

考虑不同滞留程度的城市轨道交通车站 侧式站台人数计算模型*

傅晨琳¹ 黄敏¹ 张学强²

(1. 中山大学工学院广东省智能交通系统重点实验室, 510006, 广州;

2. 内蒙古交通设计研究院有限责任公司, 010050, 呼和浩特//第一作者, 硕士研究生)

摘要 对列车到站周期内的站台客流变化过程进行分析。基于乘客先下后上的顺序, 提出在不同滞留程度下的城市轨道交通车站侧式站台人数计算模型。该模型以站台连接设施的通行能力为约束开始考虑滞留, 结合列车运行条件和不同滞留程度影响, 对站台人数进行计算, 并且采用 VISSIM 软件进行仿真实验。实验发现, 站台人数计算模型的计算结果与 VISSIM 软件的仿真结果具有较高的一致性, 验证了站台人数计算模型的有效性。

关键词 城市轨道交通; 侧式站台; 站台人数; 计算模型; 乘客滞留

中图分类号 U293.13; U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.01.026

Calculation Model of Passenger Number on Urban Rail Transit Side Platform under Different Retention Grades

FU Chenlin, HUANG Min, ZHANG Xueqiang

Abstract The changing process of the platform passenger flow during train arrival period is analyzed. Based on the sequence of passenger embarking after getting off, a calculation model of passengers on urban rail transit side platform under different retention grades is proposed. By taking the capacity of platform connection facility as the constraint, the model combines train operation conditions with different retention grades to calculate the passenger number, then simulate and verify the calculation by using VISSIM software. The result shows that the model calculation of platform passenger number has a high consistent with the VISSIM simulation, thus the validity of the calculation model is verified.

Key words urban rail transit; side platform; passenger number on platform; calculation model; passenger retention

First-author's address Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation System, Sun Yat-Sen University,

510006, Guangzhou, China

国内外关于城市轨道交通站台人数及相关变化规律的研究已取得一定成就。文献[1-7]研究了考虑客流到达速率、列车行车间隔及上下车人数等因素对站台人数的影响, 但较少考虑乘客滞留的影响。此外, 针对列车满载率和相关设施通行能力产生的乘客滞留情况研究也较少。

乘客站台滞留主要有两方面原因: 一方面, 高峰期乘客大量进站, 而站台连接设施的通行能力不足, 进而导致乘客滞留; 另一方面, 列车满载率较高, 剩余承载能力不足, 从而导致乘客滞留。

侧式站台能分离上下行乘客, 进出效率较高。本文以侧式站台为研究对象, 考虑滞留程度和列车运行条件, 计算分析列车到站周期内的站台人数变化。

1 站台连接设施的客流计算

首先, 建立站台连接设施的通行人数计算模型。站台连接设施主要指楼梯及扶梯等连接站厅和站台的通行设施, 其有限的通行能力直接影响站台人数。在客流高峰期, 若站台连接设施的客流到达速率大于其设施通行能力, 则在站厅连接设施前会产生滞留。

如果站台连接设施共有 n 台, 每台站台连接设施的最大单位时间通行能力为 $v_{s,max}$, 则第 r 台连接设施在 t 时刻的乘客到达速率(单位时间内的到达人数) $v_{ds,r}$ 为:

$$v_{ds,r}(t) = v_d(t) \cdot \delta_r(t) \quad (1)$$

式中:

$v_d(t)$ ——所有站台连接设施的乘客到达速率;

* 国家自然科学基金项目(11574407); 广东省科技计划项目(2016A020223006, 2015010110005)

$\delta_r(t)$ ——第 r 台站台连接设施通过的客流量占全部站台连接设施通过客流量的比例。

站台连接设施处乘客到达速率及滞留情况如图1所示。对于 $[t_u, t_{u+1}]$ 时段, 将 $v_{ds,r}(t)$ 与该设施最大通行能力 $v_{s,max}$ 进行比较。

