

运行延误下地铁换乘站多线协同客流处置方法

李 伟, 徐瑞华, 朱 炜

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 提出列车运营条件下城市轨道交通换乘站多线协同大客流处置方法. 首先分析了换乘站站台客流构成及其变化规律, 基于对乘客整体影响最少的目标构建多线协同大客流处置模型, 满足站台乘客安全约束, 然后利用遗传算法求解得出合理的相邻线路列车跳停方案. 最后以实际换乘站为背景, 进行案例验证分析, 说明该模型的应用过程, 并表明模型具有有效性.

关键词: 城市轨道交通; 换乘站; 运行延误; 多线协同; 行车跳停

中图分类号: U231.92

文献标志码: A

Multi-line Cooperation Method for Passenger Flow Disposal in Metro Transfer Station under Train Delay

LI Wei, XU Ruihua, ZHU Wei

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

Abstract: A multi-line cooperation method for mass passenger flow disposal is proposed in this paper. Based on the analysis of passenger flow on transfer station platform, a multi-line cooperation model is built to satisfy security constraints in the aim of minimizing the affected number of passengers. Then a genetic algorithm is adopted to obtain an optimal skip-stop strategy of the model. Finally, a numerical example is taken to further explain the effectiveness of the disposal method and the application of the model.

Key words: urban rail transit; transfer station; train delay; multi-line cooperation; skip-stop

畅的前提. 从北京、上海等城市轨道交通网络的换乘站现状看, 站台客流聚集程度高、拥挤状况严重, 使得车站客运组织及安全管理面临巨大压力. 当换乘站衔接的某线路发生列车运行延误(以下简称为延误线路)等突发事件时, 延误线路站台上乘客无法及时乘车离开, 而进站和换乘的乘客持续到达, 造成大量客流聚集站台, 并进一步引发车站大客流事件, 将严重威胁站台乘客的人身安全和轨道交通的有序运营. 因此, 需要针对列车运行延误的情况及时对换乘站采取相应的客流管控方案, 保证站台乘客安全及运营秩序稳定.

车站大客流的应急处置可以从车站客运作业和行车调整两方面进行, 已有文献对此进行了相应的研究. 文献[1-2]提出了车站处置措施, 主要包括: 加强票务组织、车站客运疏导、限制进出站客流、设置隔离设施等客运组织作业. 文献[3-6]对紧急情况下车站客流进行仿真分析, 提出了加强车站客运组织的对策, 为车站应急处置提供参考. 文献[7-8]提出了通过调整行车间隔, 使用备用列车, 灵活调整行车交路, 增开救援列车, 组织列车跳停等本线行车调整方案, 进行大客流处置的方法.

但是不同于普通车站, 换乘站的客流组成还包含了大量的换乘客流, 仅通过本站客运组织和本线的列车运行调整, 难以控制换乘客流的持续增加, 仍然无法有效缓解站台客流的聚集. 因此, 需要从控制换乘客流的角度出发, 利用换乘站内与延误线路相邻的其他线路(以下简称为相邻线路)列车运行调整的方法(跳停)控制换乘客流, 以减缓站台乘客积压, 保障车站秩序和乘客安全. 基于上述背景, 本文提出列车运行延误条件下的换乘站多线协同大客流处置方法, 通过建立乘客整体影响最小为目标的多线协同大客流处置模型, 确定相邻线路列车跳停方案, 为

城市轨道交通网络化的快速发展使得换乘站客流增长迅速, 作为城市轨道交通网络运营的重要节点, 换乘站高效合理的客运组织是全网运输安全通

收稿日期: 2014-03-30

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2011BAG01B01); 国家自然科学基金(G010902)

第一作者: 李 伟(1989—), 男, 博士生, 主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: aliweib1@126.com

通讯作者: 徐瑞华(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为运输组织现代化. E-mail: rhxu@tongji.edu.cn

