

# Passenger Flow Organization Optimization of Chengdu East Railway Station Based on Passenger Flow Analysis

Mingsheng Xie<sup>1</sup>, Yunhao Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China Railway Chengdu Bureau Group Co. Ltd., Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Email: 254505124@qq.com

Received: Feb. 26<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 13<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 20<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Aimed at the present situation of Chengdu east railway station passenger transport organization of wicket spacing is too narrow, station passenger flow interweave conflict serious, long travel distance and carrying capacity of passenger flow tends to saturation, intensity and all kinds of passenger flow in expectations, in extreme cases, from Chengdu east station passenger transport hub status, railway passenger flow characteristics, build a simulation model, elevated waiting laminar flow line, the outbound transfer to laminar flow line and convenient transfer to streamline Angle, using the Anylogic simulation software to Chengdu east station under the existing solutions and multiple sets of improvement of elevated transfer layer and outbound traffic passenger flow organization of optimized simulation. On the level of passenger organization optimization in the elevated waiting layer, Anylogic simulation software was used to get the advantages and disadvantages of the main channel closure, the extension of guide railings, the merging of adjacent glass boxes and the current railings guidance scheme in a certain situation. In the outbound passengers transfer layer organization optimization level, respectively, the outbound passengers to walk the shortest total distance, railway area stranded passengers at least as the goal, through the analysis of calculated station gate location optimization and outbound gate number optimization scheme, under different traffic intensity for Chengdu east station passenger organization adjustment, facilities equipment modification, etc. providing support basis and scheme.

## Keywords

Hub Station, Passenger Flow Characteristics, Passenger Flow Organization, Simulation

---

# 基于客流分析的成都东站旅客流线组织优化

谢明生<sup>1</sup>, 孙运豪<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国铁路成都局集团有限公司, 四川 成都

<sup>2</sup>西南交通大学交通运输与物流学院, 四川 成都

Email: 254505124@qq.com

收稿日期: 2020年2月26日; 录用日期: 2020年3月13日; 发布日期: 2020年3月20日

## 摘要

针对目前成都东站客运组织中存在的检票口间距太窄、站内旅客流线交织冲突严重、走行距离长、客流承载能力趋于饱和等问题, 在预期客流强度及各类极端情况下, 从成都东站客运枢纽现状、铁路客流特征、仿真模型构建、高架候车层流线、出站换乘层流线和便捷换乘流线等角度出发, 运用Anylogic仿真软件对成都东站现有方案以及多套改进方案下的高架换乘层、出站换乘层客流组织情况进行优化仿真。在高架候车层旅客组织优化层面上, 运用Anylogic仿真软件得出了一定情景下主通道封闭、引导栏杆延长法、相邻玻璃盒子合并与现状栏杆引导方案的优劣比较; 在出站换乘层旅客组织优化层面上, 分别以乘客步行总距离最短、铁路出站区域滞留乘客最少为目标, 通过分析计算得出站闸机位置优化和出站闸机数量优化方案, 为不同客流强度下成都东站客运组织方式调整、设施设备改造等提供了支撑依据和方案。

## 关键词

枢纽车站, 客流特征, 流线组织, 仿真

Copyright © 2020 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

成都东站的整体设计为地下三层, 地上两层, 共五层。从上到下分别为高架候车层、站台层、出站换乘层、地铁二号线、地铁七号线。高架候车层主要分布了车站的办公用房、商业设施以及购票检票等设施, 通过站房南北两侧的高架道路, 车辆可送旅客直接到该层进站候车, 候车厅中间分两排共有 26 个检票口, 并设置有大量座椅, 旅客在候车、检票完成后可乘坐直达电梯、自动扶梯或楼梯下到站台; 站台层建设规模为 14 台 26 线, 是铁路旅客出发和到达的场所; 出站换乘层主要供旅客出站及换乘, 旅客可在此零距离换乘地铁、公交等其他交通方式; 整个车站采用“上进下出”式多层纵向布置, 有利于缩短乘客换乘流线[1] [2], 多种运输方式协调配合。

成都东站 2011 年启用至今, 铁路到发客流持续增长, 2019 五一小长假突破 20 万人; 西成及成渝高铁客流增长迅速, 伴随着成都站将关闭改造部分列车分流, 短期内成都东站客运压力激增, 日发送客流量预计将达到 25 万~30 万人; 但由于车站设计不足, AB 检票口间距太窄等, 站内旅客流线交织冲突严重, 现状能力已趋于饱和, 亟需挖潜提效。

## 2. 成都东站乘客流线组织现状

流线设计的合理性直接关系到车站设备的运用及车站的服务质量和水平, 影响车站作业效率[3] [4]。对车站流线的合理分析是进行流线设计、空间组合、车站功能分区、设备配置及流线组织的基础[5]-[9]。

### 1) 旅客进站流线

旅客主要通过乘坐地铁、公交、长途客车、出租车及社会车辆到达成都东站。乘公交车、长途汽车的旅客,在东广场则直接进站到达高架候车层,在西广场则先进站,后通过自动扶梯进入高架候车层。乘坐地铁的旅客位于地下的出站换乘层,经扶梯或楼梯到达东西广场后进站。乘出租车及社会车辆前的旅客在高架候车层南北层的高架道下车,经广厅进入候车区候车检票。少量自驾车前来的旅客可将车停放于地下停车场,进站流线同地铁旅客换乘流线。

## 2) 旅客寻址流线

旅客在进入高架候车层后,在各种标识的引导下,到达所乘列车检票口的走行流线被称为寻址流线。具体流线如下图 1,不同方向进站人数由于位置、时间不同而呈现较大差别。西进站口上扶梯后客流量较大,客流主体方向为直行,约占 90%,剩余旅客中,左通道的人数略多于右通道。东进口客流量较大且随日期波动较大,约 95%为直行客流,左右通道客流较少且较为均衡。南进站口直行、右转客流较为均匀,左通道客流较多。南口高峰时期为早晨六点半左右,旅游大巴集中将乘客运输至南口检票进站。北进口流线主要分为直行左转、直行右转、左转、右转四个方向。一定时间内,客流分布情况由大到小依次为右通道、左通道、直行左转、直行右转。

