

# 中国城市车辆密度、劳动生产率与拥堵成本研究

柯善咨, 郑腾飞

(湖南大学 经济与贸易学院, 湖南 长沙 410079)

**摘要:** 本文根据拥堵外部性和居民与厂商最优化原理构建模型, 检验交通密度对生产率的影响。结果显示我国百万人以上和以下城市最佳车辆密度分别为 1813 和 2812 辆/ $km^2$ ; 在 2003 - 2012 年期间, 拥堵的城市从 16 个增至 166 个, 生产率损失从 255 亿元上升到 7877 亿元, 几乎全在大城市; 城市路桥资本上升 10%, 通行能力增长约 16%, 大城市投资收益远高于小城市投资收益。

**关键词:** 最佳车辆密度; 拥堵成本; 劳动生产率; 城市规模; 地区间差异

中图分类号: F061.5 文献标识码: A 文章编号: 1002 - 9753(2015) 03 - 0065 - 15

## A Study on Vehicle Density, Labor Productivity and Congestion Cost of Chinese Cities

KE Shan-zi, ZHENG Teng-fei

(School of Economy & Trade, Hunan University, Changsha 410079, China)

**Abstract:** Built on the mechanism of externality of traffic congestion and the optimization of residents and firms, this paper derives a general equilibrium model and uses a panel dataset of China's prefectural or higher-level cities for 2003 - 2012 to examine the effect of vehicle density on labor productivity. The econometric results show that the large cities with a population greater than one million and the rest of the cities had optimal densities of 1813 and 2812 vehicles per square kilometer, respectively; the number of congested cities increased from 16 to 166 during the study period and the loss of productivity due to congestion grew from RMB 25.5 billion to RMB 787.7 billion, of which 731.9 billion were accounted for by 101 large cities; a 10% increase in the capital stock of urban streets and bridges raised road capacity by 16%, and the economic return on the investment in large cities was much higher than the capital cost while the return on the investment in smaller cities was much less than the cost.

**Key words:** optimal vehicle density; traffic congestion; labor productivity; city size; interregional differences

### 一、引言

在 2000 - 2012 年期间, 我国城市道路总长度由 16.0 万公里延长到 32.7 万公里, 道路面积由 23.8 亿平方米增至 60.7 亿平方米(2001 - 2013 年《中国城市建设统计年鉴》)。尽管城市交通基础设施大为改善, 但是我国城市人口和车辆数的增长更为迅速, 城市道路交通拥挤问题日益突出, 特

大城市更是如此。道路拥堵不仅提高个人出行成本、损害个人福利, 而且影响厂商经营效率。但是, 以往的研究主要估算道路拥堵造成的出行成本, 并根据城市出行人数计算总损失(见下节文献), 迄今尚未出现车辆密度影响城市生产效率的系统研究。城市车辆密度随着经济活动的集聚而增加, 在达到路网设计能力以前, 交通密度的增长

收稿日期: 2014 - 08 - 18 修回日期: 2015 - 01 - 12

作者简介: 柯善咨(1951 -), 男, 浙江台州人, 湖南大学经济与贸易学院教授, 博士, 研究方向: 城市经济学、区域经济学、应用计量经济学。

会降低道路建设平均成本、提高经济活动的频率和人们交往的距离、有利于提高要素生产率和溢出效应,因此有利于提高城市集聚经济。可是,一旦车辆密度超出城市道路设计通过能力,增长的车辆非但自身难以达到正常速度,而且会降低其他车辆和出行者的速度,产生集聚非经济。修建道路是各地城市疏通交通的普遍对策。根据近几年《中国城市建设统计年鉴》数据,道路桥梁投资占我国城市十大类公用基础设施投资总额的一半左右,但是交通拥堵仍然是城市正常生产和生活的瓶颈。因此,有必要研究城市路桥投资提高城市交通能力的效果和对最佳车辆密度的影响,从而为我国城市道路和城市其他通行方式的综合规划和建设提供依据。

与现有文献不同,本文研究城市车辆密度对城市劳动生产率的影响,而非出行成本和环境质量损失。本文与以往的研究具有很强的互补性,这两类研究的结果分别从城市的消费者效用和厂商效率两方面共同构成了城市道路拥堵的总成本。本文试图在以下三方面充实中国城市交通研究。第一,根据交通拥堵的外部性原理和厂商和居民行为的优化趋势,构建交通密度影响城市劳动生产率的均衡模型。第二,利用我国地级及以上等级城市 2003 - 2012 年数据,控制重要的城市变量,检验城市车辆密度与经济效率间的关系,并估计各地道路桥梁建设对城市经济效率和最佳车辆密度的影响。第三,从生产率视角估计交通拥堵成本及其在我国城市间的分布。需要说明的是,本文使用综合指标测度城市交通密度,进而分析全国城市的拥堵成本,而不是分析市内各路段的微观拥堵状况。但是,不难推断,如果一些城市的平均交通密度比另一些城市的高,前者发生拥堵的时间和区段会比后者更多。本文结构如下:第二节回顾相关研究的成果和缺陷;第三节构建一般均衡的理论框架并设置计量模型;第四节说明我国地级及以上城市的车辆交通、劳动生产率和其他变量数据及其统计分布特征;第五节报告和解释计量模型估计结果;最后一节是结论及其城市交通政策意义。

## 二、文献综述

许多国际研究证实道路的外部性导致交通拥堵,增加空气污染和噪音,损害人们的生活质量和身体健康。交通拥堵成本通常用延误产生的额外成本表示。欧美发达国家普遍估算了城市交通拥堵的边际外部成本。Mayeres et al. 构建了指数型拥堵函数,估计 1991 年布鲁塞尔每辆小汽车在高峰和非高峰时段的边际外部成本分别是 0.385 欧元/公里和 0.155 欧元/公里,每辆公共汽车、电车和卡车分别为 1.661 欧元/公里和 1.319 欧元/公里、1.771 欧元/公里和 1.238 欧元/公里、1.560 欧元/公里和 0.672 欧元/公里<sup>[1]</sup>。Goodwin 估计英国每个家庭每年因交通拥堵的损失约为 1000 英镑<sup>[2]</sup>。Bilbao-Ubillos 测算了西班牙比斯开地区每年因拥堵造成的出行额外成本和事故、环境等多项外部成本<sup>[3]</sup>。Safirova et al. 模拟车流密度变化时美国华盛顿拥挤程度不同路段间的相互作用,发现按每条路段单独计算的早晚平均边际拥堵成本分别为 6.5 美分/英里和 18.3 美分/英里,由于路网拥堵溢出效应(某路段拥堵增加会导致出行者选择其他路线),早晚整个路网平均边际拥堵成本分别为 5.9 美分/英里和 14.2 美分/英里<sup>[4]</sup>。最近, Schrank et al. 根据美国常用的 Texas A&M 运输研究所(TTI)方法,对通勤者消耗的额外时间和燃油进行加总,估算 2009、2010 和 2011 年美国六个地区交通拥堵成本都超过 1200 亿美元<sup>[5]</sup>。此类文献中也不乏对欧美以外国家城市拥堵成本的估算,如 Zegras 对智利首都圣地亚哥交通拥堵成本的估算<sup>[6]</sup>,Jakob et al. 对新西兰奥克兰地区交通的外部成本的分析<sup>[7]</sup>等等。一些学者还研究了城市交通对出行者自身和对他人身体健康的不利影响。Stokols et al. 的研究表明出行距离、时间和行车速度与出行者血压密切相关,交通拥堵对出行者的情绪和心理产生负面影响<sup>[8]</sup>。Currie and Walker 检验了新泽西州和宾夕法尼亚州数据,发现快速电子收费系统降低了收费站附近的交通拥堵和尾气排放,使收费站 2 公里范围内早产和低体重婴儿比例分别下降 6.4 - 8.6% 和 7 - 9.3%<sup>[9]</sup>。

