

北京交通拥堵引起的生态经济价值损失评估

吴栋栋 邵毅 景谦平 霍振彬

(北京中林资产评估有限公司, 北京 100714)

摘要: 交通拥堵带来出行时间延误、额外燃料消耗、生态环境损害以及额外交通事故等诸多外部成本, 国内外一些研究机构开发了估算交通拥堵外部成本的模型并取得了一定的研究结果, 但仅限于对时间成本和燃料消耗成本的估算。借鉴以往的研究成果, 构建了更全面的外部成本估算模型, 并估算了2010年北京车辆因拥堵而导致的外部成本损失, 以期应治理城市交通拥堵、在城市积极推进节能减排工作提供参考依据。

关键词: 城市交通拥堵; 外部成本; 价值损失评估; 生态经济

文献引用: 吴栋栋, 邵毅, 景谦平, 等. 北京交通拥堵引起的生态经济价值损失评估[J]. 生态经济, 2013(4): 75~79.

中图分类号: F572 **文献标识码:** A

Assessment of Ecological-Economic Loss Caused by Traffic Congestion in Beijing

WU Dongdong, SHAO Yi, JING Qianping, HUO Zhenbin

(Beijing Zhonglin Assets Appraisal Co., Ltd., Beijing 100714, China)

Abstract: Traffic congestion brings travel time delay, extra fuel consumption, environmental damage and an additional traffic accidents and other external costs, the model to estimate traffic congestion external costs has been developed by some research institutions at home and abroad, and certain results were achieved, but only in time costs and the cost of fuel consumption estimates. In this paper, more comprehensive estimation model was constructed based on previous research, and the ecological-economic loss caused by traffic congestion in Beijing was assessed to help improve urban traffic congestion and energy conservation.

Key words: urban traffic congestion; ecological economy; external cost; value loss assessment

交通基础设施属于经济学中“准公共物品”的范畴,“拥挤性”是其基本特征之一^[1-2]。由经济学基本原理可知,当消费数量增加到一定限度时,边际成本将随着消费上升而增加,平均成本也随之加大。当路段交通量较小时车辆可以自由行驶,增加单位车辆不会对其他车辆的行驶产生影响;而当车辆增加到一定程度时增加单位车辆不仅不能达到自身的效率期望,而且将对其他车辆的行驶产生不利影响。

20世纪90年代以来,北京市机动车数量迅速增加,交通拥堵问题十分严重。据北京市交通部门统计,2000年以来,机动车保有量以年均两位数的速度增长,从2000年151万辆增加到2010年480万辆,至2011年6月底已超过490万辆。2010年,全市常发交通拥堵路段多达1134条。尽管不同的城市交通拥挤发生的时间和地点不同,但在发生拥堵的路段上均表现为大量的车辆排队、较长时间的等待以及尾气排放量增多等一系列直接后果,从而加大了出行者的出行成本、降低了出行效率、影响了居民的生活质量。拥堵所带来的额外燃料消耗、时间损失、大气污染和噪声等外部成本难以定量衡量和内部化,边际私人成本小于边际社会成本,道路资源的“价格”往往过于低廉,从而导致机动车的使用大大增加,道路严重超载^[3]。因此,对包括拥堵在内的交通外部成

本进行核算对于了解交通使用的真实成本,进行交通政策的费用效益分析具有重要的意义。本研究以北京市为例,分析了交通拥堵带来的生态经济价值损失。

1 评估方法

对于交通拥堵带来的生态经济损失可以通过对拥堵的外部成本分析来测算。外部成本评估是指通过一定的技术、方法或手段将某一经济活动所产生的外部成本用货币形式表示出来,以便直观地了解外部成本的大小。这也是对经济活动外部性影响大小判断的最直接的方法。由于外部成本在许多情况下难以界定,所以不同的学者从不同的角度提出了自己的评估方法,大致有三类,即替代市场法、间接方法和支付意愿法^[4],各有优缺点,在实际应用中须根据情况采用不同的评估技术。

(1) 替代市场法。

很多自然资源包括生态、环境和服务都没有直接的市场价格来衡量,需要找到某种具有市场价格的替代品间接衡量这些环境物品的价值,这就是替代市场法的思想。替代市场法主要包括防护支出法、旅行成本法和享乐价格法等。

