

# 客运枢纽送站坪出租车车道的交通特性及通行能力研究

杨方宜<sup>1</sup>, 杨 忠<sup>1</sup>, 徐 楠<sup>1</sup>, 李铁柱<sup>2</sup>

(1. 金陵科技学院智能科学与控制工程学院, 江苏 南京 211169; 2. 东南大学交通学院, 江苏 南京 211189)

**摘要:** 为了提高客运枢纽的运行效率, 缓解送站坪交通拥堵情况, 对大型综合客运枢纽送站坪出租车车道进行研究。构建了出租车落客区域通行能力的计算模型, 并对该模型进行了理论分析, 分析结果表明: 1) 随着落客区域长度的增加, 出租车落客区域的通行能力有所提升, 但流量增量逐渐降低; 2) 降低低速区域车辆速度造成的影响要高于降低高速区域车辆速度造成的影响; 3) 中游低速区域不宜设置落客区域的人行横道。通过仿真模型对理论分析结果进行了验证, 验证结果表明: 当落客区域长度增加 300% 时, 流出流量仅增加了 11.2%, 人行横道位于 100 m 位置时的流量增量明显减少, 甚至出现流量减少现象, 该验证实验结果与理论分析结果一致。

**关键词:** 落客区域; 出租车车道; 交通特性; 动态容量模型; 通行能力

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2022)02-0030-09

## Study on Traffic Characteristics and Capacity of Taxi Lane at Delivery Apron of Passenger Transport Hub

YANG Fang-yi<sup>1</sup>, YANG Zhong<sup>1</sup>, XU Nan<sup>1</sup>, LI Tie-zhu<sup>2</sup>

(1. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China; 2. Southeast University, Nanjing 211189, China)

**Abstract:** In order to improve the operation efficiency of the passenger transport hub and alleviate the traffic congestion on the delivery apron, the taxi lane on the delivery apron of the large-scale comprehensive passenger transport hub is studied. The calculation model of traffic capacity of taxi drop off area is constructed, and the model is analyzed theoretically. The analysis results show that: 1) With the increase of the length of the drop off area, the traffic capacity of the taxi drop off area has been improved, but the flow increment gradually decreases. 2) The impact of reducing vehicle speed in low-speed area is higher than that in high-speed area. 3) Pedestrian crossings in the drop off area shall not be set in the low-speed area of the midstream. The theoretical analysis results are verified by the simulation model. The verification results show that when the length of the drop off area increases by 300%, the outflow flow increases by only 11.2%. When the pedestrian crossings are located at 100 m, the flow increment decreases significantly, and even the flow decreases. The verification experimental results are consistent with the theoretical analysis results.

**Key words:** drop off area; taxi lane; traffic characteristics; dynamic capacity model; traffic capacity

客运枢纽送站坪运营是一种典型的交通工程问题, 传统的交通工程技术不能恰当地分析这些区域的复杂运营情况。国外关于送站坪的研究大多数集中在机场航站楼道和路边运营上。我国送站坪的建设相

收稿日期: 2022-03-11

基金项目: 金陵科技学院博士科研启动基金项目(jit-b-202113); 金陵科技学院科研基金孵化项目(jit-fhxm-202105)

作者简介: 杨方宜(1988—), 男, 河南宜阳人, 讲师, 博士, 主要从事交通流理论研究。

对较晚,对送站坪的规划研究进入 21 世纪才开始,国内的相关设计规范和标准<sup>[1-2]</sup>中并没有明确如何分析和评价送站坪的服务水平,分析方法和技术手段比较缺乏。随着国内客运枢纽旅客数量的不断增长,很多机场、火车站送站坪都会提供出租车专用落客车道,以方便出租车落客<sup>[3]</sup>,但对于为数较多的送站坪出租车车道而言,原有规划和设计的容量不能满足旅客增长的需求,导致许多枢纽的接入道路出现严重拥堵情况,枢纽送站坪的落客区域出现各种运营问题。因此,开展出租车车道通行能力的研究,对解决枢纽接入道路的交通拥堵问题等具有重要意义。

