的损失。其计算公式可表示为:

$$DA = \sum_{k=1}^{R-t} \frac{\pi_{t+k} \times E_{t+k}}{(1+r)^k} \quad (1)$$

$$S = \sum_{n=0}^m (L_n + M_n) \quad (2)$$

其中,DA代表过早死亡造成的损失, μ 表示死亡年龄, π_{t+k} 表示一个人在没有大气污染的情况下从t岁活到t+k岁的概率; E_{t+k} 表示一个人在t+k岁时取得的预期收入;r代表折现率;R表示一个人的退休年龄;S表示由于疾病等造成的损失; L_n 表示工资损失(第n类人); M_n 表示医疗费用支出(第n类人)。

人力资本法存在以下的局限性:第一,它只考虑整个社会的经济收入是否减少,而没有考虑疾病和伤害给人造成的痛苦、悲哀等无形损失;第二,折现率的确定有一定的困难;第三,不同群体的收入差别未必能准确反映实际生产力的差别。

(2)支付意愿法。这种方法主要是指社会为挽救生命而愿意支付的代价。其中,人们为了自身安全和身体健康等实际支付的代价是属于已表现出来的意愿,而那些存在于人们意识中的意愿只有通过社会意愿调查法才能知道。这种方法综合考虑了多方因素,其中包括一个人对悲哀和痛苦的相应评价、为避免危险等因素显示的偏好、对延长生命的偏好以及对通过一定数量金钱来减少生命危险因素的意愿。

目前,在理论层面上支付意愿法已经比较成熟,但这种方法受人们生活水平及对健康认知程度等因素的影响,它的实际应用受到局限。

(二)噪声污染成本

噪声污染是指发声源发出的噪声超过国家规定的环境噪声标准,妨碍人们工作、学习、生活和和其他正常活动的现象。

道路噪声污染主要来源于机动车的引擎声、刹车声、鸣笛声等,因此道路噪声污染成本主要与行驶在道路上的机动车的数量、类型以及机动车流的速度等相关。据世界产业工人联合会(IWW)对欧洲17个国家的噪声污染经济损失进行的估算,噪声污染造成的总损失占17个国家总GDP的0.65%,损失相当惊人(Wassmer,2001)。

由于考虑到私人汽车和出租汽车产生的噪声污染等级基本一致,而公交车辆的数量相对较少,本文中假设车辆产生的噪声等级一样(林观辉、林峰、王建国,1992)。

目前国内外对因噪声污染而产生的经济损失的衡量方法主要有防护费用法、损害费用法、意愿调查评估法(Oertli,2006)。本文在综合这3种方法的基础上,提出了降噪达标法,即对道路噪声污染成本的衡量主要是通过估计人们为减少甚至消除噪声采取的一系列措施所花费的成本。这首先就需要设立一个声级标准,这个标准是指在这个声级及其以下,不会对人们有损害,一般由政府部分设定。假设 C_z 表示城市道路总里程的噪声污染总成本, $Z(DB)$ 表示城市道路两侧的实际噪声等级, $Z_k(DB)$ 表示制定的城市道路两侧的标准噪声等级, σ 表示每公里降低单位噪声等级所需的费用, L 表示城市的道路总里程数,则噪声污染成本为:

$$C_z = \int_1^L \sigma(Z - Z_k) dx \quad (3)$$

(三)交通事故成本

近几年,交通安全在我国已经成为一个热点问题,引起了社会的普遍关注。据中华人民共和国道路交通事故统计年报显示,我国的道路交通事故数与死亡人数一直稳居世界第一,事故死亡率也远高于发达国家(佟琼,2012)。

目前关于交通事故外部成本的衡量方法主要有两种:一是Jansson提出的交通事故模型,该模型建立在对人的生命价值进行评估的基础上,包括受害人自己及其亲属为避免事故愿意承担的费用等(Jansson,2001)。二是任福田在《交通工程学》中提出的事故综合经济损失计量模型(中村英夫,2003)。考虑到数据的可得性,本文对交通事故成本衡量采用的是第二种模型,并对其进行了一些修改。

一般来说,交通事故可分为轻微刮蹭事故与造成人员伤亡或车辆损坏等的较严重事故。前者一般由双方自行协调处理,成本较小且基本可以实现市场内部化,本文将不考虑;但后者则成本较大且不能通过自身协调解决,需要警方等出面处理,造成的成本如下:首先是受害人的医疗费用、车辆损坏及工资和精神损失;其次是相关的交警服务、消防救护和司法等公共支出及可能造成的公共财产损失;最后还有事故造成的交通拥堵成本。其中,受害人的医疗费用、车辆损坏及工资和精神损失可由双方达成的赔偿协议实现市场化,即成本内部化,而政府医疗补贴、相关公共支出、公共财产损失及事故造成的交通拥堵成本却并没有形成相应的市场实现机制,这部分成本就可看作是事故的外部成本。由于本文中将拥堵成本分开来算,故为了避免重复计算,在此不考虑拥堵。即事故外部成本具体公式如下:

$$C_a = \alpha + \sum_{j=1}^4 \beta_j + \gamma \quad (4)$$

$$C_{ai} = (C_a \times \theta_i) / q_i \quad (5)$$

式(4)和(5)中, C_a 表示交通事故外部成本总额, α 表示政府对受害者的医疗补贴等费用, β_j 表示与交通事故相关的公共成本支出, $j=1\sim 4$ 分别代表了司法服务成本、交通监督费用、消防救护费用以及其他相关部门的支出。 γ 代表交通事故造成的公共财产损失, C_{ai} 表示每单位第*i*种交通工具承担的交通事故外部成本, θ_i 表示第*i*种交通工具造成的交

