

共享汽车用户及出行时空特征分析

陈小鸿, 成嘉琪, 叶建红, 汪道歌

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 共享汽车在中国是一种重要但尚存争议的新型出行方式。因管理部门尚未明确其对道路交通的影响, 而无法确定合理的管理导向。针对这一问题, 研究基于上海最大的汽车共享公司 EVCARD 的订单及用户数据, 通过描述性统计分析出行总量、需求时空分布, 分别用多元线性回归和二项 logistic 回归分析高频用户和通勤时段出行用户的特征。结果表明, 当前 EVCARD 用车需求和高峰时段出行主要发生在城市外围区域, 城市中心区域无通勤特征; 高需求用户与通勤时段高频出行者特征并不一致且部分特征相异。因此, 上海 EVCARD 出行不会对城市道路交通拥堵产生显著负面影响。

关键词: 共享交通; 共享汽车; 需求特征; 交通影响分析

中图分类号: U121

文献标志码: A

Analysis of Carsharing Users and Demand Spatio-Temporal Characteristics

CHEN Xiaohong, CHENG Jiaqi, YE Jianhong, WANG Daoge

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Carsharing is a new but controversy mobility service in China. The government is unable to determine the appropriate policy direction since the impacts of carsharing on traffic system is not yet clear. However, this problem was addressed based on transaction and user data from the largest carsharing company, EVCARD, in Shanghai. Descriptive statistics was used to analysis carsharing-trip amount and demand spatio-temporal distribution. Multiple linear regression and binary logistic regression were developed to draw characteristics of high-frequency users and users travelling at peak hours, respectively. The results show that most carsharing-trips and peak-hour travels occur at the outskirts of city. The travels within the central area of the city have no commuting characteristics. Meanwhile, there are no similar features between high-frequency users and peak-hour-

trip users, and sometimes, there are even opposite features. Therefore, it is concluded that the carsharing-trip has no significant negative impact on traffic congestion in Shanghai.

Key words: sharing mobility; carsharing; demand characteristics; traffic influence analysis

共享汽车(即分时租赁)服务使用户避免拥有车辆的麻烦(购买、维护、保险、清洁、寻找停车位等), 同时享受灵活而自由的小汽车出行^[1]。国外研究表明其具有减少私家车保有量的作用, 主要表现在共享汽车用户出售已有车辆, 放弃、延迟购买新车等方面^[2-5], 再加上其对减少排放的正面影响^[3,6], 一些国家已将其视为一种新的可持续发展交通政策工具^[7]。

由于发达国家已达到较高的机动化水平, 如美国 2010 年千人机动车保有量已超过 800 辆, 英国接近 600 辆^[8]。在这一社会背景下, 共享汽车模式因其灵活经济的特点, 对小汽车保有量产生了“减法效应”。但我国尚处于机动化过程中, 千人机动车保有量 2015 年刚达到 200 辆左右, 还处于较低水平^[9]。同时, 持驾照人数远高于小汽车保有量, 还有相当的小汽车出行需求未得到释放。在这一背景下, 共享汽车模式能否对私家车保有量产生“减法效应”尚未可知, 这使我国交通管理部门在城市道路资源紧缺的情况下对发展共享汽车存在一定顾虑。

一方面, 在城市出行服务多元化(构建完整的出行方式谱系), 以及高品质出行需求背景下, 共享汽车模式存在一定必然性和必要性; 另一方面, 共享汽车的本质仍是小汽车出行, 可能与我国大城市以公共交通为导向的城市发展战略存在潜在矛盾。因此, 更好地理解这一新型出行模式对交通系统的影响就

收稿日期: 2017-09-15

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2015BAG11B01); 国家自然科学基金(71734004); 同济大学“交通运输工程”高峰学科开放基金(2016J012307)

第一作者: 陈小鸿(1961—), 女, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理、共享交通、慢行交通。

E-mail: tongjicxh@163.com

尤为关键.但目前对于共享汽车对其他交通方式的替代以及对车公里的影响尚存在争议.一些研究表明,共享汽车的会员更多地使用了公共交通、自行车及步行^[10-11],减少了车公里^[3,4,6];另一些研究则表明共享汽车对公共交通存在替代效应,且会增加车公里^[12],或对公共交通的替代性尚不明确^[10,13].还有研究认为,这些影响和共享汽车的具体模式有关,不可异地还车(A借A还)模式更多地是对公交的补充,而可异地还车(A借X还)模式则对公共交通存在替代作用,同时A借A还模式能更有效地减少小汽车使用^[14].在这种争议下,政府部门无法确定对共享汽车模式的管理方向和力度.