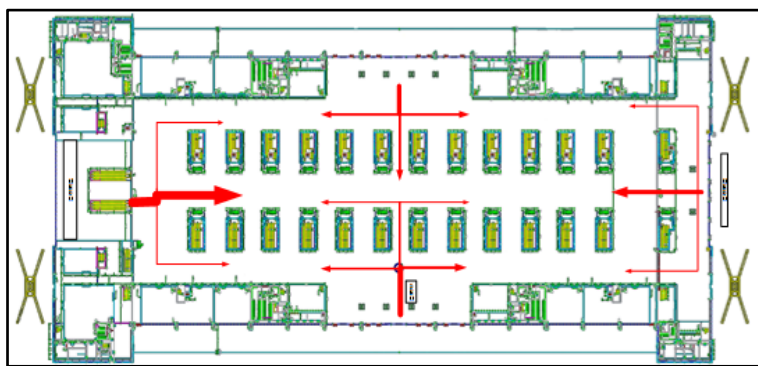


Figure 1. Passenger flow at waiting level  
图 1. 高架候车层旅客流线

## 3) 旅客检票排队流线

同列车的 A、B 检票口距离较近,若采取直线排队方式会导致拥挤并堵塞中间通道,在此基础上,通过设置栏杆引导排队客流,一定程度上缓解了中间过道通行压力,但仍然存在排队期间检票口拥挤,排队长度不够客流散乱分布在四周等问题。旅客在检票口处排队期间,队伍过长时呈现散乱,影响车站次序与周围客流走行。在出现列车晚点情况下,在检票口区域客流呈散点状分布,极大影响了周围行人的走行。

## 4) 旅客便捷换乘流线

成都东站铁路内部便捷换乘为直接从站台区到候车室候车模式,旅客持有换乘车次车票,在站台区下车后,可经扶梯直接到达候车区,待列车到达后检票进入站台区乘车离开。旅客走行距离短,换乘时间也相对较短,但存在换乘流线和排队检票下行乘车流线易冲突的问题。

## 5) 旅客出站流线

旅客由站台下车后到达换乘区,大部分客流经地铁入口进入地铁站厅,换乘地铁离开,少数选择步行至东广场或西广场,换乘公交、出租车或前往社会车辆停车场换乘社会车辆离开。旅客出站流线交叉较少,但出站检票口部分不开放,造成相应站台出站乘客离最近检票口较远,需走行较远距离才能检票出站。

出站换乘旅客流线具体如图 2 所示。

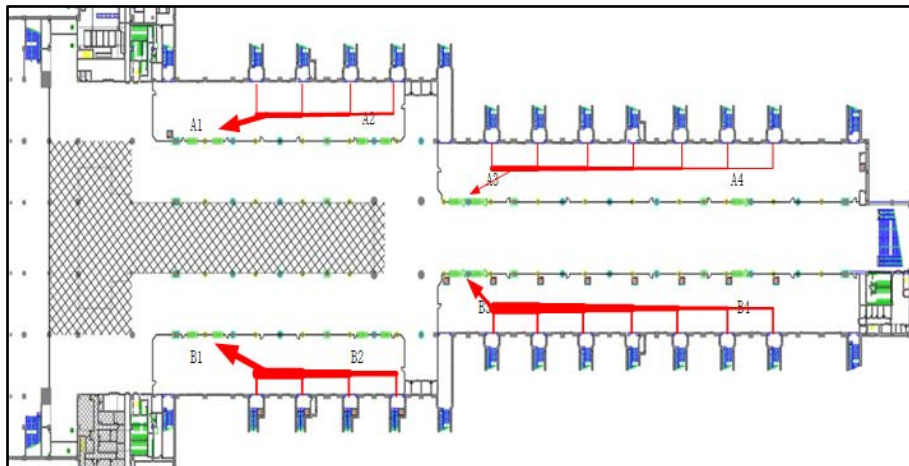


Figure 2. Transfer passengers to check the outbound line  
图 2. 出站换乘乘客检票出站流线

### 3. 成都东站铁路客流特征分析

#### 3.1. 出发客流分析

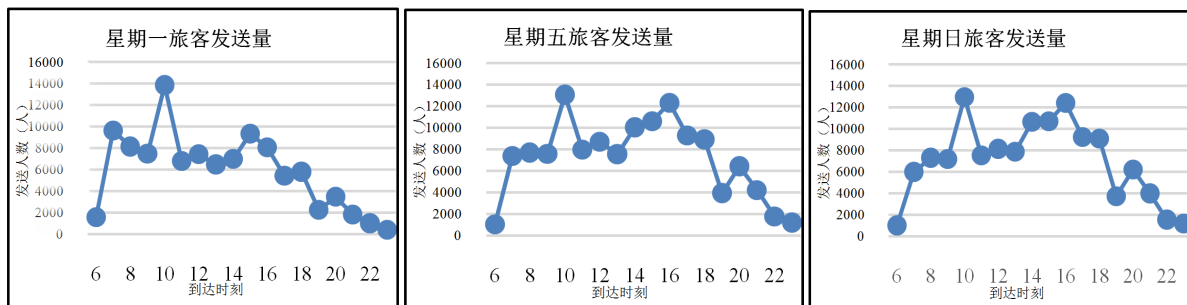
本文根据成都东站 2018.11.01~2018.11.31 (平常时段)、2019.1.21~2019.02.22 (春运时段)全天到发旅客人数统计表进行相关客流分析。