通事故的比率, q_i 表示第 i 种交通工具的数量, 其中 $i=1, 2, 3$ 分别代表公交车、出租车和私人汽车。

(四) 交通拥堵成本

目前学术界广为接受和认可的估算模型主要有两种: 一是用于计算交通拥堵外部成本的简单概念模型, 其考察重点是交通拥堵造成的时间损失外部成本, 由 Maddison 等学者创建(崔智涛、霍娅敏, 2006); 二是美国得克萨斯交通研究所年度报告中应用的估算模型(罗清玉、隗志才, 2007), 其提出客运类机动车外部成本的计算方式为乘客时间延误成本及额外柴油汽油成本之和。本文对交通拥堵成本的衡量采用的是第二种模型, 并在其基础上进行了一些修改。

具体来说, 本文对拥堵成本的分析以公交、出租和私人车辆为研究对象, 并分别对乘客的时间延误成本和额外燃油消耗成本进行评估, 其他外部成本将忽略不计。

1. 乘客时间延误成本估计

(1) 公交车辆。随着机动车辆的增加, 交通拥堵越来越严重, 人们的出行时间被延误, 而且由于延误情况的无法预知性, 出行者必须提前计划出多余时间。另一方面, 从社会生产效率的角度来看, 随着社会生产效率的提高, 单位时间内创造出来的社会财富就越多, 单位时间价值相应的也就越大(张香平, 2007)。由此, 我们可以用单位时间内某地区的人均 GDP 来衡量单位时间价值, 而对时间延误成本的估算可以通过单位时间价值与延误时间的乘积计算得出。公式如下:

$$C_g = t \times w \times g \quad (6)$$

$$\text{其中 } \mu w = q \times s \quad (7)$$

C_g 表示道路公交乘客总时间延误成本, t 表示单位里程平均延误行车时间, μw 表示道路公交客运周转量, g 表示单位时间地区人均 GDP, q 表示道路公交客运量, s 表示公交乘客出行平均行程。

(2) 出租车辆。本文中出租车辆的乘客时间延误成本是利用与公交车的出行分担率之比来得到的(刘南、陈达强, 2009)。即用 H 表示道路公交的分担率, T 表示出租汽车的出行分担率, 则出租汽车乘客时间延误成本 C_t 可以用式(8)表示。

$$C_t = (T/H) \times C_g \quad (8)$$

(3) 私人车辆。由于私人汽车每天实际通勤量

估算起来比较困难, 所以对于私人汽车的时间延误成本仍然采用出租车辆的衡量方法。即用 H 表示道路公共交通的分担率, S 表示私人小汽车的出行分担率, 则私人汽车乘客时间延误成本 C_s 可以用下面公式表示:

$$C_s = (S/H) \times C_g \quad (9)$$

2. 额外燃油消耗成本估计

(1) 公交车辆和出租车辆。在上下班高峰期和交通拥堵时段, 机动车会消耗额外的燃料。这是因为, 在机动车缓慢行驶的过程中, 司机需要在踩刹车和踩油门之间不停地切换, 必定增加油耗。从整个社会角度来讲, 这种额外造成社会生产成本增加的情况, 属于非正常的资源损耗(Jansson, 2001)。因此, 这种额外燃油损耗也应该包括在道路交通拥堵的成本之中。额外燃油消耗成本计算公式如下。

$$D_i = \frac{v_i \times t_i}{k_i} \times p \quad (10)$$

其中, D_i 表示单位车辆单位里程的额外燃油消耗成本, v_i 表示车辆在道路拥堵时期的车速, k_i 表示平均燃油效率, t_i 表示单位里程平均延误行车时间, p 表示燃油价格。其中 $i=1, 2$, 分别代表公交和出租车。

故公交车辆和出租汽车总体的额外燃油成本 C_d 的衡量可通过下列公式来计算。

$$C_d = D_i \times q_i \times s_i \quad (11)$$

其中, C_d 表示第 i 种交通工具的年总体额外燃油成本, q_i 表示第 i 种交通工具的营运车辆数, s_i 表示第 i 种交通工具的年均运行里程。

(2) 私人车辆。由于私人汽车与出租汽车单位燃油消耗基本一致, 所以对于私人汽车的额外燃油消耗成本 C_3 可以利用出行分担率比例及已经得到的出租汽车的额外燃油成本来计算, 公式如下:

$$C_3 = (S/T) \times C_2 \quad (12)$$

这样, 关于 3 种交通工具所承担的交通拥堵成本可由相应的乘客时间延误成本和额外燃油消耗进行简单加总得到, 即公交车辆为 $C_g + C_t$, 出租车辆为 $C_t + C_2$, 私人车辆为 $C_s + C_3$ 。