目前大多数针对这一问题的研究都仅考虑共享汽车模式对小汽车使用总量的增减效应,本文尝试从更精细化的角度分析共享汽车模式对交通状况的影响.由于道路交通状况的动态变化,交通流量的时空分布并不均匀,因此交通负担呈现动态性变化.城市核心区域的工作日早晚高峰是拥堵最易发生的空间和时间,若共享汽车带来的小汽车用量增长并未在这一时空域出现,则其发展对交通状况不存在显著负面影响.从这一角度切入,本文从时间、空间、运营模式以及用户4个维度分析上海最大的汽车共享公司EVCARD的出行需求是否增加交通负担,为政府部门管理政策的制定提供参考.

1 EVCARD运营概况

1.1 运营模式、车型及价格

EVCARD主要以A借X还模式为主,仅少量站点以A借A还模式运营.其中,A借X还模式指用户从A站点取车后可还至任何一个站点;A借A还模式指用户从A站点取车后最终必须将该车辆还至A站点的模式.

截止2016年12月,EVCARD共投入荣威E50、奇瑞EQ和宝马芝诺1E3种纯电动车型,前两者单价为0.50元·min⁻¹,后者为1.00元·min⁻¹,无起步价,24h内用车超过6h的仅计6h费用.

1.2 使用流程

EVCARD仅为会员提供服务,因此须提交驾驶证免费申请会员,首次用车须缴纳1000元押金或用信用卡预授权用车.

EVCARD提供全自助式用车服务.服务流程如下:①通过手机APP找到附近站点并预定车辆,车辆保留15min;②通过会员卡或手机APP打开车

门;③当到达目标站点后将车停在EVCARD专用车位,用会员卡或APP锁门;④用站点配备的充电桩充电、还车;⑤通过支付平台等电子支付结算费用,行程结束.

2 数据与方法

2.1 数据

2.1.1 数据来源

本研究共涉及到3个数据源,第1部分是EVCARD从2015年1月1日到2016年12月31日的所有订单数据,订单包括的信息有取车时间、还车时间、取车站点、还车站点、出行时长、订单金额、减免金额及减免原因.第2部分是截止到2016年12月31日的注册用户及站点基本信息.用户信息包括年龄、性别、寄卡地址.寄卡地址是用户所留用于接收EVCARD会员卡的地址,此地址并不清楚是用户的家庭地址、工作地址或其他地址,但可认为是用户的常驻地址.站点信息仅包括站点名、车位数以及相应的经纬度坐标.第3部分是上海地图的地理信息,用于结合EVCARD地理信息分析空间关系.

2.1.2 数据预处理

数据清洗经以下5个步骤:①删除缺少关键信息的订单;②删除运营人员产生的订单;③删除“减免原因”涉及无效出行的订单,如测试、无法启动、电量不足、故障等;④删除“减免费用”等于“订单费用”的订单;⑤删除“用车时间”小于2min且取、还站点为同一站点的订单.

满足条件④的订单即运营方完全减免了本次订单所涉及的费用,EVCARD官方表示,原则上整个行程无效或EVCARD公司内部因公务产生的出行会全部减免金额;第⑤条的设置根据最小乘车时间实验.实验召集10位不同驾龄驾驶人共测试30次.从打开车门行驶100m再返回原位并成功还车,整个过程最少耗时2min15s,最长耗时为3min10s,因此认为满足⑤的出行均为无效出行.

2.2 方法

本研究首先用描述性统计的方法分析EVCARD出行总量、出行时间和空间,以及不同运营模式的需求特征.然后分别分析不同类型用户的出行特征,并用多元线性回归和二项logistic回归识别对比高频用户及通勤者特征.

2.2.1 用户用车频率模型

研究利用多元线性回归模型解决第一个问题,

并用逐步法对自变量进行筛选处理,多元线性回归模型如下:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + e$$

式中:Y 为因变量; x_i 为自变量(影响因素或相关因素); b_0 为常数项; b_i 为回归系数; e 为随机误差。

2.2.2 高峰时段出行者模型

研究通过二项 logistic 回归模型计算用户是高峰时段出行者的概率,并用向前条件法筛选自变量。该模型的因变量 Y 仅有 0 和 1 两个状态,设某用户是交通高峰时段出行者为 $Y = 1 (P = 1)$,则模型如下:

$$\lg \frac{P}{1-P} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i$$

式中: $\frac{P}{1-P}$ 为优势比,即结果为 1 与结果为 0 的概率比值。

3 基本运营特征

由于相关数据的商业敏感性,本文除特殊情况外,原则上不直接展示运营精确数字,故不展示订单月变分布。从 2015 年 1 月正式运营开始,EVCARD 订单量和会员辆持续增长,截至论文完成时(2017 年 5 月),上海地区运营站点接近 3 000 个,投入车辆近 5 000 辆(均为纯电动汽车)。EVCARD 日出行总量尚不足上海日出行总量的 0.05%,不足小客车出行的 0.5%,不足出租车出行的 2%,对城市道路交通流影响极为微弱。

