

高铁车站突发大客流客运工作组织仿真优化

姚倩¹, 梁瑛婕²

¹中国铁路成都局集团有限公司, 四川 成都

²西南交通大学交通运输与物流学院, 四川 成都

收稿日期: 2021年9月10日; 录用日期: 2021年11月11日; 发布日期: 2021年11月19日

摘要

随着越来越多的旅客选择乘坐动车组列车出行, 高速铁路车站突发大客流现象也愈普遍。本文对不同类型突发大客流的特征进行分析总结, 在现有文献的基础上, 提出高铁车站突发大客流的定义, 并通过量化发送突发大客流和到达突发大客流对大客流事件等级进行划分, 针对车站关键服务环节采用仿真分析的手段, 给出对不同情境下的客运工作组织建议。本文研究为突发大客流情境下高铁车站各个环节人员、设备数量布置提供参考。

关键词

突发大客流, 高铁车站, 事件等级划分, 仿真分析

Simulation Analysis of High-Speed Railway Station under Different Emergency Levels of Outburst Mass Passenger Flow

Qian Yao¹, Yingjie Liang²

¹China Railway Chengdu Bureau Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan

²School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Received: Sep. 10th, 2021; accepted: Nov. 11th, 2021; published: Nov. 19th, 2021

Abstract

With more and more passengers choosing to travel by EMU, the phenomenon of outburst mass passenger flow in high-speed railway station is becoming more and more common. In this paper, the characteristics of different types of outburst mass passenger flow are analyzed and summarized.

On the basis of the existing literature, the definition of outburst mass passenger flow in high-speed railway station is proposed, and the event level of large passenger flow is divided by quantifying the sending and arriving outburst mass passenger flow, suggestions on passenger transport organization in different situations are given. This study provides the reference for the number of personnel and equipment in each link of high-speed railway station under the situation of outburst mass passenger flow.

Keywords

Outburst Mass Passenger Flow, High-Speed Railway Station, Event Level Division, Simulation Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在我国高速铁路快速发展的今天,越来越多的旅客选择乘坐动车组列车出行,与此同时,高速铁路车站突发大客流现象也愈发普遍。众多学者在大客流管控、行人行走特性分析、应急管理 with 客流疏散等方面分别做了大量的研究[1] [2] [3]: 吴璐[4]在复杂网络理论和客流拥挤传播理论的基础上,分析了突发客流条件下的城市轨道交通车站客流控制方法; Arunraj [5]基于仿真技术分析事故发展的不确定性,并建立相应模型; 刘铁民提出突发事件应急准备与处置是当前管理工作中最前沿的科学与实践课题[6],并构建基于“情景-任务-能力”的应急预案编制技术,为我国重特大突发事件的应急预案编制提供了理论和技术支撑[7]; 唐金金[8]制定了黄、橙、红三级预警机制,研究大型铁路客运站大客流预警及应对方案; 李群[9]以“情景构建”方法为指导,构建了“应急演练模型库”; 韩泉叶[10]在对线网突发应急事件分级模型进行研究的基础上,提出了一种分类分级的三元组模型,同年又提出一种新的利用模糊层次分析法来计算关键因素的模糊权重的应急事件动态模糊分级算法[11]。此外,众多专家学者对铁路运输事故预防、安全保障、事故处理及救援分别做了大量研究[12] [13] [14]。

目前突发大客流的观念主要运用于轨道交通。由于高铁车站在设计理念、流线规划、候车功能划分、设施设备及工作组织等方面都与目前既车站旅客工作组织各环节为对象,研究突发大客流特征,通过对现有工作组织优点总结、问题分析,并且针对典型关键问题采用仿真分析的手段,对不同情境下的客运工作组织提出定性与定量相结合的参照标准。

2. 突发大客流等级划分

2.1. 相关概念

车站旅客发送限制能力: 限制车站客流发送的最小设施设备能力。其中,设施设备能力包括: 车站候车能力、车站实名验证能力和车站安检能力。计算公式如下:

$$L_s = \min\{H, Y, J\}$$

式中: L ——车站限制能力;

H ——车站候车能力,为车站可容纳最大候车人数;

Y ——车站实名验证能力, 取 30 分钟累计通过实名验证的旅客人数;

J ——车站安检能力, 取 30 分钟累计通过安检的旅客人数。

车站旅客出站限制能力: 限制到达旅客出站疏散的最小设施设备能力。其中, 设施设备能力主要考虑车站出站验票能力, 取 30 分钟累计可通过出站检票环节的旅客人数。

车站服务能力利用率: 车站发送(到达)人数与车站旅客发送限制能力(出站限制能力)的比值。

发送客流倍率: 用于刻画车站发送客流突发程度。非晚点情况时, 选取实际发送人数与日均同时间段发送人数的比值; 大面积晚点情况时, 选取候车室旅客积压人数与候车室能力的比值。