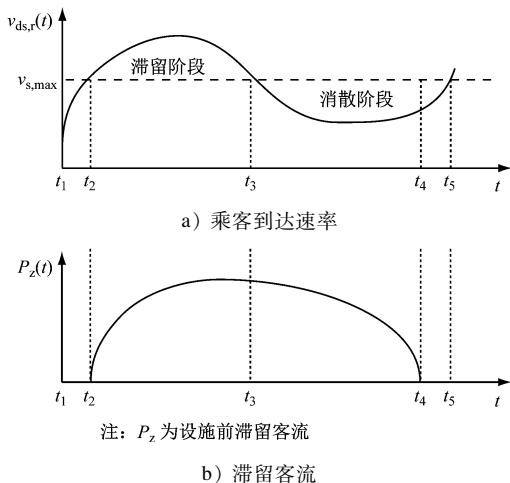


图1 站台连接设施处客流情况示意图

当 $v_{ds,r}(t) > v_{s,max}$ 时, 设施前就会发生乘客排队滞留, 时段 $[t_u, t_{u+1}]$ 为滞留阶段, 客流以最大通行能力通过设施, 其余乘客则滞留在设施前。第 r 台设施前的滞留量 $P_{z,r}(t)$ 为:

$$P_{z,r}(t) = P_{z,r}(t_u) + \int_{t_u}^t (v_{ds,r}(t) - v_{s,max}) dt \quad (2)$$

当 $v_{ds,r}(t) \leq v_{s,max}$ 时, 则该时段为消散阶段。此时乘客以 $v_{ds,r}(t)$ 通过设施, 且存在两种情况: ①如消散阶段结束时依然存在滞留乘客, 则 t_{u+1} 时刻的滞留量 $P_{z,r}(t_{u+1})$ 为原有滞留量与消散客流量之差; ②如消散阶段结束时无滞留乘客, 则必存在时刻 $t = t_u + t_{au}$, 使所有滞留乘客刚好全部消散, 滞留量为 0, 即 $F(t_{au}) = P_{z,r}(t_u)$, 则设施处滞留量为:

$$F(t_{au}) = \int_{t_u}^{t_u+t_{au}} (v_{s,max} - v_{ds,r}(t)) dt \quad (3)$$

$$t_{au} = F^{-1}(P_{z,r}(t_u)) \quad (4)$$

当 $t \in [t_u, t_u + t_{au}]$ 时,

$$P_{z,r}(t) = P_{z,r}(t_u) - \int_{t_u}^t (v_{s,max} - v_{ds,r}(t)) dt$$

当 $t \in [t_u + t_{au}, t_{u+1}]$ 时,

$$P_{z,r}(t) = 0 \quad (5)$$

根据站台连接设施前是否有滞留, 可得到该设施的通过速率(单位时间内的通过人数) $v_{ts,r}(t)$:

$$v_{ts,r}(t) = \begin{cases} v_{ds,r}(t), & P_{z,r}(t) = 0 \\ v_{s,max}, & P_{z,r}(t) > 0 \end{cases} \quad (6)$$

乘客通过站台某设施的用时 $t_{s,r}$ 与站台设施的长度有关。如考虑 $t_{s,r}$, 则通过 r 设施到达站台的乘客到达速率为:

$$v_{j,r}(t) = v_{ts,r}(t - t_{s,r}) \quad (7)$$

2 站台人数计算模型

本文以任意一趟列车 i 的到达时刻为第 i 趟列车到站周期开始, 以下一趟列车(即列车 $i+1$)的到达时刻为该周期结束。

站台人数计算模型基于列车到站周期和以下假设: ①乘客乘车严格遵守先下后上的顺序; ②列车空间被均匀利用; ③下车乘客随即通过站台连接设施离开站台, 不重复候车。

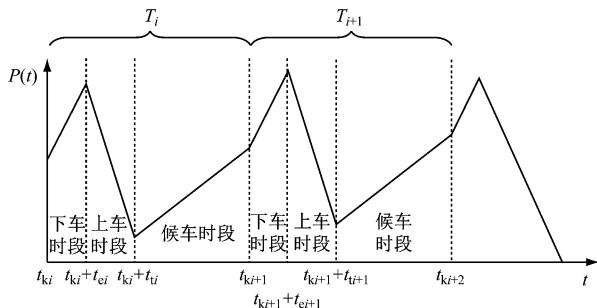
第 i 趟列车到站周期 T_i , 包括第 i 趟列车的乘降用时 t_{ti} 和无列车停靠时的乘客候车时间 t_{hi} 。此外, 已知的列车相关信息为: 列车额定载客量 C , 第 i 趟列车到站时的满载率 θ_i , 第 i 趟列车到站的下车乘客数 P_{Mi} , 起始时刻站台原始人数 $P(t_0)$ 。

整个站台的客流到达速率 $v_j(t)$ 等于站台所有 n 台连接设施进入站台速率 $v_{j,r}(t)$ 的总和:

$$v_j(t) = \sum_{r=1}^n v_{j,r}(t) \quad (8)$$

2.1 列车到站周期

由于乘客按照先下后上的顺序乘车, 故任一周期都可分为下车、上车和候车 3 个时段。各时段站台人数变化如图2所示。设列车 i 到达时刻为 t_{ki} , 第 i 周期 T_i 的结束时刻为下一趟列车到达时刻 t_{ki+1} , 根据列车停站时长 t_{ti} , 则乘客上下车时段为 $[t_{ki}, t_{ki} + t_{ti}]$ 。对于中间站, 乘客严格按先下后上的顺序上下车, 令乘客下车用时为 t_{ei} , 则 $[t_{ki}, t_{ki} + t_{ei}]$ 为下车时段, $[t_{ki} + t_{ei}, t_{ki} + t_{ti}]$ 为上车时段。



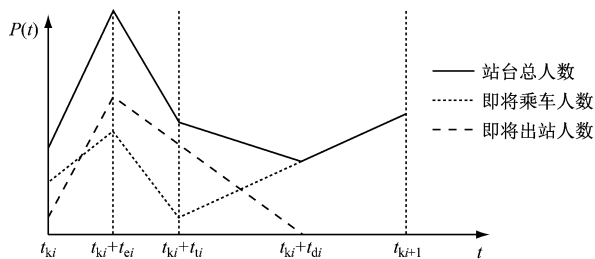
注: $P(t)$ 为站台人数

图2 列车到站周期各时段站台人数变化示意图

在列车到站周期内, 中间站站台要同时容纳已进入站台候车的即将乘车客流, 以及要出站或换乘

的即将离开站台客流。由于列车运能和客流需求存在矛盾,站台客流在工作日高峰时段最易产生滞留。

不同类型的客流在各时段变化情况不同(如图3所示),需分时段进行分析计算。



注: t_{di} 为即将出站人数降至0的用时

图3 列车到站周期内站台客流类型及变化示意图

2.2 即将乘车的客流

任一到站周期 $[t_{ki}, t_{ki+1}]$ 内, 根据 C 、 θ_i 及 P_{Mi} ,

$$P_D(t) = \begin{cases} P_D(t_{ki}) + \int_{t_{ki}}^t v_J(t) dt, & t \in [t_{ki}, t_{ki} + t_{ei}] \\ P_D(t_{ki} + t_{ei}) + \int_{t_{ki} + t_{ei}}^t v_J(t) dt - (t - t_{ki} - t_{ei}) \cdot v_{ci}, & t \in [t_{ki} + t_{ei}, t_{ki} + t_{ti}] \\ P_D(t_{ki} + t_{ti}) + \int_{t_{ki} + t_{ti}}^t v_J(t) dt, & t \in [t_{ki} + t_{ti}, t_{ki+1}] \end{cases} \quad (13)$$