3.1 订单时间分布

周末日均订单量多于工作日。周末订单占总订单量的 1/3,周末日均订单为工作日的 1.2 倍。出行时间周分布图如图 1 所示。

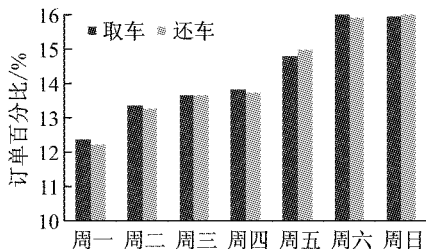


图 1 出行时间周分布图

Fig. 1 Trip temporal distribution in a week

工作日与周末的出行时间分布呈现两种模式,工作日存在早晚“高峰”,而周末出行高峰主要集中在 10:00~17:00 时段。周末夜间(19:00 之后)的出行比

例较工作日低。这是由于工作日期间休闲社交等活动只能于夜间发生,而周末在日间即可提前释放休闲、社交等目的的出行。图 2 为出行时间分布图。

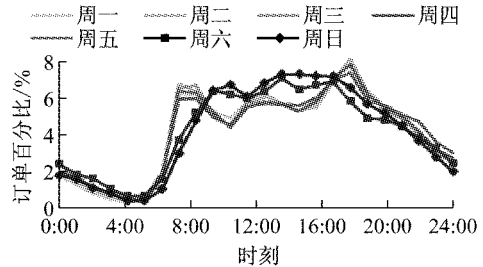


图 2 出行时间分布图

Fig. 2 Trip temporal distribution in a day

虽然 EVCARD 出行从本身来看存在早晚“高峰”,如早上 7:00~9:00 点以及 17:00~19:00 两个时段的订单占比较其他时段高,分别占全时段订单的 6.3%和 8.2%,但与上海市居民(通勤/非通勤)出行时间对比,其峰值并不显著。这表明 EVCARD 用户的主要用车目的并非通勤。图 3 为 EVCARD 出行与上海居民出行时间对比图。

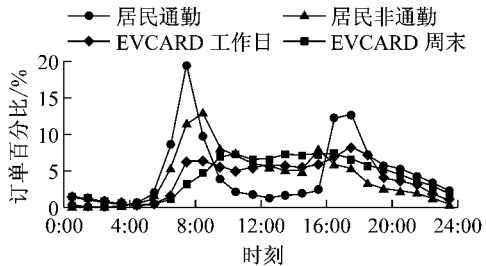


图 3 EVCARD 与上海 2014 年居民出行时间对比

Fig. 3 Comparison of trip temporal distribution between EVCARD and resident in Shanghai, 2014

同时,EVCARD 工作日“高峰”呈现出“早低晚高”的模式,而上海居民通勤出行则呈现出“早高晚低”的模式。这一方面是由于早晨通勤、通学的时间约束紧,用户会有意避开地面交通拥堵带来的时间不确定性,而回家的时间约束较松,EVCARD 出行表现出在晚高峰时比居民非通勤出行比例相对较高的特征;另一方面与工作日存在部分下班后直接参与社交娱乐活动的需求有关。因此,首先可认为早晨用 EVCARD 通勤的出行比例较低;其次,早晨通勤时段的 EVCARD 出行峰值主要发生在拥堵较少的区域,这一点将在下文论证。

3.2 空间分布

EVCARD 的运营从上海嘉定区开始,逐渐向中心城区和其他区域拓展。截至 2016 年 12 月,内环内区域站点密度为 0.46 个·km²,内、外环间区域为

0.22 个·km²,外环外区域为 0.16 个·km²,站点密度由城市核心区向外围区逐层降低.上海 EVCARD 站点分布如图 4 所示.