列车运行延误条件下的换乘站应急客流处置提供辅助决策依据。

1 列车运行延误条件下换乘站多线协同客流处置方法

城市轨道交通在列车运行延误条件下,沿线车站客流将持续增加,引发安全风险。对于普通车站而言,通常可采取相应的车站限流措施,对进入车站、站台的客流进行控制。而对于换乘站,客流组成中除了进出站乘客以外,还包括大比例的换乘客流。以上海人民广场站为例,其工作日的换乘客流占车站总客流的 60%,因此仅通过控制本站进站客流数量、客流到达站台时间难以保障站台客流安全,还需控制换乘客流。这里,提出换乘站多线协同大客流处置方法,即:在某线路列车运行延误条件下,在换乘站采用车站客流管控措施的基础上,采用相邻线路列车“跳停”的运行调整方法,减少换乘到延误线路的客流量,从而缓解延误线路站台的客流聚集。

所谓“跳停”是指原本停站的列车临时改为不停站通过,往往是在列车运营不正常或大客流情况下所采用的列车运行调整方法。该方法能够有效地减少跳停站客流量,但同时也会造成需在该站上下车的乘客出行不便,需要相应的配套客运组织措施,如提前两站以上通知车内乘客、相关车站广播告知等。对于换乘站而言,采用相邻线路列车跳停,在显著减少延误站台换乘客流的同时,跳停站台上乘客会因列车不停站而无法上车离开,形成类似“列车延误”的情形。因此,换乘站大客流的多线协同大客流处置方案需要综合考虑换乘站站台客流安全以及对乘客出行的影响,确定合理的跳停线路与跳停方案。

2 站台客流构成分析

跳停线路和跳停方案的不同将导致站台客流变化趋势发生改变,需要首先讨论换乘站站台客流构成,分析采取跳停方案后站台客流的变化趋势。车站站台总客流量是一个随着列车到达和出发而变化的离散函数^[9],从客流构成上来看,站台上的客流主要有五部分:站台上已有客流、进站客流、换入客流、换出客流及出站客流。以分方向线路 k (为叙述方便,以下将分方向的线路简称为分线) 及其对应站台为例加以说明,并定义变量如表 1 所示。

表 1 变量定义

Tab.1 Variable definitions

变量	意义
m	换乘站内总共包含的线路数量
$i^{(p)}, j^{(q)}$	分线编号($i, j=1 \sim m$), p, q 表示线路运行方向, 0 为上行方向, 1 为下行方向
h	延误时间内分线上运行的列车序号
$a_{i^{(p)} \rightarrow j^{(q)}} (i, j=1 \sim m; p, q=0, 1)$	单位时间从分线 $i^{(p)}$ 换入分线 $j^{(q)}$ 的客流量, $a_{i^{(p)} \rightarrow j^{(q)}} = \sum_h a_{i^{(p)} \rightarrow j^{(q)}}^{(h)}$
$b_i^{(p)}, c_i^{(p)} (i=1 \sim m; p=0, 1)$	分别表示单位时间分线 $i^{(p)}$ 的进、出站量, $c_i^{(p)} = \sum_h c_{i^{(p)}}^{(h)}$
K	一定时间内乘客的进站速率, $\text{人} \cdot \text{min}^{-1}$, 与 $b_i^{(p)}$ 相关
$I_i^{(p)} \rightarrow_k$	乘客从分线 $i^{(p)}$ 到本线 k 的平均换乘时间
$\Phi_i^{(p)} \rightarrow_k (t)$	正态分布 $N(I_i^{(p)} \rightarrow_k, \sigma^2)$ 累计概率
K_{leave}	站台的乘客离去速率, $\text{人} \cdot \text{min}^{-1}$
$f_{\text{cap}}^{(k)}$	分线 k 的列车容量
$f_{\text{sec}}^{(h, k)} (t)$	分线 k 上的列车 h 到站前的断面客流
$f_{\text{index}}^{(k)}$	分线 k 的不同种类客流量, 当 $\text{index} = \text{origin}$ 时, 表示站台上已有客流; $\text{index} = \text{in}$ 时, 表示进站客流; $\text{index} = \text{InterIn}$ 时, 表示换乘客流中的换入客流; $\text{index} = \text{InterOut} + \text{Out}$ 时, 表示到达列车上的换出客流与出站客流; $\text{index} = \text{alight}$ 时, 表示站台上能够上车的乘客数量; $\text{index} = \text{alight_count}$ 时表示进站客流与换入客流总和; $\text{index} = \text{alight_max}$ 时, 表示能够上车的最大人数