四、北京市道路交通 4 种外部成本的衡量

考虑到公交车辆、出租汽车以及私人小汽车在

北京市机动车拥有量中占很大比重,而且道路交通所造成的大气污染、噪声污染、交通拥堵和交通事故绝大部分是由这3种类型的交通工具造成,因此本文中,仅将各外部成本分配到公交车辆、出租汽车以及私人小汽车3种交通工具上来。

(一)大气污染成本的衡量

截至2011年末,北京市机动车拥有量为498.3万辆,其中私人汽车拥有量为389.7万辆,每年这些车辆向大气排放NOX14.7万吨,北京市大气环境中63%的CO、50%的NOX、73%的HC来自汽车排放^②。过去北京市的大气污染总体上属于煤烟型,但通过控制发展重污染工业,推广使用污染小的煤气、液化气等一系列措施,固定污染源得到了有效的控制,而作为非固定污染源的汽车尾气排放污染的分担率却在急剧上升。

为计算汽车尾气排放污染成本,首先要转化世界卫生组织研究估算的愿付价格,通过采用2011年中国与欧洲国家的人均国民净收入(GNI)之比可以实现转换,再利用北京市与全国的人均GDP对其加以调整,可计算出的转化率为0.2071。根据世界卫生组织对欧洲国家为避免死亡而愿意支付的价格估算,为191万欧元。据此,我们估算出为避免死亡,北京地区人均愿意支付的价格为608335美元(或426万人民币)。本文仅取愿付价格的60%计算货币成本,原因是根据世界卫生组织的研究,由于受到环境污染而死亡的大多是老年人,并且认为在一定年龄之后,为避免死亡人们愿意支付的价格会不断降低。黄有光曾证明,以货币计算的生命价值变动是一条抛物线,可能在60岁时达到最高点,在60~70岁之间仅略为下降,超过70岁以后就会迅速下降(余波、袁九毅,1999)。通过前面的假定,本文将采用365000美元作为避免死亡的愿付价格。

表1列出了道路运输的大气污染成本,假设受大气污染影响的居民所占比率为60%。由于机动车辆对PM10的贡献率大约为30%。那么,在2011年,北京市机动车尾气排放的污染物致使1876位居民死亡,甚至比当年由于交通事故而死亡的人数1470人还高。另外,机动车尾气排放所造成的污染致使人患呼吸道疾病(3751例因患此病住院)和慢性支气管炎(19068例)。按照人力资本法和支付意愿法,我们计算得出的与道路交通相关的北京市大气污染造成的成本分别为9.48亿美元和14.61亿美元。其中,主要成本是疾病成本,在人力资本法计算中,占到总成本的69%;在支付意愿法计

表1 北京市2011年大气污染成本

对健康的影响	由道路运输造成的案例**	死亡和疾病的货币估计(美元)		道路运输造成的成本(百万美元)	
		支付意愿法*	人力资本法*	支付意愿法	人力资本法
死亡(案例数)	1876	365000	156500	684.74	293.59
呼吸疾病住院数(病例数)	3751	966	896	3.62	3.36
急症(病例数)	73460	73	64	5.36	4.70
活动受限制天数(天数)	17994224	12	9	215.69	161.77
呼吸系统感染/儿童呼吸(病例数)	7190	23	23	0.17	0.16
哮喘发病数(病例数)	815248	7	7	5.71	5.69
慢性支气管炎(病例数)	19068	25644	22087	488.99	421.15
呼吸性症状(病例数)	57204922	1	1	57.21	57.21
总成本				1461.49	947.63

注: *数据来源清华大学,2011年; **数据来源交通科学研究院,2011年。

算中,占到总成本的53%。而在世界卫生组织的相关计算中显示,主要成本为死亡成本,分别占到总成本的70%~75%不等。

单就北京市而言,如果分别按照支付意愿法和人力资本法计算,2011年,北京市GDP总量为14113.6亿元(或2240.3亿美元),与道路交通相关的大气污染成本相当于该年北京GDP的0.65%和0.42%。我们按照支付意愿法和人力资本法计算出的成本平均值1204.56百万美元即7588.73百万人民币对2011年北京市道路交通大气污染外部成本进行分配,考虑到3种交通工具年运行里程和排量的不同,本文在分配大气污染外部成本时并不简单以车辆数分配,而是综合考虑里程、排量、载客量以及乘客平均出行里程的因素。

(1)据北京公交网统计,2011年公交车辆拥有量为2.8万辆,每辆年均运行7.5万公里^③,另据北京统计显示,出租汽车拥有量为6.6万辆,每辆年均运行12万公里;私人汽车拥有量为389.7万辆,每辆年均运行2.5万公里^④。

(2)据北京公交网显示,公共汽车燃油消耗为30~40升/每百公里,考虑到北京公交车辆还有部分电车及绿色能源车,本文取30升/每百公里,即燃油经济效率为3.33公里/升;另据统计显示出租汽车燃油消耗大约为10升/每百公里,