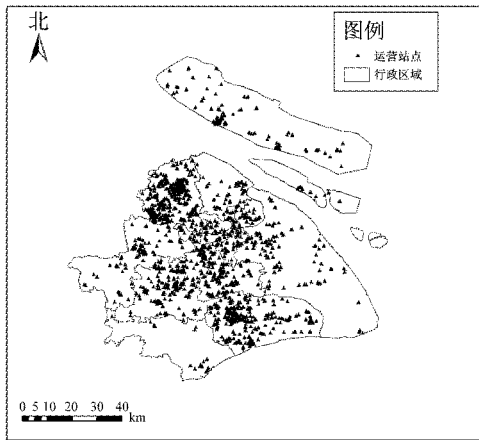


图 4 上海 EVCARD 站点空间分布
Fig. 4 Spatial distribution of EVCARD station in Shanghai

EVCARD 出行绝大多数发生在外环以外区域,起讫点中至少有一端处于外环外的出行占 93.4%,而起讫点至少有一端在内、外环间的出行占 14.9%,起讫点至少有一端在内环内的出行占 8.3%,将跨区域出行平均分配给两个区域后,外环外占 85.9%,内、外环间占 9.2%,内环内占 4.9%.由于内环内车位租金成本是外围区域的数倍,内环内运营投资收益比较低,市场环境下运营商不倾向于核心区布点.图 5 为上海 EVCARD 出行空间分布示意图.

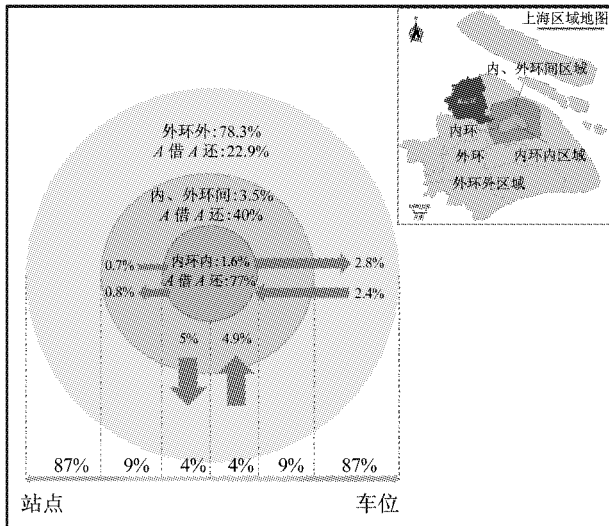


图 5 上海 EVCARD 出行空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of EVCARD trip in Shanghai

另一个值得注意的是,A借A还率从外环外到内环内依次递增,内环内的A借A还率达77%.由于EVCARD按分钟计费,A借A还的出行若用于通勤目的将有大量时间闲置,因此理论上A借A还

出行不是通勤出行.从出行时间分布也可看出,所有区域的A借A还出行均未呈现出通勤出行特征,如图6所示.这意味着在易发生交通拥堵的城市核心区域,EVCARD并不会带来显著的交通负担.

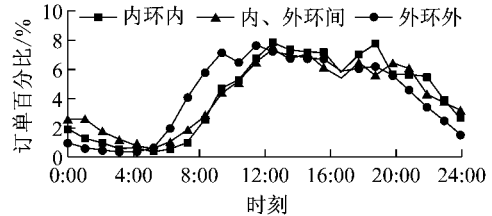


图 6 EVCARD A借A还出行时间分布

Fig. 6 Round trip temporal distribution in EVCARD

此外,分析不同区域及各区域间跨区域的出行时间分布,可进一步得到EVCARD在通勤时段的出行主要发生在起讫点至少有一端在外环外的区域,如图7所示.

假设同一区域工作日与周末出行时间分布在通勤时段越一致,则该区域通勤时段为通勤目的出行的可能性就越低.

用工作日通勤时段(7:00~9:00及17:00~19:00)的出行比例减去周末通勤时段出行比例可发现,仅起讫点均在外环外的出行,其工作日和周末的早高峰和晚高峰差均高于3%,其中早高峰工作日比周末高5.3%,晚高峰时工作日比周末高3.4%.此外,由外环外区域去往内、外环之间区域的出行在早高峰时出现工作日和周末明显差异(4.9%);由内、外环之间去往外环外的出行在晚高峰时出现工作日和周末的明显差异(3.0%).其他区域的早、晚高峰工作日与周末差异不大.部分区域在工作日通勤时段的出行比例低于周末同时段出行比例,如内环内(图7a)、内环内与外环外的跨区出行(图7e和图7g)、内、外环间去往内环内出行(图7i).

因此可认为,内环内及内、外环之间区域产生的通勤目的出行比例不高.通勤目的出行主要发生在城市外围区域.

3.3 运营模式特征

EVCARD不同运营模式也呈现出不同出行特征.出行时长方面,A借X还运营模式体现出以较短用时长出行为主的特征,0.5h内的出行占35%,2h内出行占76%;相较而言,A借A还出行模式则表现出较长用时的出行特征,1h内的出行仅占18%,2h内出行占42%.图8为不同运营模式的出行时长分布.

A借A还和A借X还两种模式呈现出不同的出行时间分布模式,A借A还模式无早晚高峰特征,而A借X还存在一定的早晚出行峰值,如图9所示.

