

西安地铁换乘站设计影响因素分析及功能设计研究

宋 杨

(西安市轨道交通集团有限公司, 710018, 西安//高级工程师)

摘 要 在总结西安地铁换乘站设计经验及教训的基础上,重点从车站网络定位、客流组织、空间布局、换乘形式和设计方案等方面分析影响换乘站设计和功能的因素,形成换乘站设计方案,并通过客流仿真模拟验证了设计方案的可行性。研究成果可为其他换乘站设计和已运营车站换乘功能改造设计提供指导和借鉴。

关键词 西安地铁; 换乘站; 设计方案; 影响因素; 设计标准

中图分类号 U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.12.016

Study on Functionality and Design Influencing factor of Xi'an Metro Transfer Station

SONG Yang

Abstract On the basis of summarizing the design experience and lessons of Xi'an Metro transfer station, the factors influencing transfer station design and functionality are analyzed from the aspects including station network positioning, passenger flow organization, spatial layout, transfer form and design standard. A transfer station design scheme is formulated, the feasibility of which is validated from passenger flow simulation. The research results can provide guidance and reference for the design of other transfer stations and transfer functionality transformation design of existing stations.

Key words Xi'an metro; transfer station; design scheme; influencing factors; design standards

Author's address Xi'an Rail Transit Group Co., Ltd., 710018, Xi'an, China

换乘站是城市轨道交通网络化运营的关键控制点,其服务水平直接关系到城市轨道交通网络的运行效率。从北京、上海、广州等超大城市的轨道交通线网运营状况看,在线网逐步完善过程中,一些主要换乘站都出现了换乘客流增加以及车站规模和换乘设施能力同客流量不匹配的问题,致使后期对部分已运营的换乘车站结合周边控制条件实施了改造。南京、成都、西安等城市的部分换乘站

建成后不久,也出现了换乘客流量激增、客流量接近远期预测水平的现象,换乘站设施普遍呈现能力紧张的问题。因此,在设计阶段对换乘站进行深入、系统的研究,设计出设施能力充足、换乘便捷和舒适安全的换乘车站十分必要。

1 西安地铁换乘站概况

近年来,西安市轨道交通工程建设速度不断加快,第一、二期建设规划中的地铁1—5号线、6号线一期及9号线已通车运营;第三期建设规划线路正在全面建设,14号线于2021年6月底通车运营。一、二期建设规划线路较少,换乘站共16座,换乘形式单一;三期建设规划线路的实施将使换乘站达到37座,换乘站设计较为复杂。

2 西安地铁既有换乘车站情况调研分析

目前,西安地铁共有8条运营线路,运营里程为259 km,2021年二季度线网日均客流量为336.5万人次,开通以来线网最高日客流量448万人次(2021年5月)。目前全线网共有14座换乘站。

北大街站是1号线和2号线的换乘站,是西安地铁的首座换乘站,为上侧下岛三层地下站。1号线和2号线通过中间的换乘楼梯实现双向换乘。高峰期间,北大街站客流大,站内拥堵现象比较严重。北大街站的高峰小时的进出站客流量约为3.2万人次,节假日高峰小时的进出站客流量达4.0万人次,日均客流量25万人次左右。1号线换乘2号线需上至站厅,通过“几”字型铁马到2号线两侧楼梯处,通过楼梯换乘至2号线;运营公司将2号线站台层中间区域设置为客流疏导区,排队上车的客流疏导至站台两侧候车。从整个布局来看,客流拥堵点主要存在于换乘楼扶梯上下基点和楼扶梯本身,在高峰时段目前通过限流手段来缓解拥堵。

二期建设规划线路换乘站基本采用T型换乘。换乘站的站台宽度:小寨站为13 m,大雁塔站为16

m,五路口站和通化门站等其他站为 14 m。两线站台换乘节点间距离的大小对换乘客流的疏导能力有很大影响,大雁塔站 3 号线和 4 号线的站台换乘节点间的距离为 8 m,小寨站 2 号线和 3 号线的站台换乘节点处基本贴合。目前已对通化门站(1 号线与 3 号线换乘)和大雁塔站的换乘节点区域均进行了放大处理。目前小寨站高峰时段站内较为拥堵(预测初期 2018 年高峰小时客流量约为 1.90 万人次,2018 年 1 月实际客流量为 2.64 万人次,远大于预测客流),其余换乘站高峰时段的客流组织较为有序。