本刊专稿

由此可以得到燃油经济效率为 10 公里/升。私人汽车与出租车类似,也取 10 升/每百公里。

所以,在年均运行里程上,3 种交通工具比例如下。

公交车辆:出租车:私人汽车=3 5 1

在汽车排量上,3 种交通工具比例如下。

公交车辆:出租车:私人汽车=3 1 1

综合这两种因素,可得在大气污染外部成本分担上,3 种交通工具单位车辆的承担比例应为公交车辆:出租车:私人汽车=9 5 1

(3)据北京公交集团统计,2011 年,北京公交集团累计发车 5308.76 万次,累计运送乘客 49.44 亿人次,可得平均每次发车运送乘客 93 人次;出租汽车和私人汽车载客量一般是 1~3 人,本文中取平均值 2 人次。

(4)乘客平均出行里程统计如下:据北京公交集团统计,公交乘客平均出行距离为 10 公里;数据显示在 2011 年,乘客搭乘北京出租有近三成乘坐距离在 3 公里内,超过四成乘坐距离在 3~8 公里,其他约三成乘客乘车距离在 8 公里以上^⑤,统计显示出租车乘客平均出行距离为 8 公里;北京私人小汽车年均行驶 2.5 万公里,平均每天出行 3 次,可得私人汽车乘客平均出行距离为 22 公里。

综合以上因素对北京市道路交通大气污染成本分配结果如表 2 所示。

(二)道路交通噪声污染成本的衡量

1.相关指标的估计

(1)单位分贝的降噪费用。不同道路的交通噪声控制适用条件不同,降噪措施的技术特点及达到

的降噪效果也有所不同,所以为了更直观地了解不同噪声控制措施的特点与差异,现拟定以下条件:一是道路长 100m,车行道宽度 15m(高架路面宽 20m),车速大于 50km/h(采用低噪声路面有效)。二是道路两侧敏感目标密集,均距离道路红线 15m 外,敏感目标分 3、6、12 层临路建筑 3 类,每层 10 户。三是道路两侧均采用降噪措施,声屏障不考虑两侧延长。

本文中对 s 的取值,按照表 3 中单位分贝投资的平均数以及工程量计算,可以得出,每公里路程,降噪一分贝所需的平均费用为 0.3593 万元,取 s=0.3593。

(2)城市道路网络总长度。截至 2011 年底,北京市城市道路总里程数为 6355 公里。

(3)道路两旁的交通噪声实际等级声级(DB)。北京市环境保护局发布的《2010 年北京市环境状况公报》显示,城市功能区环境噪声比往年有所升高。白天 1 类区(居住文教区)、2 类区(居住、商业、工业混杂区)噪声年均值超标。其中,本市西南三环、四环的部分道路,噪声污染比较严重。根据北京市环境保护局公布的声环境质量显示,2011 年北京市建成区道路交通噪声平均值 65.9~74.2 分贝,其中城区 70 分贝,近郊 68.0 分贝。

(4)交通噪声标准声级(DB)。按照国家标准,居民区噪声白天不超过 55 分贝,夜间不超过 45 分贝,道路两侧白天不超过 70 分贝,夜间不超过 55 分贝。而人们生活中感觉舒适的音量一般白天 50 分贝左右,夜间 30 分贝左右。根据北京市环境保护局公布的道路交通噪声平均值,为了相配比,计算出

表 2 2011 年北京市道路交通大气污染外部成本

车型	拥有数量 (万辆)	单位车辆的 年大气污染 成本(元/辆)	总大气污染 成本(万元)	里程 (万公里)	单位车辆的单位 里程大气污染成本 (元/辆/百公里)	单位车辆 载客量 (人)	人均单位里程大 气污染成本(元/ 人/百公里)	各车型乘客平 均出行里程(公 里/次)	单位人次大 气污染成本 (元/人次)
公交车辆	2.8	15248.62	4.27×10 ⁴	7.5	20.33	93	0.22	10	0.02
出租车辆	6.6	8471.45	5.59×10 ⁴	12	7.06	2	3.5	8	0.28
私人汽车	389.7	1694.29	66.03×10 ⁴	2.5	6.78	2	3.4	22	0.75

表 3 不同道路交通噪声控制措施的投资估算

措施	工程量	经济指标	估算投 资/万元	预计降噪 效果/dB(A)	单位分贝 投资/万元	降噪有效范围
低噪声路面	1500m ²	60 元/ m ²	9	3~8	1.1~3.0	道路两侧所有敏感目标
声屏障(道路两侧均高 3m)	200m	1400~3200 元/m	28~64	10	2.8~6.4	声影区内(6 层以下建筑物)
全封闭声屏障	100m	2~5 万元/m	200~500	22~26	7.7~22.7	两侧所有敏感目标
高架桥低吸声	100m(2000 m ²)	200 元/ m ²	40	3	13.3	道路两侧高度在桥面以下的敏感目标
宽 15m 的一般绿化带	200m(3000 m ²)	绿化 500 元/m,土地 3000 万元/hm ²	1050	10~13	80.8~105.0	道路两侧 1~3 层建筑
宽 15m,高 3.5m 的坡度绿化带	200m(3320 m ²)	绿化 530 元/m,土地 3000 万元/hm ²	1172	10~15	78.1~117.2	道路两侧 6 层以下建筑