1) 平常时段:一周七天内每小时发送旅客量的整体趋势大致相同,高峰期:9:00~10:00、15:00~16:00。客流在 16 点以后出现稳定下降的趋势,但在 19:00~20:00 出现轻微波动。最大的旅客发送量是周五和周日,且旅客更偏好于下午出行,其次是周六和周一,工作日客流更集中在上午。

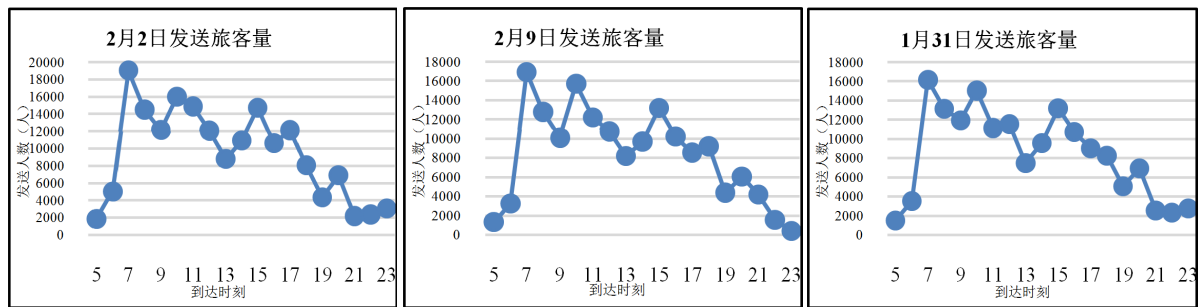
2) 春运时段:持续大客流的状态下,客流规律走势大致相同。一天出现了三次高峰时段,分别是 6:00~7:00、9:00~10:00、14:00~15:00。客流在 15 点以后出现稳定下降的趋势,但在 19:00~20:00 出现轻微波动。相较于平常时段,春运期间的客流高峰期在时间上相对提前,由于长途旅客的增加,6:00~7:00 的客流量增长显著。根据日客流总量排序可见,春运的顶峰时期主要是假期开始的前三天、假期最后一天及后两天,客流有所下降。具体客流变化如图 3 所示。

#### 3.2. 到达客流分析

1) 平常时段。周一至周四的旅客到达量曲线大致相似,高峰时段主要为 10:00~11:00、13:00~14:00、19:00~20:00;周五和周日的旅客到达量最大,其中周五和周日的旅客到达量曲线相似,高峰时期为 19:00~20:00,周六的客流到达高峰集中在 10:00~11:00。



(a) 平常时段出发客流规律



(b) 春运时段出发客流规律

Figure 3. The departure passenger flow rule during regular/the Spring Festival travel rush period

图 3. 平常/春运时段出发客流规律

2) 春运时段。旅客到达量高峰时段主要集中在 10:00~11:00、20:00~21:00, 旅客到达量比平常时段高出约 70%。

两个时期具体变化规律如图 4 所示。

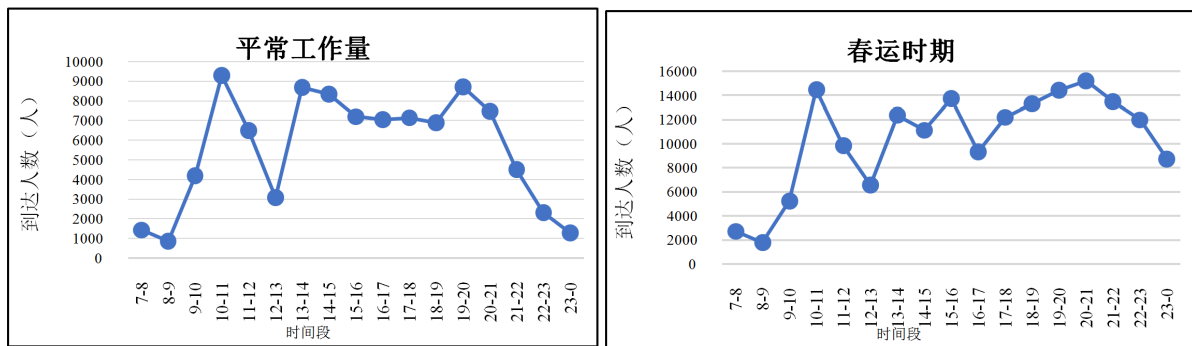


Figure 4. The arrival passenger flow rule during regular/the Spring Festival travel rush period

图 4. 平常/春运时段到达客流规律

### 3.3. 乘客行为特征分析

#### 1) 旅客候车行为分析

在等待区, 客流较小时, 乘客会依据车票对应的车次在检票口附近候车, 且随机而疏散的分布在相应的候车区; 而在客流高峰期, 往往车票对应的座位已经坐满, 这时旅客会寻找附近的座位或者其他站台口就坐等待。

对于候车时间, 调查发现出行距离较长的旅客的候车时间往往比距离较短的旅客候车时间长, 即铁路出行距离与旅客候车时间长度正相关。一般情况下, 短途出行的客流量往往比长途出行客流量大, 所以列车运行区间的长度越大, 该方向的列车出发频率往往就会越低。为了不耽误乘车, 旅行距离较远的旅客平均候车时间相对较长。

#### 2) 旅客检票排队行为

检票时流线极易发生冲突。检票时旅客由候车区向检票闸机移动, 检票时间临近时, 检票人数迅速增加, 不得不占用中间过道或者候车区的通道, 围栏外的旅客秩序混乱, 极易导致候车旅客和过道中行走的旅客发生交叉和冲突, 严重影响旅客在候车室的穿行。