实际发送人数: 实际运用中, 以 30 分钟为间隔, 统计车站旅客发送量, 该结果与车站聚集人数最为接近。

旅客积压人数: 实际运用中, 以 30 分钟为间隔, 统计车站发送旅客积压量。

2.2. 大客流事件分级标准

2.2.1. A 级大客流事件

发送客流和到达客流等级划分分别如图 1 和图 2 所示。符合下列条件之一的为车站 A 级大客流事件:

- 1) 对于发送客流, 车站服务能力利用率大于 100%;
- 2) 对于到达客流, 车站服务能力利用率大于 150%。

根据发送客流倍率将 A 级大客流事件划分为 4 个突发等级。当发送客流倍率小于等于 1.5 倍时, 客流突发强度等级为 0 级; 当发送客流倍率大于 1.5 小于 2 倍时, 客流突发强度等级为 1 级; 当发送客流倍率大于 2 小于 3.5 倍时, 客流突发强度等级为 2 级; 当发送客流倍率大于等于 3.5 倍时, 客流突发强度

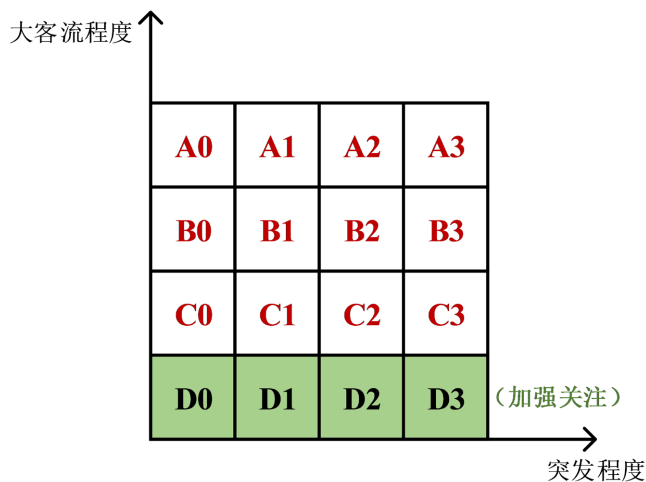


Figure 1. Classification of sending passenger flow
图 1. 发送客流等级划分

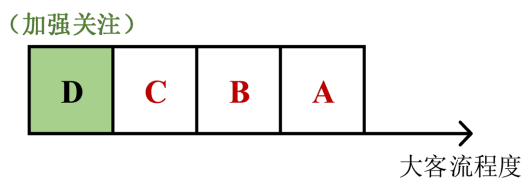


Figure 2. Classification of arrival passenger flow
图 2. 到达客流等级划分

等级为3级。因此A级大客流事件可划分为A0、A1、A2、A3,其突发等级由大到小排列为:A3 > A2 > A1 > A0。

2.2.2. B级大客流事件

符合下列条件之一的为车站B级大客流事件:

- 1) 对于发送客流,车站服务能力利用率大于80%,但不超过100%;
- 2) 对于到达客流,车站服务能力利用率大于100%,但不超过150%。

根据发送客流倍率将B级大客流事件可划分为B0、B1、B2、B3,划分标准同上,其突发等级由大到小排列为:B3 > B2 > B1 > B0。

2.2.3. C级大客流事件

符合下列条件之一的为车站C级大客流事件:

- 1) 对于发送客流,车站服务能力利用率大于60%,但不超过80%;
- 2) 对于到达客流,车站服务能力利用率大于80%,但不超过100%。

根据发送客流倍率将C级大客流事件可划分为C0、C1、C2、C3,划分标准同上,其突发等级由大到小排列为:C3 > C2 > C1 > C0。

2.2.4. D级大客流

符合下列条件之一的为车站D级大客流:

- 1) 对于发送客流,车站服务能力利用率不超过60%;
- 2) 对于到达客流,车站服务能力利用率不超过80%。

根据发送客流倍率将D级大客流事件可划分为D0、D1、D2、D3,划分标准同上,其突发等级由大到小排列为:D3 > D2 > D1 > D0。

3. 高铁车站客运组织现状分析

3.1. 流线组织分析

旅客流线组织合理与否直接影响到突发大客流情景下铁路客运站运营管理工作效率及整体秩序,同时也反映出站内客运设施设备的服务效率,决定了旅客出行所接受的服务质量。旅客流线组织流程大致分为以下三类:旅客进站流程、旅客出站流程和旅客换乘流程。