致谢: 感谢环境保护部环境与经济政策研究中心冯相昭博士在数据处理方面提供的宝贵建议;感谢北京中林资产评估有限公司对该公益项目提供的人力和财力支持。

作者简介: 吴栋栋(1982~),男,河南南阳人,生态学博士,主要从事生态、景观价值评估、森林资源资产评估、交通价值损失等研究。

(2) 间接方法。

间接方法不直接揭示人们对环境产品的偏好，而是通过计算污染及其影响之间的数量反应关系，然后再以市场为基础对污染造成的损害进行估值。常见的例子如污染对健康的影响，污染对生态系统和植被的破坏。

(3) 支付意愿法。

支付意愿法指通过向经济行为人询问其为消除环境不适而愿意支付的价值或是忍受某种不适对一定补偿数额的接受意愿，从而获得对环境变化的经济评价。由于该法不是基于可观察的市场行为，而是基于调查对象的回答，因此使用这种方法时要注意问卷设计的合理性，要尽可能与真实市场接近。

目前国内对交通外部成本的讨论尚少，由于数据采集难、衡量指标不同等原因，难以建立起一个全面完整的体系对交通拥堵的外部成本进行彻底的测算，因而缺乏定量评估的结果。本研究基于北京交通发展研究中心发布的《2011北京市交通发展年度报告》，依据上述评估核算方法，分析了拥堵导致的时间延误损失、燃油消耗损失、生态环境污染损失等交通拥堵所带来的外部成本，为北京市交通经济核算提供参考依据。

2 评估项目和技术

在对交通拥堵外部成本进行货币化测算前，需要明确其外部成本包括哪些内容，然后才能有针对性的进行测算。本研究中交通拥堵的外部成本主要包括：额外时间成本、增加燃料消耗成本、交通事故成本、生态环境污染成本和影响居民健康成本等^[5-8]，如图1所示。

2.1 额外燃料消耗的损失

在道路发生拥堵的情况下，汽车的缓慢运行需要不停

的踩刹车和油门，这必然造成燃料的额外消耗。据测试，一次紧急停车和急速起步，可多消耗35毫升的汽油；急速起步10次，增加耗油120毫升以上；突然加速要比平稳加速多消耗1/3燃油；空踩油门10次，浪费燃油60毫升以上。此外，拥堵会导致车辆使用时间增加，这同样增加了燃料的消耗。可见，交通拥堵对车辆使用成本的一个主要影响表现为增加了车辆燃油消耗。

鉴于北京市的交通管理措施，发生拥堵时候的车辆几乎都为客车，且大都使用的是汽油，所以未区分客车与货车的差异。又由于数据获取的局限性，在对北京市道路拥挤成本的测算中，我们根据德克萨斯运输学院模型的计算思路^[9]，建立类似的计算公式，普通乘客类用车在拥挤状况下额外燃油消耗成本的计算公式为：

每日额外燃油损失=高峰期日延误车时×拥堵时的平均燃油效率×燃油价格

其中，日延误车时=平均每车型日延误时间×车次数；平均每车型日延误时间为该车型通过拥堵路段时所用的时间减去路况顺畅时所用的时间；平均燃油经济效率指的是拥堵情况下单位时间消耗的汽油升数，考虑到急速停车时没有公里数，所以用时间衡量油耗，3分钟相当于1公里，以每辆车平均油耗每百公里8升计算（事实上，频繁的起步停车油耗要大得多），则每3分钟因拥堵停车产生油耗0.08升，每分钟因拥堵停车产生的油耗就是0.027升。

2.2 额外时间的损失

交通拥堵增加了居民出行的时间成本，具体体现为交通延误的增加。由于拥堵而不能参加的大型活动、重要会议、上班打卡等给出行者带来巨大的时间机会成本，也影响整个国民经济的发展。美国对主要城市拥堵情况的年度统计表明，1989年由于交通拥堵丧失的时间折算成本为7.8亿美元。

德克萨斯运输学院的拥挤外部成本计量模型中将时间延误分成普通乘客和商业两类，基于时间延误长度与单位时间价值相乘的思路来对时间延误总成本进行估算^[9]。由于数据获取的局限性，在对北京市道路拥挤成本的测算中，我们只沿用该模型的计算思想，建立新的计算公式。同时根据出行目的的不同，仅对上下班类和公务类客运周转量进行测算，从社会生产效率的角度将单位时间价值定义为北京市每人每小时的平均工资，货币化测算出交通拥堵损失的时间价值。