因线网规划调整,将南稍门站由原标准站改造成了换乘站。主要改造措施为:扩建既有换乘厅,在既有站台至站厅增加一组扶梯,设置双通道单向换乘,换乘通道内增加扶梯数量等。南稍门站高峰时期的运行状况较好。

3 换乘车站设计影响因素及其应对策略

3.1 换乘车站网络功能定位及分级标准

换乘车站的规模一定程度上取决于线路本身的定位。西安地铁换乘站分级标准如表 1 所示。根据换乘车站分级标准,确定站台宽度、建筑空间、楼扶梯和通道的设计标准。

表 1 西安地铁换乘站分级标准表
Tab. 1 Classification standard of Xi'an metro transfer station

等级	远期车站高峰时期客流量 (万人次/h)		换乘线建设时序	线网重要性	换乘比例/%
	单线	双线			
一级	>1.5	>2.4	同期实施或建设时序相差不超过 5 年	骨干线之间换乘	>60
二级	>1.1	>1.6	同期实施或建设时序相差不超过 5 年	骨干线和其他线之间换乘	>50
三级	<1.1	<1.6	建设时序相差超过 5 年	非骨干线之间换乘	<50

从实际运营看,随着线网密度增大和客流量逐步提高,早期换乘站的站台就显得偏小、应对风险能力较低。线网规划调整后,需将部分标准站改为换乘站,因原标准站站台偏小且未预留换乘条件,因此需通过改造方式实现换乘。虽然后期规划建设的线路规模比前期规划建设的线路规模大,但实际换乘效果好于前期的。

3.2 车站建设时序

1) 与已运营线路换乘:对拟建线路的影响,主

要取决于已运营车站是否预留换乘条件。若已预留,则根据预留条件采用节点换乘或通道换乘;若未预留,则需要对已运营车站进行改造,使其满足换乘条件。

2) 与在建线路换乘:对拟建线路的影响,主要是需根据预留条件选择换乘节点或者是否同期实施。

3) 与同一建设规划期内的线路换乘:主要是根据线网建设时序及路由稳定情况,在条件允许的情况下,预留换乘节点或者同期实施,以避免造成换乘功能水平的降低。

4) 与非同一建设规划期内的线路换乘:主要是需根据线网稳定条件及交织形式,判断远期线路路由是否稳定。若路由不稳定,为避免工程废弃,则采用通道换乘,预留节点换乘条件;若路由相对稳定,预留换乘节点。

3.3 客流规模风险与对策

客流预测对车站规模起决定性作用,因此要充分估计客流规模风险。会对运营产生较大冲击的风险源主要包括大型交通枢纽的转乘、大规模集体活动、大规模假日休闲活动、人口高密度功能区、线网建设时序以及换乘站运能不匹配。相应的应对对策如下:

1) 车站规模及站台宽度首先应满足换乘站分级标准,设施设备和公共空间的匹配及预留应满足一定客流规模的需求。

2) 在进行换乘站规模设置和设施设备能力验算时,除考虑控制时期运能匹配及各线运能外,还应考虑将两列列车同时到站情况作为验算的基础条件。

3) 在和已运营车站或已实施车站进行换乘时,应将运营车站运营时期的客流量作为换乘站设计或运营车站改造的基础数据,并结合远期客流数据进行综合分析,在此基础上明确车站规模和其他重要节点的能力。

4) 建议在车站建筑设计中增加客流规模风险分析,并采用可靠的设计方法,提出合理的运营组织建议。在此基础上形成全线网风险评估报告,以此作为行车组织设计与建设计划决策的参考依据。

5) 地铁换乘方式具有多样性和复杂性的特点,而且换乘站客流量大、客流流线复杂,客流流线具有多向性和不均衡性等特点。因此,应根据换乘站的换乘方式,采用不同的客流组织方法,以缩短换

乘路径,减少换乘客流与进出站客流的交叉干扰。

3.4 周边控制因素

城市建设是立体、全面展开的,换乘站的设计需要与城市规划、地下空间开发以及周围的地形条件相协调。换乘形式的选择受多种因素影响,包括规划条件、道路概况、工程地质水文条件、地下地上构筑物与管线等,因此选择换乘形式时,要充分考虑上述因素,坚持与环境的可持续发展相协调。

换乘站站位优先选择商业、住宅和市政服务设施地块(客运站、医院和展馆等),尽量避开军事用地和文物保护用地。首先考虑在主要道路路口设站,便于交通接驳;并优先考虑跨路口站位的可实施性,以兼顾各个象限客流。