进站客流是随时间递增的函数, 假设较短时间内乘客的进站速率相同^[10], t 为时间, 则进站客流随时间变化的函数可以表示为

$$f_{\text{in}}^{(k)}(t) = Kt \quad (1)$$

换入客流同相邻线路的列车到达有关, 当相邻线路 $i^{(p)}$ 列车 h 到达, 产生一定数量换入本线 k 的客流 $a_{i^{(p)} \rightarrow k}^{(h)}(t)$, 假设换乘客流经换乘走行到达本站台的时间(换乘时间)服从正态分布, 为 $N(I_i^{(p)} \rightarrow_k, \sigma^2)$, 则在 t 时间点上换入客流为 $a_{i^{(p)} \rightarrow k}^{(h)}(t) [\Phi_i^{(p)} \rightarrow_k(t) - \Phi_i^{(p)} \rightarrow_k(t-1)]$, 因此对于所有的相邻线路, 本线 k 的换入客流随时间变化的函数可以表示为

$$f_{\text{InterIn}}^{(k)}(t) = \sum_h \sum_{i, p} [a_{i^{(p)} \rightarrow k}^{(h)}(t) \Phi_i^{(p)} \rightarrow_k(t)] \quad (2)$$

换出客流和出站客流同本线路的列车到达有关, 当本线路 k 的列车 h 到达, 产生一定数量的下车客流, 包括换出客流 $a_{k \rightarrow i^{(p)}}^{(h)}(t)$ 和出站客流 $c_k^{(h)}(t)$, 假设站台离开乘客的消散速率一定, 因此下车客流随时间变化的函数可以表示为

$$f_{\text{InterOut} + \text{Out}}^{(k)}(t) = \max(\sum_h \sum_{i, p} a_{k \rightarrow i^{(p)}}^{(h)}(t) + \sum_h c_k^{(h)}(t) - K_{\text{leave}} t, 0) \quad (3)$$

式中: $\max()$ 规定站台上的下车客流不能为负数。

此外, 站台上的客流变化也同本线路的列车到达有关, 列车到达时的上车客流同进站客流和换入

客流有关,取 $f_{\text{align_count}}^{(k)}$ 。但同时上车客流也受限于列车容量、列车到站时的已有人数及需要下车人数,取 $f_{\text{align_max}}^{(k)}$,其中列车上的已有人数可以通过列车到站前的断面客流获取,则上车客流取两者中的小者,可表示为

$$\begin{aligned} f_{\text{align_count}}^{(k)} &= f_{\text{in}}^{(k)}(t) + f_{\text{InterIn}}^{(k)}(t) \\ f_{\text{align_max}}^{(k)} &= \sum_h (f_{\text{cap}}^{(k)} - f_{\text{sec}}^{(h,k)}(t) + \\ &\quad \sum_{i,p} a_{k \rightarrow i}^{(h,p)}(t) + c_k^{(h)}(t)) \\ f_{\text{align}}^{(k)}(t) &= \min(f_{\text{align_count}}^{(k)}, f_{\text{align_max}}^{(k)}) \end{aligned} \quad (4)$$

其中 $f_{\text{align}}^{(k)}(t)$ 规定了能够上车的乘客数量,未能上车的乘客产生滞留,等候后续列车。因此,站台总客流量可以表示为

$$V^{(k)}(t) = f_{\text{origin}}^{(k)} + f_{\text{in}}^{(k)}(t) + f_{\text{InterIn}}^{(k)}(t) + f_{\text{InterOut+Out}}^{(k)}(t) - f_{\text{align}}^{(k)}(t) \quad (5)$$