目前,存在两种规划和设计送站坪长度的方法类型。第一种是经验方法,主要使用年(或高峰小时)出发旅客数量乘以一个预先确定的比例来求出所需的送站坪长度。第二种是分析方法,基于高峰小时送站坪路边停车数量需求、不同类型车辆的平均停留时间以及平均停车空间需求来计算送站坪路边长度。在国外研究文献<sup>[4-6]</sup>中可以发现许多落客区域长度的经验标准是不同的,这是因为每个枢纽现场情况不同,所确定的规则也不相同,因此根据经验选定的标准并不具有推广性。早期的分析方法所采用的数学模型相似,都是根据车辆类型来确定每种类型的路边长度需求,然后按照每分钟每类车的高峰小时停车需求和停车时间来确定总的送站坪落客区域长度需求。

目前主流的分析方法分为两大类,分别是需求-容量分析和排队模型。需求-容量分析方法使用服务水平(LOS)标准从需求和供给两方面定性评价系统性能。Saffarzadeh 等<sup>[7]</sup>和 Parizi 等<sup>[8]</sup>使用时空理论,基于驾驶员停车位偏好开发了一个分析模型,该模型可以计算机场登机路边区域的动态车辆容量。Chen 等<sup>[9]</sup>在分析机场路边容量影响因素的基础上,提出了机场路边的服务容量模型。刘淑敏等<sup>[10]</sup>对机场的集散道路系统和路边系统的运营情况进行了分析和评价,定量分析系统的饱和度以及落客区域长度,评估现有设施的服务能力,并提出陆侧交通系统优化策略。在排队模型方面,赵林等<sup>[11]</sup>应用 M/M/N 排队论法和分析法对机场路边的容量进行分析,并利用仿真软件对分析结果进行验证。柳伍生等<sup>[12]</sup>应用容量限制的多服务台排队理论(M/M/N/C/∞),建立了出发层落客区域的需求控制模型。Dowling 等<sup>[13]</sup>针对路边停车情况提出了一种新的排队网络,结果表明驾驶员寻找停车位造成的拥堵源于停车资源空间利用率低下。上述分析方法虽然考虑了枢纽局部特征、经验偏差和部分交通特性,但大多数仍忽视了出租车落客区域特有的因素。

本文试图通过对出租车落客区域交通特性的分析,建立出租车落客区域通行能力的计算模型;通过理论分析,研究通行能力的影响因素,并利用仿真模型对理论分析结果进行验证,证明模型的有效性,为枢纽送站坪单车道落客通道的通行能力分析和优化设计提供理论基础与技术支持。

## 1 落客区域交通特性分析

对出租车落客区域交通特性进行统计分析,目的是获取送站坪出租车落客区域的车头时距分布、落客时长分布、落客位置分布和车辆速度分布等相关数据。

### 1.1 车头时距分布

车头时距是指同一车道上连续两辆车车头通过某一断面的时间间隔。通常情况下,车头时距服从负指数分布或者移位负指数分布,为了确定车头时距服从的概率分布情况,先假设其服从某种分布,然后根据拟合结果来判断假设是否成立。这里假设最小车头时距不小于  $h_t$  ( $h_t$  固定),则移位负指数分布可描述为:

$$f(h) = \frac{1}{\alpha - h_t} e^{-\frac{h-h_t}{\alpha-h_t}} \quad h \geq h_t \quad (1)$$

其中车头时距的均值  $E(h) = \alpha$ , 方差  $Var(h) = (\alpha - h_t)^2$ 。

当交警在出租车落客区域控制车辆进入时,车辆以车队的形式进入落客区域,车队中车头时距服从参数为(2.65, 1.85)的移位负指数分布。最大值为  $5.25 \text{ s} \cdot \text{veh}^{-1}$ , 最小值为  $2.50 \text{ s} \cdot \text{veh}^{-1}$ , 数据统计均值为  $3.40 \text{ s} \cdot \text{veh}^{-1}$ 。当出租车落客区域没有交警控制车辆进入时,车辆排队进入落客区域,车头时距服从参数为(3.376, 0.697 5)的移位负指数分布,数据统计均值为  $3.97 \text{ s} \cdot \text{veh}^{-1}$ 。车头时距概率密度曲线如图 1 所示,两种情况下的拟合优度  $R^2$  均大于 0.997,拟合结果非常好。

