

# 机动车限牌的社会福利影响和最优配额研究<sup>①</sup>

汪 锋<sup>1</sup>, 李善军<sup>2</sup>

(1. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400030; 2. 康奈尔大学, 美国纽约州 14853)

**摘要:** 为了应对日益严重的交通拥堵和空气污染问题, 中国越来越多的大城市采取限牌政策来控制机动车保有量的增长。通过估计北京、上海、天津和南京 4 座城市机动车使用外部成本和消费者对机动车牌照的支付意愿(willingness to pay, WTP), 对拍卖、摇号和混合 3 种机动车限牌政策的社会福利影响进行了定量分析。实证研究结果表明, 摇号模式带来的社会福利损失最大, 拍卖模式带来的社会福利损失最小, 混合模式带来的社会福利损失居中。与最优牌照配额相比, 2012 年北京和上海的真实配额存在 138 亿元和 28.6 亿元的社会福利净损失。如果 4 座城市采用最优配额和牌照拍卖制度, 在控制机动车数量增长的同时, 将获得 10 亿到 200 亿不等的可用于城市交通基础设施建设或公共交通补贴的可观的财政收入。

**关键词:** 资源分配; 拍卖; 摇号; 机动车牌照

**中图分类号:** F572      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-9807(2016)12-0001-13

## 0 引 言

中国是世界第一大汽车消费市场, 2015 年中国汽车销量达到 245 9.8 万辆, 汽车保有量高达 1.72 亿辆。越来越多的汽车进入中国人的家庭, 一方面启动了汽车消费, 提高了普通中国人的生活便利程度和效用水平; 另一方面汽车使用的外部成本, 特别是交通拥堵和空气污染, 日益成为大城市面临的城市管理难题。以北京为例, 北京的汽车保有量由 2000 年的 150.7 万辆迅速增长到 2015 年的 552.1 万辆, 使北京成为全世界交通最为拥堵城市之一, 早晚高峰时段道路上的平均车速只有 20 km/h。机动车尾气排放是大城市空气污染的主要来源之一, 大量拥堵在道路上的机动车使北京衡量空气质量的关键指标 PM<sub>2.5</sub> 浓度经常超过公认的健康标准。Creutzig 和 He<sup>[1]</sup> 估计 2005 年北京机动车使用的外部成本为其国民生产总值的 7.5% 至 15%。佟琼等<sup>[2]</sup> 估算认为 2011 年北京

道路交通总外部成本高达 1 247 亿元。

在城市道路和环境容量有限的条件下, 将新增机动车牌照作为稀缺的公共资源进行配额分配, 采取“限牌”政策来遏制机动车保有量的过快增长成为中国部分城市应对交通管理难题的政策选择。市场机制(如上海的拍卖模式)和非市场机制(如北京、贵阳的摇号模式)均被运用于新增机动车牌照分配的实践, 一些城市还采用拍卖和摇号混合的模式(如广州、天津、杭州和深圳)。中国机动车限牌城市的基本情况如表 1 所示。

政府在分配稀缺的公共资源时可以采取市场机制, 通过价格信号将稀缺资源分配给支付意愿最高的消费者, 从而实现消费者剩余最大化, 例如土地使用权和采矿权的拍卖分配机制<sup>[3-4]</sup>。但当外部性存在时, 私人成本与社会成本不一致, 直接采取市场机制分配稀缺资源会出现市场失灵的情况, 不能实现公共资源的最优配置和社会福利最大化, 需要政府进行有效的行政干预。在现实世界

① 收稿日期: 2014-10-26; 修订日期: 2016-02-23.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71303270; 71133007; 71673033); 国家留学基金资助项目(201206055017).

作者简介: 汪 锋(1982—), 男, 重庆人, 博士, 副教授. Email: wangfeng2008@cqu.edu.cn

中,政府在进行行政干预时不仅强调效率,同时需要考虑社会公平,因而也会采用抽签、摇号等非市场的公共资源分配机制,例如对公共租赁房采取摇号分配<sup>[5-6]</sup>。

随着中国城市交通问题的日益凸显,出现了大量针对这一问题深入的理论研究<sup>[7-13]</sup>,但利用中国城市交通实际数据开展的实证研究却相对缺乏。资源分配机制和政府行政管制研究领域内的实证研究为定量研究中国大城市机动车限牌政策的社会福利影响奠定了基础。Glaeser 和 Luttmer<sup>[14]</sup>研究了存在租金价格上限管制的纽约市房屋租赁市场,发现统计上显著的房屋错配的证据,指出错配带来的社会福利损失可能远大于供给不足带来的成本。Davis 和 Kilian<sup>[15]</sup>估计得出 1950 年至 2000 年美国居民天然气市场由于最高限价带来的年社会福利损失约为 36 亿美元。Parry 和 Small<sup>[16]</sup>讨论了税收手段对降低机动车使用负外

部性的作用,通过对美国和英国以实现社会福利最大化为目标的最优燃油税税率的实证研究,发现美国的最优燃油税税率应为现行水平的两倍,而英国的最优燃油税税率应为现行水平的一半。Li 等<sup>[17]</sup>进一步讨论了汽油税对内部化机动车使用外部性的作用,提出需要根据消费者对汽油价格变化的反应,重新修正对最优汽油税率的估计。Parry 等<sup>[18]</sup>的研究认为对绝大多数的国家来说,运用税收政策来降低各类能源使用的外部性,将带来财政、健康以及减少碳排放等收益。在资源分配机制的实证研究文献中,尚未发现对同一种稀缺公共资源分别采取市场机制和非市场机制进行分配的研究。中国不同的城市采取不同的机动车限牌政策,为本文选取北京、上海、天津和南京 4 座具有典型代表性的城市,定量研究拍卖、摇号和混合 3 种机动车限牌政策的社会福利影响提供了不可多得的实证研究对象。

表 1 中国各机动车限牌城市概况

Table 1 Automobile license quota systems in Chinese cities

城市	新增机动车牌照分配方式	宣布执行时间	配额数量
上海	拍卖模式	2008 年 1 月*	10 万个
北京	摇号模式	2010 年 12 月 23 日	24 万个**
贵阳	摇号模式	2011 年 7 月 11 日	2 万个
广州	拍卖和摇号混合模式	2012 年 7 月 1 日	摇号 6 万个 拍卖 4.8 万个
天津	拍卖和摇号混合模式	2013 年 12 月 16 日	摇号 5 万个 拍卖 4 万个
杭州	拍卖和摇号混合模式	2014 年 3 月 26 日	摇号 6.4 万个 拍卖 1.6 万个
深圳	拍卖和摇号混合模式	2014 年 12 月 29 日	摇号 4 万个 拍卖 4 万个