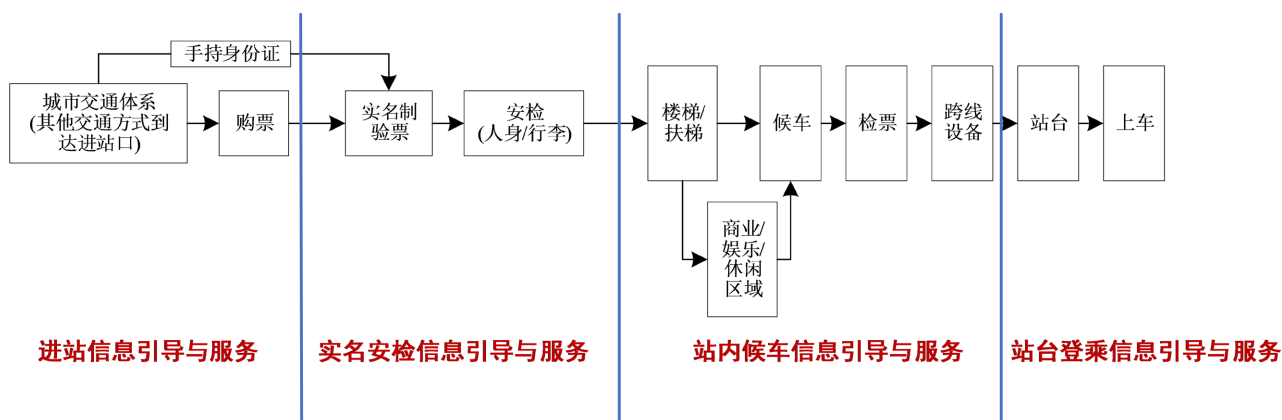


Figure 3. Schematic diagram of passenger arrival process

图3. 客流进站流程示意图

客流进站流程见图 3。旅客进站特点: 旅客进站时间较为分散, 占用站房时间较长, 接受服务项目较多, 且接受服务时所产生的流线较复杂。

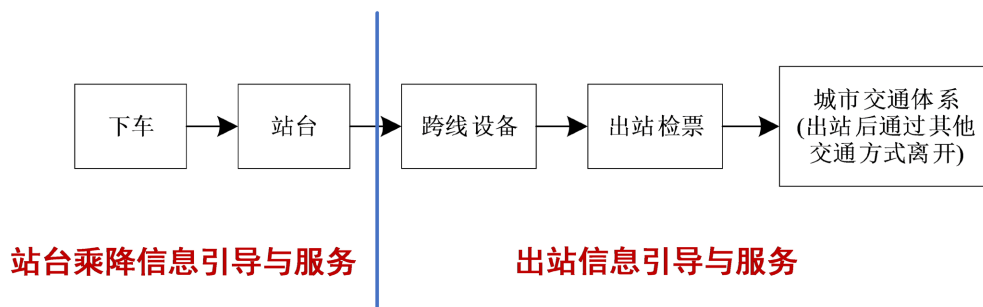


Figure 4. Passenger departure flow diagram

图 4. 旅客出站流程示意图

旅客出站流程见图 4。旅客出站特点: 列车到站后, 站台和跨线设备会在短时间内聚集大量旅客, 且客流集散速度较快, 占用站房时间短, 接受服务项目较少, 且接受服务时所产生的流线较简单。

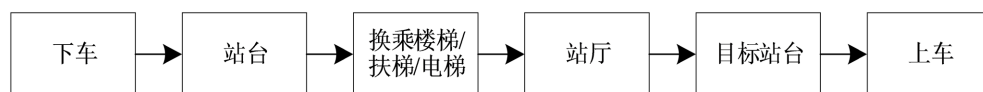


Figure 5. Schematic diagram of station hall transfer process

图 5. 站厅换乘流程示意图

换乘流程见图 5。旅客换乘特点: 换乘旅客在站内的活动通常取决于换乘时间间隔, 客流分散速度较快。

3.2. 设施设备效率分析

3.2.1. 售、取票设备设施效率

售票厅是旅客集中购票的场所, 是客运站房的重要组成部分, 售、取票设备设施效率会影响旅客集散和疏散效率。高速铁路车站内布设了售票窗口和自动售票机, 售票窗口主要集中布置在售票厅, 另外在进站流线上分散布置自动售票机。对多个车站实地调研发现, 在排队情况下, 人工购票窗口平均一个窗口的购票速度为 58 s/人。自助售票机的排队情况优于人工窗口, 大部分旅客使用自助售票机进行取票, 平均一台售票机取票需要 25 s/人。

3.2.2. 安检设施效率

安检设施主要包括安检机、安检门及手检台。影响安检设施效率的因素主要有安检机和手检台服务能力, 在客流高峰期时, 安检系统配置的合理性非常重要。将通过安检的乘客按其携带行李尺寸大小分为无包、小包、大包三类。无包乘客为极少数, 一个无包乘客通过安检机平均花费时间约 13.04 s; 一个小包乘客通过安检机平均花费时间约 17.59 s, 一个大包乘客通过安检机平均花费时间约 22.62 s, 乘客通过手检台平均花费时间约 6.34 s。

3.2.3. 进出站、检票闸机通行效率

车站进站口处都设有实名制验票设备, 同时设有人工实名验证通道, 与安检设备相连。实名制验证是旅客进入站内的第一道卡控环节, 其作业效率决定旅客出行的首要体验, 现有核验设备识读不了除二代居民身份证以外的其他有效证件, 完全依赖人工核验票、证、人的一致性。经多个车站实地调研发现,