3.5 换乘站改造

由于城市发展及线网规划的完善,导致既有车站功能无法满足现状客流需求。如:站台宽度较小,车站楼扶梯或换乘楼扶梯设施设备能力不足,尤其是不能满足近期车站疏散要求;车站公共空间较为狭小,不能满足现状客流疏导要求;或因线网调整,已建成的标准站变换乘站后,因原标准站未预留换乘条件,无法实现换乘功能等。以上情况,均需要对既有车站进行改造或功能提升。

3.5.1 改造车站的总体原则

根据既有车站周边规划,研究客流规模和流向;研究车站现状,梳理存在问题,提出解决方案;应对客流增长,增加疏散设施,保障运营安全;结合运营现状,合理组织实施,避免运营风险。

3.5.2 改造车站注意事项

改造前应对既有站进行分析(站台宽度、楼扶梯能力、闸机能力和改造工作量等),验证换乘的可行性和可适性。改造方案对既有线各系统专业设计均有较大的调整,需协调既有线运营方对设计调整予以确认,并建议结合运营实际情况组织专项设计、实施方案评审和安全风险评估。车站改造量因站而异,但改造过程均会对既有线运营造成一定影响,因此,在改造工程的实施期间,需保证既有线的运营,但不排除个别系统倒接期间会对运营造成一定的影响,运营单位需提前做好应急预案。

3.5.3 改造车站重点问题分析

1) 消防标准:根据 GB 51298—2018 年《地铁设计防火标准》的要求,车站扩建工程的消防应满足该标准的要求;对于改建工程,其消防可以根据项目的实际情况进行分析,有困难的可执行老标

准,但需要征得本市消防部门的认可,并应制定改造期间的消防专项预案。

2) 风险评估及对策:地铁改造工程相对复杂,社会影响大,因此在进行地铁车站改造时应进行必要的风险分析和评估工作。从项目前期、施工和运营等各个阶段可能对外产生的负面影响,全面、动态和全程识别判断可能影响项目总体目标顺利实现的各种风险因素。

3.5.4 结构安全及施工措施

1) 施工围挡:为减少与运营接口时对运营的干扰,接驳施工时需要在接口部位设置围挡。

2) 墙体破除:在破除区域搭设防尘网布,安装排风筒,防止破除时的灰尘及电焊烟雾流入运营区域内。

3) 中板开洞:在站内中板开洞范围内搭设施工围挡,设立施工警戒区域,防止无关人员进入施工区域;在破除区域处搭设防尘网布,安装排风筒,防止破除时的灰尘及电焊烟雾流入运营区域内。

4) 设备改造及置换:为保证改造期间的运营安全与设备运转,主要设备设施可以遵循以旧换新、先建再拆的改造原则。

3.6 换乘站的设计标准

根据已运营一、二期规划线路换乘站存在的站台偏小和设施能力不足等问题,结合车站的网络功能定位及分级标准,适当提高了三期线路换乘站的设计标准。本文以西安地铁线网中唯一一条环线 8 号线(共设 18 座换乘站)为例进行分析,设计规模采用如下标准:

1) 站台宽度:采用节点换乘的车站,其站台宽度不小于 14 m;采用通道换乘的车站,可根据不同的换乘量及客流量确定站台宽度,一般不小于 13 m,岛式站台侧站台宽度不小于 3 m。

2) 建筑空间:根据提高空间舒适度的原则,换乘站的空间高度标准与一般车站的相比应适当放大。公共区楼梯宽度单向楼梯净宽不小于 1.8 m,双向楼梯净宽不小于 2.4 m;T 型和 L 型岛式换乘站节点处的台台换乘楼梯总净宽不小于 5.6 m,楼梯下端距站台门端门的距离不小于 6 m;换乘通道的宽度应根据客流控制期高峰小时换乘客流量计算确定,单向换乘通道装修后最小净宽不小于 5 m,双向换乘通道装修后最小净宽不小于 10 m。

通过提高设计标准,满足人性化设计,使车站设施能力与换乘客流量相互匹配,实现换乘便捷和

舒适。

3.7 换乘站功能评价

换乘站功能评价的有力手段为动态客流仿真模拟,在充分分析客乘规模和周边规划等因素,研究换乘乘客心理和行为特性的基础上,兼顾换乘安全性、便捷性和舒适度等要求,同时把握换乘客流非静态和非均衡,而是存在时间和方向上的不均衡性和短时冲击性等特点,对换乘站的设计方案及服务水平进行综合评价。