注:资料来源于各城市关于机动车限牌的政府公告和媒体报道。

\* 上海的机动车牌照拍卖始于 1986 年,2008 年 1 月开始执行现行拍卖方案。

\*\* 北京配额数量为 2011 年至 2013 年的数据,2014 年起北京年度配额指标减少为 15 万个。

## 1 理论分析: 机动车限牌的社会福利影响

假设:某城市由于道路和环境容量,某一时间段内仅有  $Q$  个新增机动车牌照将被分配;存在  $Q_1$  ( $Q_1 > Q$ ) 个机动车消费者,每个消费者需求 1 个机动车牌照;第  $i$  个消费者对机动车牌照的支付意愿为  $V_i$ ;新增 1 个机动车牌照的边际外部成本等价于新增 1 辆机动车的边际外部成本  $MEC$ 。

为了便于模型分析,假设机动车使用的边际外部成本  $MEC$  等于平均外部成本  $AEC$ 。

在摇号模式下,所有的消费者均可参与机动车牌照分配,并按相同的概率免费获得新增机动车牌照。在拍卖模式下,组织者将消费者的报价从高往低排序,前  $Q$  个出价最高的消费者获得牌照,最终支付的价格等于没有获得牌照的第  $Q+1$  个消费者的报价<sup>②</sup>。Harris 和 Raviv<sup>[4]</sup>证明在此拍卖模式下,每位消费者会按他们各自的支付意愿出

② 上海实际执行的机动车牌照拍卖采取竞拍人多次出价和“警示价”等复杂的制度设计,以避免炒作。在消费者完全理性假设下,本文采用相对简化的模型设定来进行理论分析。

价, 牌照会被分配给支付意愿最高的  $Q$  个消费者.

图 1 为摇号和拍卖模式下分配新增机动车牌照的社会福利影响比较.  $Q(p)$  为消费者对机动车牌照的支付意愿, 即新增机动车牌照的需求曲线. 平均外部成本  $AEC$  为平均每辆使用新增机动车牌照指标购买的机动车的全寿命外部成本. 以机动车牌照免费发放, 获得机动车牌照的私人成本

等于 0 为参照对象,  $AEC$  为考虑外部成本的新增机动车牌照的供给曲线. 供给曲线与需求曲线相交的  $C$  点为供求均衡点, 最优的新增机动车牌照数量为  $Q^*$ , 此时消费者的支付意愿与外部成本相等, 可以通过对消费者收费来支付为消除新增机动车带来的外部性而产生的全部社会成本, 实现社会福利最大化<sup>③</sup>.

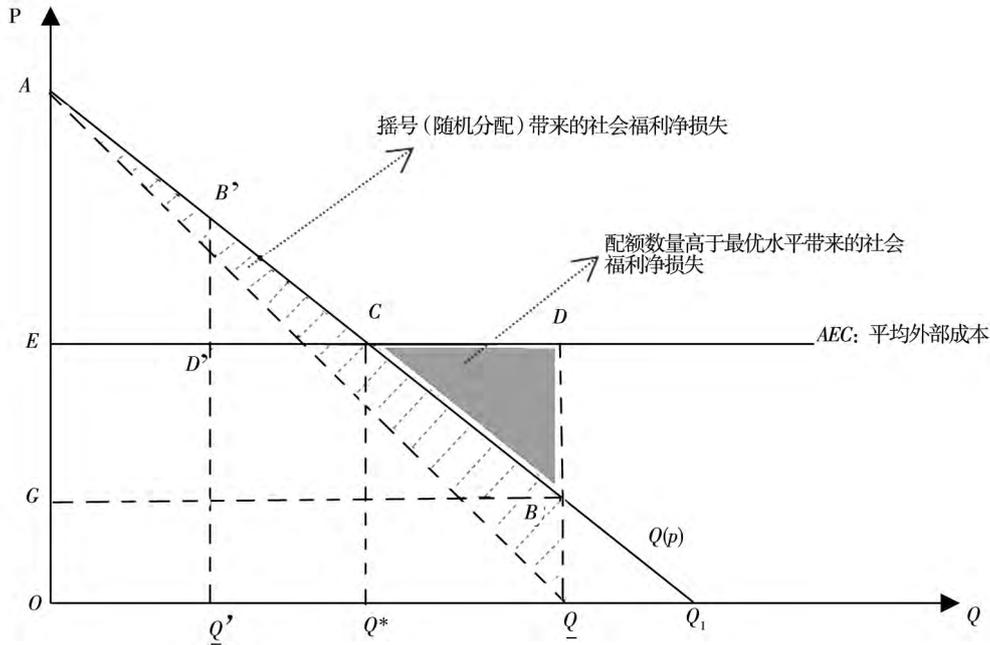


图 1 摇号和拍卖分配新增机动车牌照的社会福利影响比较

Fig. 1 Welfare consequences of automobile license quota: auction and lottery

目前中国大城市的机动车限牌政策均采用在 1 个配置周期(通常为 1 个月)内固定新增机动车牌照配额数量的方式进行行政管理. 假设某一时期内, 新增机动车牌照配额数量  $Q$  大于市场最优均衡水平  $Q^*$ , 存在部分支付意愿低于外部成本的消费者获得机动车牌照的情况. 此时, 消费者支付意愿总和为  $ABQO$  区域的面积  $S_{ABQO}$ , 外部成本总和为  $S_{EDQO}$ , 则市场总剩余为  $S_{AEC} - S_{CDB}$ . 当配额数量恰好等于最优的新增机动车牌照数量  $Q^*$  时, 消费者支付意愿总和为  $S_{ACQ^*O}$ , 外部成本总和为  $S_{ECQ^*O}$ , 市场总剩余为  $S_{AEC}$ . 比较这两种情景可知, 配额数量大于市场最优均衡水平带来的社会福利净损失为  $S_{CDB}$ . 同理, 如果新增机动车牌照配额数量  $Q'$  低于市场最优均衡水平  $Q^*$ , 存在部分

支付意愿高于外部成本的消费者无法获得机动车牌照的情况, 则  $S_{B'C'D'}$  是配额数量过低带来的社会福利净损失.

