

# 乌鲁木齐高铁车站与城市轨道交通车站的一体化设计与仿真优化

高 佳

(安诚傲林规划设计顾问(上海)有限公司交通运输事业部,200051,上海//工程师)

**摘 要** 城市轨道交通车站与城市大型综合交通枢纽、商业区的无缝换乘和空间一体化设计要求很高。基于对乌鲁木齐行人行为特征的调查分析,以乌鲁木齐轨道交通2号线、4号线的换乘站及乌鲁木齐高铁站为案例,对城市轨道交通车站与高铁进出站层的衔接,对地面、站厅、站台层的空间布局和渠化、换乘模式、商业区布局、应急疏散等功能环节进行了针对性的仿真优化,并提出了一体化的城市轨道交通车站功能布局的优化方法。

**关键词** 乌鲁木齐;城市轨道交通车站;高铁车站;一体化设计;仿真优化

**中图分类号** U231.4

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2019.04.018

## Integrated Design and Simulation Optimization of High-speed Railway Station and URT Station in Urumqi City

GAO Jia

**Abstract** It has higher requirements for seamless transfer and integrated space design between urban rail transit station, large urban comprehensive transport hub and commercial areas. Based on the investigation and analysis of pedestrian behavior characteristics in Urumqi City, and taking the transfer station of Urumqi rail transit Line 2 and Line 4 as a case, the connection between metro station and high-speed railway station, the space layout of ground layer, hall layer, platform layer and commercial area, the transfer mode and emergency evacuation plan are simulated and optimized. On this basis, a method for optimizing the integrated layout of urban rail transit station is put forward.

**Key words** Urumqi City; urban rail transit station; high-speed railway station; integrated design; simulation optimization

**Author's address** Hyder ACLA Consulting (Shanghai) Limited, Traffic and Transport Function, 200051, Shanghai, China

交通系统需要与城市对外交通枢纽(火车站或机场等)进行各种形式的衔接。

乌鲁木齐高铁站同乌鲁木齐轨道交通2号线及4号线(以下简称“2号线”及“4号线”)的换乘车站(以下简为“乌鲁木齐枢纽站”)进行了一体化设计,进而实现了高速铁路与城市轨道交通的无缝衔接。其中,2号线为南北向骨干线路,4号线为东西向骨干线路。未来站内不但要容纳2号线、4号线的进出站客流及换乘客流,还要容纳部分高铁站的进出站客流,以及较大面积的物业夹层商业客流。因此,其车站设计,以及站内的客流组织和引导工作较为复杂。对此,本文通过仿真模拟来进行评价与优化分析。

此外,乌鲁木齐市地处我国西北,具有特殊的环境、气候及民族特色,其市民的文化、习惯、行为方式均与内地乘客不尽相同。这些因素会对城市轨道交通的各环节服务提出新的要求和挑战<sup>[1-3]</sup>。

## 1 枢纽站特点及总体布局

乌鲁木齐高铁站的南广场布局如图1所示。2号线沿高铁站站体南侧布置,4号线下穿高铁站站体及高铁线路。

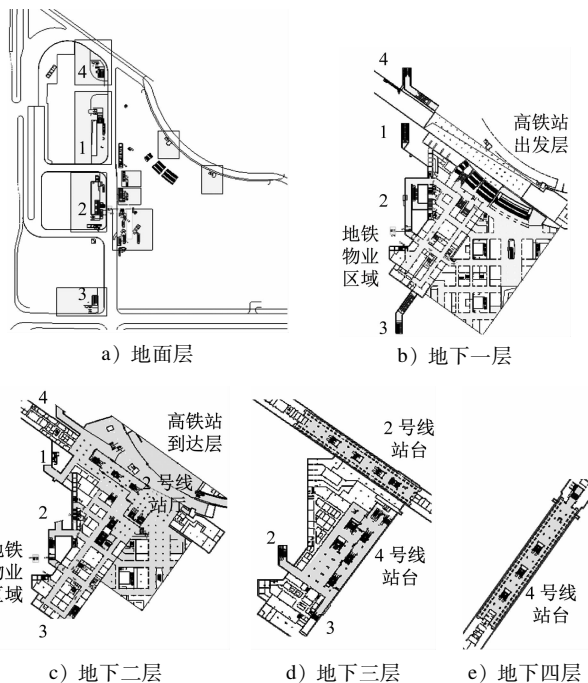
各层平面示意图见图2。地下一层,城市轨道交通车站与高铁站的进站层直接相连,并布局了商业物业空间;地下二层,城市轨道交通车站与高铁站的出站层直接相连,并布局了2号线站厅与商业物业空间;地下三层为2号线的站台层与4号线站厅层;地下四层为4号线的站台层。2号线与4号线的换乘在此站有站台换乘与站厅换乘两种方式。