#### 3) 旅客步行行为

整体上, 女性旅客的步行速度要快于男性旅客, 同性别的低年龄旅客的步行速度要快于高年龄旅客,

且旅客行李携带状态越复杂, 其平均步行速度越慢。在仿真过程中, 需要将旅客类别进一步细分才能保证仿真结果的真实性与可靠性。

#### 4. 高架候车层旅客组织优化

近期, 西成客流增长迅速、成渝客流持续增长、成贵高铁的开通, 以及成都站将关闭改造部分列车分流东站等现状问题使得成都东站客运压力激增, 原设计能力无法满足现实需求。加之车站高架候车层设计存在不足导致站内旅客流线交织冲突严重, 检票排队秩序较差。成都东站现状能力已趋于饱和, 亟需挖潜提效。通过与广州南站、上海虹桥站和北京南站的对比得到:

##### 1) 成都东站检票口间距离过短

成都东站检票口设于站厅三等分的中间位置, AB 检票口间距仅 30 m (广州南站 200 m, 上海虹桥站 80 m)。相比之下, 成都东站检票口间距离过短, 且未在闸机外一米设置辅助通道, 极易造成拥堵。

##### 2) 成都东站单列列车客流量较大

成都东站为普高混合车站, 日发送列车 214 列, 动车组以重联动车居多。北京南站日发送旅客列车 271 列, 均为动车组列车, 且单组列车较多(京津城际单组居多), 广州南站日发 367 列(均为动车组列车), 上海虹桥站日发 264 列(均为动车组列车)。通过对比可知, 成都东站日发列车较其他车站相差不大, 但成都东站单列列车客流量较大, 主要包括普速列车与重联动车。

##### 3) 成都东站人员配置不足

与成都东站规模布局相仿的北京南站, 职工配置数量较多, 每个检票口有一个值班员。每个闸机口配置一名职工, 人工口配置一名职工。每组 10 名职工加 1 名值班员。对比分析发现, 成都东站现有人员配置不能满足目前的客流强度需求, 需从设备上挖潜提效, 弥足人员配置上的不足。

成都东站不宜照搬效仿任何其他车站, 而应借鉴各站设置, 结合自身特点, 从设备与人员配置上找差距, 抓落实, 挖潜提效。基于此, 本文提出四种寻址通道方案以供参考。

#### 4.1. 方案一: 栏杆引导法

南北两侧玻璃盒子的检票闸机正对中间通道, 为避免中间通道大量旅客走行与排队旅客的流线产生冲突而造成客流组织混乱, 东站在每个检票口设置引导栏杆, 将排队旅客往南北方向引导, 具体布置如下图 5(a)所示。以 A8~A9 玻璃盒子为例, 如图 5(b), 右侧封闭栏杆由检票区域的右定点处封闭式向外延伸 4 m, 防止旅客由右侧侵入排队序列; 平行栏杆正对检票区域, 由右侧栏杆顶点向左延伸 12 m, 隔离中间通道的走行客流与排队客流; 左侧引导栏杆为平行栏杆左顶点向玻璃盒子方向延伸 7 m, 引导客流沿玻璃盒子左侧依次向后依次排队。经过计算, 整个排队区域面积约为 57 m<sup>2</sup>。

#### 4.2. 方案二: 主通道封闭法

为避免出现现有方案中乘客候车流线为主通道内乘客寻址流线冲突的情况, 因此提出关闭主通道的改建方案(如图 5(c), 图 5(d)所示)。在 A2~B2、A25~B25 检票口之间设置固定金属栏杆, 将中间通道旅客寻址功能疏散至南北两侧, 使南北两侧通道承担具体的客流寻址压力, 而中间通道只承担旅客排队候车任务。此方案下, 寻址与排队流线不再互相干扰。

经过封闭, 中间通道只具备排队候车功能, 旅客根据指引标识正对检票闸机纵向排队, 拟定排队区域约为 278 m<sup>2</sup>。如下图 5(c)所示, 乘客由自动扶梯上行至封闭栏杆与扶梯之间的区域处, 根据座次信息引导标识进行南北分流。以重联动车组为例, 持有座次号为 1~8 车的旅客向北通过北通道寻址, 而持有座次号归属 9~16 车旅客向南通过南通道寻址。

### 4.3. 方案三：引导栏杆延长法

在方案 1 中, 栏杆引导下的检票候车区域排队人数密集且有大量候车客流在中间通道散乱排布, 对中间通道的通行客流造成了极大的干扰。因此提出增加水平栏杆、引导栏杆长度的方式进一步将排队客流向南北疏散、增加排队区域面积。

本方案以方案 1 为基础, 在不影响各区域功能的前提下, 对排队检票客流区域进行简易扩展(如图 5(e)~(g))。根据排队客流尾部疏散方式, 分为双侧疏散与单侧疏散两种布置形式。

#### 4.3.1. 双侧疏散式

平行栏杆正对检票区域, 在原有长度基础上, 向右继续延伸 3 m, 共长 15 m, 主要隔离中间通道的走行客流与排队客流; 左侧引导栏杆在原有长度基础上, 继续向后延伸 12 m, 共长 19 m, 近乎将玻璃盒子左侧覆盖, 主要引导客流沿玻璃盒子左侧依次向后依次排队。经过计算, 排队区域面积约为 158.7 m<sup>2</sup>, 约为原有区域的 6 倍。

在排队区域已满员的情况下, 乘客在地面引导标识与后侧座椅的引导下向东西两侧分列疏散, 相应的等候区座椅布置如图 5(h)所示。

#### 4.3.2. 单侧疏散式

在双侧疏散式栏杆延长方案中, 排队客流尾部向东西方向疏散。若遇到相邻玻璃盒子同时排队检票, 尾部客流可能存在一定的冲突。为避免冲突出现, 可采用单侧疏散式的栏杆延长方案。

封闭栏杆、水平栏杆、引导栏杆的布置与双侧疏散式相同, 在玻璃盒子靠排队区域的后侧顶点处增设栏杆, 将排队区域外的尾部排队客流向同侧疏散, 具体栏杆布置方案如图 5(i)所示。