因列车 P_{ki} 不足而滞留的客流, 将继续在站台上等候直至下一趟列车到来。

2.3 即将离开站台的客流

受车站位置及通勤时间的影响, 如果某趟列车下车人数过多, 在下一趟列车到来之前无法疏散站台上的所有乘客, 就会产生滞留, 并影响下一周期站台人数的计算。

根据模型假设, 乘客下车后随即离开站台, 由式(13)可算出 v_{ci} 。 v_{ci} 与 $v_{s, \max}$ 的大小关系决定了下车乘客疏散的速度, 即决定了滞留程度。列车到站周期内即将离开站台的客流量 $P_L(t)$ 变化如图4所示。

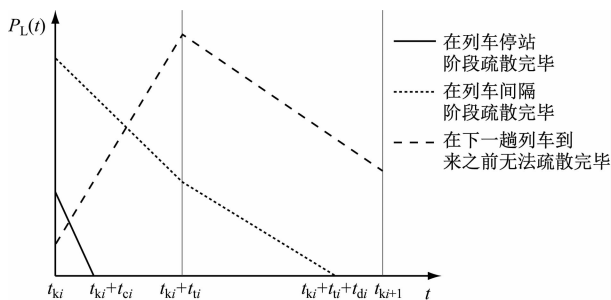


图4 列车到站周期内即将离开站台的客流量变化

可计算列车 i 在该站的剩余载客量 P_{ki} 为:

$$P_{ki} = C - C \cdot \theta_i + P_{Mi} \quad (9)$$

而本站的候车人数为上一周末人数与列车停站期间通过站台连接设施进入站台的人数之和。已知列车 i 的下车人数为 P_{Mi} , 那么本周期的实际上车人数就取决于 P_{ki} 能否满足候车乘客的乘车需求。列车 i 的上下车人数 P_{Ni} 为:

$$P_{Ni} = \min \left[P_{ki}, P(t_{ki}) + \int_{t_{ki}}^{t_{ki} + t_{ti}} v_J(t) dt \right] + P_{Mi} \quad (10)$$

乘客按照先下后上的顺序乘车, 故站停时间可相应分为下车时段和上车时段, 则 t_{ei} 及乘客的乘降速率 v_{ci} 为:

$$t_{ei} = (P_{Mi} / P_{Ni}) \cdot t_{ti} \quad (11)$$

$$v_{ci} = P_{Ni} / t_{ti} \quad (12)$$

进入站台候车即将乘车的人数 $P_D(t)$ 为:

$$t \in [t_{ki}, t_{ki} + t_{ei}]$$

如果列车 i 的下车乘客数较少, 且满足 $v_{ci} \leq v_{s, \max}$, 那么下车乘客可以在列车停站时疏散完毕。根据候车时间 t_{hi} , 有 $(v_{s, \max} - v_{ci}) \cdot t_{hi} > P_L(t_{ki}) > 0$ 。下车乘客疏散完毕的时刻为 $t_{ki} + t_{ci}$, 其中

$$t_{ci} = P_L(t_{ki}) / (v_{s, \max} - v_{ci}) \quad (14)$$

相应的离开站台客流量为

$$P_L(t) = \begin{cases} P_L(t_{ki}) - (v_{s, \max} - v_{ci})(t - t_{ki}), & t \in [t_{ki}, t_{ki} + t_{ci}] \\ 0, & t \in [t_{ki} + t_{ci}, t_{ki+1}] \end{cases} \quad (15)$$