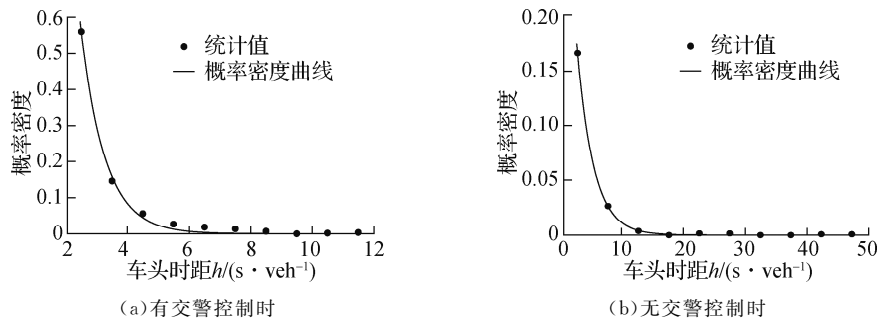


图 1 出租车车道落客区域车头时距概率密度分布

## 1.2 落客时长分布

出租车落客区域车辆分为领头车辆和非领头车辆,领头车辆都是主动停车落客车辆,而非领头车辆包含主动停车落客车辆和受迫停车落客车辆。主动停车落客车辆的落客时长就是停车时长(包含乘客与司机交接时间),受迫停车落客车辆的停车时长包含落客前的受迫停车等待时长、落客时长、落客后的受迫停车等待时长。将主动停车车辆的落客时长划分为车门打开前的准备时间、车门打开时的落客时间、车门关闭后的启动准备时间,分别统计这三段时间的分布。将车门打开前的准备时间和车门关闭后的启动准备时间作为受迫停车落客车辆的参考值,剥离出受迫停车落客车辆的落客时长。

经统计发现,领头车辆的停车时间服从负指数分布,参数率 $\lambda$ 的值为 0.056,落客时长平均值为 23.9 s;非领头车辆落客时长同样服从负指数分布,参数率 $\lambda$ 的值为 0.100 2,落客时长平均值为 15.8 s。领头车辆和非领头车辆落客时长概率密度曲线(图 2)拟合优度 $R^2$ 均大于 0.88,拟合结果较好。

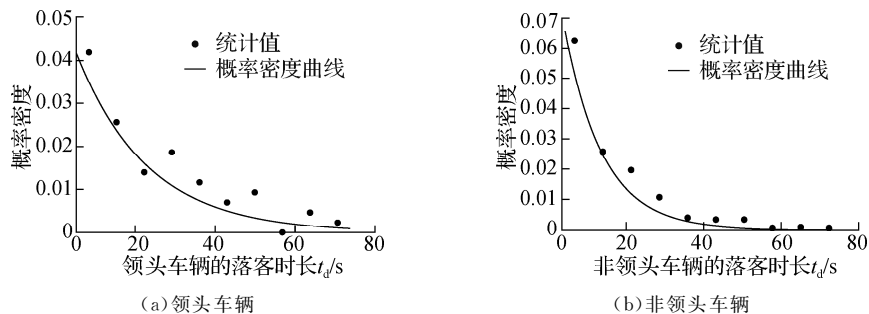


图 2 出租车车道落客区域车辆落客时长概率密度分布

## 1.3 落客位置分布

出租车落客区域车辆落客行为包括主动落客和受迫停车落客两种,主动落客车辆的落客位置和受迫停车落客车辆的落客位置存在很大的差异,前者的落客位置可以理解车辆的期望停车位置,而后者受其他车辆和交警控制的影响。

对于出租车落客区域,当无交警控制时,车辆的平均落客位置为 46.9 m(落客区域长度为 240 m);当有交警控制时,车辆的平均落客位置为 79.7 m。两种情况下的落客位置分布如图 3(a)所示。对比发现,无交警控制状态下的车辆更容易受迫停车,导致车辆在落客区域上游区域(靠近落客区域入口的区域)堆积,车队的平均落客位置靠近上游区域;而在有交警控制的情况下,车辆以不连续的车队排队进入落客区域,车辆落客位置的可选择性更多,车辆的平均落客位置比无交警控制状态下更靠下游。领头车辆的落客位置分布与落客区域的理想停车位置相对应,统计发现领头车辆的落客位置与进站口、人行横道的位置有非常好的对应关系(90 m、125 m、150 m、186 m),如图 3(b)所示。