乌鲁木齐轨道交通站正常出入口通道的有效宽度约为7.2 m;专用疏散楼梯宽度约为2.5 m;地下一层和地下二层均标注有疏散引导和分流引导措施标志(三角形),仿真模型据此进行相应的客流

为充分发挥城市骨干交通运输功能,城市轨道



图1 乌鲁木齐高铁站南广场布局



注:图中数字为出入口标号

图2 乌鲁木齐枢纽站衔接的各层平面示意图

引导。

## 2 车站仿真方案

### 2.1 仿真平台与技术方案

仿真采用 Legion 软件。首先,根据乌鲁木齐枢纽站的实际情况,构建车站的基础模型;然后,根据相关的规划及预测资料,推演出乌鲁木齐轨道交通不同运营阶段的变化,并设定相应的分析场景;最后,对比分析在不同时期、不同工况的客流服务水平和相应的潜在问题<sup>[4-5]</sup>,进而提出针对性优化建议。

### 2.2 乌鲁木齐市特殊的安全服务需求

乌鲁木齐市内各公共服务场所、大小商业场所、公共汽车站均采用了严格的“人物同检”模式。其中,乌鲁木齐枢纽站采用了特殊的“站外安检”模式,其进站安检位于出入口安检,而非站厅。这必然会对车站内的服务流程产生重要影响。

### 2.3 乌鲁木齐行人行为特点调研

各地的行人行为、服务需求等内容都不尽相同,细微的差距积聚起来会涌现明显的群体行为差异<sup>[6]</sup>,进而会对车站的各项服务产生重大影响。考虑到乌鲁木齐市具有明显的地域、人文特色,更需要对其特殊的行人行为特征、服务需求进行充分的调研,提取相关的仿真参数,并结合初、近、远期的运营服务(效率)特点,与车站设计、运营方案进行仿真互动。

## 3 车站的仿真优化

基于上述仿真技术方案,根据乌鲁木齐市的行为调查数据和仿真参数,采用乌鲁木齐城市轨道交通2号线工程可行性研究的客流预测报告(含各车站不同方向、象限、出入口的客流分配比例)及高铁站客流预测报告的相关客流需求作为输入资料,开展不同场景的仿真分析,并提出针对性的优化建议。

### 3.1 各出入口安检设备的配置

由于采用了“人物同检”的安全模式,导致安检模式变化。原设计中,每个出入口仅统一配置了2组安检设备,明显无法满足实际的进站需求。现提出建议如下:

(1) 初期安检设备设置10台:1号口2台,2号口2台,3号口3台,4号口3台。

(2) 远期安检设备设置17台:1号口4台,2号口4台,3号口5台,4号口4台。

### 3.2 物业层优化

乌鲁木齐枢纽站地下一、二层具有较大面积的物业区域,而物业区域内商铺的经营价值会受到顾客浏览率的严重影响。为充分发挥物业层的可利用空间,需要对商铺布局方案进行充分的优化,以作为商业招租的基本依据。