以新增机动车牌照配额数量  $Q$  高于市场最优均衡水平  $Q^*$  为例. 在拍卖模式下, 用于分配的新增机动车牌照数量为  $Q$ , 消费者为获得新增机动车牌照最终支付的价格  $OG$ , 拍卖总收益为  $S_{CBQO}$ , 消费者剩余为  $S_{AGB}$ . 假设政府将拍卖收益全部用于消除机动车使用带来的外部成本, 则全社会的净福利为  $S_{ABQO}$ . 在摇号模式下, 随机无偿分配新增机动车牌照, 只能实现牌照价格为 0 时消费者剩余  $S_{AQ_1O}$  的  $Q/Q_1$ , 即摇号模式下的消费者剩余为  $S_{AQO}$ . 与拍卖模式相比, 摇号模式的社会福利减少

③ 为了便于理解, 图 1 假定需求函数  $Q(p)$  为线性, 平均外部成本  $AEC$  为定值. 放松上述假设, 采用数理模型对机动车限牌的社会福利影响进行的理论分析结论仍然成立. 限于篇幅, 本文没有列出数理模型的推导过程, 有兴趣的读者可以向作者索取.



## 2 北京、上海、天津和南京 4 座城市 机动车使用的外部成本估算

沿用 Parry 和 Small<sup>[16]</sup> 的设定, 本文定义的机动车使用外部成本包括交通拥堵、空气污染和交通事故所带来的全部社会成本。

### 2.1 交通拥堵的外部成本

交通拥堵的外部性为新增 1 辆机动车而降低其他道路交通参与者的行驶速度所带来的时间成本。在单位长度道路上行驶的机动车乘客由于交通拥堵带来的总时间成本  $TC$  为

$$TC = \sum_{i=1}^n (T(V) - T^f) V_i o_i VOT \quad (1)$$

其中  $V_i$  为交通流量, 即每小时经过单位长度道路的机动车数量, 下标  $i$  分别代表小客车(小型载客汽车, 通常也被称为“私家车”)、出租车和公交车;  $T^f$  是在不拥堵情况下行驶单位长度道路所用的时间, 为道路设计时速  $S^f$  的倒数;  $T$  (大于  $T^f$ ) 为实际通行时间, 为实际车速  $S$  的倒数, 它是交通流量  $V_i$  的增函数, 即实际车速会随机动车数量的增加而减少;  $o_i$  为机动车载客系数, 为平均每辆车的乘客数量;  $VOT$  为将时间换算为货币单位的通勤时间价值。

新增 1 辆小客车并行驶单位距离带来的所有交通参与者新增时间成本为

$$\frac{dT_C}{dV_{car}} = AC_{car} + \frac{dT(V)}{dV_{car}} \sum_{i=1}^n V_i o_i VOT \quad (2)$$

表 2 2012 年北京、上海、天津和南京新增机动车带来的交通拥堵外部成本

Table 2 External congestion cost of automobile usage in Beijing, Shanghai, Tianjin and Nanjing, 2012

城市	北京	上海	天津	南京
早晚高峰时段平均车速 / km · h <sup>-1</sup>	20.0	20.6	23.0	18.4
理想状况下的平均车速 / km · h <sup>-1</sup>	45.0	45.0	45.0	45.0
通勤时间价值 / 元 · h <sup>-1</sup>	18.6	14.2	11.6	11.4
交通拥堵外部成本 / 元 · km <sup>-1</sup>	0.980	0.707	0.468	0.695

注: 各城市早晚高峰时段平均车速来源于“车主之家”网站的报道 <http://news.16888.com/a/2014/0328/354698.html>。

### 2.2 空气污染的外部成本

尾气污染是机动车使用的另一外部成本。汽车尾气对人体健康最主要的危害来自微小颗粒物

其中  $AC_{car}$  为新增小客车的乘客由于道路拥堵面临的平均时间成本, 为不具有外部性的私人成本, 会被新增小客车驾驶人纳入驾驶行为的理性决策之中;  $\frac{dT(V)}{dV_{car}} \sum_{i=1}^n V_i o_i VOT$  为其他机动车乘客由于道路上车辆增加而增加的时间成本, 即新增小客车带来拥堵的外部成本。

假设交通延误时间为交通流量的幂函数形式, 则城市中每新增 1 辆小客车, 带来的边际拥堵外部成本为

$$\frac{dEC}{dV_{car}} = (T(V) - T^f) \beta \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V} o_i VOT \quad (3)$$

其中  $\beta$  为新增 1 辆小客车带来的道路上其他车辆总延误时间增加量的换算参数, 在城市交通问题的研究中, 大城市中心城区的  $\beta$  取值为 4<sup>[19-20]</sup>。基于《2013 年北京交通发展年报》和《上海市综合交通 2013 年度报告》, 本文假设中国各大城市在早晚高峰时小客车、出租车和公交车在交通流量中的占比分别为 60%、13% 和 2%, 小客车、出租车和公交车的载客系数分别设为 1.2 人、1.8 人和 20 人, 各城市早晚高峰时段出行量占全天总出行量的 35%。其他时间段的交通拥堵外部成本暂不考虑。通勤时间价值根据各城市统计年鉴提供的“从业人员年平均工资”估算。假设日工作时间为 8 h, 每月工作 25 天, 每年工作 12 个月, 考虑到通勤时间并不包含在每天的工作时间之中, 本文按单位小时工资的 60% 计算通勤时间价值, 进而将交通拥堵的时间成本转化为货币单位(表 2)。

(PM10 和 PM2.5) 排放, 带来肺炎、支气管炎和哮喘等潜在的健康风险。美国交通部曾对机动车使用带来的健康风险和空气污染外部成本进行过详

细评估<sup>[21-22]</sup>. Deng<sup>[23]</sup> 估算北京 2000 年所有机动车排放的空气污染带来的健康损失上限高达 9.74 亿元,这一结果与 Parry 和 Small<sup>[16]</sup> 在国际比较中设定的每辆小客车行驶 1mi 带来的健康损失外部成本为 2 美分基本一致,本文沿用这一参数设定.

汽车尾气中还含有二氧化碳等温室气体,汽车二氧化碳排放与燃油消耗直接相关.依据 IPCC<sup>[24]</sup> 提供的汽油碳排放系数 19.1 kg/10<sup>5</sup>kJ 和中国汽油的平均低位发热值 43 070 kJ/kg<sup>[25]</sup>,可以折算出每升汽油的二氧化碳排放系数为 2.18 kg/L.假设中国城市地区的小客车燃油效率为 10 L/100 km,则小客车行驶的二氧化碳排放强度为 0.218 kg/km.沿用 Parry 和 Small<sup>[16]</sup> 在全球气候变化背景下,二氧化碳排放的外部成本为 25 美元/t 的假设,可得小客车使用带来的二氧化碳排放外部成本为 0.033 8 元/km,加上汽车尾气带来的健康损失外部成本 0.077 5 元/km(2 美分/mi),可得到中国城市小客车使用的空气污染外部成本约为 0.111 元/km.