资料来源:李超、刘晓明、荣建(2010)。

道路交通噪声标准声级的平均数为62.5分贝^⑥。

2.北京市道路交通噪声污染成本测算

将上述数据代入模型,可以得到:

$$C(N) = \int_1^{6355} 0.3593 \times (74.2 - 70) dx = 9589.48 \text{ (万元)}$$

考虑到不同车型的噪音污染差别不是很大,这里的噪音污染按照车辆数来平均分配。可得出3种车型所需分担的外部成本,如表4所示。

(三)北京市交通事故外部成本的衡量

根据《2012年北京市统计年鉴》显示,2011年北京市发生交通事故3934起,受伤人数4503人,死亡人数924人。其中机动车事故3195起,受伤人数3769人,死亡人数803人。造成直接经济损失1946.8万元,每万辆机动车死亡人数为1.85人。

(1)对 $\sum \alpha$ 的分析:由于 α 代表政府对受害者的医疗补贴等费用,我们从北京市交通管理局查出2011年发生的交通事故中医疗支出为1162.5万元;又由于国家公立医院收入来自政府的补贴为6%(本文假设3195起交通事故死伤者全部在公立医院治疗),所以 $\sum \alpha = 1162.5 \times 6\% = 69.75$ 万元。

(2)对 $\sum_{j=1}^4 \beta_j$ 的分析:由于 β_j 表示与交通事故相关的司法服务、交通监督、消防救护等公共成本支出。由于数据的不可得性,本文通过将所有警察、司法、救护等相关人员消耗在事故处理中的平均总工作时间乘以单位时间价值来近似计算这部分成本。

由于事故处理环节包括现场检验鉴定、事故责任认定、事故调节及诉讼等,不同事故的处理环节有简单复杂之分。为便于衡量,本文将简单计算平均每件事故耗费时间,具体如下:现场处理时间2个小时,相关人员4人;后续处理时间20个小时,相关人员6人;单位时间价值以北京2011年人均GDP来衡量:根据2012年北京市统计年鉴,2011年北京市人均GDP为81658元/人,一年按照365天、一天按8小时计算,单位时间地区人均GDP为28元/小时;2011年事故数为3195起。所以 $\sum_{j=1}^4 \beta_j = 1145.09$ 万元。

对 $\sum \gamma$ 的分析: γ 表示交通事故造成的公共财产损失,由于数据的不可得性,本文将通过对《2012年北京市统计年鉴》提到的事故造成的直接经济损失乘以一定比例来估算得出。直接经济

损失包括私人 and 公共损失两方面,其中主要是私人损失,本文将假设公共财产损失占20%。所以 $\sum \gamma = 1946.8 \times 20\% = 389.36$ 万元。

把上述数据代入模型可以得到2011年交通事故总的外部成本为:

$$Ca = \sum \alpha + \sum_{j=1}^4 \beta_j + \sum \gamma \\ = 69.75 + 1145.09 + 389.36 = 1604.2 \text{ (万元)}$$

根据北京市交通管理局统计,2011年北京市发生的3195起交通事故中,其中私人汽车造成的事故比例为42%,出租汽车比率为32%,公交汽车比率26%。若将此比例分摊到单位车辆上,则公交车造成事故的比例最大,其次是出租车,最后是私人汽车。笔者认为这可以解释为由于公交和出租车辆的不定时停车及车速不稳定性导致了比私人汽车更高的事故发生概率。

于是根据3种车型的拥有量、里程以及发生交通事故所占的比率,由公式可以得到2011年3种交通工具所承担的交通成本,如表5所示。

(四)北京道路交通拥堵的外部成本的衡量

1.相关指标的估计

(1)乘客出行平均里程:据北京公交集团统计,2011年,北京公交集团累计发车5308.76万次,行驶里程18亿公里,累计运送乘客49.44亿人次,日均客运量1353万人次。居民平均出行距离为10公里,再由关系式(7)计算可以得到道路公交客运周转量为494.4亿人公里。

(2)一般来说,公交车辆因为存在站点多和上下乘客的问题,行车延误时间和拥堵平均时速要比出租车和私人汽车多,但由于北京公交专用道以及多条快速公交车辆的开通,同时也出于数据和计算的复杂性,本文将假设3种道路的平均行车延误时间及高峰期拥堵平均车速近似相等。北京统

表4 2011年北京市道路交通噪声外部成本

车型	拥有数量 (万辆)	总的年噪声污染 成本(万元)	单位车辆年噪声 污染成本(元/辆)	里程 (万公里)	单位车辆的单位里程噪声 外部成本(元/辆/百公里)
公交车辆	2.8	67.28	24.03	7.5	3.20×10^{-2}
出租汽车	6.6	158.58	24.03	12	2.00×10^{-2}
私人汽车	389.7	9363.62	24.03	2.5	9.61×10^{-2}

表5 2011年北京市道路交通事故外部成本

车型	拥有数量 (万辆)	总的年交通事故 成本(万元)	单位车辆年交通 事故成本(元/辆)	里程 (万公里)	单位车辆的单位里程事故 外部成本(元/辆/百公里)
公交车辆	2.8	417.10	148.96	7.5	0.20
出租汽车	6.6	513.34	77.78	12	0.07
私人汽车	389.7	673.76	1.73	2.5	0.007