通过仿真技术可以对物业层出入口布局、客流分布及商业布局方案等3方面因素进行随机交互影响分析,进而反复优化商业布局方案。优化后的商业布局方案如图3所示。

(1) 地下一层地铁商业空间,乘客主要由2号出入口、北侧的高铁车站及东侧的高铁商业区到

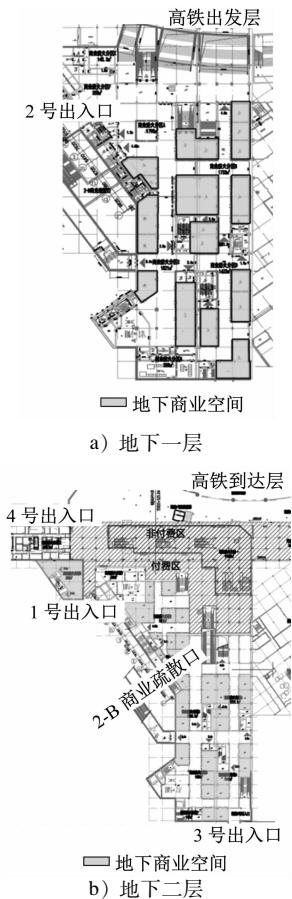


图3 乌鲁木齐枢纽站物业层商业布局示意图

达。根据乘客自组织、随机分布的原理,可以仿真测出地下一层各商铺的随机浏览率均等。

(2) 地下二层地铁商业空间,乘客主要由地铁2号线站厅、高铁出站厅、4号出入口、1号出入口、2号出入口、3号出入口及高铁商业区等方向到达。由仿真分析可知,地下二层的地铁商业区分布有明显的优劣之分:左侧商业主通道附近的商铺、广告的浏览率明显高于右侧、中侧、南部的商铺(如图4所示)。



图4 乌鲁木齐枢纽站地下二层物业层商业价值区分示意图

### 3.3 换乘优化

乌鲁木齐枢纽站客流量很大,地铁2号线与4号线的换乘客流占总客流的64%~66%。如采用纯站台换乘模式,则其换乘楼梯的通行能力将严重不足,因而必须采用站厅+站台换乘模式。即一个换乘方向的乘客走站台换乘通道,另一个换乘方向的乘客利用站厅换乘。

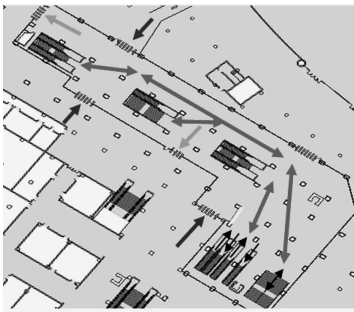
可见,站厅+站台换乘模式的整体服务效果明显优于纯站台换乘模式。站厅的换乘引导与优化如图5所示。相应的引导和组织管理为:

(1) 引导换乘客流走2号线站厅北侧较宽的通道,使其与进出站闸机客流分流。

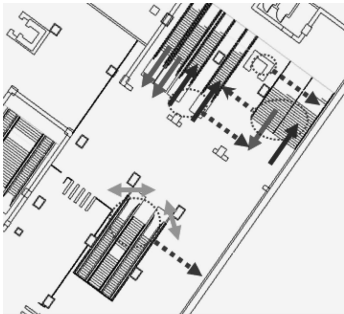
(2) 封闭4号线站厅最右侧楼梯组出入口与立柱之间的狭窄通道。

(3) 建议设计考虑将4号线站台(包括4号线的楼扶梯组和厢式电梯)向右平移到站厅右侧。这样可为换乘客流提供更为开阔的换乘视野,使换乘的乘客能直接观察到4号线站台的3组上下行楼扶梯组及站厅换乘楼扶梯组。