在栏杆的引导下, A2~A26 侧的客流由玻璃盒子尾部的西方向进入排队区域; B2~B26 侧客流由玻璃盒子尾部的东方向进入排队区域; 值得注意的是, 为留出南北进站口正对通道, A 端 A14/A15、A16/A17 共用同一排队入口, B 端 B10/B11、B12/B13 共用同一入口。旅客在进入排队区域后, 根据中间分割栏杆上的标识引导, 进入不同的检票队列。临近检票时, 引导栏杆旁座椅区的等候旅客在栏杆引导下顺向进入检票排队区, 南北通道区域的候车乘客在栏杆与标识引导下, 沿单侧入口顺序排队进入检票排队区域。

### 4.4. 方案四：相邻玻璃盒子合并法

为避免大客流背景下中间通道流线冲突, 提出相邻玻璃盒子合并方案。该方案充分利用车站检票口间的位置关系, 将相邻玻璃盒子检票口栏杆合并设施, 中间区域为共用检票排队区, 不设置座椅, 原有座椅移至相邻区域。该方案可以提高检票排队区域灵活性, 可彻底解决中间通道寻址流线与排队流线冲突, 具体布置如图 5(j)所示。

以 A2/A3、A4/A5 为例进行详细说明。在 A2/A3、A4/A5 构成的一组玻璃盒子中, 栏杆与 A2/A3 左侧外壁、A4/A5 右侧外壁结合, 构成半封闭式结构: 对检票闸机正对的中间通道区域封闭, 旅客无法由中间通道直接进入排队检票区域; 对北通道一侧区域开放, 旅客只能通过北侧通道区域进入排队序列; 在旅客进入检票区域后, 根据检票信息与相关标识进入对应的排队序列。

### 4.5. 仿真结果分析

运用 Anylogic 仿真软件构建仿真模型, 对成都东站可能出现的两种极端情况进行仿真分析, 情景设置如下[6]:

**情景 1:** 相邻玻璃盒子同时检票; 两列列车均为始发普速列车, 满员 2000 人; 始发站满员发送; 开始检票时间为列车出发前 20 分钟。

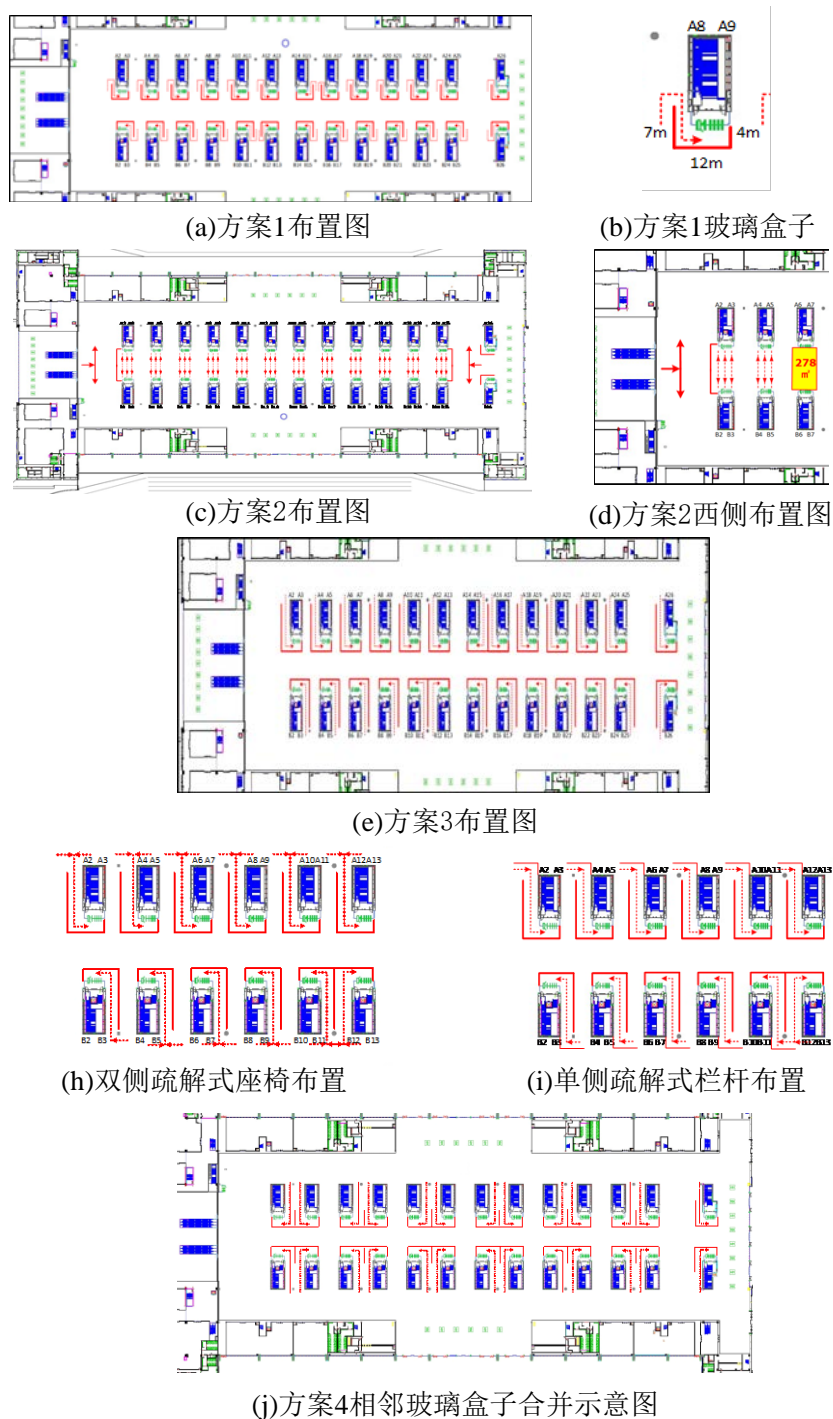


Figure 5. Schematic diagram of passenger organization optimization in waiting layer  
 图 5. 各候车旅客组织优化方案示意图