日延误时间的损失=平均每人行车延误时间×日客运周转量× $\frac{\text{北京市职工年平均工资}}{\text{年工作日} \times 8}$

其中，平均每人行车延误时间为不同出行方式的乘客数量与该出行方式平均延误时间的乘积的平均；日客运周

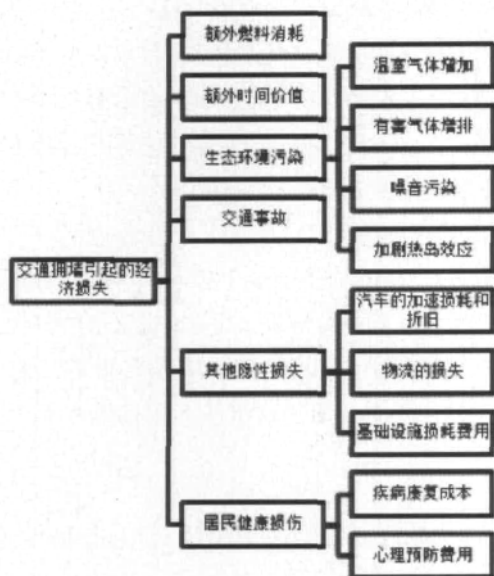


图1 交通拥堵引起的经济损失类型

转量在本研究中仅包括了上下班类和公务类的出行；年工作日按250日计算；每日按8小时计。

2.3 生态环境污染增加的损失

交通运输对生态环境的影响包括以下方面：温室效应、大气污染、交通噪声、废弃物污染和对沿线自然生态的影响等，鉴于评估的可行性，本研究只考虑前三项。

2.3.1 温室气体排放成本

拥堵导致的温室气体污染成本计算公式为：

日额外温室气体排放的损失=拥堵时额外燃料消耗量
×单位燃料的温室气体排放量×国际碳交易价

其中，拥堵时额外燃料消耗量为拥堵时间与拥堵时的燃油效率之积；单位燃料的温室气体排放量取2.3 kg。不同类型的车辆所使用的燃料有所区别，根据目前北京市六环内车辆的实际情况，普遍使用的是93号汽油，汽油的换算分子式为 C_8H_{18} ，当量分子量为：114； CO_2 的分子量：44。汽油燃烧后尾气主要是 CO_2 和微量的有害气体，有害气体中含C元素的为CO和CH化合物，按照不同的排放水平，国四的汽油车，CO与 CO_2 比值约1:100；CH与 CO_2 比值约1:1000，微量不计，视同为全部产生 CO_2 。在这种理想状态： $2C_8H_{18}+25O_2=16CO_2+18H_2O$ ，估算一升汽油排出 CO_2 量为 $745 \times 16 \times 44 / (114 \times 2) = 2300$ 克。国际碳交易价格在本次计算取2010年全球各地碳交易的加权平均价格，为每吨二氧化碳当量13.6欧元，汇率按中国人民银行授权中国外汇交易中心公布的2010年12月1日银行间外汇市场的中间价，为1欧元对人民币8.6718元，所得排放成本118元/吨。

2.3.2 有害气体污染成本

考虑到交通造成的污染主要表现在空气污染方面，本文采用防护支出评价法来估算由拥挤造成的污染所引起的年生态价值损失，具体公式为：

日有害气体污染损失=拥堵时额外排放的有害气体量×单位有害气体的交易成本

其中，交通拥堵时额外排放的各种有害气体的量为拥堵时额外的时间与单位时间内排放的有害气体量之积；某种有害气体的单位成本根据已有的成交价确定如下：氮氧化物治理费用为6000元每吨（参考2011年12月23日陕西省首次氮氧化物排污权交易拍卖会的起拍价），降尘清理费用为150元每吨（参考《森林生态系统服务功能评估社会公共数据表》）、二氧化硫治理费用为2500元每吨（2010年6月5日陕西省排污权交易中心排污权拍卖交易会的起拍价），其他有害气体由于缺乏参考资料暂不做测算。

2.3.3 噪声污染

交通噪声是对城市环境造成破坏的另一个主要因素，

发生交通拥堵时，人们会更频繁的按喇叭或重启汽车，增加噪音污染。2005年，北京市建成区道路交通干线噪声平均值为69.5分贝，比建成区区域环境噪声平均值高16.3分贝。部分交通干线如二、三、四环路对两侧住宅影响比较突出，居民反映强烈。