### 2.3 交通事故的外部成本

从概念上区分交通事故带来的经济成本属于私人成本还是外部成本存在一定的困难.通常情况下理性的驾驶员在做出驾驶决策时已经充分考

虑到发生交通事故的可能性,及其对自身和他人可能带来的损失.购买新的小客车的消费者往往同时购买交通强制保险和机动车商业保险,以规避机动车使用过程中可能出现的交通事故风险.根据 Hermstadt 等<sup>[26]</sup> 对芬兰、瑞典、英国和美国 4 国,以及 Parry 和 Strand<sup>[27]</sup> 对智利的交通事故外部成本的研究,25% 的交通事故伤亡带来的损失具有外部性. Creutzig 和 He<sup>[11]</sup> 在讨论北京的交通事故社会成本时,也将 25% 的损失考虑为外部成本.本文沿用这一参数设定.

《中国统计年鉴 2013》提供了 2012 年各省市交通事故情况,包括北京、上海和天津交通事故发生数、死亡人数、受伤人数和直接财产损失数.南京没有直接统计数据,本文采用江苏省全省的数据进行估算. OECD<sup>[28]</sup> 调查和估算了世界各国交通事故的死亡风险价值,其中中国在交通事故中每死亡 1 人的社会成本大约为 138 万美元,合 870 万元人民币.本文假设交通事故中受伤人员的社会成本为死亡人员的 1/5,为 174 万元人民币.结合各省市民用汽车保有量,假设每辆车每年的平均行驶里程为 12 391 km/年(《2013 年北京交通发展年报》报告的北京 2012 年平均值),可得出每辆车行驶 1 km 的交通事故外部成本,如表 3 所示.

表 3 2012 年北京、上海、天津和南京机动车保有量与交通事故情况

Table 3 External accident cost of automobile usage in Beijing, Shanghai, Tianjin and Nanjing, 2012

城市	北京	上海	天津	江苏省(南京)
民用汽车拥有量/万辆	493.56	212.66	221.12	802.20
交通事故死亡人数/人	918	916	848	4 733
交通事故受伤人数/人	3 613	2 053	3 429	12 478
交通事故直接财产损失/万元	3 017.9	1 488.0	3 396.9	7 198.6
交通事故外部成本/元·km <sup>-1</sup>	0.055	0.107	0.122	0.158

### 2.4 机动车使用总外部成本

本文选取的 4 座城市 2012 年新增机动车牌照的外部成本估计结果如表 4 所示.表 4 中,“新增小客车行驶单位距离外部成本合计”的数值等于前面 3 个小节分别估算的“交通拥堵外部成本”、“空气污染外部成本”和“交通事故外部成本”之和.北京、上海、天津和南京新增 1 辆小客车行

驶 1 km 的外部成本分别为 1.146 元、0.925 元、0.701 元和 0.964 元.这一估算结果与 Parry 和 Small<sup>[16]</sup> 对美国、英国小客车使用的外部成本估算结果 Parry 和 Timilsina<sup>[29]</sup> 对墨西哥城小客车使用的外部成本估算结果,以及佟琼等<sup>[2]</sup> 对北京私人汽车使用的外部成本估算结果处于同一数量级.

2012 年中国汽油消费税税率为 1 元/L,汽油

消费税具有纠正负外部性的功能,可以将外部成本内部化.因此,各大城市新增小客车面临的实际

外部成本为上述交通拥堵、空气污染和交通事故 3 类外部成本之和减去汽油消费税.

表 4 2012 年北京、上海、天津和南京新增机动车牌照的外部成本

Table 4 External cost of automobile usage in Beijing, Shanghai, Tianjin and Nanjing, 2012

城市	北京	上海	天津	南京
交通拥堵外部成本/元·km <sup>-1</sup>	0.980	0.707	0.468	0.695
空气污染外部成本/元·km <sup>-1</sup>	0.111	0.111	0.111	0.111
交通事故外部成本/元·km <sup>-1</sup>	0.055	0.107	0.122	0.158
新增小客车行驶单位距离外部成本合计/元·km <sup>-1</sup>	1.146	0.925	0.701	0.964
新增机动车牌照全寿命外部成本净现值/万元·车 <sup>-1</sup>	14.126	11.141	8.116	11.668

沿用城市地区的小客车燃油效率为 10L/10<sup>2</sup>km 的假设,本文采用小客车行驶每千米的汽油消费税税率为 0.1 元/km 计算新增小客车面临的实际外部成本.

将新增机动车行驶单位里程的外部成本换算为新增机动车牌照的平均外部成本 AEC 需要考虑机动车使用全寿命的外部成本.假设小客车使用年限为 15 年,外部成本的贴现率为 5%,每辆车每年的平均行驶里程为 12 391 km/年,即可计算出 4 座城市 2012 年新增机动车牌照全寿命外部成本净现值(表 4 最后一行).

### 3 2012 年 4 座城市机动车限牌的社会福利分析

为了比较 4 座城市机动车限牌的社会福利影响,需要估计 4 座城市消费者对机动车牌照的支付意愿曲线.本文将消费者对机动车牌照的支付意愿定义为其从最希望获得的小客车购买行为中得到的消费者剩余.因此,通过估计汽车需求模型,估算出消费者购买小客车获得的消费者剩余,即可推算消费者对机动车牌照的支付意愿曲线.

本文估计的汽车需求模型沿用 Berry 等<sup>[31]</sup>和 Petrin<sup>[32]</sup>的随机参数离散选择模型(random coefficients discrete choice model).在汽车需求模型中,能够观测到的产品特征与无法观测的产品特征不相关是重要的前提假设,通常被用于建立模型估计的矩条件(moment conditions).由于这一矩条件在现实中不一定成立,Li<sup>[30]</sup>提出了一个新的不基于这一假设的汽车需求模型估计方法,通过

假设作为研究对象的 4 座城市的汽车需求存在共同的无法观测的需求变动(common demand shocks),并使用这一在政策评估(impact evaluation)文献中常用的假设来重新建立汽车需求模型估计的矩条件.