迄今只有极个别国际文献研究了交通拥堵对

城市或产业经营成本和经济效率的影响。其中, Weisbrod et al. 利用芝加哥和费城数据测算了交通拥堵产生的地方经济成本,发现芝加哥与生产和服务运输有关的商业成本高达 9.8 亿美元,费城为 2.4 亿美元,如果进出 CBD 通行时间减少 25%,芝加哥和费城每年将分别节省 2.72 亿美元和 1 亿美元的通行成本<sup>[10]</sup>。Graham 使用英国九个行业的厂商及其区位数据构建了距离与成本两个变量表示道路交通拥堵,利用超越对数需求函数检验交通拥堵对各行业厂商集聚效应的影响,发现某些行业厂商的集聚收益随交通密度的增加而明显递减,道路交通拥堵造成了高度城市化地区的集聚收益递减<sup>[11]</sup>。

近年来,国内学者使用国际上常用的各项成本估算了我国个别城市出行的拥堵成本。谢旭轩等对北京市二、三、四环路和典型拥堵路段交通状况进行实地监测,获取车流量和车速数据,定量评估时间延误、燃油消耗和污染物增排的社会成本,估算北京市 2008 年全年因交通拥堵导致的外部成本约为 50-250 亿元<sup>[12]</sup>。吴奇兵等分析了拥堵的各子项成本,根据各主要车型拥堵的临界速度,比较畅通和拥堵情况下的时间消耗、能源消耗,建立时间、能耗和尾气三大子项成本,估算 2008 年北京拥堵成本为 186 亿元,约占 GDP 的 1.8%<sup>[13]</sup>。交通基础设施的发展降低了要素流动成本和货物运输成本,影响了厂商生产要素投入和城市群经济增长。张光南等采用中国省级工业企业面板数据,实证分析了不同类型交通设施对制造业生产要素投入的影响。该结果发现,铁路客运能增长显著降低劳动力流动成本,厂商可通过劳动密集生产技术逐步替代中间品和资本密集技术,导致铁路客运对制造业中间品和资本投入产生替代效应,公路客运交通也能产生规模效应促进要素投入<sup>[14]</sup>。李煜伟等利用网络分析工具和新经济地理理论,构建了外部性和运输网络作用下的城市群经济增长模型。研究表明,任意两城市间运输成本的降低将加速中心城市要素集聚,非中心城市间运输成本的降低有利于促进与中心城市的协调增长<sup>[15]</sup>。更多的学者定性讨论了城市交通拥堵的

成因以及治理措施。其中,韩小亮等从不同角度研究城市交通拥堵和收费问题,模拟城市交通系统和使用者行为,评估信号灯、停车费、公交补贴等解决交通拥堵措施的社会效益和最佳水平,研究结果认为现阶段可行的方式都或多或少地偏离了最优的经济学解决方案<sup>[16]</sup>。徐璽和欧国立根据外部性理论、时间价值理论和交易成本理论,对交通拥堵的原因、发展过程和征收拥堵费的作用进行了定性的理论分析,认为城市必须拥有发达的公交系统才能通过征收拥堵费缓解交通拥堵<sup>[17]</sup>。朱永中等基于北京第四次交通调查居民数据,从收费群体、收费区域、基准费率和技术支持这四个方面设计了时间价值偏好下北京交通拥堵收费方案<sup>[18]</sup>。周银香构建 AHP-GRAM 评价模型对各种治堵措施进行综合评价,发现交通需求控制、文明交通管理、交通路网建设和公交优化策略对缓解拥堵的效应依次加强<sup>[19]</sup>。刘治彦、张天培、姜洋和张钟允等也都定性讨论了城市交通拥堵的成因以及治理措施<sup>[20-23]</sup>,但是对城市交通拥堵成因未进行实证检验,更没有具体估算城市拥堵成本。

现有文献对城市交通拥堵的原因和后果已有比较一致的定性认识,这些研究主要测算出行者的额外成本和环境成本。从城市经济效率视角研究交通拥堵成本的成果几近空白,基于严格经济学理论的大样本检验则完全缺失。

### 三、理论模型与计量方程

本节首先根据交通拥堵外部性原理构建一个非线性交通成本函数,随后分别分析城市厂商和居民的最优化,最后设置一个城市经济一般均衡的计量模型。

#### (一) 交通成本

城市交通状况和集聚经济共同作用于城市经济成本和效率。当交通量较小时,车辆密度增长并不产生拥堵,相反却可降低人均道路建设成本、提高经济活动的频率和人们交往的距离和速度,有利于提高要素投入的溢出效应,增强城市群经济效益。达到道路设计能力后,交通密度的增长不仅无法使新增车辆达到道路设计通行速度,而且会增加原有车辆的行车时间和成本,产生负

外部性。拥堵的负外部性是城市集聚不经济的重要组成部分。只要私人成本低于私人效益,交通密度就会继续增长,但社会成本可能超过私人成本。图 1 是交通拥堵成本的规范描述。设某条道路的私人边际成本和私人边际效用在每小时通过 1600 辆车时达到均衡,但是,如果车主承担其产生

的社会成本,均衡点将下降到 1400 辆。在市场不灵的情况下,拥堵造成的社会损失可用  $eij$  三点围成的面积表示。如果政府征收相当于社会成本与私人成本差价( $ef$ )的拥堵税,交通密度就会在 1400 辆时达到均衡,同时消除社会损失。这正是拥堵定价的理论基础。

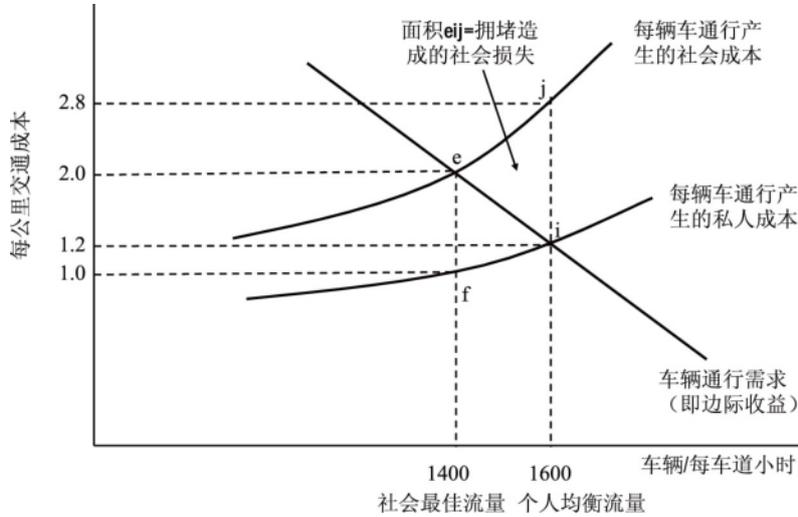


图 1 交通拥堵造成的社会损失

以往的研究对拥堵外部性的描述集中在其他出行者承担的额外时间、燃油和身体健康成本,以及公众承担的环境污染和交通事故成本。但是,城市交通不仅是居民出行,而且还包含厂商的生产性人流和物流。据权威统计,2012 年末中国民用汽车保有量 10578 万辆,其中民用私人轿车 5308 万辆<sup>[24]</sup>。政府和军队用车不在民用汽车统计之列。除了 5308 万辆私人轿车外,从事生产经营的车辆是民用车的重要组成部分,而且这些车辆使用率比一般私人轿车高,因此从事生产经营的车辆必然与城市交通拥堵密切相关。交通拥堵不仅直接增加了生产成本,也从根本上削弱了城市集聚经济,从而影响厂商生产效率。因此,每辆车产生的社会成本(见图 1)既可表示出行者承担的额外成本,也应包含厂商生产效率的损失。

本文根据上述机制构建交通成本函数。设  $D$ 、 $S$ 、 $N$ 、 $T$  分别表示车辆密度、建成区面积、车辆数、平均每车单位距离交通成本,其中  $N = DS$ 。每单位距离城市交通总成本为  $NT$ 。假设初始期建成区