根据国内铁道科学研究院的研究，公路运输系统中客运的噪音损失为0.001 95元每人每公里。估算公式如下：

日噪音污染损失=客运单位损失值×日客运周转量×
日交通拥堵路段平均长度

其中，日客运周转量为各种出行方式的人次数总和，包括公共汽车、私家车和出租车；日交通拥堵路段平均长度为早晚高峰时期的拥堵路段长度之和。根据北京市交通发展研究中心发布的《2011北京市交通发展年度报告》，早高峰为135公里，晚高峰为250公里。

2.3.4 加剧热岛效应的损失

城市热岛效应是人类活动对气候系统产生的最显著的城市气候效应，城市地表土地覆盖类型的改变使得城市局部大气和地表温度比周围的郊区温度要高^[10]。

一般来说，城市热岛强度与城区排放的人为热量和大气污染物浓度密切相关。交通运输、工厂生产以及居民生活都需要燃烧各种燃料，每天都在向外排放大量的热量，人为热量的大量排放是导致城市热岛效应的重要原因。佟华等^[11]对北京人为热排放作了较详细的估算，将人为热分为工业排放、交通排放和居民生活排放三部分，估算和模拟结果显示，人为热令市中心白天气温上升0.5℃，夜间上升1.0℃~3.0℃。发生交通拥堵时额外燃烧的燃料增加了人为热量排放，势必加剧热岛效应。同时，城市中的机动车尾气产生大量的氮氧化物、二氧化碳和粉尘等排放物，这些物质会吸收下垫面热辐射，产生温室效应，从而引起大气进一步升温，拥堵时额外燃烧导致的尾气排放增加，势必加剧热岛效应。

夏季高温天气下的热岛效应对居民生活和消费产生重要影响。为了降低室内气温和使室内空气流通，人们使用空调、电扇等电器，而这些都需要消耗大量的电力。美国加州大学伯克利劳伦斯（LBL）就洛杉矶和华盛顿市长期气温变化与空调耗电量关系进行了研究，指出气温每增加1℃（0.55℃），空调电能增加20%。高温天气对人体健康也有不利影响。有关研究表明，环境温度高于28℃时，人们就会有不适感；温度再高还容易导致烦躁、中暑、精神紊乱等症状；气温持续高于34℃，还可导致一系列疾病，特别是使心脏、脑血管和呼吸系统疾病的发病率上升，死亡率明显增加。此外，气温升高还会加快光化学反应速度，使近地面大气中臭氧浓度增加，影响人体健康。

2.4 居民健康风险的损失

2.4.1 交通环境对人体危害的原理

科学分析发现,汽车尾气中有上百种不同化合物,当中污染物有固体悬浮微粒、一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物、铅及硫氧化合物等。汽油的主要成分为辛烷,93号汽油含量为93%,97号汽油为97%,我们假设汽油完全由辛烷组成,在理想状态下,汽车是会产生CO等有毒气体的,每228g辛烷可以最终产生704g的CO₂和304g的水,然而实际情况下是不可能完全燃烧的,目前根据一些统计情况来看,每消耗228吨汽油,最多将产生448吨的CO,而我们每天消耗的汽油数以万吨计。汽车尾气中的一氧化碳与血液中的血红蛋白结合的速度比氧气快250倍,所以,即使有微量一氧化碳的吸入,也可能给人造成缺氧性伤害。轻者眩晕、头痛,重者脑细胞将受到永久性损伤。当每立方米的空气中一氧化碳含量达到4克时,能在30分钟内致人死亡,可见这种污染对人体健康的危害有多么严重。氮氧、氢氧化合物会使易感人群出现刺激反应,患上眼病、喉炎,尾气中氮氢化合物是致癌物质,它是一种高散度的颗粒,可在空气中悬浮几昼夜,被人体吸入后不能排出积累到临界浓度便激发形成恶性肿瘤。