各组成部分及 $V^{(k)}(t)$ 的示意图如图1所示。

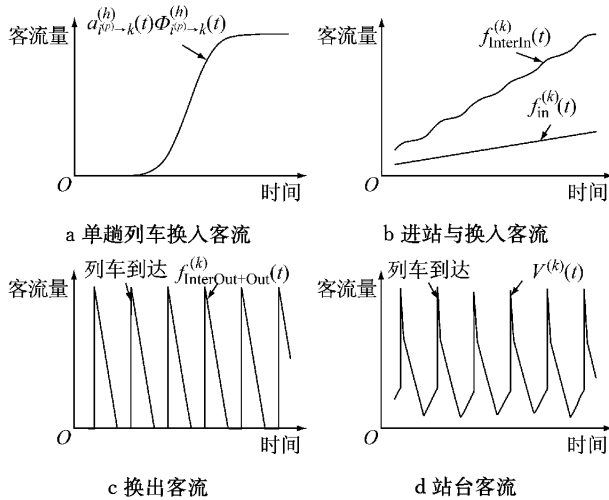


图1 站台客流及组成

Fig.1 Passenger flow composition of platform

列车运行延误条件下,从换乘站站台客流表达式(5)中看出, $f_{\text{InterOut+Out}}^{(k)}(t) - f_{\text{align}}^{(k)}(t)$ 由于列车延误始终为零,站台上客流将只增不减,如图2a所示。此时仅控制进站客流 $f_{\text{in}}^{(k)}(t)$,或延长客流到达站台时间还难以保障站台客流安全,还需控制换入客流 $f_{\text{InterIn}}^{(k)}(t)$ 。本文所提出的换乘站多线协同大客流处置方法,正是通过相邻线路采用列车“跳停”来达到减少换乘延误线路客流量的目的,采用跳停方法后的站台客流示意图如图2b所示。需要指出的是,这样的方法会使得非延误线路站台上乘客因列车跳停而无法上车离开,形成新的站台客流聚集。因此,合理的相邻线路协同处置方案应综合考虑上述两方面因素,在保障客流安全的同时使受影响乘客最少。

定义跳停策略的表示形式,以 \bar{g}_s 表示分线 s 的跳停策略, \bar{g}_s 为关于 h 的向量,其中元素 $g_s^{(h)} = 1$ 表示列车 h 跳停, $g_s^{(h)} = 0$ 表示列车 h 正常停站,则控制的客流:采用“跳停”策略后相邻线路换入分线 k 的客流可以变更为

$$\begin{aligned} &(1 - g_s^{(h)}) a_{i^{(p)} \rightarrow k}^{(h)}(t) = \\ &\begin{cases} 0, & \text{分线 } i^{(p)} \text{ 列车 } h \text{ 跳停} \\ a_{i^{(p)} \rightarrow k}^{(h)}(t), & \text{分线 } i^{(p)} \text{ 列车 } h \text{ 不跳停} \end{cases} \end{aligned}$$

则影响的客流:分线 s 采取跳停后,其换出客流中受影响的有 $g_s^{(h)} a_{s \rightarrow i^{(p)}}^{(h)}(t)$,出站客流中受影响的有 $g_s^{(h)} c_s^{(h)}(t)$,上车客流中受影响的有

$$f_{\text{align}}^{(s)}(t) = \sum_h g_s^{(h)} \min(f_{\text{align_count}}^{(s)}, f_{\text{align_max}}^{(s)}) \quad (6)$$

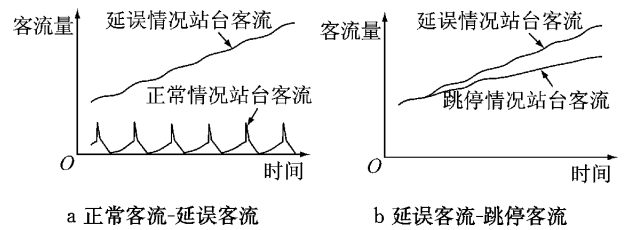


图2 延误情况下站台客流

Fig.2 Passenger flow under train delay

3 列车运行延误条件下多线协同大客流处置模型

如前文所述,换乘站大客流多线协同处置方案需要综合考虑站台客流安全和对乘客的影响,即在保证站台客流数量处于安全水平的条件下,使受影响客流数量最少。由此建立多线协同大客流处置模型如下:

3.1 约束条件

上海城市轨道交通《大客流管理专项方案》中指出,站台客流安全条件为站台峰值客流不超过站台客流安全警戒线(即站台最大聚集客流量的80%),本文采用该值为站台客流安全水平的标准,则站台客流安全约束可以表示为站台客流不超过站台警戒值,因此有如下约束条件:

(1) 延误线路所在站台客流安全约束

站台初始客流与延误时间内相邻线路换入客流和进站客流之和不超过站台饱和度的预警值,以 o 表示延误线路,延误站台客流安全约束为

$$V^{(o)}(t) = f_{\text{origin}}^{(o)} + f_{\text{in}}^{(o)}(t) + f_{\text{InterIn}}^{(o)}(t) \leq V_{\text{预警}}^{(o)} \quad (7)$$

(2) 跳停线路所在站台客流安全约束

采取线路跳停后,列车本站不停站通过,跳停线路会形成类似“列车延误”的情况,致使跳停站台客

流积压,以 s 表示跳停线路,跳停站台客流安全约束为

$$V^{(s)}(t) = f_{\text{origin}}^{(s)} + f_{\text{in}}^{(s)}(t) + f_{\text{InterIn}}^{(s)}(t) + f_{\text{InterOut+Out}}^{(s)}(t) - f_{\text{alight}}^{(s)}(t) \leq V_{\text{预警}}^{(s)} \quad (8)$$

(3) 跳停次数约束

根据人工列车运行调整方法规定^[11],不能跳停同一条线路列车多次,因此有

$$0 \leq \sum_h g_s^{(h)} \leq n_{\text{limit}}, \forall s \quad (9)$$

式中: n_{limit} 表示跳停次数的上限,一般可取 4~8 次,本文取 6.

3.2 模型目标

在满足站台客流安全约束的前提下,确定跳停线路和跳停方案的主要依据是受到列车跳停影响的乘客数最少. 采取“跳停”策略后受影响的乘客主要有:站台上需要乘坐该跳停线路的乘客(其他线路换入及进站客流),取 $f_{\text{alight_max}}^{(s)}(t)$;跳停线路列车上需下车的乘客(换乘其他线路及出站客流),取 $f_{\text{InterOut+Out}}^{(s)}(t)$. 模型目标可以表示为

$$\min f = \sum_s (\alpha f_{\text{alight_max}}^{(s)}(t) + \beta f_{\text{InterOut+Out}}^{(s)}(t)) = \sum_s \left\{ \alpha \sum_h g_s^{(h)} \min(f_{\text{alight_count}}^{(s)}, f_{\text{alight_max}}^{(s)}) + \beta \sum_h g_s^{(h)} \left(\sum_{i,p} a_{s \rightarrow i}^{(h,p)}(t) + c_s^{(h)}(t) \right) \right\} \quad (10)$$

式中: α 和 β 分别表示“跳停”对站台上需要上车的乘客与列车上需要下车乘客的影响权重,其值由决策者进行专家打分制定,本文取 0.5.

3.3 求解算法

由于换乘站包含的分线多、列车开行车次密,可供选择的跳停方案多,因此模型具有 NP-Hard 的性质,难以直接求解. 采用遗传算法 (genetic algorithm, GA) 可以有效求解此难解优化问题^[12],一是因为模型的跳停策略 g_s 中的元素取值 0-1 很好地适应遗传算法中的二进制编码规则,二是因为站台客流变化趋势是时间的函数,直接计算困难. 基于该模型的遗传算法设计如下:

(1) 编码策略

采用二进制编码方法,设计出一种长度为延误时间内所有相邻线路上下行运行列车总数的染色体,每一种编码对应于一种多线协同大客流处置方案(相邻线路跳停方案). 例如对线路上行 l^0 、下行 l^1 可采取如下跳停策略:

$$[g^{l^0} \ g^{l^1}] = [1 \ 0 \ \cdots \ 0 \ 0 \ 1 \ \cdots \ 1]$$

上式表示分线 l^0 第 1 趟列车跳停,其余列车正常停站,分线 l^1 第 2 趟列车跳停,最后一趟列车跳停,其

余列车正常停站.

(2) 生存条件

用于判断该方案能否满足生存条件,本文选取模型的三个约束:延误站台客流安全、跳停站台客流安全和跳停总数限制,满足生存条件留下,否则淘汰.

(3) 适应函数

适应函数是群体中个体生存计划选择的惟一性指标,直接影响群体的进化行为,适应度函数一般是依据问题的目标函数而定,其取值越小,方案越优.