当列车 i 的下车乘客较多时, 即使 $v_{ci} \leq v_{s, \max}$, 也要到乘客候车时段才可疏散完毕。下车乘客疏散完毕的时刻为 $t_{ki} + t_{ti} + t_{di}$, 其中

$$t_{di} = P(t_{ki} + t_{ti}) / v_{s, \max} \quad (16)$$

相应地

$$P_L(t) = \begin{cases} P_L(t_{ki}) + (v_{ci} - v_{s, \max})(t - t_{ki}), & t \in [t_{ki}, t_{ki} + t_{ti}] \\ P_L(t_{ki} + t_{ti}) - v_{s, \max}(t - t_{ki} - t_{ti}), & t \in [t_{ki} + t_{ti}, t_{ki} + t_{ti} + t_{di}] \\ 0, & t \in [t_{ki} + t_{ti} + t_{di}, t_{ki+1}] \end{cases} \quad (17)$$

在高峰时段的终点站或大客流站点,如列车 i 的下车乘客过多,且 $v_{ci} > v_{s,max}$,则乘客疏散不及时,从而大量滞留在站台上,甚至下一趟列车到站时都还未疏散完毕。此时,该周期末的站台滞留量将作为下一周期的原始滞留量计算。有

$$P_L(t) = \begin{cases} P_L(t_{ki}) - (v_{s,max} - v_{ci})(t - t_{ki}), & t \in [t_{ki}, t_{ki} + t_{ti}] \\ P_L(t_{ki} + t_{ti}) - v_{s,max}(t - t_{ki} - t_{ti}), & t \in [t_{ki} + t_{ti}, t_{ki+1}] \end{cases}$$

(18)

2.4 站台人数计算

综合考虑即将乘车的客流和即将离开站台的客流,1 个列车到站周期内的中间站站台人数为:

$$P(t) = P_D(t) + P_L(t)$$

(19)

高峰时段大客流情况下,乘客的滞留时间可能延长。在起点站或终点站,只存在一种类型的客流,因此,在代入模型计算时应注意相关参数的变化。

3 侧式站台仿真计算模型验算

为了验证站台人数计算模型的准确性,本研究使用 Vissim 软件中的 viswalk 行人库来构建城市轨道交通车站的侧式站台仿真计算模型(以下简为“站台仿真模型”),并将仿真计算结果(以下简为“仿真结果”)与站台人数计算模型的计算结果(以下简为“计算结果”)进行对比。

3.1 仿真计算原理

站台仿真模型中,站台由面域模块构成。只要导入站台上的实时人数,并设置设施通行能力,站台仿真模型就能通过外接 com(串行通信)接口程序循环进行固定精度的单步仿真,进而得到各类检测数据。站台仿真模型控制及其数据提取和调整的流程如图 5 所示。

3.2 站台仿真模型的建立

本文在广州地铁 3 号线某中间站侧式站台的基础上,对站厅结构适当简化,建立站台仿真模型如图 6 所示。站台仿真模型中,站台长 144 m,采用 6 节编组的 A 型车,站台两侧各设有 1 组扶梯。根据地铁设计标准,设置单个扶梯的 $v_{s,max}$ 为 6 600 人/h,仿真计算时间为 3 600 s。