此外,根据环境心理学的观点,环境对心理具有巨大的影响。研究人员指出,对心脏病人来说,交通拥堵会加大心脏负荷,易诱发心脏病。交通拥堵还会导致严重的心理焦虑,在拥挤的道路中无论是乘车者还是驾驶者都更容易形成焦躁、烦闷的情绪,这种情绪如果不能及时调整并延续下来的话,带到工作中会影响正常的生产,带到生活中影响身体健康,由此造成的损失无疑都是潜在的社会成本。有调研发现,在同一路段拥堵30分钟以上会产生胸闷、焦躁、心烦意乱等症状,忍耐性大大降低,从而增加了事故率和犯罪率,不利于社会稳定和安定团结的大局,不利于和谐社会的构建。同时,长时间交通拥堵给居民造成的心理压力也日益严重。据权威网站统计,在受访的600多名网友中,有60%的人在堵车时感到情绪烦躁易怒,10%的人感到很绝望。如果再深挖追究下去,交通拥堵问题将形成“蝴蝶效应”,影响巨大。由于交通拥挤对道路使用者是否造成了影响、究竟造成多大的影响,是一个十分难以量化的因素,因此,目前还没有有效的计算模型。

2.4.2 市民的交通康复成本

按照目前数据显示,因空气污染等原因(不算老年之后对身体的健康危害及因此的治疗费),由住院到完全治好,一个病人平均为7500元(北京博爱医院,北京航空医院)。假定乘车人中平均发病率为1‰(实际远大于这个

概率,国家环保总局和国家统计局联合发布的《中国绿色国民经济核算研究报告2004》表明,2004年中国平均每1万个城市居民中有6个人因为空气污染死亡,10人因为大气污染引发呼吸或脑血管系统疾病住院,新增4.3人在其未来的生活中忍受着慢性支气管炎病痛的折磨),来测算拥堵造成的居民健康损失。公式如下:

居民康复损失=拥堵引起的发病率×每人次的康复治疗费用

2.4.3 市民的心理治疗成本

对于交通拥堵带来的居民心理健康损失,计算公式如下:

居民心理健康损失=拥堵引起的心理疾病发病率×每人次的心理治疗费用

其中,拥堵引起的发病率假设为乘车人中有1‰的人群达到须心理咨询的程度。目前心理咨询的平均价格为200元/小时,平均咨询一次2小时,每人平均需5次,则一个康复疗程的费用为2000元。

2.5 交通事故的损失

交通拥堵会带来行车密度的增加,使得车辆前后和左右距离变小,增加了交通事故发生的概率。因为超车并道引起的汽车追尾、车辆刮蹭等小事故带来的时间和经济损失,将会波及所有涉及人员。

交通拥堵所导致的额外事故成本的计算通常采用事故损失估计方法,即用拥堵引起的交通事故概率乘以交通事故总成本来计算,公式如下:

交通事故成本=交通事故总成本×交通拥堵所导致的额外事故概率

其中,交通事故总成本为实际数据,根据北京市交通发展研究中心发布的《2011北京市交通发展年度报告》2010年全市共发生4161件交通事故,其中1746件发生在市区,直接经济损失744.7万元;交通拥堵所导致的额外交通事故概率在本研究中定义为拥堵持续的时间占总出行时间的比例,即早晚高峰共4个小时,总出行时间按12个小时计算。

2.6 其他隐性损失

2.6.1 汽车的损耗和折旧

发生交通拥堵时,汽车频繁在不同速度之间切换,频繁的启动、制动、加速会使油门、刹车、离合等部件损耗加快,增加部分设备的损耗成本,导致汽车折旧加快。另外,发动机低速运转时润滑差,磨损大,拥堵发生的时候,汽车发动起长时间低温低速运转,燃料不能完全燃烧从而加快积碳的形成,影响发动机的使用性能和寿命。在本研究中,由于数据获取的有限性,暂对这一部分不做测算。

2.6.2 物流的损失

现代物流成本的范围很广,贯穿于企业经营活动的全过程,包括从原材料供应开始一直到将商品送达消费者手中所发生的全部物流费用。交通拥堵一方面增加了货物的运输时间,影响了物流服务的吞吐量,抬高了物流成本;另一方面,由于交通拥堵而采取的各种交通限行措施,导致物流运输车辆配送距离增加,从而增加了物流成本。物流成本的损失与每日延误总车时、货运用车比重、货运单位时间价值及年工作天数等变量有关。在本研究中,由于数据获取的有限性,暂对这一部分不做测算。

2.6.3 基础设施损耗

拥堵时由于道路的荷载过大,超过了道路的设计载重量,大大减短了道路使用年限。2010年,城市道路施工的平均价格2.8万/米来计算,公路通常设计年限为15年,而根据实际状况来看,实际道路使用年限为8~10年,这与城市交通拥堵不无关系。