(4) 遗传算子

标准遗传算法的操作算子一般都包括选择、交叉和变异三种基本形式,它们构成了遗传算法具备强大搜索能力的核心. 限于文章篇幅,本文仅给出操作算子的核心部分,选择:父代中适应度最大的留下,其余按概率 $p_x = f_x / \sum_x f_x$ 留下待交叉或遗传, f_x 为方案 x 的目标函数值, N 为种群数目;交叉:父代中的遗传信息按概率交换,建议交叉概率为 $p_c = 0.40 \sim 0.99$;变异:子代中的遗传信息按概率突变,建议变异概率 $p_m = 0.001 \sim 0.100$.

(5) 终止算法

如果获得的子代结果满足停止某个指定条件,终止算法,本文取选择前后两代最佳适应度个体差距小于一定误差范围的次数达到五次时终止;否则返回继续遗传过程. 为避免遗传算法二进制编码的 Hamming Cliff 现象出现,可将种群数量设大,并进行多次遗传搜索,取优值.

4 算例分析

以上海轨道交通 A 车站为例进行研究, A 车站示意图如图 3 所示. A 车站由地铁 1 号线、2 号线、8 号线构成,为三线换乘车站. 各线路之间的换乘客流见表 2,进出站客流和前一断面客流见表 3,行车间隔和站台预警客流人数见表 4,各换乘走行时间为:1 号线和 2 号线之间 280 s,1 号线和 8 号线之间 129 s,2 号线和 8 号线之间 329 s. 假设 1 号线上行方向于某工作日发生较长时间的列车运行延误,引起该换乘站在 08:30—08:50 时间段受列车运行延误影响,若现场不采取措施,根据本文第 2 节中站台总客流量函数(见式(5)),站台客流将很快超过客流警戒线,如图 4 所示,对站台乘客造成安全隐患. 需要说明的是,由于 1 号线站台为岛式站台,上下行方向

的乘客均在此站台进行上下车,因此站台客流应为1号线上行和下行客流的叠加。

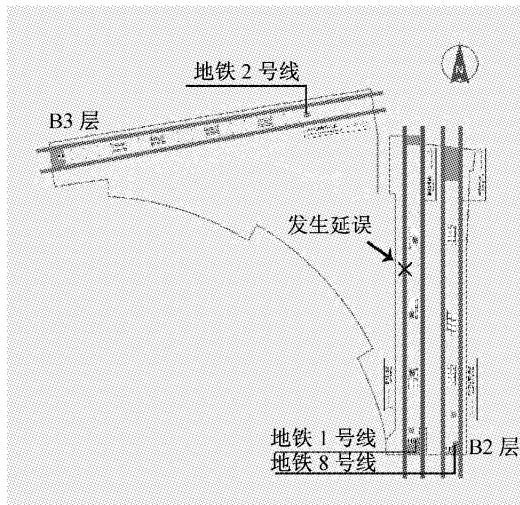


图3 上海轨道交通A车站示意图

Fig.3 Sketch of station A in Shanghai rail transit

表2 08:30—08:50 A车站换乘客流量

Tab.2 Transfer flow at station A between 08:30—08:50

换乘客流	客流量					
	1号线 上行	1号线 下行	2号线 上行	2号线 下行	8号线 上行	8号线 下行
1号线上行	0	0	1 354	209	262	591
1号线下行	0	0	2 259	1 606	1 561	206
2号线上行	498	403	0	0	498	191
2号线下行	1 007	648	0	0	61	85
8号线上行	392	1 386	257	626	0	0
8号线下行	1 329	242	104	501	0	0

表3 08:30—08:50 A车站进出站、断面客流量

Tab.3 In- and out-flow at station A

between 08:30—08:50

车站 客流	客流量					
	1号线 上行	1号线 下行	2号线 上行	2号线 下行	8号线 上行	8号线 下行
进站	102	238	221	181	131	44
出站	2 085	1 614	1 976	1 610	1 234	1 416
前一段面	7 916	12 785	13 315	10 586	7 276	5 495

表4 车站属性

Tab.4 Model parameters

属性	1号线 上行	1号线 下行	2号线 上行	2号线 下行	8号线 上行	8号线 下行
行车间隔/s	164	164	201	201	165	165
站台客流警戒线/人	3 766	3 766	3 814	3 814	3 983	2 562