定义消费者购买小客车的效用函数为

$$\begin{aligned}
 u_{mij} &= \bar{u}_{mij} + \varepsilon_{mij} \\
 &= (\alpha_0 + \alpha_1 \ln y_{mi} + \sigma v_{mi}) \ln(P_j + b_{mi}) + \\
 &\quad \sum_{k=1}^K X_{mijk} (\bar{\beta}_k + \sigma_k^u v_{mik}) + \xi_{mij} + \varepsilon_{mij}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

其中  $m$  代表不同的城市,  $t$  为时间,  $k$  为机动车不同的产品特征,第  $i$  个家庭从第  $j$  种型号的机动车购买中获得的效用为  $u_{mij}$ ;  $y_{mi}$  为家庭  $i$  的收入;  $P_j$  为机动车含税价格;  $b_{mi}$  为消费者为获得机动车牌照而支付的额外成本,对应于上海机动车牌照拍卖的价格,其他未采用机动车牌照拍卖模式的的城市该项取值为 0;  $v_{mi}$  为无法观测到的其他家庭特征,其分布为标准正态分布;  $\sigma$  是正态分布的标准差.家庭收入和机动车价格交叉项反映了不同收入家庭对价格的敏感性各不相同,用以检验在效用函数中是否存在低收入家庭对机动车价格的敏感性大于高收入家庭的现象;  $X_{mijk}$  是价格以外的产品特征向量,它的系数为随机参数,是无法观测到的家庭特征  $v_{mi}$  的函数,这一随机偏好参数是分析消费者异质性,及其对新机动车支付意愿差异的关键;  $\xi_{mij}$  为无法观测到的对消费者效用有影响的产品特征,例如产品质量、品牌声誉等;  $\varepsilon_{ij}$  为独立同分布的随机感知差异(random taste shock),假设服从第 I 型极值分布(type-I

extreme value distribution) .

估计中使用的数据为 2008 年至 2012 年所有的型号小客车在北京、上海、天津和南京 4 座城市的月销售数据 ,共有 21 228 个观测值 ,对应于 1 769 个汽车型号 . 每种型号小汽车的产品特征包括价格、百千米油耗、车辆尺寸、发动机排量、车辆类型(轿车、SUV 或者 MPV)、车辆级别(微型车、小型车、紧凑型车、中型车、中大型车、豪华车) . 福特公司提供的全国新车购买者家庭抽样调查的汇总数据、2002 年中国家庭收入调查 ( Chinese household income projecct ,CHIP) 数据以及各城市统计年鉴中提供的 2012 年按收入水平分组城镇居民家庭基本情况作为补充数据 ,用于估计不同家庭收入水平的消费者在效用函数中对机动车价格不同的系数 .

沿用 Berry 等<sup>[31]</sup>提出的基于嵌套压缩映射 ( nested contraction mapping) 的模拟广义矩估计方法 ( simulated GMM) ,对上述随机参数离散选择模型估计的结果如表 5 所示 .

表 5 消费者购买小客车效用函数的 GMM 估计结果  
Table 5 GMM estimation results of utility function about automobile consumption

变量	系数值	标准误
$\ln(P_j + b_{mj})$	-17.519***	1.927
$\ln y_{mj} \times \ln(P_j + b_{mj})$	1.558***	0.193
$\ln y_{mj}$	-6.442***	0.897
$\ln(P_j + b_{mj})$ 的 $\sigma$ 值	0.095**	0.044
常数项的 $\sigma$ 值	0.907***	0.261
百千米油耗的 $\sigma$ 值	0.000	0.094
机动车尺寸的 $\sigma$ 值	0.022	0.326
发动机排量的 $\sigma$ 值	1.835***	0.493

注: 上标<sup>\*</sup>、\*\*、\*\*\* 表示在 10%、5%、1% 的置信度水平下显著 .

与预期相一致 , $\ln(P_j + b_{mj})$  的估计系数为负 ,价格与收入交叉项的系数为正 ,意味着机动车售价越高 ,消费者效用越低 ,与收入低的家庭相比 ,收入越高的家庭对价格越不敏感 .  $\sigma$  值为随机参数 ,代表了对每种产品特征偏好的标准差估计结果 . 5 个随机参数中的 3 个统计显著 ,在收入异质性之外 ,存在额外的消费者偏好异质性 .

由于随机参数离散选择模型中购买新机动车的效用是价格的非线性函数 ,因此在估计消费者剩余时无法得出完整的数学解析表达式 . 本文沿用 Herryges 和 Kling<sup>[33]</sup>发展的数学仿真方法来模拟消费者从最希望获得的小客车购买行为中得到的预期消费者剩余 ,即消费者对机动车牌照的支付意愿曲线 .

2012 年北京、上海、天津和南京 4 座城市基于消费者购买小客车效用函数估计结果模拟得到的消费者对机动车牌照的支付意愿如图 3 中 WTP 曲线所示 . 图 3 中水平的虚线为本文估算的 2012 年 4 座城市新增机动车牌照带来的小客车使用外部成本 . 市场最优均衡水平为消费者对机动车牌照的支付意愿等于新增机动车外部成本时的限牌数量 . 在此情形下 ,可以通过对消费者收取牌照使用费来支付新增机动车牌照带来的外部成本 ,并实现社会福利最大化 .

表 6 为基于消费者对机动车牌照的支付意愿和新增机动车牌照带来的小客车使用外部成本计算得到的 2012 年北京、上海、天津和南京机动车牌照最优配额数量 . 从表 6 可知 ,北京、上海和天津在考虑交通拥堵、空气污染和交通事故等由新增机动车牌照带来的小客车使用外部成本情况下 2012 年最优的机动车牌照配额数均低于各自的真实配额数 .

北京 2012 年的机动车牌照最优配额为 14.4 万辆 ,与 2013 年公布的《 <北京市小客车数量调控暂行规定 > 实施细则 (2013 年修订) 》中提出的北京小客车年度指标配置总量减少到 15 万辆接近 ,反映出这一政策调整是基于北京交通实际情况做出的正确决策 . 上海虽然采取了市场化的拍卖模式分配新增机动车牌照 ,但机动车牌照真实配额大于最优配额 ,使机动车牌照价格低于外部成本 ,带来社会福利净损失 . 事实上 ,上海为了限制机动车牌照拍卖价格的上涨 ,设计了一套复杂的以“警示价”为代表的限价措施 ,使实际的牌照分配价格低于市场价格 ,大量支付意愿高的消费者无法通过高的报价获得机动车牌照 ,同样会带来额外的社会福利损失 .