**情景 2:** 相邻玻璃盒子同时检票；两列列车均为重联始发车组，满员 1400 人；始发站满员发送；开始检票时间为列车出发前 15 分钟。

为突出对比同一情景下各项方案的优劣，将成都东高架候车层划分为四个区域，不同区域对应不同方案，具体划分如图 6 所示。综合对比各项方案，优缺点如表 1 所示。



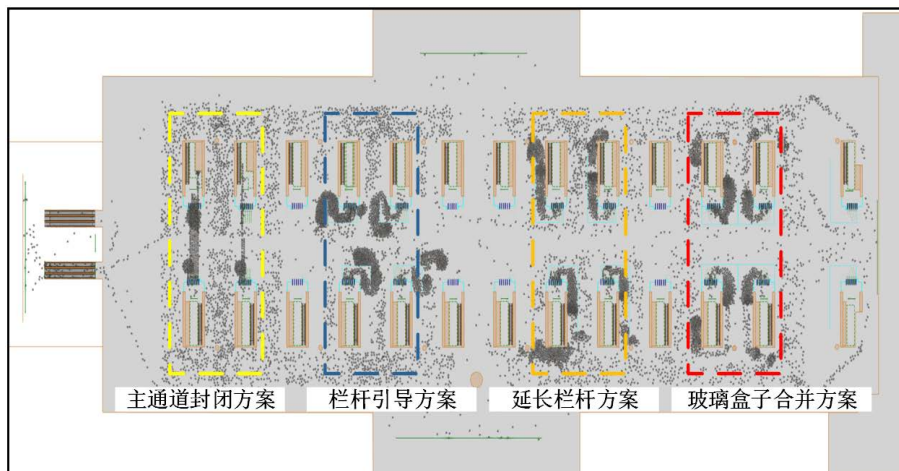


Figure 6. Layout of each program in the same station hall  
图 6. 同一站厅内各方案位置布置图

Table 1. Comparison of different schemes  
表 1. 不同方案比较

	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
名称	栏杆引导(现状)	主通道封闭	引导栏杆延长	相邻玻璃盒子合并
简述	检票口设置引导栏杆(南北方向引导)	在 A2~B2, A25~B25 检票口之间设置栏杆(疏解中间通道至南北两侧)	在方案 1 基础上, 栏杆向南北延长, 栏杆通道拓宽至两个玻璃盒子中间位置	相邻玻璃盒子检票区域合并共用, 增设电子引导显示屏, 座椅位置优化调整
优点	1、客流量较小时, 站厅秩序较好; 2、便于乘客找到检票口。	1、中间可增设部分座椅; 2、彻底消解现有方案中检票流线与寻址流线的冲突; 3、最大程度减少栏杆的设置。	1、缓解中间通道寻址流线与排队流线交织冲突; 2、便于乘客找到检票口; 3、检票排队面积较大, 对其他流线干扰少。	1、解决中间通道寻址流线与排队流线交织冲突; 2、主通道通行顺畅, 栏杆较少, 整体美观; 3、检票排队面积较大, 对其他流线干扰少。
缺点	1、实际情况中, 乘客并未按地面标识, 按南北方向延展队伍; 2、客流较大时, 中间通道积压乘客较多, 严重时完全阻塞中间通道。	1、旅客在东西进站平台滞留时间延长; 2、可利用排队区域面积较小, 大客流时 AB 两侧检票队伍交叉干扰。	设置栏杆较多, 对车站整体景观有一定破坏作用。	在重新布置栏杆的基础上, 还需要增设引导显示屏, 工程量较大。

#### 4.6. 闸机数量分析

经过现场调研统计, 闸机检票效率: 8~12 人/min, 均值 10 人/min; 人工检票口约 18 人/min。

##### 4.6.1. 普速列车检票能力分析

将一列普速列车的搭乘乘客按 2000 人次计算, 提前 20 min 检票, 列车开行前 3 min 停止检票。一趟列车进站检票现有设备为 8 台检票闸机加 2 个人工通道, 由公式(1)计算完成所有乘客检票行为所需时间  $t_1$  :

$$\begin{cases} t_1 = 4 \times 10 \times 2000x_1 + 18 \times 2000x_2 \\ x_1 + x_2 = 100\% \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $x_1$ 、 $x_2$  分别表示通过闸机与人工通过的乘客比例。

按效率均值计算可知, 约 17.24 min 才能完成所有乘客的检票行为。若 AB 检票口各增设 1 台检票闸机, 完成一趟列车搭乘乘客的检票行为将缩短至约 14.71 min。

### 4.6.2. 重联动车组检票能力分析

列车搭乘乘客按 1400 人次计算, 提前 15 min 检票, 列车开行前 3 min 停止检票。一趟列车进站检票现有设备为 8 台检票闸机加 2 个人工通道, 由公式(2)计算完成所有乘客检票行为所需时间  $t_2$  :

$$\begin{cases} t_2 = 4 \times 10 \times 1400x_1 + 18 \times 1400x_2 \\ x_1 + x_2 = 100\% \end{cases} \quad (2)$$

按效率均值计算可知, 约 12.07 min 才能完成所有乘客的检票行为。若 AB 检票口各增设 1 台检票闸机, 完成一趟列车搭乘乘客的检票行为将缩短至约 10.29 min。为减少客流拥挤, 可将普速列车的检票时间提前至 25 min, 动车组提前 20 min 检票时间不变, 在每一个检票口增设一台检票闸机。