该情况下,A车站需迅速启动应急预案应对站台聚集客流,保障站台乘客安全.通过A车站客流数据(见表3和4)可以看出,早高峰A车站换乘客流占客流总比例较大,达到车站总客流的57.0%,而进站量很小,尤其是1号线上行,进站量(102)远小于

相邻线路换入量(3 226),因此仅控制进站客流,或延迟客流到达站台时间仍难以保障站台客流安全,还需要相邻线路协同配合以控制换乘客流来进行客流处置,该情况适用于本文第3节中提出的模型。

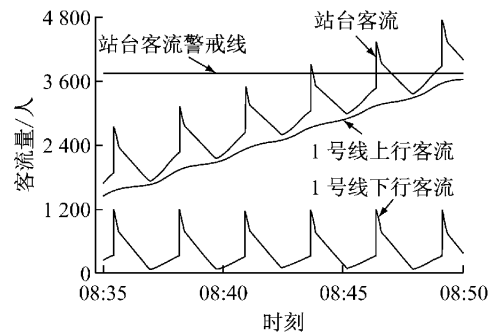


图4 1号线延误站台客流

Fig.4 Platform passenger flow of Line 1 under train delay

采用C#.NET语言环境编写遗传算法求解该模型,程序中遗传算法的参数选择如下:群体规模 $N=100$,交叉概率 $p_c=0.75$,变异概率 $p_m=0.05$.运行程序多次后,算法在迭代30次左右后达到收敛,计算过程及结果表明,该模型及算法的收敛情况较为理想,如图5所示.较优的多线协同大客流处置方案为000000000000000000001000010010,影响的乘客总数最小为2 088.解码后方案为8号线上行跳停第7趟列车,8号线下行跳停第4趟、第7趟列车。

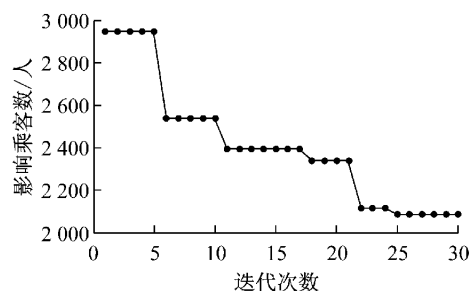


图5 遗传算法收敛性

Fig.5 Convergence of genetic algorithm

采取该方案后,A车站1号线延误站台的客流趋势变化如图6a所示,1号线上行客流增势减缓,站台客流变化在列车运行延误时间内不会超过站台客流警戒线,满足延误线路所在站台客流安全约束(见式(7)).同时对于采取列车跳停策略的8号线站台客流趋势变化如图6b所示,其站台客流也不会超过站台客流警戒值,满足跳停线路所在站台客流安全约束(见式(8)).需要指出,由于2号线在人民广场站需要上下车的乘客数量较多,跳停2号线列车会造成更多的乘客受到影响,因此本案例中的较优解不包含2号线跳停策略。

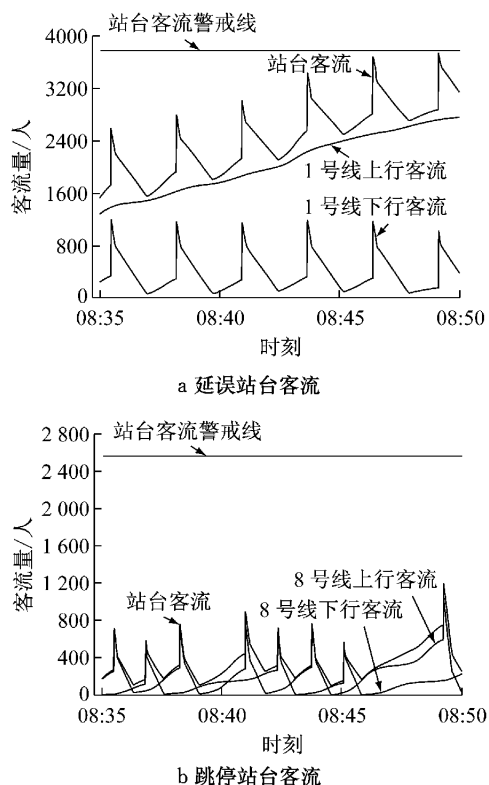


图 6 采用跳停策略后客流

Fig. 6 Situation after adopting skip-stop strategy

结果表明,采用多线协同大客流处置的方法能够有效控制延误站台客流总量,保障站台客流安全。因此当换乘站线路发生运行延误后,除常规的车站限流、设置通道障碍、加强票务组织等大客流应急处置方案外,还可采用多线协同大客流处置的方法配合使用以应对。