站台仿真模型以 v_{ds} 为变量,其他技术参数均设置为常数(见表 1),以 $v_{s,max}$ 和 C 作为约束,模拟高

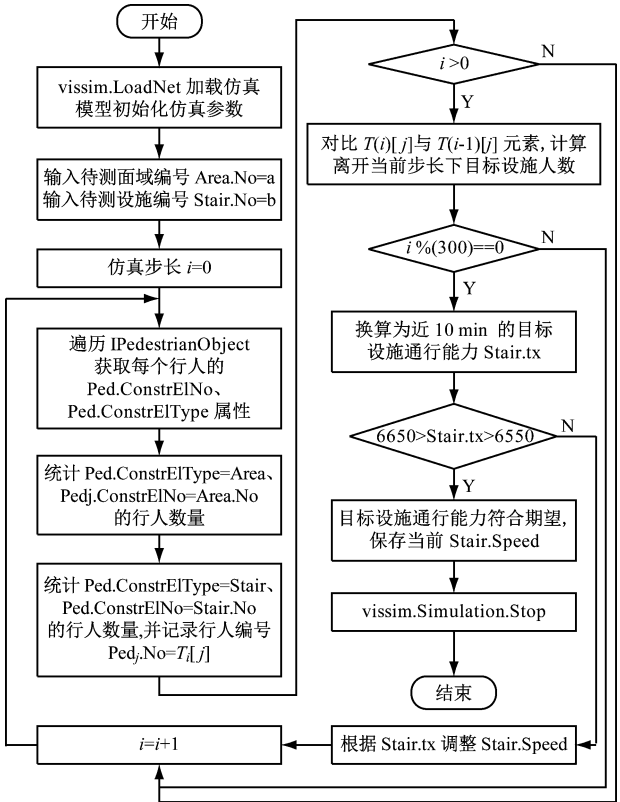


图 5 站台仿真模型控制及其数据的提取和调整流程图

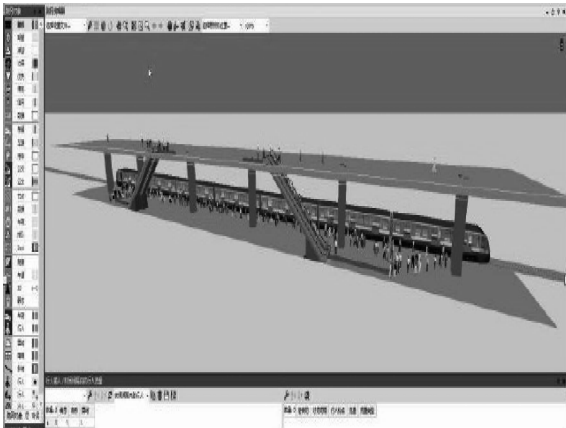


图 6 城市轨道交通某站台仿真模型

峰时段站台人数的变化。仿真计算中, $v_{s,max}$ 取 13 200 人/h, v_{ds} 取值为 4 800 ~ 19 200 人/h(具体如表 2 所示)。

表 1 站台仿真模型参数取值

参数	取值	参数	取值
δ_1	0.5	T_i/s	180
δ_2	0.5	t_{ti}/s	40
$v_{s,max}/(人/h)$	6 600	$\theta_i/\%$	0.85 ^[9]
连接设施长度/m	8.8	$P(t_{ki})/人$	0
$C/人$	2 460	$P_{Mi}/人$	200

表 2 仿真模型的 v_{ds} 取值

时间/s	$v_{ds}/(人/h)$	时间/s	$v_{ds}/(人/h)$
(0,60]	6 000	(1 800,1 860]	15 200
(60,120]	7 200	(1 860,1 920]	14 400
(120,180]	8 400	(1 920,1 980]	13 600
(180,240]	9 600	(1 980,2 040]	12 800
(240,300]	10 800	(2 040,2 100]	12 000
(300,360]	12 000	(2 100,2 160]	11 200
(360,420]	14 400	(2 160,2 200]	10 400
(420,480]	15 600	(2 200,2 260]	9 600
(480,540]	16 800	(2 260,2 320]	8 800
(540,600]	18 000	(2 320,2 380]	8 000
(600,660]	19 200	(2 380,2 460]	7 200
(660,720]	19 200	(2 460,2 520]	6 400
(720,780]	19 200	(2 520,2 580]	5 600
(780,840]	19 200	(2 580,2 640]	4 800
(840,900]	19 200	(2 640,2 700]	4 800
(900,960]	19 200	(2 700,2 760]	4 800
(960,1 020]	19 200	(2 760,2 820]	4 800
(1 020,1 080]	19 200	(2 820,2 880]	4 800
(1 080,1 140]	19 200	(2 880,2 940]	4 800
(1 140,1 200]	19 200	(2 940,3 000]	4 800
(1 200,1 260]	19 200	(3 000,3 060]	4 800
(1 260,1 320]	19 200	(3 060,3 120]	4 800
(1 320,1 380]	19 200	(3 120,3 180]	4 800
(1 380,1 440]	19 200	(3 180,3 240]	4 800
(1 440,1 500]	19 200	(3 240,3 300]	4 800
(1 500,1 560]	19 200	(3 300,3 360]	4 800
(1 560,1 620]	18 400	(3 360,3 420]	4 800
(1 620,1 680]	17 600	(3 420,3 480]	4 800
(1 680,1 740]	16 800	(3 480,3 540]	4 800
(1 740,1 800]	16 000	(3 540,3 600]	4 800