## 5. 出站换乘层旅客组织优化

节假日等大客流情况下, 成都东站现有闸机数量不足, 导致站内乘客排队拥堵, 城际场人口密度急剧上升。为了缓解人流密度, 加快乘客流动速度, 在客流量非常大的情况下, 成都东站取消闸机检票机制, 敞开闸机, 放行旅客。

### 5.1. 出站闸机位置优化

#### 5.1.1. 达成场

达成场是到站乘客从 1~9 站台出站的必经之地, 此处的出站乘客可以选择换乘地铁、前往西广场或达成场。为满足乘客出站需求, 达成场设置了 A1、B1 两个出站检票口且每个检票口都配置 20 台闸机, 下图 7(a)中①②③为三种闸机方案。

综合考虑与地铁服务设施配合、减少乘客走行距离、大客流缓冲、流线交叉干扰、改造成本等, 方案①是达成场出站闸机布置的最优位置。

#### 5.1.2. 城际场

##### 方案一: 乘客步行总距离最短

如图 7 所示, 设闸机在 B 位置。1) 乘客从 B 到东广场, 其走行距离为:  $d_{东} = b + (d_1 - a)$ ; 2) 乘客从 B 到地铁入口, 其走行距离为:  $d_{地铁} = b + a + d_2 + d_3 + d_4 + d_6$ ; 3) 乘客从 B 到西广场, 其走行距离为:  $d_{西} = b + a + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_7$ 。

乘客走行总距离模型如下:

$$\begin{aligned} \min Z = & \left( S * k_{西} * k_{西上} * k_{地铁(上)} + S * k_{西} * k_{西下} * k_{地铁(下)} \right) \\ & * (b + a + d_2 + d_3 + d_4 + d_6) + S * k_{东} * b + (d_1 - a) \\ & + \left( S * k_{西} * k_{西上} * k_{西广(上)} + S * k_{西} * k_{西下} * k_{西广(下)} \right) \\ & * (b + a + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_7) \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} k_{西} + k_{东} = 1 \\ k_{西下} + k_{西上} = 1 \\ k_{地铁(上)} + k_{地铁(下)} = 1 \\ k_{西广(上)} + k_{西广(下)} = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

式中:  $S$  为从闸机出来的总人数;  $k_i$  为乘客走行人数分布为, 表示向  $i$  方向走的人数占比;  $S_{东} = S * k_{东}$  为 B 到东广场的人数;  $S_{地铁上} = S * k_{西} * k_{西上} * k_{地铁(上)}$  为 B 到流线上方的地铁入口的人数;

$S_{地铁下} = S * k_{西} * k_{西下} * k_{地铁(下)}$  为 B 到流线下方的地铁入口的人数;  $S_{西广(上)} = S * k_{西} * k_{西上} * k_{西广(上)}$  为 B 通

过上方出口到西广场的人数;  $S_{西广(下)} = S * k_{西} * k_{西下} * k_{西广(下)}$  为 B 通过上方出口到西广场的人数。

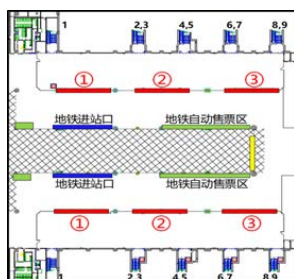
经计算可知, 图 7(b) 中红星处为该方案下闸机的最优位置。总体来说, 其优点: 1) 全部旅客步行总距离最短, 左端旅客步行总距离最短; 2) 改造成本难度最低。缺点: 有一定舆情风险, 由 20-26 站台出站前往东广场的旅客或因步行距离较长而增加投诉。

**方案二: 铁路出站区域滞留乘客最少**

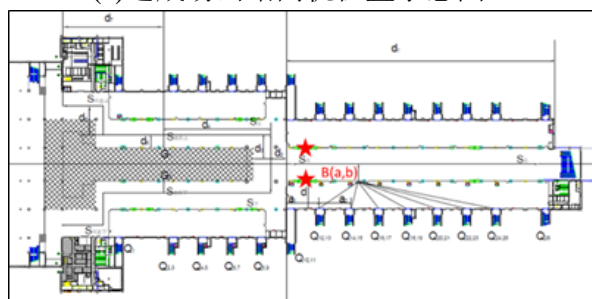
设闸机位置为 B, 第  $i, j$  站台为  $Q_{i,j}$ , 每个从站台出来到闸机的乘客都需要行走  $d_{Q_{i,j}B}$ , 每个站台出来乘客数为  $S$ ,  $Q_{12,13}$  站台到墙的距离为  $a_1$ , 任意两站台间距离为  $a_2$ , 站台到闸机的竖直距离为  $d$ , 则乘客总步行距离:  $S_{总} = S * d_{总}$ , 其中  $d_{总}$  为  $d_{总} = d_{Q_{12,13}B} + d_{Q_{14,15}B} + d_{Q_{16,17}B} + d_{Q_{18,19}B} + d_{Q_{20,21}B} + d_{Q_{22,23}B} + d_{Q_{24,25}B}$  又由勾股定理得其中,  $d_{Q_{12,13}B} = \sqrt{(a - a_1)^2 + d^2}$  后面距离依次类推可得, 则此模型为:

$$\min Z = S * (d_{Q_{12,13}B} + d_{Q_{14,15}B} + d_{Q_{16,17}B} + d_{Q_{18,19}B} + d_{Q_{20,21}B} + d_{Q_{22,23}B} + d_{Q_{24,25}B})$$