5 结语

多线协同大客流处置方法是实现换乘站大客流管控的一种新的大客流应急处置方法,能够在车站常规客运组织基础上,减少换乘客流以缓解站台客流的积压,保障站台乘客安全,可有效应对运行延误条件下的换乘站站台大客流事件。案例分析结果表明,模型求解直观易于实现,得出结果可为换乘站大客流应急处置提供数据支持,为车站工作人员应对站台大客流提供一定的参考。由于列车跳站运行,车站和列车上需要配套相关客运服务措施,提供及时、准确的列车信息,以保证乘客及时准确地选择出行方式。

参考文献:

[1] 张伦,陈扶崑. 地铁车站大客流运营组织探讨[J]. 城市轨道交通

通研究, 2011, 14(5): 87.

ZHANG Lun, CHEN Fukun. On large passenger flow operating organizations at metro station[J]. Urban Mass Transit, 2011, 14(5): 87.

[2] 陈绍宽, 刘爽, 肖雄, 等. 基于 M/G/c/c 模型的地铁车站楼梯通道疏散能力瓶颈分析[J]. 铁道学报, 2012, 34(1): 7. CHEN Shaokuan, LIU Shuang, XIAO Xiong, et al. M/G/c/c-based model of passenger evacuation capacity of stairs and corridors in metro stations[J]. Journal of the China Railway Society, 2012, 34(1): 7.

[3] WU Guanyuan, CHIEN Shenwen, HUANG Yuanting. Modeling the occupant evacuation of the mass rapid transit station using the control volume model[J]. Building and Environment, 2010, 45(10): 2280.

[4] SHI Congling, ZHONG Maohua, NONG Xingzhong, et al. Modeling and safety strategy of passenger evacuation in a metro station in China[J]. Safety Science, 2012, 50(5): 1319.

[5] LI J P. Train station passenger flow study[C]//Simulation Conference. Orlando, FL; IEEE, 2000: 1173-1176.

[6] Yeo M W, Oh S C, Kim C H, et al. A study on the prevention of accidents in subway station through the surveys on accidents in a subway station [C]//SICE-ICASE International Joint Conference. Busan; IEEE, 2006: 3912-3915.

[7] 宋利明. 地铁线网大客流应对措施探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2011, 14(8): 49.

SONG Liming. Measures for large passenger flow organization in metro[J]. Urban Mass Transit, 2011, 14(8): 49.

[8] 刘浩江. 地铁运营中的行车调度调整策略[J]. 都市快轨交通, 2006, 19(6): 1.

LIU Haojiang. Strategies for regulating traffic dispatch in metro operation[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2006, 19(6): 1.

[9] 赵宇刚, 毛保华, 杨远舟, 等. 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.

ZHAO Yugang, MAO Baohua, YANG Yuanzhou, et al. Methods of calculating the maximum assembling on urban rail transit platforms [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 11(2): 149.

[10] 马莉. 城市轨道交通枢纽乘客客交流状态分析与评价[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.

MA Li. Analysis and evaluation of passenger traffic flow in urban rail transit[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009.

[11] 徐瑞华, 张国宝, 徐行方. 轨道交通系统行车组织[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.

XU Ruihua, ZHANG Guobao, XU Xingfang. Rail transit train operation organization [M]. Beijing: China Railway Press, 2005.

[12] 史峰, 王英姿, 陈群. 城市交通微循环网络设计优化模型[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2012, 39(12): 1795.

SHI Feng, WANG Yingzi, CHEN Qun. Optimization model for traffic microcirculation network design[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2012, 39(12): 1795.