在客流密集情况下,进站口处自助实名闸机平均通过速度为 7.63 s/人,人工实名验证平均通过速度为 4.62 s/人。由于部分旅客对自助实名闸机操作不熟练以及偶尔发生机器故障严重影响了乘客的进站效率,致使相同时间内自助实名闸机工作效率明显低于人工实名验证。

出站口验票闸机同样分为自助实名闸机和人工实名验证,在闸机设备正常、旅客使用熟练,通过迅速的情况下,出站口处自助实名闸机平均通过速度为 5.13 s/人,人工实名验证平均通过速度为 6.62 s/人。

检票口多数与候车区域相连或相近,数量和候车区域的最高聚集人数相适应。通过显示屏播放视觉信息和广播听觉信息,双重信息提示旅客列车有关信息和开始检票上车时间。根据对多个车站的调研综合分析,检票闸机平均检票速度为 5.75 s/人。

3.3. 突发大客流客运组织突出问题分析

通过对多个典型车站实地调研分析,对在车站突发大客流时,进出站各类环节的客运工作组织存在的问题总结如表 1 所示。

Table 1. Organization of passenger transport with sudden large passenger flow
表 1. 突发大客流客运工作组织问题

问题分类	具体内容
设施设备问题	<ol style="list-style-type: none"> 1) 设施设备能力 <ol style="list-style-type: none"> a) 自助实名机故障率高、识别不精确、通过速率低。 b) 候车厅咨询服务台的标识小且数量少,旅客需花费较多时间寻找相关工作人员咨询问题。 c) 验票闸机普遍因为网络延迟或其他原因反应不灵敏,故障时有发生。 d) 检票口前及出站口缓冲区域面积容纳突发大客流能力不足。 2) 设施设备布局 <ol style="list-style-type: none"> a) 部分车站由于站房面积限制,造成车站实名环节与安检环节衔接有待优化。 b) 安检仪与实名验证窗口之间设置的铁马,在面对突发大客流时对旅客走行造成阻碍,不利于旅客快速通过安检环节。
资源配置问题	<ol style="list-style-type: none"> 1) 电子客票实施以来,人工窗口工作人员数量冗余,不利于车站人力资源的最优化配置。 2) 自助售取票机功能标注不明,给旅客带来不便。 3) 引导人员配置不足,且分工不明确。
组织管理问题	<ol style="list-style-type: none"> 1) 发生大面积晚点时,旅客对车站退、改签政策不了解,会在售票厅形成积压。 2) 侧式站房内,同一车次旅客在候车室内分散分布。 3) 车站旅客积压时,车站卫生间时常会出现拥堵的情况,可能会占用车站其他通道,造成车站内流线混乱。 4) 旅客到站时间提前发车时间两小时以上,大客流时会加剧车站旅客积压。 5) 侧式站房同一检票口先后检多列车时容易出现误乘。 6) 站台存在管理盲区。 7) 部分车站同一车厢旅客总是选择同一车门进行乘降,导致流线效率低下。
突发状况	<ol style="list-style-type: none"> 1) 出站口缺少突发状况下缓解拥堵及服务重点旅客的措施。 2) 出站扶梯处存在安全隐患。

4. 高铁车站大客流定量优化

4.1. 实名、安检环节组织优化

利用实地调研数据, 针对现有实名闸机、安检机开启情况, 对客流进行仿真, 得到客流到达强度与实名安检闸机开启数量的关系。

但在实际运营过程中, 考虑到进站闸机故障率的情况, 我们推荐将仿真客流强度*0.9 进行实际操作。比如开启 1 个人工实名和 5 个自动闸机, 可以服务 3100 人/小时的客流量, 但实际情况在 2790 人/小时客流量时就已经达到服务限制了, 需要开启更多的闸机才能更好的进行服务。进站客流量与实名闸机数量关系如表 2 和图 6 所示。进站客流与安检机开启数量关系如表 3 和图 7 所示。

Table 2. Relationship between inbound passenger flow and number of real name gates

表 2. 进站客流量与实名闸机数量关系表

进站闸机数(台)	人工验证数	仿真服务客流量 (人/小时)	进站闸机数(台)	人工验证数	仿真服务客流量 (人/小时)
4	1	2600	12	3	8000
5	1	3100	13	3	8500
6	1	3700	14	3	9000
7	1	4100	15	3	9400
8	1	4600	16	3	9900
9	1	5000	17	3	10,300
8	2	5400	16	4	10,600
9	2	5800	17	4	11,100
10	2	6300	18	4	11,600
11	2	6700	19	4	12,100
12	2	7200	20	4	12,600
13	2	7700	21	4	13,000