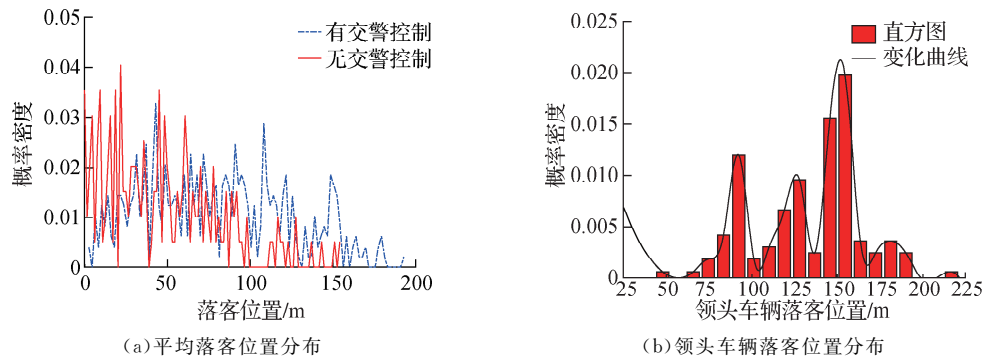


图 3 出租车车道落客区域车辆落客位置分布

#### 1.4 车辆速度分布

在不同区域不同状态下,送站坪出租车车道的车辆速度存在较大的差异。当交警在匝道上游区域控制车辆进入时,出租车落客区域上游的车辆速度较快,而在中游区域的速度较慢。鉴于不同区域的速度差异较大,将所有车辆的落客位置进行聚类分析,整个落客区域划分为上游区域(0~45 m)、中游区域(45~169 m)、下游区域(169~240 m),分别统计不同区域的车辆速度,结果如图 4 所示。

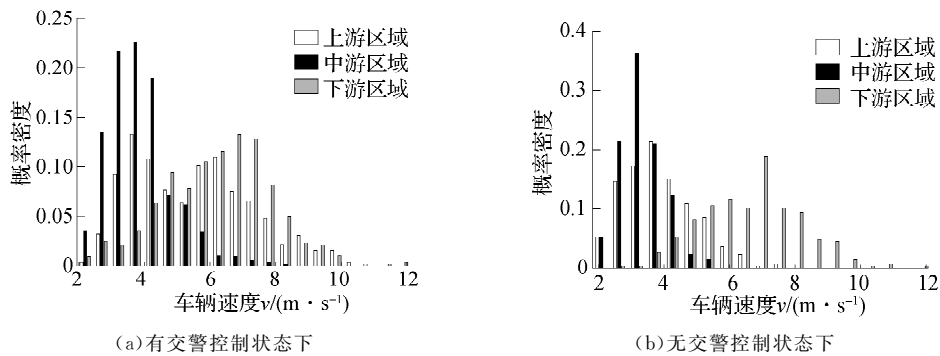


图 4 不同运行情况下的车辆速度分布

从统计结果可以看出,在有交警控制状态下,落客区域中游区域的速度最低,上游和下游区域(靠近落客区域出口的区域)的速度较高,上、中、下游 3 个区域的速度分别为  $5.48$ 、 $3.84$  和  $6.19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而在无交警控制状态下,落客区域中游和上游的速度均较低,3 个区域的速度分别为  $3.90$ 、 $3.33$  和  $6.64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,所有车辆速度比有交警控制时的稍低。

通过对出租车落客区域车辆交通特性的分析,可以确定送站坪不同区域不同状态下的车辆运行状态存在较大差异,在分析出租车落客区域通行能力时,必须合理地考虑车辆在不同区域的速度表现以及车辆的落客时长,基于此构建出租车落客区域通行能力计算模型。

## 2 落客区域通行能力计算模型

### 2.1 理论通行能力分析

根据 Parizi 的动态容量模型<sup>[8]</sup>,分析出租车落客区域的理论通行能力,假设车辆的平均速度为  $v$ ,车辆长度为  $L_V$ ,落客时长为  $t_{\text{DO}}$ 。当车辆以固定数量  $n$  进入落客区域时,占落客区域的长度为  $L$ (驾驶员对所有车位具有相同偏好);如果当前车队末车准备离开时,下一个车队准备进入,车辆以平均速度  $v$  进入落客区域。根据动态容量模型, $n$  辆车在时间周期  $T$  内可以处理的车辆总数  $C$  为:

$$C = \frac{n \left( T - \frac{L}{v} \right)}{t_{\text{DO}} + n \frac{L_V}{v}} \quad (2)$$