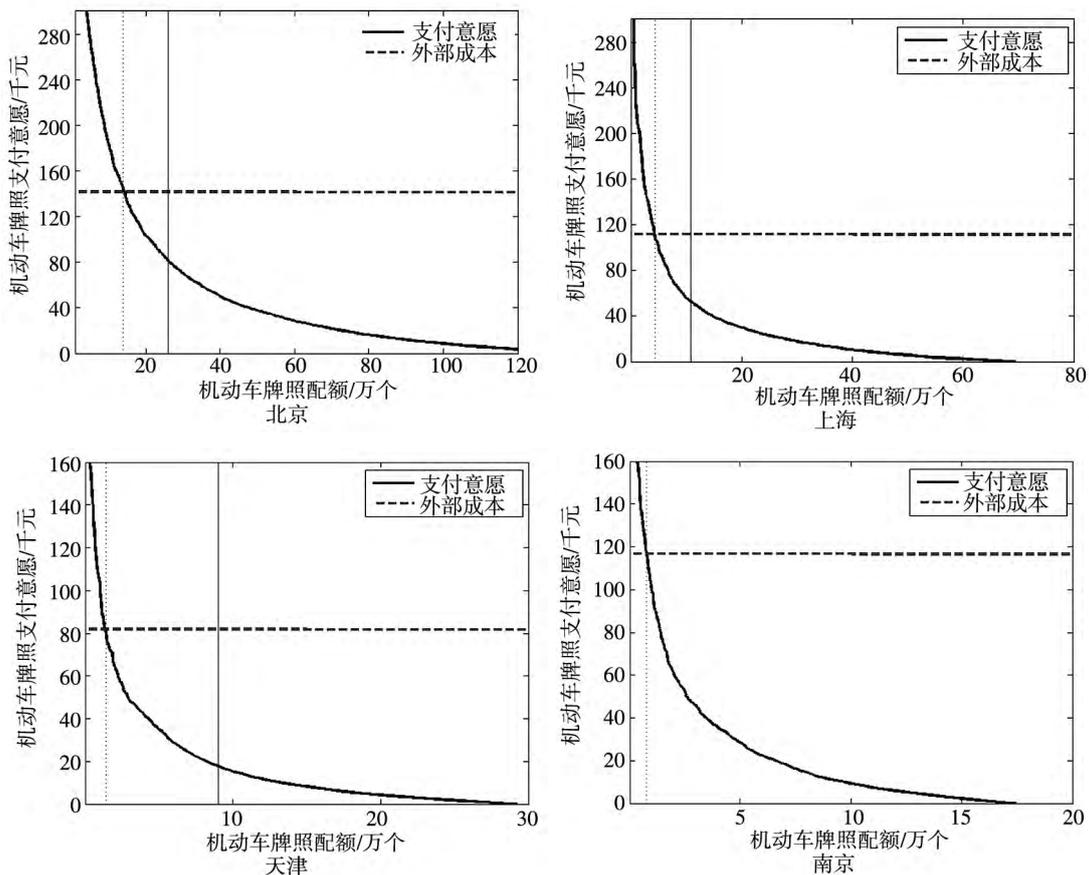


图 3 2012 年北京、上海、天津和南京机动车牌照支付意愿和外部成本

Fig. 3 WTP and external costs for a license in Beijing , Shanghai , Tianjin and Nanjing

注: 垂直的实线为 2012 年实际年度机动车牌照配额, 垂直的虚线为最优机动车牌照配额. 天津 2014 年 2 月开始执行机动车限牌, 垂直的实线为 2014 年开始执行的机动车牌照年度配额指标数.

表 6 2012 年北京、上海、天津和南京机动车牌照最优配额数量

Table 6 Optimal quota in Beijing , Shanghai , Tianjin and Nanjing , 2012

城市	北京	上海	天津	南京
最优配额 / 辆	143 640	43 590	14 179	7 688
真实配额 / 辆	259 700	108 100	90 000	—

注: 天津 2014 年 2 月开始执行机动车限牌, 其真实配额数量为 2014 年开始执行的机动车牌照年度配额指标数.

表 7 报告了采用本文估计的 2012 年北京、上海、天津和南京新增机动车使用的全寿命外部成本、消费者对机动车牌照的支付意愿, 以及机动车牌照真实配额的社会福利影响分析结果. 社会福利影响分析中假设了 3 种情景, 除了拍卖模式和摇号模式, 还按天津的拍卖摇号比例对混合分配模式进行了数值模拟. 与理论分析相一致, 无论是最优配额还是真实配额, 拍卖模式带来的社会总剩余最大, 摇号模式带来的社会总剩余为负且最小, 混合模式居于二者之间. 从经济效率的角度出发, 采取拍卖模式分配机

动车牌照要优于摇号模式或混合模式.

与最优配额相比, 北京和上海的真实配额分别带来了 138 亿和 28.6 亿元的社会福利净损失, 天津如果在 2012 年采取混合模式并使用 2014 年的配额数量也将带来 29.3 亿元的社会福利净损失. 由此可见, 采用本文提出的方法精确测算消费者对机动车牌照的支付意愿和新增机动车使用的外部成本, 进而获得最优的新增机动车牌照配额是制定有效的城市交通管理政策, 减少社会福利损失的有效方案.

表7 2012年北京、上海、天津和南京机动车限牌的社会福利分析

Table 7 Welfare consequences of automobile license allocation in Beijing, Shanghai, Tianjin and Nanjing

城市		北京	上海	天津	南京
社会福利/亿元	最优配额下的拍卖模式	173.7	37.5	8.9	4.4
	最优配额下的摇号模式	-175.1	-46.4	-10.6	-8.6
	最优配额下的混合模式	47.4	-47.8	-8.5	-4.4
	真实配额下的拍卖模式	116.5	8.9	-25.5	—
	真实配额下的摇号模式	-313.1	-115.0	-70.4	—
	真实配额下的混合模式	-15.3	-30.8	-37.8	—
拍卖价格/万元	最优配额下的拍卖模式	14.126	11.141	8.116	11.668
	最优配额下的混合模式	24.800	38.900	12.900	16.800
	真实配额下的拍卖模式	8.221	5.302	1.808	—
	真实配额下的混合模式	16.468	10.552	4.234	—
政府财政收入/亿元	最优配额下的拍卖模式	202.9	48.6	11.5	9.0
	最优配额下的混合模式	158.3	75.4	8.2	0.7
	真实配额下的拍卖模式	213.6	57.3	16.3	—
	真实配额下的混合模式	184.5	49.3	16.6	—