表6 2011年北京市道路交通拥堵外部成本

车型	拥有数量 (万辆)	总的年拥堵外 部成本(万元)	单位车辆拥 堵外部成本 (元/辆)	里程 (万公里)	单位车辆的单位 里程拥堵外部成本 (元/辆/百公里)	单位车辆 载客量 (人)	人均单位里程 拥堵成本 (元/人/百公里)	各车型乘客平 均出行里程 (公里/次)	单位人次拥 堵污染成本 (元/人次)
公交车辆	2.8	1.96×10 ⁶	699536	7.5	932.71	93	10.03	10	1.00
出租汽车	6.6	0.73×10 ⁶	111182	12	92.65	2	46.33	8	3.71
私人汽车	389.7	9.02×10 ⁶	23157	2.5	92.63	2	46.32	22	10.19

计数据显示道路交通平均行车延误时间为48秒/公里;高峰期拥堵时车辆的平均车速为20公里/小时(王琴英,2008)。

(3)前面已提到公共汽车、出租车、私人汽车拥有量分别为2.8万、6.6万、389.7万辆。公交车辆和出租汽车的燃油经济效率分别为3.33公里/升和10公里/升。另据查询可知2011年平均燃油价格为6.79元/升。

(4)各交通工具的出行周转量分担率:由于本文对拥堵成本是按照周转量来计算的,故这里的出行分担率也按照周转量比例来计算。由前面数据可得公交车、出租车、私人汽车的年均客运量为49.44亿人次、19.75亿人次、88.57亿人次;再分别乘以各自的平均出行运距10公里、8公里、22公里,就可得到3种交通工具客运周转量分别为494.4亿人公里、158.4亿人公里、1948.54亿人公里,总客运周转量即为2601.34亿人公里,这样可得在这3种交通工具中,公交、出租、私人汽车周转量分担率分别是19.01%、6.09%、74.90%。

(5)前面已提到2011年北京单位时间地区人均GDP为28元/小时。

2.北京道路交通拥堵外部成本的测算

(1)乘客时间延误成本估计。将相关数据代入式(6),可得到公交车辆的乘客时间延误成本为184.53亿元,再由式(8)和式(9)可以得到出租车辆为59.12亿元,私人汽车727.05亿元。

(2)额外燃油消耗成本估计。将相关数据代入式(10)中,可得到单位公交车辆单位时间的额外燃油消耗成本为0.54元,单位出租车单位时间为0.18元。

将相关数据代入式(11)中,可得到公交车辆总体的额外燃油成本为11.34亿元,出租车总体的额外燃油成本为14.26亿元。这样私人车辆总体的额外燃油成本可由式(12)得到,175.38亿元。

(3)各车型承担的拥堵总成本如下:公交车辆195.87亿元,出租车辆73.38亿元,私人车辆902.43亿元。

尽管交通拥堵现象与行驶路线等有很大关系,但考虑到北京市内道路交通拥堵现象的普遍性和分析的复杂性,本文计算交通拥堵外部成本时仅考虑车辆、里程、载客量及平均出行里程的因素。计算结果如表6所示。

五、结论与建议

(一)结论

根据上面的计算,3种交通运输工具所承担的外部成本如表7所示。

北京市道路交通总外部成本如表8所示。

由于噪声污染和交通事故成本较小,尤其是平均到单位车辆上,故本文分配到单位人次应承担的外部成本时,仅计算大气污染和交通拥堵成本,结果见表9。

综合上述各表可得出如下结论:

(1)2011年北京市道路交通外部成本是非常巨大的,其中交通拥堵产生的成本最大,大气污染次之,噪声污染居第三,交通事故产生的外部成本最小。

(2)就单位车辆对道路交通外部成本的承担而

表7 2011年3种车型单位车辆承担的外部成本
(单位:元/辆)

车型	大气污染成本	噪声污染成本	交通事故成本	交通拥堵成本	单位车辆总成本
公交车辆	15248.62	24.03	148.96	699536	714957.61
出租汽车	8471.45	24.03	77.78	111182	119755.26
私人汽车	1694.29	24.03	1.73	23157	24877.05

表8 2011年北京道路交通总外部成本(单位:万元)

车型	大气污染成本	噪声污染成本	交通事故成本	交通拥堵成本
公交车辆	4.27×10 ⁴	67.28	417.10	1.96×10 ⁶
出租汽车	5.59×10 ⁴	158.60	513.34	0.73×10 ⁶
私人汽车	66.03×10 ⁴	9364.49	673.76	9.02×10 ⁶
总成本	75.89×10 ⁴	9590.37	1604.20	11.71×10 ⁶

表9 2011年北京单位人次大气污染和拥堵成本
(单位:元/人次)

车型	大气污染成本	交通拥堵成本	大气污染和拥堵总成本
公交车辆	0.02	1.00	1.02
出租汽车	0.28	3.71	3.99
私人汽车	0.75	10.19	10.94

言,由于私人汽车的数量远高于公交和出租车,故私人汽车分担的成本最小,公交车辆分担的成本最大。但若考虑到载客量和出行里程的因素,那么使用公交车辆出行的乘客每次出行承担外部成本最小,使用私人汽车出行的乘客承担最大。

(二)政策建议

为了提高资源配置效率、更好地实现社会公平,如此巨大的外部成本应由交通工具的使用者承担,以实现外部成本的内部化。那么具体到各外部成本应该如何分配,笔者给出如下建议。