## 2.2 基于交通特性的出租车落客区域通行能力计算模型

假设出租车落客通道不同区域的车辆速度不同,将落客区域分为 3 个部分,长度分别是  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$ ,车辆在 3 个区域的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$  和  $v_3$ ,其中  $v_2$  的速度低于  $v_1$  和  $v_3$ ,并且车队的落客时长由车队中最长落客时长决定,即落客时长  $t_{DO} = \max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\}$ 。落客车辆的时空轨迹如图 5 所示。

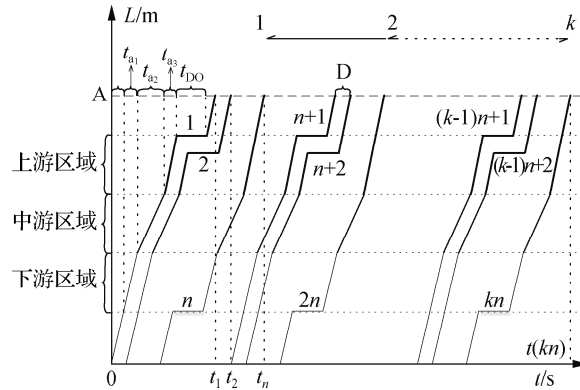


图 5 出租车车道落客区域落客车辆时空轨迹示意图

如果出租车落客区域有  $n$  个车位,则第  $n$  辆车的退出时间为:

$$t_n = \max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\} + \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} + n \frac{L_V}{v} \quad (3)$$

由于不能确定车辆在哪个区域落客,因此延误计算中的速度以  $v$  来代替,表示平均行驶速度。在下一车辆队列中,车辆  $n+1$  的退出时间为:

$$t_{n+1} = t_n + \max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\} + \frac{L_V}{v} \quad (4)$$

由于每个车队的最大落客时间存在差异,因此第  $n$  辆车在第  $k$  个周期的退出时间为:

$$t_{kn} = k \cdot E(\max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\}) + \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} + kn \frac{L_V}{v} \quad (5)$$

其中  $E$  表示期望,第  $k$  个周期为:

$$k = \frac{T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3}}{E(\max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\}) + n \frac{L_V}{v}} \quad (6)$$

可以得到, $n$  个车位在时间周期  $T$  内可以处理的车辆总数  $C$  为:

$$C = \frac{n \left( T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3} \right)}{E(\max\{t_{DO1}, t_{DO2}, \dots, t_{DO_n}\}) + n \frac{L_V}{v}} = \frac{n \left( T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3} \right)}{\int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{DO}(t))^n) dt + n \frac{L_V}{v}} \quad (7)$$

其中  $F_{DO}(t)$  表示车辆落客时长的累积分布函数,此时  $C$  可以理解为时间周期  $T$  内的最大动态容量。

在式(7)中仍然假设了车辆对车位没有偏好,这种假设与图 3 中的落客位置统计结果不符。从落客位置的分析可以得出,车辆落客位置与进站口和人行横道的位置存在相关性。为提高模型精度,考虑车位的权重,利用二项分布表达进站口、人行横道附近车位的利用程度,越靠近进站口的车位,其利用率越高,可以用下式表示:

$$f_x = C_n^x p^x (1-p)^{n-x}, x=0, 1, \dots, n \quad (8)$$

其中  $f_x$  表示落客区域第  $x$  个车位的交通分配比, $p$  表示进站口位置与落客区域长度的比例,如果存在多个进站口,则它们的权重不相同,采用修改的二项分布来表述:

$$\omega_y = C_m^y q^y (1-q)^{m-y} + \frac{(1-q)^m}{m}, y=1, 2, \dots, m \quad (9)$$

其中  $w_y$  表示第  $y$  个进站口附近的交通分配百分比,  $m$  表示进站口总数,  $q$  表示交通流最大的进站口对于所有进站口的相对位置。  $f_x$  和  $w_y$  的乘积表示所有车位相对于整个落客区域的交通分配比, 若百分比大于 0.01, 说明该车位是有效停车位, 使用有效的车位数量  $N_{\text{eff}}$  替换式 (7) 中的参数  $n$  即可得到出租车落客区域通行能力。

分别运用原始动态容量模型和本文模型对实际场景下的出租车落客区域通行能力进行计算, 结果如表 1 所示。结果显示直接运用未修正动态容量模型会严重高估通行能力, 通过考虑不同区域车辆速度、车辆最长落客时长和车位偏好可以降低误差, 使计算结果更接近实际通行能力。