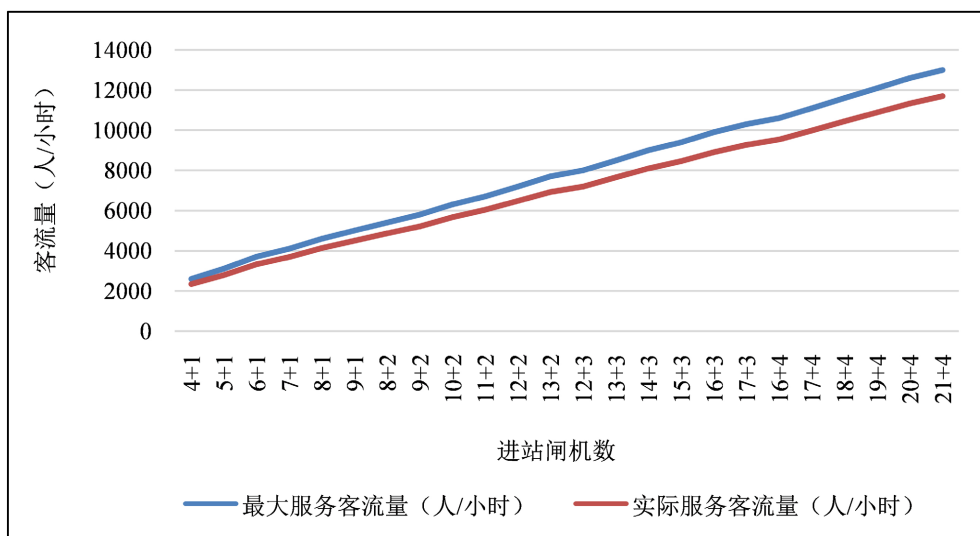


Figure 6. Relationship between inbound passenger flow and number of gates opened

图 6. 进站客流与闸机数开启数量关系

Table 3. Configuration relationship between inbound passenger flow and number of security machines
表 3. 进站客流量与安检机数目配置关系表

安检机(台)	手检人员(人)	仿真服务客流量 (人/小时)	实际服务客流量 (人/小时)
1	1	500	450
	2	1000	900
2	3	1500	1350
	4	2000	1800
3	5	2600	2340
	6	3000	2700
4	7	3500	3150
	8	4100	3690
5	9	4600	4140
	10	5100	4590
6	11	5600	5040
	12	6200	5580
7	13	6700	6030
	14	7200	6480
8	15	7700	6930
	16	8300	7470
9	17	8800	7920
	18	9300	8370
10	19	9800	8820
	20	10,300	9270

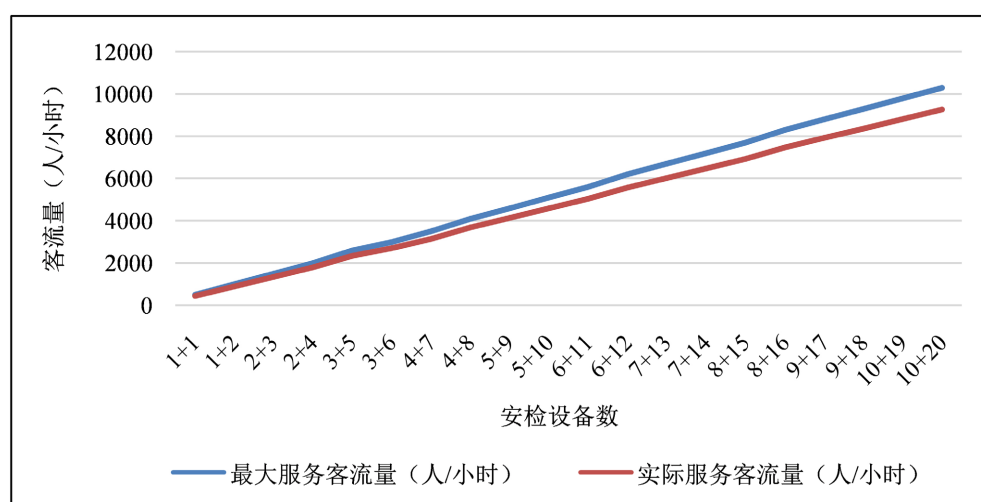


Figure 7. Relationship between inbound passenger flow and the number of security machines opened
图 7. 进站客流与安检机开启数量关系

4.2. 检票乘车环节组织优化

影响检票乘车环节的检票闸机数量的相关因素主要有：设备设施服务能力(闸机设计能力、旅客出行经验、客票是否无纸化)、旅客出发强度(单列列车定员/列车编组情况、旅客到达高铁车站聚集规律、行车组织)。通过现场调查，标定每人通过耗时 5.75 s。现有动车组编组定员数一般为 1400 人/列，对于出发列车数极端情况，除始发终到站外普通高铁车站发送最高按 800 人/列，发送间隔为 10 分钟，且同时集中在同一层候车厅检票口进行检票。

对高铁车站出现的两类问题情况进行仿真分析，情景设置如下：

4.2.1. 情景 1

两列列车均为重联动车组，满员 1400 人，本站上车 800 人，列车发送间隔 10 分钟；而后满员从本站发出；开始检票时间为列车出发前 15 分钟，对闸机数量进行研究：6~10 台闸机的情况进行仿真分析，仿真结果如下。

Table 4. Relationship between the number of AGM gates and the passenger flow of inbound AGM
表 4. 检票闸机数目与进站检票客流量关系表