面积  $S$  给定且交通量与道路设计能力相等,车辆若增加  $n$  交通密度将增加  $d$  ( $d = n/S$ )。令交通密度的增量为初始密度的  $\gamma$  倍,即  $d = \gamma D$ 。在交通繁忙的城市中车辆的增长提高了平均行车成本,同时也降低了平均道路成本且有利于提高经济活动集聚的溢出效应(也相当于降低成本)。如果增加一辆车后,城市单位距离平均行车成本增加  $a$ ,而集聚效应(和降低的道路成本)增加  $b$  增加  $n$  辆车后平均行车成本和效益分别增加  $an$  和  $bn$ ,每辆车的单位距离交通成本为  $T = T_0 + an - bn$ ,  $T_0$  为常数,代表初始成本。车辆增加后城市交通总成本  $(N + n)(T_0 + an - bn) = (DS + dS)(T_0 + adS - bdS)$  城市单位距离交通成本的增量是:

$$(N + n)(T_0 + an - bn) - NT_0 = dST_0 + (N + n)(a - b)n \quad (1)$$

若控制建成区面积  $S$ ,城市交通密度变化  $d$  造成的负效益由式(1)右边两项构成。其中  $dST_0$  是新增的  $n$  辆车的单位距离交通成本,  $(N + n)(a - b)n$  是所有车辆  $(N + n)$  不得不承受的、因新增的  $n$

车辆产生的负外部性。若  $a > b$ , 交通密度提高将导致平均总成本增加, 反之, 平均总成本下降。由于平均交通总成本  $T$  随新增车辆数  $n$  变化(即  $T = T_0 + an - bn$ ), 而交通密度与车辆正相关, 所以城市  $i$  的交通单位距离成本变化可用城市交通密度  $D_i$  的非线性交通成本函数(2)表示:

$$F(D_i) = N_i T_i = D_i S_i [T_0 + (a - b) d_i S_i] = T_0 D_i S_i + \gamma (a - b) D_i^2 S_i^2 \quad (2)$$

### (二) 居民行为

随着经济活动集聚与城市车辆密度的增大, 假设住户的效用水平将发生以下变化: 一方面, 效用水平因获得更多种类的商品和服务而提高; 另一方面, 由于拥挤效应引起通勤成本和土地价格上涨, 从而导致效用水平下降。居民可以放弃一定的居住空间来换取居住在距市中心较近的区位以节省通勤成本。假设城市  $i$  的典型居民效用函数可以表示为:

$$U_i = C_M^\mu C_S^\eta C_{\tau_i}^{1-\mu-\eta} \quad (3)$$

式中  $C_M$ 、 $C_S$  和  $C_{\tau_i}$  分别表示居民所需要的产品、住房面积和到市中心距离。 $\mu$  和  $\eta$  分别表示对产品和住房消费的份额。假设住户的预算约束为:

$$y_i = p_i C_{M_i} + r(d_0) C_{S_i} + F(D_i) C_{\tau_i} \quad (4)$$

其中  $y_i$ 、 $p_i$ 、 $r(d_0)$  和  $F(D_i)$  分别是收入、商品价格、地租和交通成本。从约束条件下效用最大化的一阶条件得到:

$$C_{M_i} = \frac{\mu y_i}{p_i}, C_{S_i} = \frac{\eta y_i}{r_i(d_0)}, C_{\tau_i} = \frac{(1 - \mu - \eta) y_i}{F(D_i)} \quad (5)$$

进而得到间接效用函数:

$$U_i^* = \mu^\mu \eta^\eta (1 - \mu - \eta)^{1-\mu-\eta} p_i^{-\mu} r_i(d_0)^{-\eta} F(D_i)^{\mu+\eta-1} y_i \quad (6)$$

### (三) 厂商行为

假设城市  $i$  的经济由垄断竞争厂商和居民构成, 代表性厂商的生产具有 C-D 函数形式:

$$Q_i = A R_i^\alpha L_i^\beta K_i^\beta \phi \quad \alpha, \beta \in (0, 1) \quad \alpha + \beta = 1 \quad (7)$$

其中  $A$  表示全要素生产率,  $R_i$  代表城市道路设施,  $L_i$  和  $K_i$  分别代表劳动力和资本。 $\phi$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  分别是道路设施、劳动力和资本的参数。利润函数为:

$$\pi_i = p_i Q_i - w_i L_i - \rho_i K_i - \tau F(D_i) \quad (8)$$

$p$ 、 $Q$ 、 $w$  和  $\rho$  分别是产品价格、产品数量、工资和利率,  $\tau$  和  $F(D_i)$  分别是距离和单位距离交通成本。假设运输成本  $\tau F(D_i)$  是外生变量, 厂商选择资本和劳动达到利润最优化, 根据一阶条件得:

$$\frac{\alpha}{\beta} \frac{K_i}{L_i} = \frac{w_i}{\rho_i} \quad (9)$$

长期均衡利润  $\pi = 0$ , 同时根据上式, 得到工资与利率分别为:

$$w_i = \alpha A p_i R_i^\alpha \left(\frac{K_i}{L_i}\right)^\beta - \frac{\alpha}{L_i} \tau_i F(D_i) \quad \rho_i = \beta A p_i R_i^\beta \left(\frac{K_i}{L_i}\right)^{\beta-1} - \frac{\beta}{K_i} \tau_i F(D_i) \quad (10)$$

将  $Q_i$  代入到劳动生产率的表达式得

$$prod_i = \frac{p_i Q_i}{L_i} = A p_i R_i^\alpha \left(\frac{K_i}{L_i}\right)^\beta \quad (11)$$

由上述两式得到厂商均衡时的劳动生产率:

$$prod_i = \beta^{\frac{\beta}{\alpha}} A^{\frac{\beta}{\alpha}} p_i^{\frac{1}{\alpha}} R_i^{\frac{\beta}{\alpha}} \left(\rho_i + \frac{\beta \tau (T_0 D_i S_i + \gamma (a - b) D_i^2 S_i^2)}{K_i}\right)^{-\frac{\beta}{\alpha}} \quad (12)$$

### (四) 城市劳动生产率方程设置

假设住户的收入都来自于厂商所支付的工资, 厂商在商品市场是不完全竞争者, 而在要素市场上是完全竞争者。厂商的要素使用原则为边际收益产品等于要素价格。因而, 典型居民的收入是劳动生产率的增函数。假设收入  $y_i$  是生产率  $prod_i$  的  $\theta$  次方, 其中  $0 < \theta < 1$ , 即:

$$y_i = (prod_i)^\theta \quad (13)$$

把式(13)代入(6)得到:

$$(prod_i)^\theta = \mu^{-\mu} \eta^{-\eta} (1 - \mu - \eta)^{-(1-\mu-\eta)} p_i^\mu r_i(d_0)^\eta F(D_i)^{1-\mu-\eta} U_i^* \quad (14)$$

由式(12)和(14)得到关于生产率的表达式:

$$prod_i = \varphi_0 R_i^{\frac{\beta}{\alpha(1-\theta)}} r_i(d_0)^{\frac{\eta}{1-\theta}} p_i^{\frac{1-\alpha\theta}{\alpha(1-\theta)}} U_i^{\frac{1}{1-\theta}} \left[ T_0 D_i S_i + \gamma (a - b) D_i^2 S_i^2 \right]^{\frac{\mu+\eta-1}{1-\theta}} \left[ \rho_i + \frac{\beta \tau (T_0 D_i S_i + \gamma (a - b) D_i^2 S_i^2)}{K_i} \right]^{\frac{-\beta}{\alpha(1-\theta)}} \quad (15)$$

其中  $\varphi$  是复合参数,  $\varphi_0 = [\beta^{\frac{\beta}{\alpha}} A^{\frac{\beta}{\alpha}} \mu^\mu \eta^\eta (1 - \mu - \eta)^{1-\mu-\eta}]^{\frac{1}{1-\theta}}$ 。需要说明的是, 因为居民效用  $U_i^*$  是内生变量, 所以(15)并非通常的简约方程, 计量检验中