(4) 将站厅的换乘楼扶梯组改为中间楼梯,并采用两侧上下行扶梯分开的模式,以减少客流交叉。



a) 地下二层站厅



b) 地下三层站厅

← 出站排队 → 进站排队 ↔ 换乘客流 — 渠化栏杆

图5 乌鲁木齐枢纽站站厅换乘引导与优化示意图

### 3.4 站厅优化

乌鲁木齐枢纽站的一体化建设,使其会面对更多的外来乘客。通过仿真发现,售票和闸机环节的

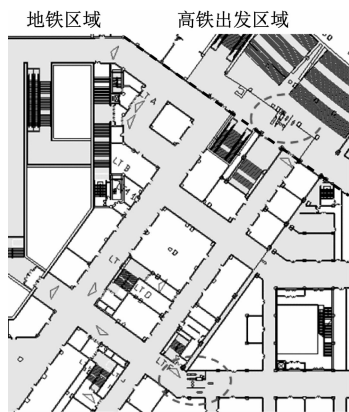
能力严重不足,因此需要对售票设备、闸机进行充分的空间、能力预留。

### 3.5 地下一层、地下二层空间划分

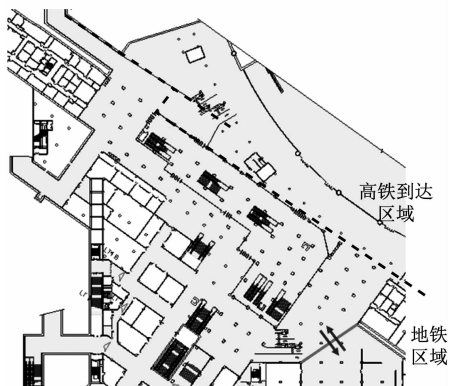
乌鲁木齐枢纽站虽然是一体化建设,但城市轨道交通车站和高铁车站的安全责任主体并不相同。本文通过仿真验证,提出安全责任区的划分建议如下:

(1) 地下一层通过栏杆等分割设施将其划分为地铁区域与高铁出发区域(如图6 a)所示)。封闭2个通道,预留2个安检出入通道。2个安检通道各布置1台安检设备即可满足需求。

(2) 地下二层通过栏杆等分割设施将其划分为地铁区域与高铁到达区域(如图6 b)所示)。按照传统的“高铁-地铁分割方式”,需预留2个安检出入通道,且2个安检通道各布置3台安检设备才能满足需求。如果能够整合高铁与地铁的安检服务环节,则可仅在图6 b)中所示位置通过栏杆和安检环节分割高铁商业。这种条件下,仅需要1组安检设备即可满足需要。



a) 地下一层

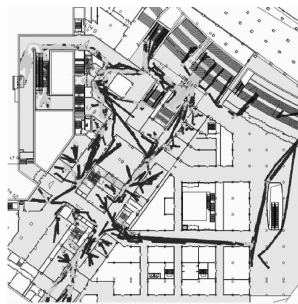


b) 地下二层

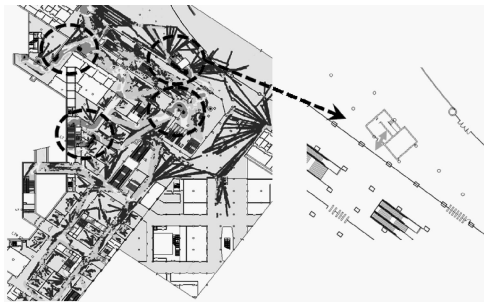
图6 乌鲁木齐枢纽站安检分隔示意图

### 3.6 疏散优化

城市轨道交通车站将来可能会面临临时的紧急疏散。在紧急疏散中保障乘客安全是车站运行服务的底线。在仿真中,车站在正常运行时突然改变正常进程,进行紧急疏散。对全站的疏散过程进行分析,可发现其中的空间拥堵节点,进而建议运营管理部门加以预防和关注。疏散中的拥堵节点仿真结果如图7所示。由图7可见,地下一层的疏散客流分布较为均匀,没有明显的拥堵节点;地下二层具有较多的拥堵节点,需要运营管理部门加以预防和管理。



a) 地下一层疏散示意图



b) 地下二层疏散示意图

图7 乌鲁木齐枢纽站应急疏散的拥堵节点仿真结果

针对拥堵节点的分布特点,提出如下建议:

(1) 将地铁1号疏散楼梯的开口方向改为向北或向西,并在紧急疏散条件下加强对乘客的疏散引导。

(2) 在紧急疏散条件下,应加强1号出入口、2号出入口、3号出入口及4号出入口的通道及附近商业区的疏散引导,尤其要加强对4号线站台的疏散引导,防止争抢车站换乘通道。

(3) 合理引导疏散楼梯。为均衡利用疏散通道,要合理引导2号线站厅换乘楼梯区域拐角处附近乘客的疏散选择。

(下转第85页)

挖时,上部既有车站结构的沉降呈逐渐增大的趋势,主要是随着开挖断面扩大,底板所受弯矩增大,相应位移也增大所致。但新增最大沉降量为2.90 mm,小于沉降控制标准(5.00 mm)。结合运营期的已有沉降量累计达8.30 mm,小于10.00 mm。可见,分部开挖合理。