检票情况	800 人检票时间 (分钟)	1000 人检票时间 (分钟)	1200 人检票时间 (分钟)	1400 人检票时间 (分钟)
4+1	15.4	19.2	23	26.9
5+1	12.9	16.1	19.2	22.4
6+1	11.1	13.7	16.5	19.2
7+1	9.7	12	14.4	16.8
7+2	8.6	10.7	12.8	14.9
8+2	7.7	9.6	11.5	13.5
9+2	7	8.8	10.5	12.2
10+2	6.4	8	9.6	11.2

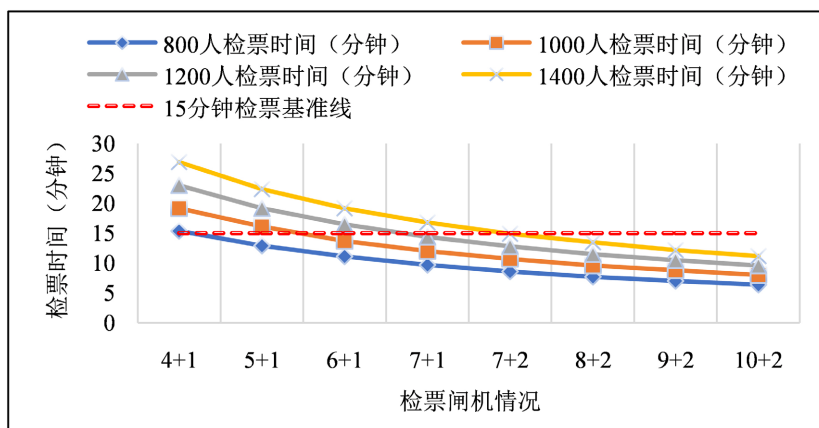


Figure 8. Relationship between the number of AGM gates and the passenger flow of inbound AGM
图 8. 检票闸机数目与进站检票客流量关系表

仿真结果如表 4 和图 8 所示。从上述仿真结果来看，可以看出在控制排队长度的同时需要将乘客在规定时间内全部检票完成，所以针对有的高铁车站站房检票区域纵深不够的情况，可以增设检票闸机进行能力提升。

4.2.2. 情景 2

针对在高铁车站, 当发车间隔时间较短时, 后续列车的乘客同样会提前在检票口排队, 造成前序列车乘客检票出现拥挤的问题。同样是情景 1 中的条件, 但分开两列列车的检票口, 使乘客分开进行排队检票, 对排队行为进行研究。

对情景 2 的仿真结果见图 9、图 10、图 11。

在情景 2 下, 连续两列高铁检票时, 容易出现上述仿真图中出现的问题, 后一列车的乘客和前序列车的乘客同时在一个检票口进行排队, 当前序列车检票乘车时, 极易在检票口出发生拥挤, 影响检票效率并且产生安全隐患。因此建议在前序列车检票客流量不大的情况下, 保证在检票时间可以全部检票完成的情况下, 可以将两趟列车分开进行检票避免客流冲突; 但若前序列车检票客流量较大时, 可以让前序列车在两个检票口都进行检票, 但后续列车只显示在其中一个检票口进行候车, 分散后续列车的客流, 让前序列车检票更有秩序, 保证检票流程乘客的效率与安全。