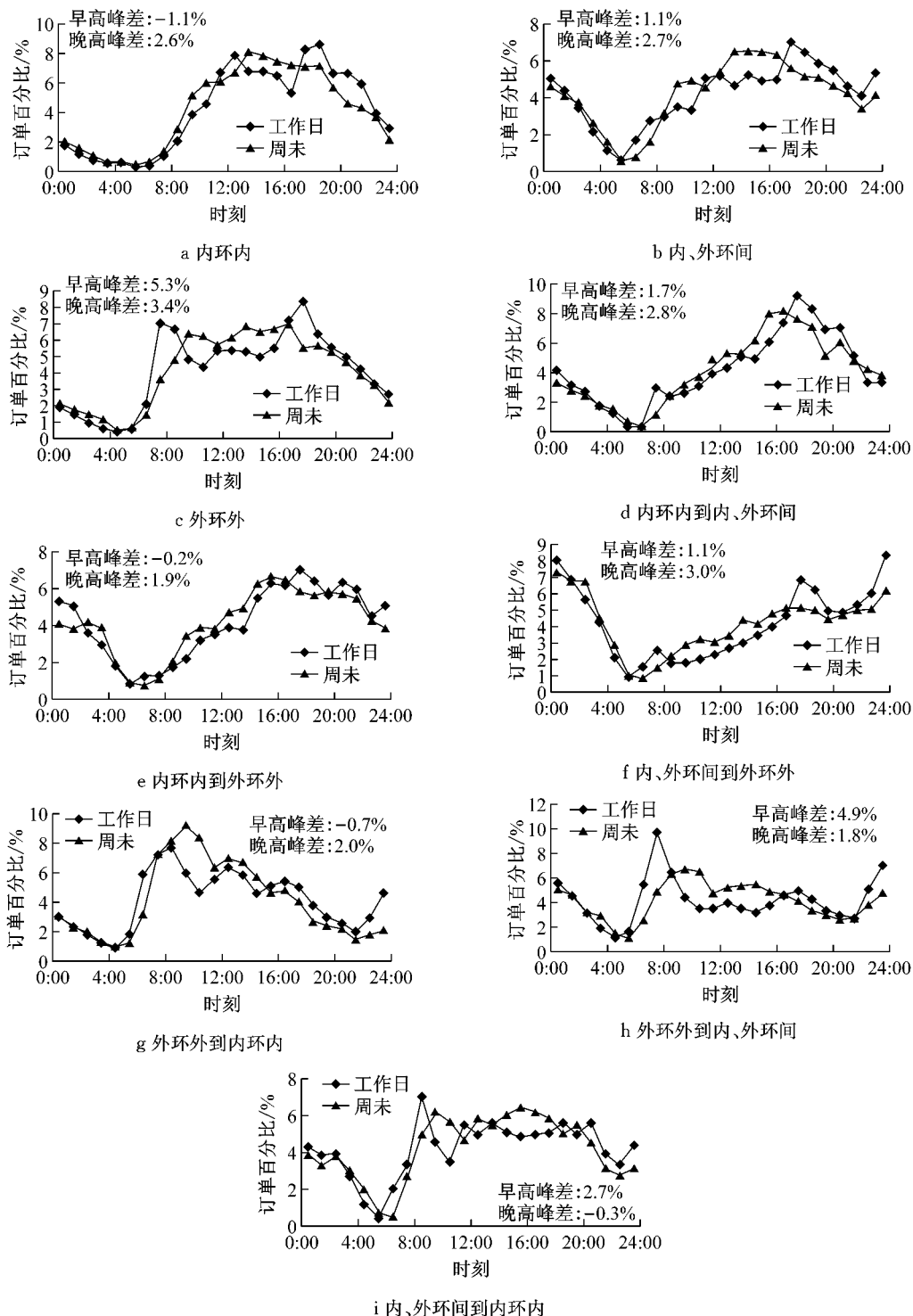


图 7 不同区域及区域间工作日、周末出行时间分布

Fig. 7 Trip time distribution of each area on workdays and weekend

4 用户出行特征

本节通过对比高使用频率用户和通勤时段出行者的特征,分析两者的异同,进而说明 EVCARD 未来争取的用户(高频用车用户)是否会倾向于通勤时段使用共享汽车出行。

为分析用户相关特征,研究假设用户从首次用车始,3 个月后用车行为开始稳定,因此这部分研究仅将实际用车 3 个月以上的用户纳入分析。表 1 为用户相关属性表。

需特别说明的是,通勤时段出行者定义为主要在高峰小时出行的用户,以通勤出行率作为表征指标。通勤时段出行率指用户于工作日 7:00~9:00 和

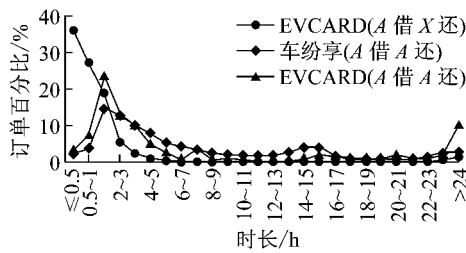


图 8 不同运营模式出行时长分布

Fig. 8 Trip duration distribution in different operational modes

阈值分别建模,以求揭示出更全面和完整的通勤时段出行者特征.