仿真计算开始时, $v_{ds} < v_{s,max}$; 接着, v_{ds} 在较短时间内快速增大, 甚至超过 $v_{s,max}$, 站台连通设施前开始产生滞留; 从 600 s 至 1 560 s 期间, v_{ds} 取最大值 1 920 人/h, 以模拟高峰期大客流持续到达的状态; 随后 v_{ds} 逐渐减小, 大客流状态逐渐消失; 从 2 580 s 直至仿真结束, $v_d = 4 800$ 人/h。

站台仿真模型中, $C = 2 460$ 人, $t_{hi} = 180$ s, 则仿真中经过列车共有 20 趟, $\theta_i = 85\%$, $P_{Mi} = 200$ 人, 当列车停站周期内的候车乘客数大于运输能力时, 站台会发生滞留, 由站台仿真模型可得到实时站台人数。

3.3 仿真结果与计算结果的比较

站台人数的仿真结果和计算结果如图 7 所示。

各周期末站台人数与各周期内最大人数相对误差如表 3 所示。

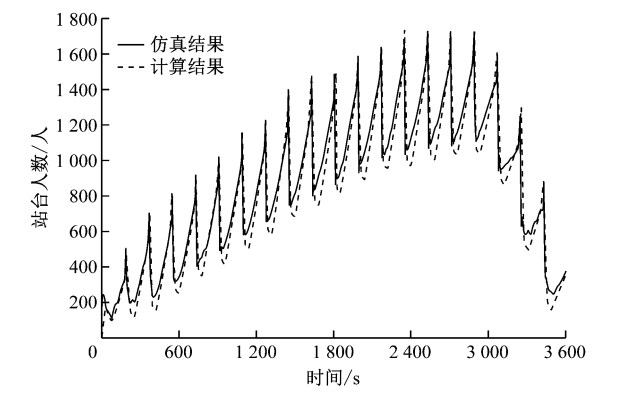


图 7 站台人数的仿真结果与计算结果对比图

表 3 仿真结果与计算结果相对误差

计算周期序号	周期末的站台人数相对误差	周期内最大站台人数相对误差
1	0.019 3	0.267 9
2	0.073 0	0.063 8
3	0.117 6	0.009 5
4	0.106 8	0.021 3
5	0.092 4	0.034 2
6	0.028 4	0.040 0
7	0.040 6	0.008 4
8	0.042 0	0.003 1
9	0.073 0	0.051 8
10	0.077 4	0.030 1
11	0.080 9	0.009 1
12	0.037 6	0.034 6
13	0.083 9	0.000 4
14	0.095 4	0.029 4
15	0.026 1	0.009 6
16	0.035 7	0.009 1
17	0.034 7	0.132 8
18	0.010 6	0.010 5
19	0.000 3	0.036 1
20	0.045 6	0.116 6

注: 站台人数相对误差 = $\left| \frac{\text{仿真结果} - \text{计算结果}}{\text{计算结果}} \right|$

由图 7 可见, 两条曲线具有较高一致度。由表 3 可知, 各周期末站台人数平均相对误差为 5.60%, 各周期内最大人数平均相对误差为 4.59%。故两种方式均能较准确地计算滞留乘客对站台人数的