注: 根据天津的混合模式方案, 本表中的混合模式假设新增机动车牌照 4/9 采用拍卖分配, 5/9 采用摇号分配。

在最优配额下采取拍卖模式, 市场均衡时的拍卖价格等于新增机动车全寿命外部成本的净现值。当真实配额大于最优配额时, 真实配额情形下的拍卖价格低于最优配额得到的均衡价格。上海 2012 年根据消费者对机动车牌照的支付意愿曲线和真实配额计算得出的拍卖价格为 5.3 万元, 与 2012 年年初的市场实际价格基本一致, 说明本文对消费者支付意愿曲线的估计, 以及整个分析框架符合实际情况。天津 2014 年开始采取混合模式分配新增机动车牌照, 截止 2016 年 2 月, 个人竞拍者的平均成交价在 1.1 万元至 3.4 万元之间波动, 低于本文计算得出的牌照价格 4.2 万元。可能的原因是本文假设高支付意愿的消费者只参加拍卖, 低支付意愿的消费者只参加摇号, 而现实中消费者的非理性和信息不完全使一些高支付意愿的消费者也会选择参与摇号, 使实际成交价格与理论预测值存在差异。

与采取摇号无偿分配模式不同, 采用拍卖模式分配新增机动车牌照可以带来政府财政收入。通常拍卖新增机动车牌照获得的财政收入会定向用于城市交通基础设施建设或公共交通补贴, 以弥补新增机动车使用带来的外部成本。本文的模拟结果显示, 2012 年北京如果采用拍卖模式, 按照真实配额, 将获得 213.6 亿元可用于弥补机动

车使用外部成本的财政收入, 即使采取与天津类似的混合模式, 也将获得 184.5 亿元的财政收入。由此可见, 采用摇号无偿分配模式貌似公平的背后蕴含着巨大的社会福利损失。北京、上海、天津和南京如果采用由新增机动车牌照支付意愿和机动车使用外部成本决定的最优配额, 通过牌照拍卖制度, 4 座城市在控制机动车数量增长的同时, 将获得 10 亿元到 200 亿元不等可用于城市交通基础设施建设或公共交通补贴的可观的财政收入。

## 4 结束语

采用限牌的政府行政管制手段减缓机动车保有量增加, 以应对大城市日益严重的交通拥堵和空气污染问题是国际上很少采用的城市交通管理政策。在分配稀缺的公共资源时, 理论研究往往倡导采用市场机制, 不提倡使用非市场的政府管制手段, 但相关研究大都局限在理论分析层面, 缺乏实证研究支撑。现实世界中, 对同一种稀缺资源分别采取市场机制和非市场机制进行资源分配的情况十分罕见。中国不同的城市采取不同的机动车限牌政策, 使本文能够对摇号、拍卖以及混合方式 3 种不同的资源分配机制的社会福利影响进行定量比较。

通过估计新增机动车使用全寿命外部成本和基于消费者异质性的机动车牌照支付意愿, 本文的研究表明, 由于消费者支付意愿存在很大差异, 不同城市、不同的牌照分配方式带来的社会福利影响差别巨大。与理论模型相一致, 摇号模式带来的社会福利损失最大, 拍卖模式带来的社会福利损失最小, 混合模式带来的社会福利损失居中。与最优配额相比, 北京和上海的真实配额分别带来了 138 亿元和 28.6 亿元的社会福利净损失, 天津如果在 2012 年采取混合模式并使用 2014 年的配额数量也将带来 29.3 亿元的社会福利净损失。北京、上海、天津和南京采用由新增机动车牌照支付意愿和外部成本决定的最优配额, 通过牌照拍卖制度, 在控制机动车数量增长的同时, 将获得 10 亿元到 200 亿元不等可用于城市交通基础设施建设或公共交通补贴的可观的财政收入。上述实证结果表明, 在制定城市交通管理政策时, 不同的城市需要根据自身交通情况评估新增机动车牌照的边际外部成本和消费者支付意愿, 进而确定最优的新增机动车牌照配额, 以实现社会福利最大化。本文的实证研究还为定量评估基于社会公平考虑, 全部或部分采取无偿摇号分配新增机动车牌

照的城市, 所面临的社会福利损失和财政收入损失规模提供了分析方法。

本文对机动车限牌的社会福利分析, 特别是对机动车使用外部成本的估计, 使用了一系列的假设条件和估计参数, 这些假设和参数的改变都会影响最终社会福利分析结果, 进而对评估政府限牌政策的效果带来影响。进一步研究早晚高峰的机动车平均行驶速度、交通参与者的交通延误时间与通勤时间价值、机动车燃油消耗和污染物排放、消费者购买小客车效用函数等问题将有助于进一步精确地评估机动车限牌的社会福利影响。上述研究的开展需要借助于更加翔实的交通监控数据和消费者行为调查数据。基于这些新数据和政策目标, 最优的机动车牌照配额数量可以根据消费者支付意愿、交通拥堵和环境污染情况动态调整, 而非现行政策下固定不变的机动车牌照配额数量。其他的一系列可供选择的减少大城市机动车使用外部性的公共政策, 例如提高燃油税税率、征收城区拥堵费等, 也可以在本文提出的分析框架内评估其对城市交通和机动车使用的影响和冲击, 以使中国的城市交通管理政策和措施更具科学性和合理性。

#### 参 考 文 献:

- [1] Creutzig F, He Dongquan. Climate change mitigation and co-benefits of feasible transport demand policies in Beijing [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2009, 14(2): 120-131.
- [2] 佟 琼, 王稼琼, 王 静. 北京市道路交通外部成本衡量及内部化研究 [J]. *管理世界*, 2014, (3): 1-9.  
Tong Qiong, Wang Jiaqiong, Wang Jing. Measuring and internalizing the external costs from road traffic in Beijing [J]. *Management World*, 2014, (3): 1-9. (in Chinese)
- [3] Vickrey W. Counterspeculation, auctions and competitive sealed tenders [J]. *Journal of Finance*, 1961, 16(1): 8-37.
- [4] Harris M, Raviv A. Allocation mechanisms and the design of auctions [J]. *Econometrica*, 1981, 49(6): 1477-1499.
- [5] Taylor G A, Tsui K K K, Zhu L. Lottery or waiting-line auction? [J]. *Journal of Public Economics*, 2003, 87(5/6): 1313-1334.
- [6] Koh W T H, Yang Z, Zhu L. Lottery rather than waiting-line auction [J]. *Social Choice and Welfare*, 2006, 27(2): 289-310.
- [7] 程 琳, 王 炜. 拥堵交通网络模型和增强拉格朗日乘子算法 [J]. *管理科学学报*, 2006, 9(5): 18-27.  
Cheng Lin, Wang Wei. Equilibrium model and augmented Lagrange multiplier solution for congested traffic network [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2006, 9(5): 18-27. (in Chinese)
- [8] 唐毓敏, 冯苏苇. 政策博弈下的道路交通拥挤定价 [J]. *管理科学学报*, 2008, 11(4): 76-82.  
Tang Yumin, Feng Suwei. Model of traffic behavior based on game theory under road-pricing regulation of government [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2008, 11(4): 76-82. (in Chinese)
- [9] 王广民, 高自友, 徐 猛, 等. 弹性需求下网络设计问题和电子路票问题研究 [J]. *管理科学学报*, 2015, 18(4): 38-48.  
Wang Guangmin, Gao Ziyu, Xu Meng, et al. The combined model and relaxation algorithm for continuous network design problem with the second-best credits charging under elastic demand [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2015, 18(4): 38-48. (in Chinese)