需要使用居民效用的工具变量。此外,方程(15)中的基本利率由中央银行决定,各城市的资本价格水平  $\rho$  可视为外生给定的常数。因此,城市劳动生产率可由道路设施、地价、交通密度、城市用地规模、资本、物价水平和居民效用的工具变量解释。取对数后与上述理论模型相应的计量方程可用下式表示:

$$\ln prod_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln R_{it} + \lambda_2 \ln r(d_0)_{it} + \lambda_3 \ln D_{it} + \lambda_4 (\ln D_{it})^2 + \lambda_5 \ln S_{it} + \lambda_6 \ln K_{it} + \lambda_7 p_{it} + \lambda_8 U_{it}^* + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

改善原有道路和修建新路可以提高道路通行能力。为了检验外生的道路设施投入对城市最优交通密度的影响,我们在计量模型中引入交通密度与道路桥梁投资存量 ( $K^R$ ) 的交叉项:

$$\ln prod_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln R_{it} + \lambda_2 \ln r(d_0)_{it} + \lambda_3 \ln D_{it} + \lambda_4 (\ln D_{it})^2 + \lambda_{3a} \ln K_{it}^R \ln D_{it} + \lambda_{4a} \ln K_{it}^R (\ln D_{it})^2 + \lambda_5 \ln S_{it} + \lambda_6 \ln K_{it} + \lambda_7 p_{it} + \lambda_8 U_{it}^* + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

四、变量与数据说明

本文样本包括 266 个数据比较完整的地级以及以上城市。数据来源于《中国城市统计年鉴》、《中国区域统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》和《中国国土资源年鉴》(2004 - 2013 年)。价格指数数据取自各省统计年鉴。劳动生产率 ( $Prod$ ) 以非农业 GDP 与非农业就业的比值表示,其中非农业就业是单位就业与私营个体就业之和。理论

模型中的城市道路设施 ( $R_i$ ) 用市辖区道路长度除以建成区面积表示(即路网密度  $Streetdensity$ )。土地价格 ( $Aveprice$ ) 为城市土地所有交易方式成交价款与所有方式成交面积的比值。车辆密度 ( $Vehdensity$ ) 是用《中国区域统计年鉴》中的民用汽车拥有量除以建成区面积,民用汽车拥有量包含载客汽车、载货汽车和其他私人汽车。资本存量 ( $Kstock$ ) 用永续盘存法计算:  $K_{it} = (1 - \delta) K_{it-1} + I_t/v_{it}$ , 式中的  $\delta$  是年折旧率,设  $\delta$  为 5%  $I_t$  是全社会实际投资  $v_{it}$  是城市所在省以 2000 年为基期的累积资本价格指数。道路桥梁投资存量用各年《中国城市建设统计年鉴》中的城市道路桥梁投资和上述的永续盘存法计算。物价水平 ( $Pindex$ ) 是以 2003 年为基期的累计价格指数。居民效用水平是内生变量,本文根据数据的可得性,使用滞后一年的人均社会消费品零售额 ( $Pr$ ) 和文化教育指标中的人均教育支出 ( $Pe$ ) 作为居民效用的工具变量。以往的研究和公共媒体已经报告了我国大城市和特大城市交通严重拥堵的状况。为了比较准确地估计大小城市车辆密度变化对城市生产率产生的不同影响,本文将 100 万人口以上和以下的城市分别划分为大城市和小城市组。表 1 报告全国城市以及大、小城市样本的描述统计。

表 1 2003 - 2012 年中国地级及以上城市相关变量的描述性统计

变量	全国城市 (266)		大城市 (124)		小城市 (142)	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
$Prod$ (生产率,元/人)	105197	50218	115977	52024	95783	46607
$Vehdensity$ (车辆密度,辆/km <sup>2</sup> )	1943	1247	1915	1183	1968	1300
$Streetdensity$ (km/km <sup>2</sup> )	6.78	2.95	7.33	3.47	6.29	2.30
$Aveprice$ (地价,万元/顷)	427.8	435.1	563.5	552.6	309.3	240.8
$Rstock$ (道路桥梁投资,亿元)	45.97	117.52	84.13	162.74	12.65	19.31
$Uarea$ (建成区,km <sup>2</sup> )	104.3	147.1	167.3	195.3	49.2	26.5
$Kstock$ (资本存量,亿元)	1179.6	2561.9	2067.8	3530.2	404.0	354.3
$Pindex$ (价格指数)	1.144	0.105	1.144	0.104	1.145	0.107
$Pr$ (人均社会消费品零售额,元)	11618	10476	14448	13058	9147	6607
$Pe$ (人均教育支出,元)	544	491	596	590	499	380

我国城市平均劳动生产率为 105197 元/人,各类规模城市的劳动生产率标准差都较大。大城市平均车辆密度为 1915 辆/平方公里,略低于小城市的 1968 辆/平方公里。但是,这并不完全反映大城

市的实际道路车辆密度,因为在邻近地区注册登记的汽车常在中心大城市通行和营运。我国大、小城市平均道路桥梁资本存量分别为 84.13 亿元和 12.65 亿元,表明大城市道路桥梁设施比小城

市完善。其他多数变量(如地价、人均社会消费品零售额和人均教育支出)在大城市的均值都高于小城市均值。

图2a和2b分别显示各年车辆密度与经济效率各个分位点的动态趋势。在图2c中,城市按车辆密度分位点十分组,由低到在横坐标上用Q00-10到Q90-100表示。柱状图表示各组城市交通密度

和同组城市的生产率。总体趋势显示,生产率随交通密度分位点的增加而增长,但是增长逐渐趋缓。同城市组的两个立柱差距逐渐缩小意味着在交通密度较低时,交通密度的增长对城市经济效率可能有积极影响,但是随着交通密度的增长,交通密度对城市经济效率的影响下降。为了确认这种非线性关系,我们需要更严谨的计量检验。