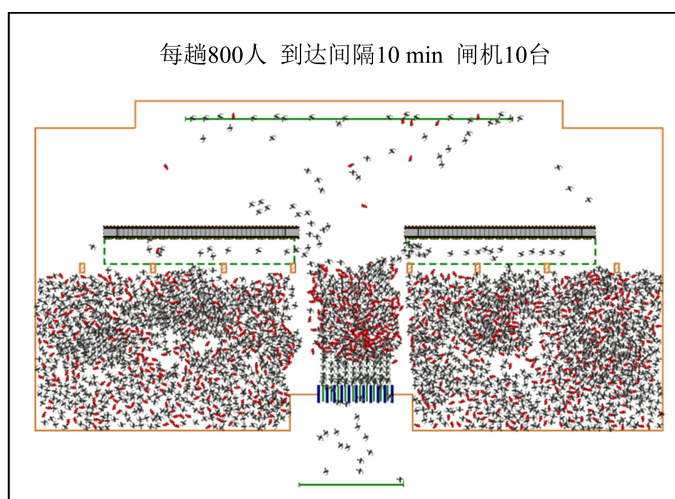


Figure 9. Follow up passengers queuing in advance when the number of gates is 10

图 9. 闸机数为 10 台时的后续乘客提前排队情况

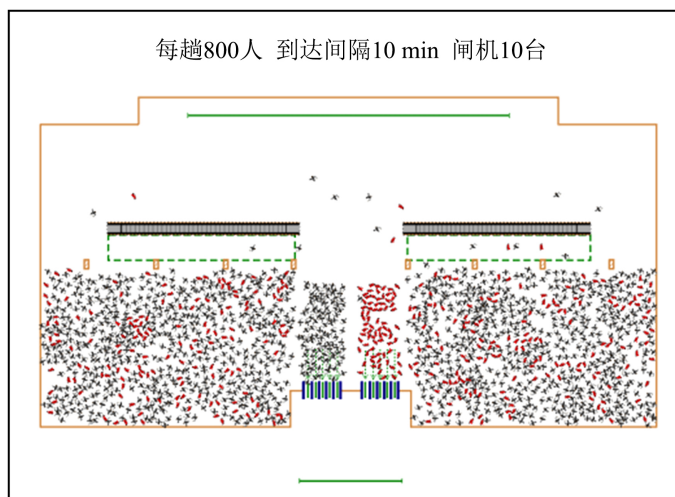


Figure 10. Passengers queuing in advance when the number of machines is 5 + 5

图 10. 机数为 5 + 5 台时的乘客提前排队情况

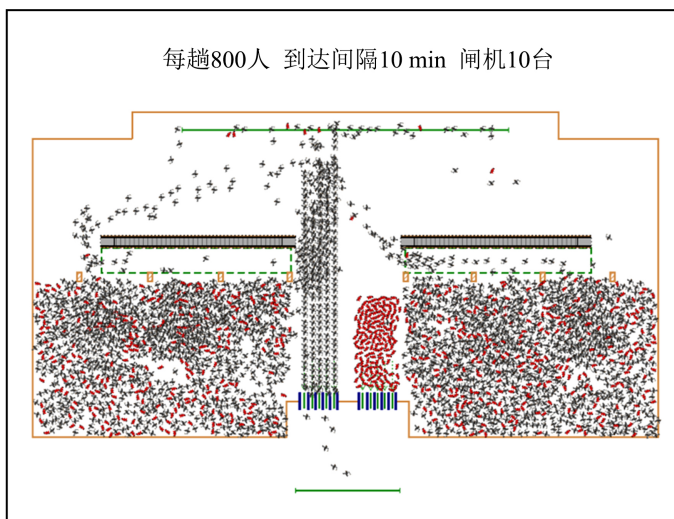


Figure 11. Passenger arrival when the number of gates is 5 + 5
 图 11. 闸机数为 5 + 5 台时的乘客进站情况

4.3. 出站环节组织优化

影响闸机数量的相关因素主要有：出站闸机效率(闸机设计能力、旅客出行经验)、旅客到达强度(单列列车定员/列车编组情况、旅客到达规律、行车组织；列车所在站台与出站闸机位置、同时到达列车数及车站衔接方向)。通过现场调查，标定每人通过耗时 5.77 s，编组定员数一般为动车组 1400 人/列。对于到达列车数极端情况，站台同时上行下行 2 列动车组同时到达，且停靠站台紧邻出站口。

下面依靠仿真得到的结果得出闸机数量最优目标，保证在出站过程中单列排队人数不超过 20 人，当单列排队人数超过 30 人时，就需要考虑打开全部出站通道，若客流仍未得到疏散，保证闸机全部打开，组织旅客快速出站。对在 10 分钟内出站客流量进行讨论，并以 5~30 台出站闸机的不同情况进行仿真分析，并给出相对应的分析结果如图 12 和表 5 所示。

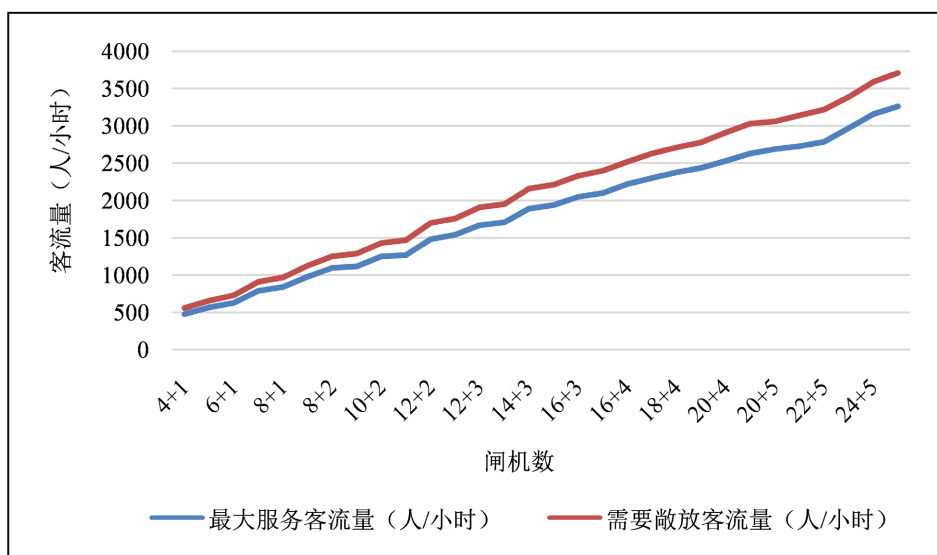


Figure 12. Relationship between the number of outbound gates and outbound passenger flow
 图 12. 出站闸机数目与出站客流量关系