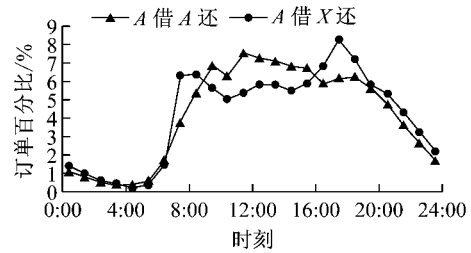


图 9 不同运营模式出行时间分布特征

Fig. 9 Trip time distribution in different operational modes

17:00~19:00 取车的订单占其总订单的比值. 因不确定判断高峰小时出行者合理的高峰小时出行率阈值,将在 0.6~0.9 范围内以 0.05 为间隔共取 7 个

表 1 用户相关属性一览表

Tab. 1 Summary of users' attributes

相关因素	变量类型	定义	样本比例/%
年龄	连续	会员年龄	
性别	连续	会员性别	
会员月龄	连续	会员从注册到数据截止时的月数	
工作日订单率	连续	会员工作日订单数/该会员总订单数	
通勤时段出行率	连续	会员工作日通勤时段订单量/该会员总订单数	
通勤时段	是(1)	通勤时段出行率大于某阈值的用户	
出行者	否(0)	通勤时段出行率小于或等于某阈值的用户	
EVCARD 站点可达性	附近站点数	会员寄卡地址 800 m 范围内的 EVCARD 站点数量	
	临近(1)	会员寄卡地址 800 m 范围内存在 EVCARD 站点	61
	不临近(0)	会员寄卡地址 800 m 范围内无 EVCARD 站点	39
地铁站点可达性	附近站点数	用户寄卡地址 800 m 范围内的地铁站数量	
	临近(1)	会员寄卡地址 800 m 范围内存在地铁站	19
	不临近(0)	会员寄卡地址 800 m 范围内无地铁站	81
公交站点可达性	附近站点数	用户寄卡地址 800 m 范围内的公交站数量	
	临近(1)	会户寄卡地址 800 m 范围内存在公交站点	78
	不临近(0)	会户寄卡地址 800 m 范围内无公交站点	22
月用车频率	频率	每月平均订单数	
	低频	每周少于 1 次,即每月小于 4 次	78
	中频	每周 1~2 次,即每月 1~14 次	19
	高频	每周 2 次及以上,即每月大于 14 次	3
月用车时长	时长	平均每月用车时长	
	短时	平均每月小于 30 min	27
	中时	平均每月 30~360 min	56
	长时	平均每月大于 360 min	17
月用车里程	里程	平均每月行驶里程	
	低里程	平均每月低于 30 km	22
	中里程	平均每月 30~300 km	53
	高里程	平均每月 300 km 以上	23
连续性	连续度	实际用车月数/首次用车到数据截止时月数	
	不连续	连续度小于 0.4	32
	较连续	连续度 0.4~0.8	28
	连续	连续度大于 0.8	41
属性	个人	以个人身份办理会员,无折扣	82
	政府	以政府工作人员身份办理会员,享受 6 折	17
	公司	以公司身份办理会员,工作时间内免费	1
交通区位	内环内	寄卡地址在内环内的用户	1
	内、外环间	寄卡地址在内、外环间的用户	17
	外环外	寄卡地址在外环外的用户	82

用车连续度定义为用户总活跃月数与自首次用车以来总月数的比值. 其统计粒度是月, 即用户第 i 月至少用车 1 次即认为该用户第 i 月活跃.

4.1 用户月平均用车频率

因分析用户月平均用车频率的相关性因素时, 因变量使用连续变量, 因此在模型中, 同时设置连续型和离散型变量的自变量均使用连续型变量, 如时长、里程、连续性等. 利用多元线性逐步回归模型识别出了 7 个显著相关的因素, 如表 2 所示.