图2a 2003-2012年车辆密度分位点平均密度, 辆/平方公里

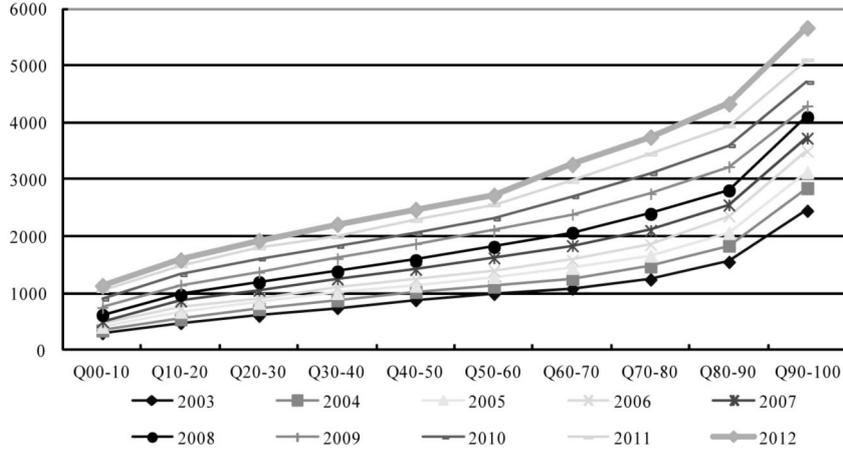


图2b 2003-2012年劳动生产率分位点的平均生产率, 元/人

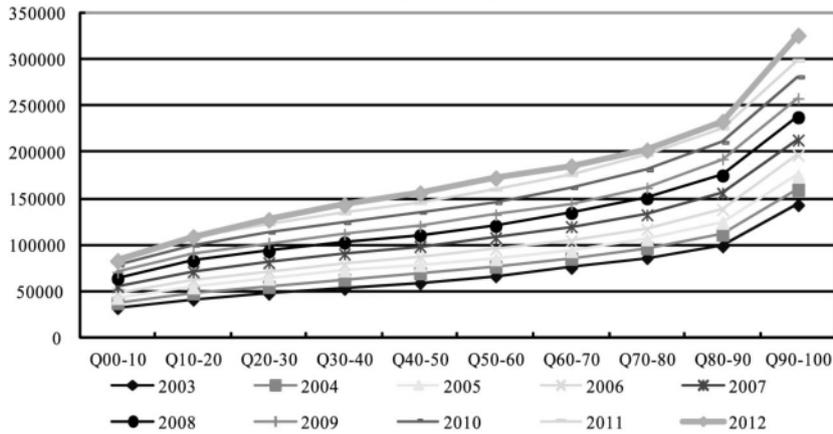


图2c 车辆密度分位点密度与经济效率关系

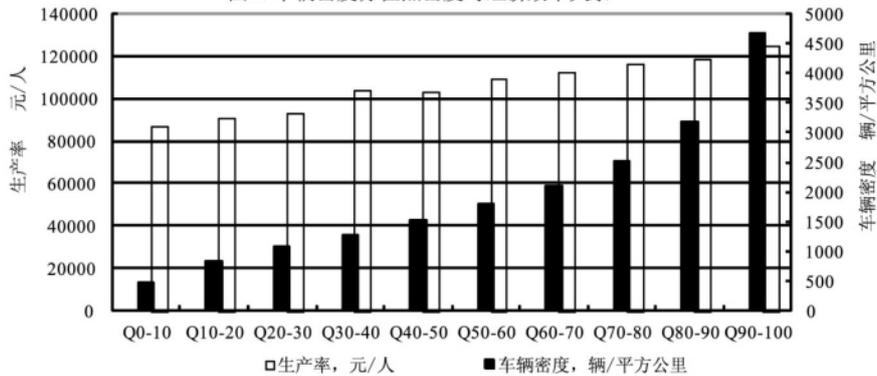


图2 2003-2012年地级及以上城市车辆密度和经济效率动态趋势以及两变量关系

五、计量检验和分析

(一) 城市交通密度对全国城市生产率影响的计量检验

城市面板数据中有一些短期内不变的城市特征,如区位、环境、资源禀赋、文化习俗、历史传统等。面板数据模型可表为  $Y_{it} = \sum(\beta_k X_{kit}) + u_i + e_{it}$ ,其中  $X_{ki}$  表示解释变量,  $\mu_i$  表示固定的城市特征。本文所有模型的 Hausman 检验都拒绝了随机效应原假设,表明  $u_i$  与某些解释变量  $X_{ki}$  相关,必须采用固定效应回归模型才能得到一致性参数估计。

为了检验城市生产率与车辆密度的非线性关系,且比较大小城市车辆密度对城市生产率的不同影响以及城市道路桥梁资本投入的效果,我

们设置和检验四个不同的固定效应模型。表 2 报告 2003 - 2012 年 266 个地级及以上城市的模型估计结果。模型 1 不含车辆密度的二次项。模型 2 加入车辆密度的二次项,检验车辆密度与城市劳动生产率之间的非线性关系。媒体和交通专业调研反复报道了大城市交通拥堵状况,模型 3 增加大城市虚拟变量与车辆密度的交叉项,检验不同规模城市组的车辆密度对城市最优效率的影响。近年来各地投入了大量资本,改造、扩建和新建城市道路,提高城市道路通行能力。为了定量分析道路资本对提高城市最佳交通密度的贡献,模型 4 引入路桥资本存量与交通密度的交叉项。

表 2 2003 - 2012 年地级及以上城市车辆密度对劳动生产率影响的固定效应回归估计

变量	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4	
	参数估计	(t 值)	参数估计	(t 值)	参数估计	(t 值)	参数估计	(t 值)
车辆密度								
$\ln Vehdensity$	0.0528 ***	(3.23)	0.5344 ***	(5.42)	0.5378 ***	(5.46)	0.5300 ***	(6.46)
$(\ln Vehdensity)^2$	—	—	-0.0332 ***	(-4.95)	-0.0327 ***	(-4.88)	-0.0411 ***	(-6.20)
$\ln Vehdensitylarge$	—	—	—	—	-0.0284 **	(-2.53)	-0.0360 ***	(-3.27)
$\ln rkl \ln Vehdensity$	—	—	—	—	—	—	0.0105 ***	(11.11)
控制变量								
$\ln Streetdensity$	0.0452 **	(2.19)	0.0450 **	(2.19)	0.0455 **	(2.21)	0.0037	(0.18)
$\ln Aveprice$	-0.0107	(-1.24)	-0.0095	(-1.09)	-0.0080	(-0.92)	-0.0132	(-1.56)
$\ln Uarea$	0.0042	(1.48)	0.0497*	(1.76)	0.0487*	(1.73)	-0.0307	(-1.08)
$\ln Kstock$	0.0543 ***	(3.00)	0.0609 ***	(3.38)	0.0624 ***	(3.46)	0.0540 ***	(3.07)
$\ln Pindex$	0.7735 ***	(4.25)	0.7622 ***	(6.27)	0.7583 ***	(6.25)	0.4634 ***	(3.82)
$\ln Pr$	0.0866 ***	(5.47)	0.0911 ***	(4.49)	0.0924 ***	(4.55)	0.0613 ***	(3.07)
$\ln Pe$	0.1171 ***	(7.77)	0.1097 ***	(7.29)	0.1095 ***	(7.28)	0.1084 ***	(7.38)
Intercept	8.9513 ***	(44.05)	7.1438 ***	(17.11)	7.1655 ***	(17.18)	7.6318 ***	(18.66)
样本数	266 × 10		266 × 10		266 × 10		266 × 10	
within R <sup>2</sup>	0.6762		0.6795		0.6803		0.6961	
Hausman 检验 $\chi^2$	43.1		45.04		63.58		70.6	
显著性 P 值	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	

注: (1) \*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。(2) 实际计算中使用去均值 (mean-differenced) 数据控制固定效应, 所得的 R<sup>2</sup> 是 within R<sup>2</sup>。下同。

先扼要分析控制变量的参数估计。所有模型中路网密度 ( $\ln Streetdensity$ ) 都对劳动生产率有正向影响,说明改善交通条件有利于降低产品运输和人员的出行成本、提高劳动生产率,但在模型

(4) 中不显著。地价 ( $\ln Aveprice$ ) 的参数估计在模型 4 的  $t = -1.56$ ,在  $p < 0.10$  水平通过了单边假设检验,稍低于通过双边假设检验所需的  $|t| < 1.65$ ,但参数估计在几个方程中都是负值,意味着

土地要素价格上升不利于城市生产率的提高。建成区面积( $\ln Uarea$ )的参数估计显著性较低,其中模型1、2、3的参数估计都为正数且基本通过了显著性检验,但模型4的参数估计未通过显著性检验。估计结果可能反映了我国城市土地供给的计划性。我国的城市规划法确定了建成区规模与规划人口规模相当,因此土地投入量和城市发达程度的相关性较低。资本存量( $\ln Kstock$ )、物价水平( $\ln Pindex$ )和衡量居民效用的人均社会消费品零售额( $\ln Pr$ )和人均教育支出( $\ln Pe$ )的参数估计在各方程中均显著为正,表明这些变量都对生产率有所贡献。估计结果验证了本文理论模型的合理性和计量结果的稳健性。

以下重点考察我国城市交通密度与劳动生产率之间的关系。模型1中城市车辆密度的参数估计( $\ln Vehdensity$ )显著为正,模型2交通密度的一次项和二次项参数估计一正一负。比较两方程的参数估计和显著性可以说明模型1的函数设置未能反映交通密度与城市劳动生产率间的非线性关系,而模型2表明两者间存在稳定的倒U型关系。如同理论分析所指出的,在达到道路设计能力以前,车辆密度增加有利于降低平均成本,提高道路运输的规模经济和劳动力、中间投入品等要素投入的邻近性,同时还增强了人员交流和技术外溢。最终效果是降低单位产品成本,提高劳动生产率。然而,一旦超过最优车辆密度,拥堵成本将会超过由于交通通达性所产生的规模经济和技术外溢,导致城市经济效率总体下降<sup>①</sup>。若令车辆密度一次项和二次项的参数估计分别为 $a$ 和 $b$ ,最优车辆密度可用一阶条件 $\ln Vehdensity = -a/2b$ 估计。但是,模型2的设置仍然不够完全。模型3中车辆密度的一次项和二次项参数估计同样非常显著,分别为0.5378和-0.0327。此外,大城市与车辆密度的交叉项的参数估计 $\ln Vehdensity * large$ 是-0.0284且通过了显著性检验。利用这组参数计算得到我国大城市车辆最佳密度低于小城市。这是未曾预料的有趣结果。但是,模型3忽略了城市