Table 5. Relationship between the number of outbound gates and outbound passenger flow
表 5. 出站闸机数目与出站客流量关系表

出站闸机数(台)	人工数(人)	最大服务到站客流量(人)	采取敞放策略时客流量(人)
4	1	480	560
5	1	570	660
6	1	630	730
7	1	790	910
8	1	840	970
9	1	980	1130
8	2	1100	1250
9	2	1120	1290
10	2	1250	1430
11	2	1270	1470
12	2	1480	1700
13	2	1540	1760
12	3	1670	1910
13	3	1710	1950
14	3	1890	2160
15	3	1940	2210
16	3	2050	2330
17	3	2100	2400
16	4	2220	2520
17	4	2300	2630
18	4	2380	2710
19	4	2440	2780
20	4	2530	2910
21	4	2630	3030
20	5	2690	3060
21	5	2730	3140
22	5	2790	3220
23	5	2970	3390
24	5	3160	3590
25	5	3260	3710

对于高铁车站出站环节, 通过对成都局现有高铁车站的调研分析, 对于绝大多数车站, 在出站大客流情况下, 列车到达密集, 到站客流量大, 容易在出口处形成较长的排队队伍, 且部分乘客往往要到了出口才寻找身份证, 常造成在出站口拥堵的情况。所以大多数高铁车站的现有出站闸机数量不足, 在必要时刻需要采取出站闸机敞放, 尽快放行、疏导客流。

5. 结论

1) 本文重新定义高铁车站突发大客流, 将车站 A 级大客流事件定义为发送客流的车站服务能力利用率大于 100%或到达客流车站服务能力利用率大于 150%; B 级大客流事件定义为发送客流的车站服务能力利用率大于 80%, 但不超过 100%或到达客流的车站服务能力利用率大于 100%, 但不超过 150%; C 级大客流事件定义为发送客流的车站服务能力利用率大于 60%, 但不超过 80%或到达客流的车站服务能力利用率大于 80%, 但不超过 100%; D 级大客流事件定义为发送客流的车站服务能力利用率不超过 60%或到达客流的车站服务能力利用率不超过 80%。此外还对突发等级进行划分: 当发送客流倍率小于等于 1.5 倍时, 客流突发强度等级为 0 级; 当发送客流倍率大于 1.5 小于 2 倍时, 客流突发强度等级为 1 级; 当发送客流倍率大于 2 小于 3.5 倍时, 客流突发强度等级为 2 级; 当发送客流倍率大于等于 3.5 倍时, 客流突发强度等级为 3 级。

2) 文章指出当前高铁车站突发大客流客运工作组织还存在设施设备、资源配置、组织管理和突发状况处理上的问题。

3) 利用 Anylogic 软件, 建立高铁车站行人仿真模型, 给出分散出站检票客流、增开闸机数目等建议, 为突发大客流情境下实名环节、安检环节、检票乘车环节和出站环节人员、设备数量布置提供参考, 有利于人员、设备的合理配置。

参考文献

- [1] 庞婷婷, 冯娜. 城市轨道交通网络化运营背景下突发大客流预测研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2021(7): 68-71+75.
- [2] 王晓景. 地铁突发大客流客运安全组织工作实践研究[J]. 时代汽车, 2021(5): 177-178.
- [3] 李洪帅. 天津地铁突发大客流客运组织优化研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津财经大学, 2019.
- [4] 吴璐. 城市轨道交通网络突发客流特性及拥挤控制研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [5] Arunraj, N.S., Mandal, S. and Maiti, J. (2013) Modeling Uncertainty in Risk Assessment: An Integrated Approach with Fuzzy Set Theory and Monte Carlo Simulation. *Accident Analysis and Prevention*, **55**, 242-255.
- [6] 刘铁民. 危机型突发事件应对与挑战[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(1): 8-12.
- [7] 刘铁民. 应急预案重大突发事件情景构建——基于“情景 - 任务 - 能力”应急预案编制技术研究之一[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(4): 5-12.
- [8] 唐金金, 赵勇, 林园. 大型铁路客运站大客流预警及应对方案设计——以北京西站为例[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(2): 143-147.
- [9] 李群, 代德军. 突发事件应急演练评估方法、技术及系统研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2016, 12(7): 49-54.
- [10] 韩泉叶, 王晓明, 党建武. 城市轨道交通线网突发应急事件分类分级模型研究[J]. 城市轨道交通研究, 2011, 14(10): 37-40.
- [11] 韩泉叶, 王晓明, 党建武. 轨道交通线网应急事件分级算法研究[J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(7): 171-176.
- [12] 张殿业, 金键, 杨京帅. 铁路运输安全理论与技术体系[J]. 中国铁道科学, 2005, 26(3): 114-118.
- [13] 刘铁民. 突发事件应急响应规范化势在必行——“7.23”甬温线特大铁路交通事故应急响应反思[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(9): 5-10.
- [14] 孙捷萍, 张弛, 张天伟. 基于安全行车的高速铁路夕发朝至列车开行方案编制优化[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(7): 5-10.