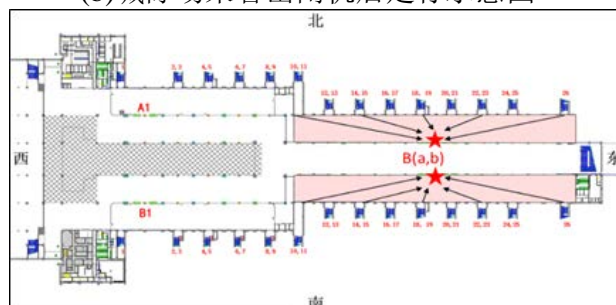
经计算可知, 最优闸机位置如图 7(c) 中红星位置所示, 此方案总体上讲优点有: 1) 铁路出站区域滞留乘客最少; 2) 在铁路出站区内, 乘客步行距离最短, 滞留乘客最少; 3) 大客流情况下起到缓冲效果。出站口与地铁站厅区域距离更长, 有利于减缓大客流对地铁设备的冲击。缺点: 改造成本较大, 中间方案涉及现有 A3、B3、A4、B4 全部闸机移机及标识标牌更新。



(a) 达成场出站闸机位置示意图



(b) 城际场乘客出闸机后走行示意图



(c) 城际场乘客未出闸机后走行示意图

**Figure 7.** Optimization scheme diagram of outbound brake location  
**图 7.** 出站闸机位置优化方案图

## 5.2. 出站闸机数量优化

分别对: 1) 达成场: 20 闸机+4 人工, 城际场: 20 闸机+4 人工; 2) 达成场: 25 闸机+2 人工, 城际场: 25 闸机+2 人工; 3) 达成场: 27 闸机+2 人工, 城际场: 27 闸机+2 人工; 4) 达成场: 28 闸机+2 人工, 城际场: 28 闸机+2 人工; 5) 达成场: 30 闸机+2 人工, 城际场: 30 闸机+2 人工; 这 5 种情况进行仿真分析(图 8), 结果指出: 若旅客到达处于极端情况, 即大客流持续达到的情况下, 达成场 A1、B1 各需增设 5~7 台闸机; 考虑到城际场设施设备偶发故障等特殊情况, 建议将 A3、B3 处至少设置 30 台闸机和 2 人工。

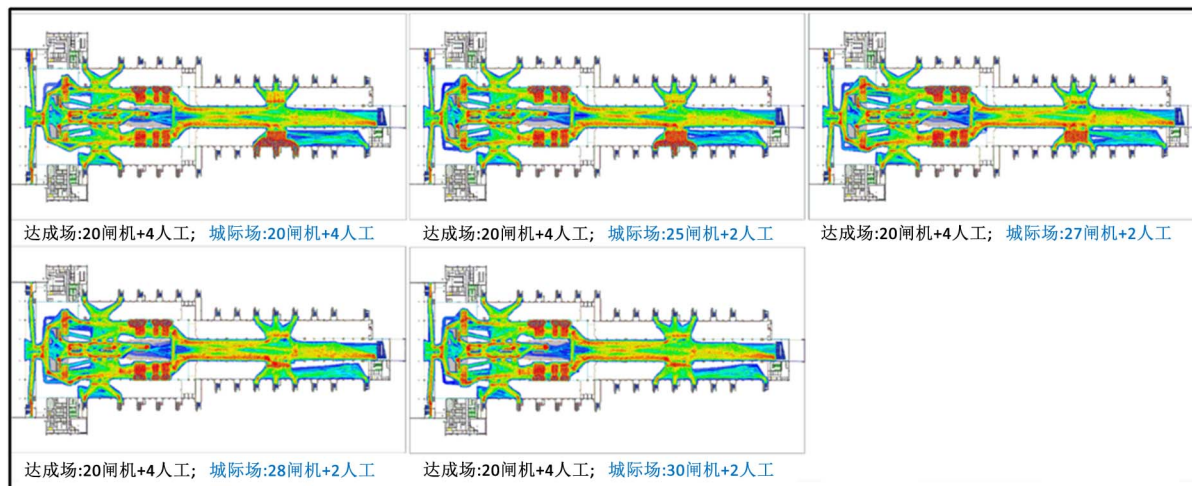


Figure 8. The queuing situation is shown under different configuration conditions of outbound brake number  
图 8. 不同出站闸机数量配置条件下排队情形示意

## 6. 结论

本文通过对成都东站进行充分现状调研和客流特征分析, 在预期客流强度及各类极端情况下, 以客运组织环节、相关设施设备等为研究对象, 在高架候车层旅客组织优化层面上, 运用 Anylogic 仿真软件得出了一定情景下主通道封闭、引导栏杆延长法、相邻玻璃盒子合并与现状栏杆引导方案的优劣比较; 在出站换乘层旅客组织优化层面上, 分别以乘客步行总距离最短、铁路出站区域滞留乘客最少为目标, 通过分析计算得出出站闸机位置优化和出站闸机数量优化方案。为成都东站客流组织优化提供参考, 有效提升成都东站服务水平, 同时也为我国其他大型铁路客运枢纽站的旅客流线组织优化提供一些借鉴。

## 基金项目

国家重点研发计划资助(2017YFB1200702)。

## 参考文献

- [1] 聂广渊. 铁路综合客运枢纽交通设施布局及配置方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [2] 左倩飏. 铁路车站内部换乘流线设置研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [3] 张倩. 大型铁路综合客运枢纽交通设施配置优化方法研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2017.
- [4] 刘秋成, 李长权, 钱强. 南昌西站客流疏导方案优化设计[J]. 铁道运输与经济, 2019(s1): 46-53.
- [5] 马国忠, 李梦潇. 成都火车东客站旅客引导标识设置研究[J]. 人类工效学, 2014, 20(2): 68-71.
- [6] 邓唯思. 成都东站运营组织及设备能力评估[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2012.

- [7] 赵亮. 武昌客运站乘客流线优化仿真研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2019, 10(16): 25.
- [8] 陈佐之. 火车站高峰时段客运组织方法研究[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(11): 248-249.
- [9] 廖成. 郑州站旅客进站流线仿真模型构建研究[J]. 铁道运输与经济, 2019(s1): 46-53.