路桥设施水平对车辆通过能力的影响。模型4引入车辆密度与道路桥梁投资存量 $\ln rk$ 的交叉项。四个与车辆密度有关的参数都通过了显著性检验,并且 $t$ 统计量表明交叉项的参数估计最为显著。令车辆密度一次项、与大城市交叉项、与道路桥梁投资交叉项和车辆密度二次项系数分别为 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 和 $b$ ,一阶条件决定的最佳密度为 $(a_1 + a_2 large + a_3 \ln rk) / 2b$ 。当 $\ln rk$ 取样本均值时,大城市平均最佳车辆密度的对数为7.5025,即1813辆/平方公里,同理计算出小城市( $large = 0$ )最佳车辆密度为2812辆/平方公里。由于模型4的设置降低了参数估计的系统偏误,得到的城市最佳车辆密度较模型3的更可靠。但是,大城市车辆最佳密度仍低于小城市。对此,本文试图从三方面解释。其一,城市内部车辆行驶距离和时间随城市规模的扩大而增加,如果每平方公里上有同样注册数量的车辆,由于大城市的通勤(及车辆上路)时间比小城市的长,所以大城市交通必然比小城市更为拥挤。其二,统计年鉴公布的车辆数和计算出的密度是根据注册地统计的,而大城市是区域经济活动的集中地,在附近小城市注册的汽车往往驶入大城市,加剧了大城市交通拥堵,降低了大城市的最佳注册车辆密度。其三,统计数据有局限性,民用汽车统计不包括政府用车和军用车辆,因此民用车辆密度低估了实际交通密度——特别是大城市交通密度。

城市路桥建设对缓解城市交通拥堵的效果如何呢?根据模型4的参数估计,如果道路资本存量增长10%,大、小城市平均最佳车辆密度分别从1813和2812辆/平方公里上升到2104和3264辆/平方公里,平均最佳车辆密度增长16%。显然,在中国大多数城市,近十年投资建设城市道路和完善道路设施非常有效地提高了道路通行能力、缓解了交通拥堵。

(二) 城市交通密度对东、中、西地区城市生产率的影响

我国不同地区经济发展水平和城市道路基

<sup>①</sup> 拥堵成本包括厂商的营运成本、出行者的机会成本、增加的汽车燃料费用 and 环境污染等等,但是本文模型估计的主要是城市厂商生产效率的损失,不含出行者额外的时间成本和燃料成本以及环境污染成本。

基础设施都有显著差距。城市交通拥堵造成的经济损失必然也存在区域间差异。但是,除了个别研究报告对不同地区个别城市的出行成本和环境成本做出了估算以外(如《2009 福田指数——中国居民生活机动性指数研究报告》),学术界尚

未系统研究城市交通密度对城市生产率影响的地区差异和分布特征。因此,本文利用上述模型和计量方法分别检验东、中、西三大地区城市车辆密度对劳动生产率的影响。表 3 报告计量估计结果。

表 3 2003-2012 年东、中、西部地区城市交通密度对劳动生产率影响的固定效应回归

变量	东部城市 (93)		中部城市 (91)		西部城市 (82)	
	模型 5 参数估计 (t 统计量)	模型 6 参数估计 (t 统计量)	模型 7 参数估计 (t 统计量)	模型 8 参数估计 (t 统计量)	模型 9 参数估计 (t 统计量)	模型 10 参数估计 (t 统计量)
车辆密度						
lnVehdensity	0.7274 *** (3.53)	0.6986 *** (3.47)	0.8819 *** (5.15)	0.9513 *** (5.66)	0.0907 (0.58)	0.1884 (1.21)
(lnVehdensity) <sup>2</sup>	-0.0455 *** (-3.30)	-0.0479 *** (-3.55)	-0.0539 *** (-4.54)	-0.0615 *** (-5.24)	-0.0046 (-0.43)	-0.0122 (-1.14)
lnrlnVehdensity	—	0.0121 *** (7.20)	—	0.0102 *** (5.88)	—	0.0078 *** (4.83)
控制变量						
lnStreetsdensity	0.0152 (0.50)	-0.0487 (-1.41)	-0.0192 (-0.56)	-0.0501 (-1.47)	0.1130 *** (2.98)	0.0677* (1.76)
lnAveprice	0.0086 (0.60)	0.0057 (0.41)	-0.0199 (-1.23)	-0.0265* (-1.67)	-0.0015 (-0.10)	-0.0045 (-0.30)
lnUarea	-0.0468 (-1.25)	-0.1597 *** (-3.24)	0.1524 *** (2.97)	0.0492 (0.92)	0.0307 *** (2.71)	0.0723 (1.47)
lnKstock	0.1067 *** (3.85)	0.0881 *** (3.05)	0.0721 ** (2.28)	0.0668 ** (2.16)	0.0637* (1.94)	0.0459 (1.41)
lnPindex	0.5791 *** (2.73)	0.2939 (1.15)	0.5972 *** (2.81)	0.3674* (1.74)	0.4714 ** (2.26)	0.2482 (1.18)
lnPr	0.0329 (0.97)	0.2939 (2.28)	0.1356 *** (4.28)	0.0942 *** (2.96)	0.1130 *** (2.92)	0.0768 ** (1.98)
lnPe	0.1098 *** (4.28)	0.0986 *** (3.85)	0.0765 *** (3.08)	0.0726 *** (2.98)	0.1424 *** (5.27)	0.1573 *** (5.87)
Intercept	7.0937 *** (8.76)	8.0368 *** (9.63)	5.1422 *** (7.19)	5.8543 *** (8.24)	8.0527 *** (12.05)	8.3052 *** (12.58)
样本数	93 × 10	93 × 10	91 × 10	91 × 10	82 × 10	82 × 10
Within R <sup>2</sup>	0.6098	0.6337	0.7374	0.7842	0.7018	0.7111
Hausman 检验 $\chi^2$	11.76	16.61	44.39	49.48	73.42	74.9
显著性 P 值	0.2275	0.0834	0	0	0	0

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。

城市车辆密度对劳动生产率影响的分地区估计与全国总体样本估计结果相似。三个方程中车辆密度一次项和交叉项系数为正、二次项系数为负,说明我国三大地区的城市交通密度与劳动生产率之间都存在倒U型关系,并且道路桥梁投资存量有利于提高最佳交通密度。但是,西部地区的车辆密度一次和二次项参数估计不显著,意味着西部城市车辆密度对生产率未形成明显的促进或制约作用。车辆密度与道路桥梁投资的交叉项( $\ln k \ln Vehdensity$ )在三个地区都通过了显著性检验,在任何一个地区增加城市道路桥梁基础设施投资,都可有效地提高城市生产率,这在西部地区可能尤为重要。利用车辆密度的一次项、二次项和车辆密度与路桥投资交叉项的三个参数估计值,可以计算得到东部地区城市最佳密度为2522辆/平方公里,中部地区的最佳密度为2731辆/平方公里。统计数据表明东中西部三地区城市的实际车辆平均密度分别是2210、1640和1977辆/平方公里,并未超过最佳密度。但是,每个地区都有若干城市的车辆密度超过最佳密度,成为“拥堵城市”。计算可得,2012年东部每个“拥堵城市”的效率损失约合35.20亿元,中部每个“拥堵城市”损失约21.47亿元。