(1)大气污染成本的承担可以通过征收燃油污染税来实现。正如表2所示,将单位里程大气污染成本除以对应的单位里程燃油量,得出需要内部化的外部成本如下:公交车为0.68元/升燃油,出租车和私人汽车为0.71元/升燃油。

(2)噪声成本和交通事故成本的承担可以通过征收附加公害费来实现。由于这两种外部成本相比另两种较小,尤其是平均到单位车辆时,所以笔者建议将这两种成本综合来解决。具体措施如下:每年对每辆公交车辆征收附加公害费172.99元、出租汽车101.81元、私人汽车25.76元。

(3)交通拥堵成本可以通过征收拥堵费或停车费及提高票价来实现内部化。如表6所示,2011年单位公交车、出租车和私人汽车的拥堵外部成本分别为699536元、111182元和23157元。这里需要指出的是,单位公交车的拥堵成本远大于其它两种交通工具,尤其是私人汽车,但这并不代表公交应承担的拥堵成本就大。因为大量私人汽车出行才是引起拥堵的最主要原因;而且在3种道路交通方式中,公交出行是外部成本最小的选择,理应大力倡导和鼓励。另一方面,就单位人次出行拥堵成本而言,公交乘客每次出行承担1.00元,出租汽车3.71元,而私人汽车高达10.19元;出租车平均每次出行按2人计算。故笔者提出如下措施:对私人汽车的拥堵成本内部化采取每年征收23157元拥堵费的措施;而对于公交车和出租汽车的拥堵成本内部化则通过票价的调整来实现:即公交车提高单次票价1.00元,出租车提高起步价7.42元。但是考虑到公交的正外部性,对公交的提价不应实施。通过提高出租车票价,还可以引导部分乘客转而选择公交、轨道交通或者绿色出行,进而减轻道路交通压力。

当然考虑到交通拥堵与时间段和交通路段关系密切,为了公平性,政府可在易拥堵城区边界处设立收费站,对进入车辆征收拥堵费;或者提高易拥堵城区的停车费用;具体数额可以结合实际路段并参考上文中计算得出的拥堵成本来定。

以上措施主要都是对负外部性的分担,并未深入考察公交车辆巨大的正外部效应。所以笔者认为除了应建立合理的对私人交通工具使用者课征社会成本的机制,还应利用政策来补贴正外部性较高的公交车辆。包括制定切实可行的公交优先措施并在投资上给予保障,在时间和空间上给予公共交通优先行驶的特权等。

总之,建立合理机制使得公共交通外部成本内部化,使不同运输工具使用者在合理的成本与付费机制下选择适当的运输工具,这是减少大气污染、噪声污染、交通事故,缓解城市交通拥堵,优化城市客运交通结构的有效途径。

(王稼琼系首都经贸大学校长;佟琼、王静,北京交通大学经济管理学院,责任编辑:张劲松)

注释

①②数据来源:北京统计信息网,网址:<http://www.bjstats.gov.cn/>,2012年5月4日进入。

③数据来源:北京公交网,网址:<http://www.bjbus.com/>,2012年6月7日进入。

④数据来源:<http://www.ifeng.com/>,2012年6月7日进入。

⑤数据来源:人民网,网址:<http://society.people.com.cn/>,2012年3月31日进入。

⑥北京市环境保护局<http://www.bjepb.gov.cn/portal/0/tab180/>,2012年3月31日进入。

参考文献

(1) Astrid Jakob, John L. Craig, Gavin Fisher, 2006, Transport Cost Analysis: A Case Study of a Total Cost of Private and Public Transport in Auckland, *Environment Science & Policy*, 9, pp.55~66.

(2) Douglas Lee, 1995, Full Cost Pricing of Highways, *Volpe National Transportation System Center*, pp.23~28.

(3) Delucchi M. A., McCubbin, 1999, The Health Cost of Motor Vehicles Related Air Pollution, *Journal of Transport Economics & Policy*, 33(3), pp.31~43.

(4) Emile Quinet, 2004, A Meta-analysis of Western European External Costs Estimates, *Transportation Research Part D*, 9, pp.465~476.

(5) Mark Delucchi, 1992, Review of Some of the Literature on the Social Cost of Motor-vehicle Use, *Institute of Transportation Studies UC Davis*, pp.11~16.

(6) Jason D. Lemp, Kara M. Kockelman, 2008, Quantifying the External Costs of Vehicle Use: Evidence from America's top-selling Light-duty Models, *Transportation Research Part D*, 13, pp.491~504.

(下转第40页)

(9) Li H. B. , Meng J. S. , Wang Q. , Zhou J. A. , 2008 , Political Connections , Financing and Firm Performance : Evidence from Chinese Private Firms , *Journal of Development Economics* , Vol.87 , pp.283~299 .

(10) Rajan , R. G. , Zingales , L. , 1998 , Financial Dependence and Growth , *American Economic Review* , Vol.88 , pp.559~586 .

(11) Stiglitz , J. E. , Weiss , A. , 1981 , Credit Rationing in Markets with Imperfect Information , *American Economic Review* , Vol.71 , pp.393~410 .