影响。

此外,在列车离站到进入候车阶段的一小段时间内,计算结果与仿真结果相差明显,而在候车阶段时两者结果又快速接近乃至重合。这是由于为了方便建模和计算,站台仿真模型将乘客的上下车速率平均化,并简化了行人在站台上行走的过程,对周期内各时段候车人数的准确度有一定影响,但并不影响周期内的站台最大人数,且各周期误差不具备累积性。因此,站台仿真模型验证了计算模型较高的有效性。

4 结语

本文对大客流期间站台连接设施处的瓶颈效应进行分析,考虑列车到站周期和滞留情况,以列车到站周期为基础,建立了侧式站台人数计算模型,并通过站台仿真模型来验证该计算模型的有效性。计算结果和仿真结果的相对误差较小,说明计算模型是有效的。

侧式站台人数计算模型能为岛式站台人数计算提供参考,可有效预测站台人数,有助于掌握突发性大客流的形成与发展机制,为车站的运营组织提供参考依据。

参考文献

[1] 金一兵. 模糊数学在预测车站最高聚集人数中的应用[J]. 铁

(上接第 58 页)

- [2] BERA S, RAO K V. Estimation of origin-destination matrix from traffic counts: the state of the art[J]. *EuropeanTransport*, 2011(49):2.
- [3] 姚向明, 赵鹏, 禹丹丹. 城市轨道交通网络短时客流 OD 估计模型[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2015, 15(2): 149.
- [4] 蒋熙, 贾飞凡, 冯佳平. 基于 AFC 数据的城轨路网客流 OD 在线动态估计[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2018, 18(5): 129.
- [5] 李梅, 李静, 魏子健, 等. 基于深度学习长短期记忆网络结构的地铁站短时客流量预测[J]. *城市轨道交通研究*, 2018(11):42.
- [6] HOPFIELD J J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1982, 79(8):2554.
- [7] ELMAN J L. Finding structure in time[J]. *Cognitive Science*,

道运输与经济, 2004, 26(2):68.

- [2] 赵宇刚, 毛保华, 杨远舟. 城市轨道交通站台最高聚集人数计算方法研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2011, 11(2):149.
- [3] 王永亮, 张星臣, 蒋洋, 等. 城市轨道交通侧式换乘站台最高聚集人数计算[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2013, 13(5):167.
- [4] KEPAPTSOGLU K, KARLAFTIS M G. A model for analyzing metro station platform conditions following a service disruption[C]// *International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. Madeira Island, Portugal: IEEE, 2010: 1789.
- [5] 王刚. 城市轨道交通站台乘客聚集模拟模型研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2012.
- [6] SERIANI S, FUJIYAMA T, HOLLOWAY C. Exploring the pedestrian level of interaction on platform conflict areas at metro stations by real-scale laboratory experiments[J]. *Transportation planning and technology*, 2017, 40(1): 100.
- [7] 王菲, 张全欣, 毛保华, 等. 基于时刻表协调的同台换乘聚集人数计算模型[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2013, 13(3):163.
- [8] 商金涛, 陈峰. Vissim 在城市轨道交通车站客流仿真中的应用[J]. *城市轨道交通研究*, 2013, 16(1):54.
- [9] 周小妍. 广州地铁三号线(含三北线)各峰期运输组织的优化分析[J]. *企业技术开发*, 2015, 34(20):72.

(收稿日期:2018-03-14)

1990, 14(2):179.

- [8] BENGIO Y. Learning long-term dependencies with gradient descent is difficult[J]. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1994: 5.
- [9] HOCHREITER S, SCHMIDHUBER J. Long short-term memory. [J]. *Neural Computation*, 1997, 9(8):1735.
- [10] KYUNGHYUN C, BART V B, CAGLAR G, et al. Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation[C]// *EMNLP. The 19th Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Doha, Qatar:EMNLP, 2014.
- [11] GEOFFREY E H, NITISH S, ALEX K, et al. Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors[J]. *Neural and Evolutionary Computing*, 2012(6):35.

(收稿日期:2019-04-01)