表 1 出租车落客区域通行能力调查情况和模型计算结果

站点	落客时长 最大值/s	落客时长 平均值/s	调查的车流量/ (veh · h <sup>-1</sup> )	本模型计算的车 流量/(veh · h <sup>-1</sup> )	原始模型计算的 车流量/(veh · h <sup>-1</sup> )
南京南站	74	23.9	418.3	656	1 298

### 3 落客区域长度和车辆速度对通行能力的影响分析

#### 3.1 落客区域长度对通行能力的影响分析

理论上随着落客区域长度的增加, 可用车位数增多, 通行能力也会提升, 通过式 (7) 来证明  $C$  随  $n$  的增加而增加, 等价于证明:

$$\frac{1}{C} = \frac{L_V}{v \left( T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3} \right)} + \frac{\int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{\text{DO}}(t))^n) dt}{n \left( T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3} \right)} \quad (10)$$

$\frac{1}{C}$  随着  $n$  的增加而减少。设

$$R(n) = \frac{\int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{\text{DO}}(t))^n) dt}{n} \quad (11)$$

由于车位  $n$  是一个整数, 因此式 (11) 是关于  $n$  的离散函数, 设  $y_i = R_d(n_i)$ ,  $n_i \in \{n_1, n_2, \dots, n_p\}$ , 该离散函数的导数  $y'_k = R_d(n_k)$  可用下式表示<sup>[14-16]</sup>:

$$y'_k = R_d(n_k) = \frac{\sum_{j=k-m_1}^{k+m_1} (n_j - n_k)(y_j - y_k)}{\sum_{j=k-m_1}^{k+m_1} (n_j - n_k)^2} \quad (12)$$

任意有限离散函数在定义域内都存在导数, 并且当离散函数是某个连续函数的采样函数时, 在采样频率充分小的情况下, 离散函数的导数与原连续函数的导数近似相同。为了方便分析, 这里采用连续函数来代替离散函数, 即假设式 (11) 是关于  $n$  的连续函数。则

$$\frac{dR(n)}{dn} = - \frac{\int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{\text{DO}}(t))^n) dt}{n^2} + \frac{\int_{t=0}^{\infty} (-\ln F_{\text{DO}}(t) \cdot (F_{\text{DO}}(t))^n) dt}{n} \quad (13)$$

等价于证明  $\frac{dR(n)}{dn} < 0$ , 等价于

$$n \int_{t=0}^{\infty} (-\ln F_{\text{DO}}(t) \cdot (F_{\text{DO}}(t))^n) dt < \int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{\text{DO}}(t))^n) dt \quad (14)$$

可变化为:

$$\int_{t=0}^{\infty} (-\ln(F_{\text{DO}}(t))^n \cdot (F_{\text{DO}}(t))^n) dt < \int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{\text{DO}}(t))^n) dt \quad (15)$$

假定

$$G_n(t) = (F_{DO}(t))^n \quad (16)$$

式(15)可变化为:

$$\int_{t=0}^{\infty} (-\ln G_n(t) \cdot G_n(t)) dt < \int_{t=0}^{\infty} (1 - G_n(t)) dt \quad (17)$$

等价于

$$\int_{t=0}^{\infty} ((1 - \ln G_n(t)) \cdot G_n(t) - 1) dt < 0 \quad (18)$$

此时假定  $f(x) = (1 - \ln x)x - 1$ , 发现  $f(1) = 0$ , 并且对于  $x \in (0, 1)$

$$f'(x) = (1 - \ln x) + x \left(-\frac{1}{x}\right) = -\ln x > 0 \quad (19)$$

$G_n(t) = (F_{DO}(t))^n \in (0, 1)$ , 所以式(18)的被积函数  $(1 - \ln G_n(t)) \cdot G_n(t) - 1 < 0$ 。不等式成立, 证得  $C$  随  $n$  的增加而增加。

将式(7)变化为:

$$\frac{C}{n} = \frac{T - \frac{L_1}{v_1} - \frac{L_2}{v_2} - \frac{L_3}{v_3}}{n \frac{L_V}{v} + \int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{DO}(t))^n) dt} \quad (20)$$

式(20)的分母两个部分  $n \frac{L_V}{v}$  和  $\int_{t=0}^{\infty} (1 - (F_{DO}(t))^n) dt$  都是关于  $n$  的增函数, 所以随着  $n$  的增加,  $C/n$  递减。