在控制变量中,西部地区的路网密度( $\ln Streetdensity$ )对劳动生产率的影响显著,而东、中部地区城市的参数估计未通过显著性检验,可见西部城市的路网密度增长有利于提高城市生产率,而东、中部城市地表路网密度已基本饱和,基础设施投资可能大量用于旧路拉直拓宽、路网改造优化和设施升级换代等方面。表2的全国模型中,高地价( $\ln Aveprice$ )不利于劳动生产率,但是与全国模型相比,各地区样本较小,表3中只有模型8的地价参数估计通过了显著性检验。建成区面积( $\ln Uarea$ )的参数估计在中西部地区为正,但是在东部地区(模型6)为负值,意味着在房地产市场推动下,一些城市用地可能在2003-2012期间增长过快,不利于城市平均劳动生产率的提高。其他控制变量的参数估计与表2相似,不再赘述。

(三)城市交通密度对城市劳动生产率影响的分位数估计结果

固定效应回归模型估计的是交通密度对生产率的平均影响,即条件期望,却不能反映条件分布各分位点尤其是生产率很高和很低的的城市受到的交通拥堵影响。虽然我国城市生产率总体上由东部向西部逐渐降低,东中西地区模型反映了区间差异,但是每个地区都有高效和低效的城市。本节使用分位数回归模型估计在劳动生产率不同的城市车辆密度对生产率的影响程度及其变化趋势。表4报告生产率分位点0.1、0.25、0.5、0.75和0.9的回归参数。根据参数估计计算可以得到这5个分位点的最佳车辆密度分别是2443、2497、2301、2074和2061辆/平方公里。其中,生产率最高的两组城市最佳车辆密度反而低,其结果和原因可能与大城市最佳车辆密度比小城市低相似。与城市样本统计数据相比,2003年上述分位点城市平均车辆密度都没有超过最优密度,但是到2012年,劳动生产率0.25分位点以上的城市平均车辆密度都超过了最佳密度。

(四)中国城市交通拥堵成本和城市道路桥梁投资收益的估计

根据表2模型4参数得到全国不同规模城市经济效率与城市交通密度关系的经验方程。利用该方程的车辆密度参数可以识别交通密度已超过最佳密度的城市,再根据这些城市人均生产率的损失和市辖区人数即可计算每个拥堵城市全市的效率损失。虽然交通拥堵还造成出行者个人成本的增加、环境污染和事故风险的增加等,但是那些成本不在本文研究范围内。

表5报告计算得到的我国每年城市交通拥堵导致的经济效率损失。第一列报告各年平均车辆密度,第二、三列分别识别和统计超过最佳车辆密度的大、小城市数,我国交通拥堵城市数随着平均交通密度增长而增加。2003年全国范围内车辆密度超过最佳密度的拥堵城市仅有16个,而2012年266个样本城市中一半以上城市的车辆密度超过了最佳密度。最后两列分别报告各年出现拥堵的大、小城市的经济损失,其中大城市的经济损失特别严重。

表 4 2003 - 2011 年地级及以上城市劳动生产率分位数回归方程估计

变量	劳动生产率分位点				
	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9
	参数估计 (t 统计量)	参数估计 (t 统计量)	参数估计 (t 统计量)	参数估计 (t 统计量)	参数估计 (t 统计量)
<i>lnVehdensity</i>	1.0679 *** (8.12)	0.8371 *** (6.99)	0.6774 *** (4.64)	0.4498 *** (3.84)	0.3486 ** (2.54)
<i>lnrklnVehdensity</i>	0.0170 *** (8.96)	0.0140 *** (8.94)	0.0104 *** (7.04)	0.0074 *** (5.86)	0.0049 *** (3.47)
$(\lnVehdensity)^2$	-0.8114 *** (-7.69)	-0.0639 *** (-6.75)	-0.0459 *** (-4.65)	-0.0302 *** (-3.74)	-0.0238 ** (-2.55)
控制变量					
<i>lnStreetdensity</i>	-0.0029 (-0.10)	-0.0171 (-0.65)	0.006 (0.21)	-0.0091 (-0.33)	0.0143 (0.46)
<i>lnAveprice</i>	-0.0055 (-0.37)	-0.0068 (-0.54)	-0.011 (-0.94)	-0.009 (-0.91)	-0.0220 ** (-2.14)
<i>lnUarea</i>	-0.0085 (-0.20)	-0.0282 (-0.78)	0.0168 (0.46)	0.0142 (0.40)	0.0361 (0.80)
<i>lnKstock</i>	-0.044 (-1.42)	-0.0295 (-1.11)	-0.0009 (-0.04)	0.0445* (1.65)	0.0799 ** (2.52)
<i>lnPindex</i>	1.0689 *** (5.95)	1.1064 *** (7.46)	1.4056 *** (8.46)	1.8512 *** (10.62)	2.2073 *** (12.05)
<i>lnPr</i>	0.0697 ** (2.03)	0.1328 *** (4.68)	0.1037 *** (3.70)	0.0625 ** (2.44)	0.0662 ** (2.33)
<i>lnPe</i>	0.1066 *** (4.78)	0.1109 *** (5.50)	0.1003 *** (5.24)	0.0918 *** (5.20)	0.0704 *** (3.72)
Intercept	5.2700 *** (7.56)	5.8168 *** (9.81)	7.6105 *** (11.96)	8.0504 *** (17.01)	8.8561 *** (14.55)
样本数	266 × 10	266 × 10	266 × 10	266 × 10	266 × 10
Pseudo R <sup>2</sup>	0.7471	0.7398	0.7346	0.7510	0.7593

注: \*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。

表 5 中国地级及以上城市交通拥堵导致的经济效率损失

年份	平均车辆密度 (辆/平方公里)	大城市中交通 拥堵城市个数	小城市中交通 拥堵城市个数	大城市拥堵 外部性损失, 亿元	小城市拥堵 外部性损失, 亿元
2003 年	1069	12	4	238.81	15.80
2004 年	1247	21	7	279.60	17.70
2005 年	1410	25	7	408.18	20.40
2006 年	1566	30	17	598.21	41.28
2007 年	1744	40	21	893.02	49.31
2008 年	1948	48	26	1172.16	90.44
2009 年	2202	67	37	2418.53	86.09
2010 年	2466	81	49	3839.23	177.39
2011 年	2720	94	57	5413.53	260.20
2012 年	3057	101	65	7318.76	558.17

城市路桥投资减轻了城市拥堵。为了估算路桥投资的经济效益,我们测算了2003-2012年交通拥堵城市的投资和收益,并估计了路桥投资净

收益。表6报告全国城市样本、大城市组和小城市组中拥堵城市路桥投资增加10%的总成本、总收益和净收益。

表6 中国地级及以上城市路桥投资增加10%的经济效率估算(亿元)

年份	全国城市样本			大城市			小城市		
	路桥投资成本	路桥投资收益	净收益	路桥投资成本	路桥投资收益	净收益	路桥投资成本	路桥投资收益	净收益
2003年	73.55	121.77	48.22	55.16	114.43	59.26	18.39	7.35	-11.04
2004年	128.71	164.99	36.28	96.53	155.44	58.91	32.18	9.55	-22.63
2005年	147.10	219.87	72.78	114.92	209.15	94.24	32.18	10.72	-21.46
2006年	216.05	325.29	109.25	137.90	304.38	166.48	78.14	20.91	-57.23
2007年	280.40	468.95	188.55	183.87	441.48	257.61	96.53	27.47	-69.06
2008年	340.16	619.60	279.44	220.64	576.93	356.28	119.51	42.68	-76.84
2009年	478.06	1077.65	599.59	307.98	1026.10	718.12	170.08	51.55	-118.53
2010年	597.57	1583.87	986.29	372.34	1484.67	1112.33	225.24	99.20	-126.04
2011年	694.11	2056.32	1362.22	432.09	1919.56	1487.46	262.01	136.77	-125.25
2012年	763.06	2676.91	1913.85	464.27	2446.23	1981.96	298.79	230.68	-68.11