表 2 用户月平均用车频率影响因素表
Tab. 2 Factors affecting vehicle usage frequency of users

影响因素	系数	标准-误差	显著性
(常量)	2.256	0.163	0.000
工作日出行率	0.179**	0.088	0.042
通勤时段出行率	-0.910*	0.070	0.087
月用车里程	-0.568***	0.179	0.002
连续度	1.533***	0.093	0.000
公司用户	2.741***	0.360	0.000
内、外环间	-0.161*	0.089	0.071
年龄	-0.017***	0.004	0.000

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

模型结果表明, 工作日订单率较高的用户其使用频率也高, 用户月用车频率越高则通勤时段出行率越低. 用户月平均里程与用户月平均用车频率呈负相关性, 说明用车高频用户往往是短途出行用户. 连续性与用车频率的相关性显而易见, 经常使用分

时租赁服务的用户, 其平均用车频率一般比偶然用车的用户要高. 公司用户的用车频率较其他两种类型(普通用户和政府用户)高, 与其工作时段免费的特征有关. 常驻地在内外环之间的用户用车频率相对更低. 年龄越大使用频率越低.

出乎意料的是, EVCARD 站点覆盖、地铁站覆盖和公交站点覆盖因素未被纳入模型. 考虑到用户用车频率与这 3 个重要因素可能非线性相关或这 2 个因素与其他因素存在共线关系, 进一步利用 Spearman 相关性检验. 结果显示用户常驻地点是否在 EVCARD 站点 800 m 范围内与用户使用频率相关性依然不显著, 而用户 800 m 范围内的地铁站数量和公交站数量与 EVCARD 用户月平均用车频率显著负相关, p 值分别为 0.000 和 0.007, 相关系数分别为 -0.025 和 -0.018, 地铁比地面公交对 EVCARD 用户使用频率影响更大. 这表明 EVCARD 高频用户主要居住或工作于公共交通不发达区域, 汽车共享模式起到补充公共交通不足的作用.

4.2 通勤时段出行者特征

由于二项 logistic 回归模型的因变量为 0-1 变量, 该模型中凡设置了名义变量的自变量均使用名义变量, 如月平均用车频率分低频、中频、高频, 月平均用车时长分短时、中时、长时等. 表 3 为不同通勤时段出行率阈值用户特征的模型结果汇总.

表 3 二项 logistic 回归模型特征汇总表

Tab. 3 Summary of features in binary logistic regression model

阈值	连续(1)	低里程(1)	中里程(1)	年龄	临近地铁站(1)	性别(1)	高频(1)	外环外(1)
0.60	-0.237***	-1.294***	-0.795***	0.016***	-0.237***	0.170***	-0.378**	0.118**
0.65	-0.240***	-1.344***	-0.834***	0.015***	-0.364***	0.163***	-0.377**	0.115**
0.70	-0.396***	-1.506***	-0.944***	0.012***	-0.871***	0.190***	-0.424*	0.176*
0.75	-0.430***	-1.705***	-1.110***	0.011***	-1.586***			
0.80	-0.157**	-2.429***	-1.609***	0.010***				
0.85	-0.162**	-2.551***	-1.727***	0.010***				
0.90	0.472***	-3.247***	-2.396***					

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

模型结果表明, 阈值越高, 统计显著的特征越少, 且除个别在所有阈值中都显著的特征是低里程、中里程及用车连续, 由于这 3 个特征系数均为负, 因此表明通勤者用车较为不连续, 且均为长距离出行. 年龄因素在除了阈值为 0.90 时均显著, 且为正, 表明通勤者年龄较大; 阈值不大于 0.75 时, 用户临近地铁会显著降低其为通勤时段出行者的可能性, 这表明通勤时段出行者的居住地或工作地主要在地铁未被覆盖的区域; 阈值更低时, 男性用户、外环外的用户更可能为通勤时段出行者, 而高频用车用户与

出行时间较短的用户则更不可能为通勤时段出行用户. 值得注意的是, 是否被公交站点覆盖这一因素并不显著, 可能是因为地面公交的可靠性和 EVCARD 相当.

若将通勤时段出行率 0.6~0.7 的用户定义为“轻度通勤者”, 将通勤时段通勤率大于 0.8 的用户定义为“重度通勤者”, 其他为“中度通勤者”. 对比三者异同可发现, 工作或居住于外环外的男性用户更可能为“轻度通勤者”; 临近地铁站对中、轻度通勤者有显著抑制作用, 对“重度通勤者”影响不显著, 但