通过上述分析, 可以得到落客区域长度对通行能力的影响。随着落客区域长度的增加, 通行能力提升, 但提升的幅度会越来越小。简单概括为:  $C$  随  $n$  的增加而增加;  $C/n$  (每个车位的平均容量) 随  $n$  的增加而减小。

### 3.2 车辆速度对通行能力的影响分析

通过出租车落客区域通行能力计算模型可知, 车辆速度对通行能力有较大的影响。车辆速度越大, 落客区域的通行能力越大, 但由于不同区域的车速不同, 导致不同区域车辆速度受到影响时对通行能力的影响强度不同, 考虑降低上游区域的速度  $v_1$  和中游区域的速度  $v_2$  ( $v_1 > v_2$ ), 降低速度值为  $v'$ , 可以得到不等式:

$$\frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2 - v'} \geq \frac{L_1}{v_1 - v'} + \frac{L_2}{v_2} \geq \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} \quad (21)$$

如果上游区域、中游区域速度降低时的落客区域容量分别变为  $C'_1$ 、 $C'_2$ , 由式(21)可知  $C'_1 > C'_2$ , 也就是说, 车辆在车速较低区域受到的影响大于在高速区域受到的影响。可以认为, 在落客区域中游设置人行横道, 势必会严重影响通行能力, 且比将人行横道设置在上游或下游区域产生的影响更大。

## 4 仿真实验及通行能力分析

送站坪落客区域通行能力的分析工具主要包括排队论、微观交通流模型、仿真软件等, 其中微观交通流模型被广泛认为是研究交通系统的一种有效分析工具, 本文使用文献[17]建立的仿真模型进行分析, 该模型考虑了落客区域的交通特性, 特别是车辆的受迫停车行为。下面对落客区域长度和人行横道位置分别进行仿真实验。

#### 4.1 落客区域长度对流出流量的影响

模拟不同长度的出租车落客区域(0~1 300 m),并对流出流量的变化进行统计,结果如图6所示。

从图6可以看出,随着落客区域长度的增加,流出流量逐渐增加。当落客区域长度增加300%时,流出流量增加了11.2%,当落客区域长度继续增加时,流出流量的增量非常有限。可以认为,出租车落客区域的长度不宜设置过长,单纯地增加落客区域长度而不考虑提高车位的利用率是不可行的,从成本上考虑,对送站坪落客区域进行布局优化比单纯地增加落客区域长度更加有效。

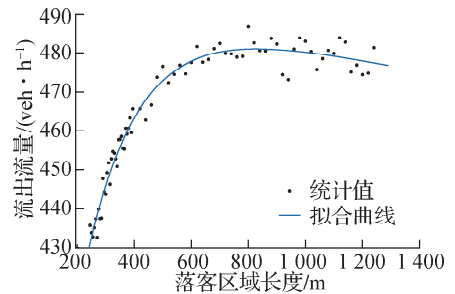
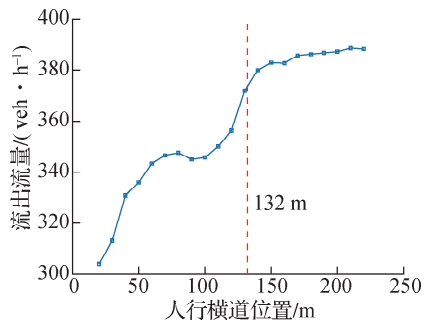


图6 流出流量与落客区域长度的关系

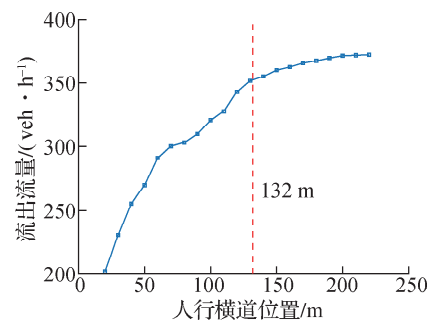
#### 4.2 人行横道位置对流出流量的影响

通过模拟真实情况下的人车路权分配情况来实现人行横道的仿真模拟,模拟分析不同时间(数据集1和数据集2)、不同位置和不同行人流量的人行横道对流出流量的影响。将人行横道移动到不同的位置,分析位置改变对流出流量的影响(图7)。结果显示:人行横道设置在出租车落客区域上游时,落客区域流出流量比人行横道处于最下游区域(落客区域出口附近)时的减少11.7%~27.8%;人行横道位于最下游区域时,流出流量增量最大值为2.3%,变化不明显;当人行横道处于出租车落客区域中游时,流出流量的减少量比在70 m位置时的减少量更多。通过仿真分析进一步证明了在落客区域中游设置人行横道,会严重影响出租车落客区域的通行能力。