## 4 结语

本文通过对南京某新建工程基坑明挖及暗挖段对既有地铁车站结构影响的数值分析,得到基坑开挖对零距离下穿既有地铁车站结构的内力影响,验证了相关施工措施的效果:

(1)明挖基坑与既有车站结构间增设了1排隔离桩,对称开挖,支护结构合理可行,使既有车站结构的变形成得到较好的控制,满足规范要求。

(2)暗挖采用上下台阶法进行开挖,左右导洞对称施工,其支护体系满足对既有车站保护的要求。这是既有地铁车站结构沉降控制的关键措施。

(3)在基坑开挖过程中下,既有结构位移呈平缓变化,且均在可控范围内,较好地体现了结构之间的整体稳定性,也反映了结构及工法设计的可行性。

## 参考文献

[1] 万良勇,宋战平,曲建生,等.新建地铁隧道“零距离”下穿既

有车站施工技术分析[J].现代隧道技术,2015,52(1):168.

[2] 赵克生.浅埋暗挖法地铁区间隧道零距离下穿既有线施工技术[J].铁道标准设计,2008(12):72.

[3] 韩焯,刘赭炜,STANDING J R.隧道下穿既有线的案例分析与沉降分析方法[J].土木工程学报,2012,45(1):134.

[4] 王剑晨,张顶立,张成平,等.北京地区浅埋暗挖法下穿施工既有隧道变形特点及预测[J].岩石力学与工程学报,2014,33(5):947.

[5] 王志刚.北京地铁四号线宣武门站下穿既有车站施工方案研究[J].隧道建设,2009,29(5):506.

[6] 朱正国,余剑涛,朱永全.区间隧道零距离下穿既有地铁车站施工方案研究[J].现代隧道技术,2013,50(6):124.

[7] 毕俊丽,王伟锋.新建地铁车站零距离下穿既有线区间影响分析[J].现代隧道技术,2010,47(5):65.

[8] 南京市测绘勘察研究院有限公司.南京地铁5号线D5-XK04标上海路站岩土工程详细勘察报告[R].南京:南京市测绘勘察研究院有限公司,2016.

[9] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市轨道交通结构安全保护技术规范:CJJ/T 202—2013[S].北京:中国建筑工业出版社.

[10] 南京市人民代表大会常务委员会.南京市轨道交通条例:南京市人大常委会公告第10号[S].南京:南京市人民代表大会常务委员会,2014.

(收稿日期:2018-04-12)

(上接第76页)

## 4 结语

城市轨道交通车站与高铁车站等对外交通枢纽进行充分的融合和一体化建设,是未来城市轨道交通发展的趋势,有助于发挥其骨干交通功能,并提高车站内各类乘客的服务效率。但一体化的建设必然会对原车站的标准化设计带来冲击,如何保证车站空间布局与设备设施配置的合理性,提高乘客的服务水平,需要考虑众多的随机影响因素。

标准化的规划理论、设计规范,难以满足相应的运营服务需求。本文详细地介绍了乌鲁木齐枢纽站仿真优化的实际案例,以期城市轨道交通车站设计提供相应的个性化优化方法与技术借鉴。

## 参考文献

[1] 安诚傲林规划设计顾问(上海)有限公司,方理工程顾问(上海)有限公司,共融管理咨询(上海)有限公司.乌鲁木齐城市轨道交通2号线运行服务效果策划总报告与专题报告[R].上海:安诚傲林规划设计顾问(上海)有限公司,2016.

[2] 倪桂明,孙礼超,潘安,等.从工程走向服务——城市轨道交通发展的反思与创新[M].上海:同济大学出版社,2017.

[3] 蒋蓉,陈乃志.地铁地下空间的功能与商业空间开发[J].城市轨道交通研究,2007(6):12.

[4] 叶玉玲,陈俊晶,刘小亚.高铁站与市内交通换乘衔接选择研究[J].城市轨道交通研究,2017(11):45.

[5] 宋杰.乌鲁木齐轨道交通国际机场站的建筑设计[J].城市轨道交通研究,2018(1):77.

[6] 邹晓磊.城市轨道交通车站乘客行为及客流组织研究[D].上海:同济大学,2009.

(收稿日期:2018-06-08)