“重度通勤者”比例很低(约 0.3%)。

结合上述两个模型的结果可知,EVCARD 高频用户与通勤时段出行者特征基本不一致,且部分特征呈相反趋势。首先,高频使用者与通勤时段出行者在 3 个主要的特征上呈相反趋势:①用户用车频率与通勤时段出行率呈负相关性;②高频用车者年龄较小,而通勤时段出行者年龄较大;③高频用户用车连续度较高,而通勤时段出行者用车连续度低。其次,高频用户更多为公司用户,其常驻地在内、外环之间区域,而通勤者无此特征;通勤时段用户的常驻地更可能在外环外区域,而高频用户此特征不显著;公交站点覆盖会抑制用户用车频率,但对通勤用户影响不显著。以上结果表明,汽车共享未来主要争取的市场(高频用户)主要是非通勤时段出行者,因此汽车共享市场进一步增长并不会显著增加道路负担。

5 结语

本文的基本思路是首先分析 EVCARD 出行总量是否可能对交通流造成影响,其次分析需求的时空分布是否与交通负担较大的时空分布重叠,以及高使用频率用户与通勤时段出行用户特征是否一致,从这 3 个方面判断 EVCARD 未来发展是否(可能)增加交通拥堵。因此不仅是“量”的判断,更是一种“结构性”判断。研究结果表明:①EVCARD 出行总量极小,其量级不足以对交通流造成显著影响;②周末日均出行量高于工作日,周末出行主要发生在 8:00~20:00,工作日出行的时间分布相对平均,但早晚高峰时段存在不显著的峰值,无明显通勤特征;③EVCARD 出行主要发生在外环外区域,通勤时段的出行也主要发生在外环外区域,内环内区域主要为非通勤特征出行;④A 借 A 还模式的站点出行特征与 A 借 X 还站点中的 A 借 A 还出行时间分布一致,均无通勤出行特征,而 A 借 X 还模式存在一部分通勤时段的出行;⑤年龄较小,常驻地在内、外环之间区域,也不在地铁和公交 800 m 覆盖范围内的公司用户月平均用车频率高,且这些用户的平均出行距离较短,用车频率更稳定(连续度高),以及更多在工作日出行,较少在交通高峰时段出行;⑥常驻地不临近地铁站,年龄较大的用户更有可能经常于交通高峰时段使用 EVCARD 出行,且这些用户多为偶然用车,单次出行距离较远。

以上结果表明,EVCARD 当前出行总量在交通

出行总量中占比极低,共享汽车出行需求与道路交通资源紧缺较少在时间、空间中重叠,且高需求用户与通勤时段出行者的特征和影响因素并不一致,反而在用户年龄、用车里程、用车连续性以及用车频率等因素上呈相反特征。这意味着当前 EVCARD 系统的发展与道路交通负担之间的矛盾并不显著,且未来 EVCARD 要争取的市场(高频用车用户)与交通高峰时段频繁出行者特征不一致甚至相反。因此,本研究初步认为未来 EVCARD 进一步发展并不会带来显著的交通负担。

由于数据限制,研究只得到初步结论。如在空间层面,分析目前只停留在交通区位,未能进一步分析 EVCARD 通勤时段出行对具体路段的影响,而后者更有价值,这一问题将在得到 GPS 数据后进一步研究;在相关因素识别问题上,目前考虑的自变量因素还非常有限,EVCARD 系统外部因素目前仅考虑了用户的年龄、性别,常驻地址以及公共交通覆盖等因素,下一步工作将考虑通过问卷得到更详细的用户社会经济属性,以及纳入更详细的空间因素(如兴趣点 POI)和交通因素(如停车场、公交站点)等数据,以得出更为有价值的结论。

参考文献:

- [1] MILLARD-BALL A, MURRAY G, SCHURE J T, *et al.* Car-sharing: where and how it succeeds[R]. Washington D C: Tcrp Report Transportation Research Board of the National Academies, 2005.
- [2] MEIJKAMP R. Changing consumer behaviour through eco-efficient services: an empirical study of car sharing in the netherlands[J]. *Business Strategy & the Environment*, 2001, 7(4):234.
- [3] BIESZCZAT A, SCHWIETERMAN J. Carsharing: review of its public benefits and level of taxation[M]. Washington D C: Transportation Research Board, 2012.
- [4] FLEMMING G, NOBIS C. The impact of carsharing on car ownership in german cities [J]. *Transportation Research Procedia*, 2016, 19:215.
- [5] FIRNKORN J, MÜLLER M. Free-floating electric carsharing-fleets in smart cities: the dawning of a post-private car era in urban environments? [J]. *Environmental Science & Policy*, 2015, 45:30.
- [6] NIJLAND H, VAN MEERKERK J. Mobility and environmental impacts of car sharing in the netherlands[J]. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2017, 23: 84.
- [7] OHTA H, FUJII S, NISHIMURA Y, *et al.* Psychological analysis of acceptance of pro-environmental use of the automobile: cases for carsharing and eco-car [J]. *Group Decision & Negotiation*, 2009, 18(6):537.

(下转第 841 页)