- [10]陈星光. 交通流演化动力学研究的一般框架及分析[J]. 管理科学学报, 2015, 18(6): 58-69.  
Chen Xingguang. Traffic flow evolutionary dynamics: General research framework and properties analysis[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(6): 58-69. (in Chinese)
- [11]徐红利, 于新莲, 周 晶. 诱导信息下考虑路段容量退化的流量演化研究[J]. 管理科学学报, 2015, 18(7): 39-47.  
Xu Hongli, Yu Xinlian, Zhou Jing. Day-to-day travel choice dynamics with guidance information in degradable transport network[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(7): 39-47. (in Chinese)
- [12]陈 蒂, 张 宁, 刘利娟. 面向双目标时刻瓶颈模型——交通错峰原理[J]. 管理科学学报, 2015, 18(8): 52-60.  
Chen Di, Zhang Ning, Liu Lijuan. Bottleneck model for bi-arrival time: Principle of staggered work hours[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(8): 52-60. (in Chinese)
- [13]吴文祥, 黄海军. 固定需求交通网络的一般系统最优模型与性质[J]. 管理科学学报, 2015, 18(12): 58-67.  
Wu Wenxiang, Huang Haijun. Generalized system optimal model and properties in traffic networks with fixed demand[J]. Journal of Management Sciences in China, 2015, 18(12): 58-67. (in Chinese)
- [14]Glaeser E L, Luttmer E. The misallocation of housing under rent control[J]. American Economic Review, 2003, 93(4): 1027-1046.
- [15]Davis L W, Kilian L. The allocative cost of price ceilings in the U. S. residential market for natural gas[J]. Journal of Political Economy, 2011, 119(2): 212-241.
- [16]Parry I W H, Small K A. Does Britain or the United States have the right gasoline tax? [J]. American Economic Review, 2005, 95(4): 1276-1289.
- [17]Li S, Linn J, Muehlegger E. Gasoline taxes and consumer behavior[J]. American Economic Journal: Economic Policy, 2014, 6(4): 1-43.
- [18]Parry I, Heine D, Li S, et al. How should different countries tax fuels to correct environmental externalities? [J]. Economics of Energy & Environmental Policy, 2014, 3(2): 61-77.
- [19]Small K A, Verhoef E T. The Economics of Urban Transportation[M]. London and New York: Routledge, 2007: 69-83.
- [20]Small K A. Urban Transportation Economics[M]// Series: Fundamentals of Pure and Applied Economics, Vol. 51, New York: Harwood Academic Publisher, 1992: 70-71.
- [21]U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. 1997 Federal Highway Cost Allocation Study[R]. Washington, DC: U. S. Department of Transportation, 1997.
- [22]U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Addendum to the 1997 Federal Highway Cost Allocation Study Final Report[R]. Washington, DC: U. S. Department of Transportation, 2000.
- [23]Deng X. Economic costs of motor vehicle emissions in China: A case study[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2006, 11(3): 216-226.
- [24]IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R]. Hayama, Japan: Institution for Global Environmental Strategies, 2006.
- [25]国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 2012[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.  
Department of Energy Statistics, National Bureau of Statistics, PRC. China Energy Statistical Yearbook 2012[M]. Beijing: China Statistics Press, 2013. (in Chinese)
- [26]Herrnstadt E, Parry I W H, Siikamäki J. Do alcohol taxes in Europe and the US rightly correct for externalities? [J]. International Tax and Public Finance, 2015, 22(1): 73-101.
- [27]Parry I W H, Strand J. International fuel tax assessment: An application to Chile[J]. Environment and Development Economics, 2012, 17: 127-144.
- [28]OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies[R]. Paris, France, 2012.
- [29]Parry I W H, Timilsina G R. Pricing Externalities from Passenger Transportation in Mexico City[R]. Washington DC:

World Bank Policy Research Working Paper 5071 ,2009.

[30]Li S. Better Lucky Than Rich? Welfare Analysis of Automobile License Allocations in Beijing and Shanghai [R]. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2349865>. 2014.

[31]Berry S ,Levinsohn J ,Pakes A. Automobile prices in market equilibrium [J]. *Econometrica* ,1995 ,63( 4) : 841 – 890.

[32]Petein A. Quantifying the benefit of new products: the case of minivan [J]. *Journal of Political Economy* ,2002 ,110( 4) : 705 – 729.

[33]Herriges J ,Kling C. Nonlinear income effects in random utility models [J]. *Review of Economics and Statistics* ,1999 ,81( 1) : 62 – 72.

## Social welfare consequences of automobile license allocation and optimal quota

WANG Feng<sup>1</sup> , LI Shan-jun<sup>2</sup>

1. School of Economic and Business Administration , Chongqing University , Chongqing 400030 , China;
2. Dyson School of Applied Economics and Management , Cornell University , Ithaca 14853 , USA

**Abstract:** To combat the worsening traffic congestion and urban air pollution , more and more major cities in China are adopting automobile license quota systems to curb the growth of automobile ownerships. Market-based mechanisms ( e. g. , auction) , non-market based mechanisms ( e. g. , lottery) and hybrids of the two are being used to distribute limited automobile licenses. This study empirically quantifies the social welfare and revenue consequences of the different automobile license quota systems by estimating external costs from automobile usage and consumers' willingness-to-pay for an automobile license in Beijing , Shanghai , Tianjin and Nanjing. Our analysis finds that the lottery system exhibits the largest welfare loss while the auction system the smallest. There is significant heterogeneity in both external costs in automobile usage and consumers' willingness-to-pay for an automobile license across these cities. Beijing' s lottery system forewent 13. 8 billion RMB in consumer surplus , and Shanghai' s auction system forewent 2. 86 billion RMB , relative to the optimal quota in 2012. A uniform price auction system would have generated ( 1 – 20) billion RMB to each city , which can be used to finance local public transit system.

**Key words:** resource allocation; auction; lottery; automobile license