各年全国城市路桥基础设施投资因降低拥堵损失得到的等价收益都大于投入成本,2012年的收益(2677亿元)是投入成本(763亿元)的350%。但是,大城市与小城市的投入效益差别悬殊。大城市路桥投入的效益非常醒目,2012年的收益(2446亿)几乎是投入(464亿)的5倍,而小城市路桥资本收益远低于投入成本,缺口从2003年的11亿元一直扩大到2011年的125亿元,直到2012年缺口才有所缩小。这组估计结果耐人寻味。根据经济常识和统计数据可以判断:大城市生产率普遍较高,拥堵造成的效率损失自然也高,因此,解决拥堵获得的收益就很高;相反,小城市生产率相对较低,拥堵现象也不及大城市严重,所以城市道路桥梁投资成本高于收益。小城市基础设施的投入反映了各地政府为建设小城市、开发相对落后的地方经济所作的先期努力。然而,本文的研究结果为统筹区域建设提出了新的、值得进一步思考的成本和效益问题。

## 六、结论与启示

本文根据交通拥堵的外部性原理构建了交通

成本函数,分别分析了城市居民和厂商的最优化问题,进而设置了城市经济一般均衡计量模型。利用我国266个地级及以上城市2003-2012年面板数据,本文的计量估计结果如下:(1)中国城市的车辆密度与劳动生产率之间呈倒U型关系,大城市平均最佳车辆密度(1813辆/km<sup>2</sup>)低于小城市最佳密度(2812辆/km<sup>2</sup>),估计结果既表现出车辆行驶距离和时间随城市规模的扩大而增加、大城市车辆平均所需路面大于小城市的规律,也反映大城市道路同时服务于邻近地区入城车辆以及政府用车和军用车辆在大城市比较集中的现象。(2)我国城市交通拥堵现象日趋严重,从2003年16个城市的交通拥堵发展到2012年166个城市出现交通拥堵,同期这些城市拥堵造成的生产率损失从255亿元上升到7877亿元,其中7319亿元源自101个出现拥堵的大城市。(3)城市道路桥梁建设有效地提高了道路通行能力和最佳车辆密度,如果道路资本存量从均值上升10%,城市道路通行能力增长约16%,其中大城市平均最佳车辆密度从1813辆/平方公里增长到2104辆/平方公里

里,小城市的最佳密度从 2812 辆/平方公里增长到 3264 辆/平方公里。城市道路桥梁投资明显降低了拥堵损失,如果在生产率高且拥堵严重的大城市增加路桥投资,其收益远高于成本,相反,由于小城市生产率较低且拥堵程度较低,路桥投资的收益不足以弥补投资成本。

本文可以为制定相关的城市交通政策提供重要的依据。第一,我国城市交通拥堵日趋严重,已经造成重大经济损失,城市道路桥梁和附属交通设施建设可以有效地提高城市道路通行能力和最佳车辆密度、降低拥堵造成的生产性损失。但是,大城市道路密度已基本饱和,路桥专项投资应更多地用于旧路改造、路网优化和管理系统的升级,同时利用其他交通方式(如轨道交通)分担城市交通压力。第二,大城市通勤距离较长的客观规律要求大城市应有较低的注册车辆密度(即,较大的人均道路用地指标),应根据我国城市机动车发展的现实及时审议和修改不同类型城市的规划用地指标。更为重要的是,大城市道路同时为邻近地区车辆服务、大城市比小城市有更多的公交车和军车,这些特点决定了大城市道路事实上为更大的区域服务,而非为城市内部生产和生活所独用。同时,大城市普遍具有较高的劳动生产率。因此,大城市道路基础设施建设的经济效益和交通拥堵的经济损失都可能被大大低估。规划建设大城市交通基础设施时,决策者必须具有更宽广的区域视野。第三,实证研究显示,近年的城市路桥资本在小城市的经济效益远低于投入成本。因此,在规划小城市和欠发达地区基础设施时要尊重经济发展和城市化的客观规律、权衡经济得失、根据车辆增速分期逐步增加道路建设投入。本研究有助于从整体上识别交通拥堵的城市、估计拥堵程度和拥堵成本。但是,交通拥堵往往在某些特定时间发生在市内某些特定区段,每个城市还需确认严重拥堵的时段和区段,制定具有针对性的微观政策措施。

参考文献:

[1] Mayeres I, Ochelen S, Proost S. The marginal external costs of urban transport [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1996, 1(2): 111-130.

[2] Goodwin P. The economic costs of road traffic congestion [J]. A discussion paper published by the Rail Freight Group, 2004: 1-26.

[3] Bilbao-Ubillos J. 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, 42(8): 1098-1108.

[4] Safirova E, Gillingham K, Houde S. Measuring marginal congestion costs of urban transportation: Do networks matter? [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2007, 41(8): 734-749.

[5] Schrank D, Eisele B, Lomax T. TTI's 2012 urban mobility report [J]. *Proceedings of the 2012 annual urban mobility report*. Texas A&M Transportation Institute, Texas, USA, 2012: 1-68.

[6] Zegras C. The costs of transportation in Santiago de Chile: analysis and policy implications [J]. *Transport Policy*, 1998, 5(1): 9-21.

[7] Jakob A, Craig J L, Fisher G. Transport cost analysis: a case study of the total costs of private and public transport in Auckland [J]. *Environmental Science & Policy*, 2006, 9(1): 55-66.

[8] Stokols D, Novaco R W, Stokols J, et al. Traffic congestion, Type A behavior, and stress [J]. *Journal of Applied Psychology*, 1978, 63(4): 467.

[9] Currie J, Walker W R. Traffic congestion and infant health: evidence from E-Zpass [R]. *National Bureau of Economic Research* 2009: 1-37.

[10] Weisbrod G, Vary D, Trez G. Economic implications of congestion [M]. NCHRP Report 463. *Transportation Research Board*, Washington, DC, USA, 2001: 1-55.

[11] Graham D J. Variable returns to agglomeration and the effect of road traffic congestion [J]. *Journal of Urban Economics* 2007, 62(1): 103-120.

[12] 谢旭轩, 张世秋, 易如等. 北京市交通拥堵的社会成本分析 [J]. *中国人口资源与环境* 2011 (1): 28-32.

[13] 吴奇兵, 陈峰, 黄垚等. 北京市机动车拥堵成本测算与分析 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2011 (1): 168-172.

[14] 张光南, 宋冉. 中国交通对“中国制造”的要素投入影响研究 [J]. *经济研究* 2013 (7): 63-75.

[15] 李煜伟, 倪鹏飞. 外部性, 运输网络与城市群经济增长 [J]. *中国社会科学* 2013 (3): 22-42.

[16] 韩小亮, 邓祖新. 城市交通拥堵的经济学分析 [J]. *财*

经研究 2006(5):19-31.

[17]徐 颢 欧国立. 交通拥堵收费的理论依据和政策分析[J]. 中国工业经济 2012(12):18-30.

[18]朱永中 宗 刚. 时间价值偏好下北京交通拥堵收费设计研究[J]. 中国软科学 2014(9):007.

[19]周银香. 城市交通治堵策略评价模型及实证研究——以杭州市为例[J]. 城市问题,2014(9):87-93.

[20]刘治彦 岳晓燕 赵 睿. 我国城市交通拥堵成因与治理对策[J]. 城市发展研究 2011(11):90-96.

[21]张天培. 关于优化交通资源配置的思考[J]. 综合运输 2007(12):15-19.

[22]姜 洋. 系统动力学视角下中国城市交通拥堵对策思考[J]. 城市规划 2012(11):73-80.

[23]张钟允 李春利. 交通拥堵治理及拥堵费制度的机理分析与探究[J]. 城市发展研究 2014(9):103-109.

[24]中央政府网站 [http://www.gov.cn/jrzq/2013-02/22/content\\_2338306.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2013-02/22/content_2338306.htm).

(本文责编:王延芳)