客流模拟可以初步验证方案的站台大小、拥堵点及设施能力等是否满足要求。在三期线路中,换乘站均采用“仿真模拟验证—方案优化—再次模拟验证”的方式调整和优化方案,确保换乘功能最优。

4 三期线路换乘站设计实例

以科技六路站的设计为例,该站是地铁 6 号线、8 号线和 11 号线的三线换乘站,设置在高新区唐延路、高新路和科技六路相汇处。周边规划主要以商业用地、公共绿地以及居住用地为主。该站的 6 号线车站为地下三层岛式,站台宽度为 12 m,满足 6 节 B 型车编组列车需求,已先期实施;该站 8 号线车站为地下三层岛式,站台宽度为 16 m,满足 6 节 A 型车编组列车需求;该站 11 号线车站为地下两层岛式,站台宽度为 14.5 m,满足 6 节 A 型车编组列车需求,与该站 8 号线车站的土建同期实施。

科技六路站采用 8 号线和 11 号线两线同期实施的方案,8 号线站台宽度为 16 m,换乘节点处两线站台脱开距离达 15 m,同时在邻近换乘节点的第一组楼扶梯与结构柱之间留出通行空间。8 号线及 11 号线站台宽度和空间高度设计均高于一般换乘站;换乘方式采用扶梯,提高了换乘标准。

科技六路站站厅层换乘关系如图 1 所示。对初步方案进行动态客流模拟验证,针对存在问题先后进行了 6 次“方案优化—再次模拟验证”的反复调整过程(结果如图 2 所示),提出将该站 6 号线车站南端楼扶梯由两扶梯—楼梯改为三扶梯,南侧栏杆外扩,增加中部楼扶梯设施;将该站 8 号线车站进站闸机移到中间两部扶梯之间;该站 11 号线车站中部楼梯开口改为向西开;扩大该站 6 号线与 11 号线站厅相交拐角处区域,形成切角,增大通行空间。最终的实施方案实现了设施能力充足、换乘便捷舒适的目标,达到换乘方案最优。

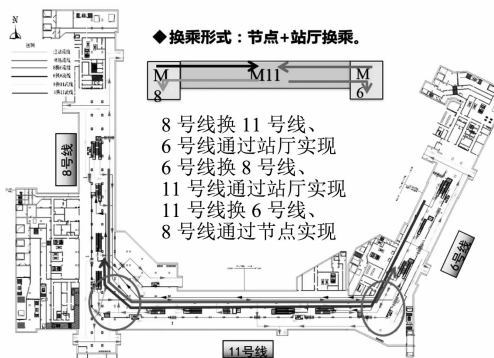


图 1 科技六路站站厅层换乘关系

Fig. 1 Transfer flow on platform level of Keji 6th Road station

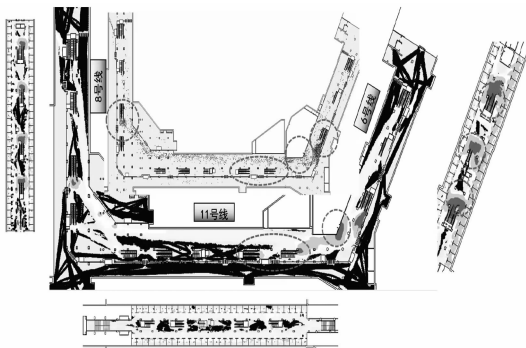


图 2 多轮方案优化后的科技六路站客流模拟密度图

Fig. 2 Simulated passenger flow density map of Keji 6th Road station after multiple scheme optimization

5 结论

1) 在前期设计中,应预留换乘站设备设施能力。应增加换乘站客流规模风险分析,基于此提出合理的控制客流风险的运营组织建议,并形成全线的风险评估报告,作为行车组织设计与建设计划决策的参考依据。

2) 通过对换乘站公共区空间布局形式进行验算,确定了换乘站基础设施设计标准和客流组织原则。通过客流模拟对设计方案进行初步验证,在设计阶段提前预警可能出现的运营风险,进而对线路的运力配置、运营组织甚至线网规划提出相应要求。

3) 既有线改造会对已运营线路造成一定影响,且改造过程中存在较大风险,费用也较高。因此,在预留车站换乘条件方面,应有一定的前瞻性与包容性,以尽量减少后期改造工程。关于将标准站改造为换乘站,本文明确了改造理念、相关标准、总体原则、土建改造及设备改造需要注意的问题,对后续线路涉及的车站改造有一定的指导意义。

(下转第 92 页)