(12) World Bank , 1997 , Informal Financial Markets and Financial Intermediation in Four African Countries , Findings : Africa region , No.79 .

(13) 樊纲、王小鲁、朱恒鹏 :《中国市场化指数 :各地区市场化相对进程2009年报告》,经济科学出版社,2010年。

(14) 郭斌、刘曼路 :《民间金融与中小企业发展 :对温州的实证分析》,《经济研究》,2002年第10期。

(15) 姜旭朝、丁昌锋 :《民间金融理论分析 :范畴、比较与制度变迁》,《金融研究》2004年第8期。

(16) 江伟、李斌 :《制度环境、国有产权与银行差别贷款》,《金融研究》,2006年第11期。

(17) 李扬、王国刚、刘煜辉主编 :《中国城市金融生态环境评价》,人民出版社,2005年。

(18) 林毅夫、孙希芳 :《信息、非正规金融与中小企业融

资》,《经济研究》,2005年第7期。

(19) 林毅夫、孙希芳 :《银行业结构与经济增长》,《经济研究》,2008年第9期。

(20) 罗党论、唐清泉 :《中国民营上市公司制度环境与绩效问题研究》,《经济研究》,2009年第2期。

(21) 潘士远、罗德明 :《民间金融与经济发展》,《金融研究》,2006年第4期。

(22) 潘越、吴超鹏、史晓康 :《社会资本、法律保护与IPO盈余管理》,《会计研究》,2010年第5期。

(23) 沈坤荣、孙文杰 :《投资效率、资本形成与宏观经济波动——基于金融发展视角的实证研究》,《中国社会科学》,2004年第6期。

(24) 孙铮、刘凤委、李增泉 :《市场化程度、政府干预与企业债务期限结构》,《经济研究》,2005年第5期。

(25) 谈儒勇 :《中国金融发展与经济增长关系的实证研究》,《经济研究》,1999年第10期。

(26) 王晋斌 :《金融控制政策下的金融发展与经济增长》,《经济研究》,2007年第10期。

(27) 王曙光、邓一婷 :《民间金融扩张的内在机理、演进路径与未来趋势研究》,《金融研究》,2007年第6期。

(28) 余明桂、潘红波 :《政治关系、制度环境与民营企业银行贷款》,《管理世界》,2008年第8期。

(29) 郑振龙、林海 :《民间金融的利率期限结构和风险分析 :来自标会的检验》,《金融研究》,2005年第4期。

=====

(上接第9页)

(7) Jansson J. O. , 2001 , Traffic Insurance and Accident Externality Charges , *Journal of Transport Economics & Policy* , 35 , pp.399~416.

(8) Keeler , Estimating the Benefits and Costs of Public Transit Projects: A Guidebook for Practitioner , <http://www.trb.org>.

(9) Oertli D. Harford , 2006 , Congestion , Pollution and Benefit-To-Cost Ratios of US Public Transit Systems , *Transportation Research Part D* 11 , pp.45~58.

(10) Silvia Banfi , 2000 , External Cost—research Results on Socio-environment Damages Due to Electricity and Transport , European Commission , www.cec.eu.int.

(11) Wassmer J. Forkenbrock , 2001 , Comparison of External Costs of Rail and Truck Freight Transportation , *Transportation Research Part A* 35 , pp.321~337.

(12) 庇古 :《福利经济学》,商务印刷馆,2006年。

(13) 崔智涛、霍娅敏 :《城市交通拥挤的外部成本分析》,《武汉理工大学学报》(交通科学与工程版),2006年第2期。

(14) 李超、刘晓明、荣建 :《道路交通噪声计算机仿真模型》,《武汉理工大学学报》(交通科学与工程版),2010年第4期。

(15) 刘南、陈达强 :《城市交通拥挤的理论、模型与实践》,

科学出版社,2009年。

(16) 罗清玉、隗志才 :《城市交通拥挤外部成本衡量方法研究》,《交通运输系统工程与信息》,2007年第5期。

(17) 林观辉、林峰、王建国 :《道路交通噪声对人影响的主观评价的研究》,《中国环境科学》,1992年第6期。

(18) 毛敏、蒲云等 :《外部成本对城市客运交通结构的影响分析》,《公路交通科技》,2004年第11期。

(19) 佟琼 :《综合运输体系的社会公平性与和谐性研究》,北京交通大学出版社,2012年。

(20) 王琴英 :《城市道路交通拥挤的外部成本评估与测算》,《价格理论与实践》,2008年第12期。

(21) 余波、袁九毅 :《大气污染总量收费方法研究》,《环境科学研究》,1999年第2期。

(22) 杨金花、晏克非 :《交通运输的外部性特征及外部成本内部化》,《交通与运输》,2005年第7期。

(23) 中村英夫 :《日本铁路运输的变革及社会经济效益》,《中国铁路》,2003年第8期。

(24) 张香平 :《城市地区交通拥挤收费效应分析》,《生产力研究》,2007年第2期。

(25) 钟涛、刘峰涛 :《交通运输负外部性的定价策略》,《决策参考》,2007年第1期。

(26) 张新宇、陈景艳 :《交通运输的外部性特征及外部成本内部化》,《北方交通大学学报》,1999年第3期。