注:图中虚线是当前人行横道所处位置。下同。

(a)数据集1仿真结果



(b)数据集2仿真结果

图7 人行横道位置对流出流量的影响

## 5 结语

本文对客运枢纽送站坪出租车车道交通特性及通行能力进行了研究,通过对车头时距、落客时长、落客位置和车辆速度的分析,指出出租车落客区域交通的一般特征,基于此,构建了出租车落客区域通行能力的计算模型,并对模型进行了理论分析,最后利用仿真实验对理论分析结果进行了验证,并得到以下结论:1)随着落客区域长度的增加,出租车车道的通行能力提升,但提升的增量会越来越小;2)降低低速区域车辆速度造成的影响要高于降低高速区域车辆速度造成的影响;3)车辆在落客区域中游低速区域更容易受到干扰,并且受到的干扰对整个系统的运营效率影响非常大,因此将人行横道设置在落客区域中游势必会严重影响车辆通行能力。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. 铁路旅客车站建筑设计规范:GB 50226—2007[S]. 北京:中国计划出版社,2012
- [2] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家市场监督管理总局. 铁路车站及枢纽设计规范:GB 50091—2006[S]. 北京:中国计划出版社,2006



- [3] NEUFVILLE R D. Airport systems planning: a critical examination of the methods and experience[J]. Transportation Research, 1976, 10(4): 285 - 286
- [4] ASHFORD N J, MUMAYIZ S, WRIGHT P H. Airport engineering[M]. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2011
- [5] MANDLE P B, WHITLOCK E M, LAMAGNA F. Airport curbside planning and design[C]//61st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D C: Transportation Research Board, 1982: 1 - 6
- [6] HORONJEFF R, MCKELVEY F X, SPROULE W. Planning and design of airports [M]. New York: McGraw-Hill Inc., 2010
- [7] SAFFARZADEH M, BRAAKSMA J P. Dynamic capacity of airport enplaning curbside area[J]. Transportation Research Record, 1992, 46: 234 - 243
- [8] PARIZI M S, BRAAKSMA J P. Optimum design of airport enplaning curbside areas[J]. Journal of Transportation Engineering, 1994, 120(4): 536 - 551
- [9] CHEN Y Y, ZHANG N, WU H N, et al. Calculation method of traffic capacity in airport curbside[M]//WANG W H, BENGLER K, JIANG X B. Green Intelligent Transportation Systems. Singapore: Springer Singapore, 2017: 725 - 736
- [10] 刘淑敏, 孙莹莹. 枢纽型机场陆侧交通系统后评价及优化研究——以南京禄口国际机场为例[J]. 交通与运输(学术版), 2018(1): 37 - 40, 54
- [11] 赵林, 姜恒, 袁倩倩. 深圳机场 T3 航站楼车道边规模分析[J]. 交通标准化, 2010, 38(1): 205 - 207
- [12] 柳伍生, 周和平. 机场陆侧出发层车道边通行能力分析[J]. 交通科学与工程, 2010, 26(2): 98 - 102
- [13] DOWLING C, FIEZ T, RATLIFF L, et al. Optimizing curbside parking resources subject to congestion constraints[EB/OL]. (2017 - 03 - 28)[2022 - 02 - 22]. <https://www.doc88.com/p-7896389994773.html?r=1>
- [14] AN Y, SHAO C, WANG X, et al. Geometric properties estimation from discrete curves using discrete derivatives[J]. Computers & Graphics, 2011, 35(4): 916 - 930
- [15] 王文丽. 有限离散函数的性质[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 1999, 28(2): 106 - 110
- [16] 王文丽. 有限离散函数的导数和性质[J]. 大学数学, 2005, 21(3): 110 - 113
- [17] YANG F Y, GU W H, CASSIDY M J, et al. Achieving higher taxi outflows from a drop-off lane: a simulation-based study[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2020, 115: 102623

(责任编辑:谭彩霞)

## 声 明

本刊已许可相关合作单位以数字化方式复制、汇编、发行、通过信息网络传播本刊全文,相关著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。

作者向本刊提交文章发表的行为视为同意我刊上述声明。

本刊编辑部