3 结果和讨论

北京市严重的交通拥堵状况究竟给社会带来多大的外部成本,这是个很难量化的问题。为了尽可能精确地测算出北京市交通拥堵的外部成本,本文在定性分析交通拥堵外部成本构成的基础上,定量研究了各项外部成本的计算方法和损失价值,并根据数据的可获取性,给出了具体公式,采用多种方法相结合的方式测算了北京市交通拥堵造成的经济损失总额。

统计结果显示,2010年北京市由于交通拥堵导致的年经济损失达1055.93亿元,占2010年北京市GDP总量的7.5%,具体如表1。其中损失最大的一项为拥堵所导致的时间延误,其次为拥堵所导致的额外燃料消耗费用,然后分别为额外的生态环境污染、居民健康风险的损失和额外交通事故损失。

2010年北京市机动车保有量为480.9万辆,若只考虑拥堵导致的额外燃油消耗,本研究的结果显示每辆车的

拥堵成本为348.4元/月。类似的结果见于零点研究咨询集团和北汽福田汽车股份有限公司联合发布的《2009福田指数——中国居民生活机动性指数研究报告》,该报告指出北京的拥堵经济成本为335.6元/月,考虑到本研究中取用的汽油价为最新价,要高于2009年的汽油价格,因此结果差异不大。

在拥堵导致的经济损失中,额外时间的损失价值占到了76.7%,相比于其他方面的价值损失,时间的损失十分巨大,这对于提高整个社会的劳动生产率不利。同时,拥堵的时间越久对生态环境的破坏越大,经本研究的估算年损失价值达45.2亿元,这还不包括增强城市热岛效应的损失、废弃物污染和对沿线自然生态影响的损失等。拥堵所带来的城市环境问题对居民健康的影响也很大,经本研究测算居民健康风险的损失达1.3亿元。另外,拥堵导致的交通事故损失量很小,这得益于北京市交管局在近些年采取的一系列管理措施,降低了交通事故率的发生。

本研究在尽可能保证数值精确性的前提下,得到如下结论:第一,北京市交通拥堵带来了十分巨大的经济损失,在未来的交通管理中应该对这些外部成本予以考虑,并将其内部化;第二,本研究所用的方法是可行的,能够比较全面地评估交通拥堵的外部成本,但是有待进一步细化,需要增加对交通拥堵的更全面观测和统计。^[2]

参考文献:

- [1]刘秉镰,刘维林.准公共物品私人供给机制的博弈分析——以中国交通基础设施投资为例[J].中国软科学,2007(8):145~151.
- [2]庞松.公路基础设施属性的双重性与可变性分析[J].交通世界,2008(11):34~39.
- [3]杨浩,赵鹏.交通运输的可持续发展[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [4]欧洲运输部长联合会经济合作与发展组织.交通社会成本的内部化[J].北京:中国环境科学出版社,1996.
- [5]冯相昭,邹骥,郭光明.城市交通拥堵的外部成本估算[J].环境与可持续发展,2009(3):1~4.
- [6]罗清玉,隗志才,孙宝凤,等.城市交通拥挤外部成本衡量方法研究[J].交通运输系统工程与信息,2007(7):9~12.
- [7]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(9):103~105.
- [8]郭瑞军,王晚香.城市交通拥挤的社会成本分析初探[J].城市公共交通,2008(4):26~29.
- [9]Schrack D, Lomax T, Turner S. TTI's 2010 Urban Mobility Report [R]. Texas A&M University System, 2010.
- [10]邓先瑞.城市气候研究刍议[J].华中师范大学学报:自然科学版,1988(4):106~111.
- [11]佟华,刘辉志,桑建国,等.城市人为热对北京热环境的影响[J].气候与环境研究,2004(9):409~421.

表1 北京市交通拥堵导致的经济损失汇总

项目	额外燃料消耗	额外时间	额外生态环境污染	额外交通事故	居民健康风险的损失
拥堵的日成本(万元)	5508.62	32 386.22	1237.88	—	—
年损失量(亿元)	201.06	809.66	45.18	0.02	1.31
占年总量的比例(%)	19.0	76.7	4.3	0.002	0.1

注:鉴于节假日交通拥堵情况比工作日更严重,在年损失量的计算中不再区分工作日和节假日,但拥堵导致的年额外时间价值量除外,为日均额外时间价值量与年工作天数的乘积,不包括节假日;额外交通事故和居民健康风险的损失均按年计算。