

西安机场城际铁路机场西站设计研究^{*}

苏碧成

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安//高级工程师)

摘要 基于机场客流特征,提出与机场衔接的轨道交通车站设计,宏观上需与机场综合交通有效融合。以使机场整体交通系统运行通畅;微观上需提供良好的换乘空间和换乘设施,满足乘客方便、直接和优先使用的需求,避免拥堵。以西安机场城际铁路机场西站设计为例,研究轨道交通车站与机场公交系统有效衔接的车站站位,以及车站站台、楼扶梯、人行通道、闸机等设施设计;利用 Legion 软件对机场西站进行了行人仿真分析,验证了车站设计的合理性。

关键词 轨道交通车站;西安机场;机场客流;仿真分析

中图分类号 U239.54

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.07.019

Design of Intercity Railway West Airport Station at Xi'an Airport

SU Bicheng

Abstract Based on the characteristics of airport passenger flow, the design of rail transit station connecting airport is proposed to integrate with the airport comprehensive transportation at the macro level, so as to promote the smooth operation of the overall airport transportation system. While at the micro level, good transfer space and facilities should be provided to meet the passenger requirements for convenience, directness and priority needs, avoiding congestion at the same time. Taking the design of Xi'an Airport Intercity Railway West Station as an example, the station location that will effectively connect rail transit station and airport public transport system, the design of station platform, building escalator, pedestrian passage, gate and other facilities are studied. Finally, Legion software is used for the pedestrian simulation analysis of Xi'an Airport West Station, and the rationality of the station design is verified.

Key words rail transit station; Xi'an Airport; passenger flow at airport; simulation analysis

Author's address China Railway First Survey And Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

根据国际民航组织预测,在未来 20 年内,全球机场航空客流量将以每年超过 5% 的速度增长。随着航空运输需求量的迅猛增长,仅凭道路交通无法满足航空旅客地面运送的需求。城市轨道交通以其运量大、污染少、速度快、准时等优点,将成为城市中心与机场间理想的交通手段^[1],同时也对与机场衔接的城市轨道交通车站设计提出更高的要求。

1 机场客流特征

进出机场的客流不仅有乘坐飞机的航空客流,还包括机场工作人员、航空乘客迎送人员及其他人员等^[2]。从国际上较大规模机场的实际数据看,平均进出机场的人员中 47% 是乘坐飞机的旅客,17% 是机场工作人员,29.73% 是迎送旅客人员,其他人员平均仅占 6.27%。由此可见,乘坐飞机的旅客、迎送人员和工作人员是构成进出机场客流的主体部分^[3],这些客流在空间和时间上具有以下特点:

1) 不均衡性。机场客流具有多方向性,客源来自城市的四面八方,且要求在短时间内准时往返于机场和服务区,对机场综合交通服务系统提出更高的要求。

2) 瞬时性。进出机场的客流是瞬时发生的,一天之中既有高峰值,也有低谷值,在高峰时刻需快速安全地疏散、集中旅客,减少在机场的停留时间。

3) 客流结构复杂。机场拥有多种对外运输方式,具有交通枢纽功能,除机场客流外,还吸引了不同出行特征的机场周边区域的客流选择或者换乘机场交通。

4) 日客流延续时间长。一般情况下,只要有航班,就会有客流进出机场。对于商业性质强的机场,平均日客流延续时间会增长,承担衔接机场与服务区的交通方式具备全天候运营的功能,以满足及时疏散乘客的要求。

^{*} 中铁第一勘察设计院集团有限公司科技开发项目(院科 12-C54)

5) 方便性和准时性要求高。机场旅客一般都携带行李,与城市内部公共交通换乘便捷,与机场航站楼衔接方便,同时机场旅客和机场员工对交通方式的准时性要求非常高。

2 机场轨道交通车站设计总体需求

随着城市不断发展,越来越多的轨道交通成为机场综合立体交通枢纽的重要组成部分。轨道交通与机场陆侧、空侧交通方式的接驳要达到融合的目标,宏观上需把握车站与公交系统、航站楼有效衔接,且使系统运行通畅;微观上需为车站客流换乘其他交通方式提供良好的换乘空间和设施,满足乘客使用的方便性、直接性和优先性,避免拥堵^[4]。

3 机场轨道交通车站设计的特点

机场客流与普通客流最大不同点在于大多数旅客携带行李,车站设计不仅要考虑行人占用面积,还要将行李尺寸纳入其中,作为车站相关设施设计的重要基础资料。根据国际航空运输协会规定:随身登机箱三边尺寸之和不超过 115 cm,托运箱三边尺寸之和不超过 158 cm。计算单只行李箱的水平面投影面积,假设行人拖拽行李箱行走时,箱与地面夹角为 53°,取 24 吋(≈61 cm)拉杆箱标准箱体尺寸(长 64 cm,宽 41 cm,厚 26 cm),拉杆尺寸(长 35 cm,宽 17.5 cm)进行计算,得到行李占用面积为 0.195 m²。

3.1 站台人流密度

GB 50157—2013《地铁设计规范》9.3.2 条及条文说明规定“侧式站台上人流密度 ρ 为 0.33~0.75 m²/人”。GB 50157—2013《地铁设计规范》中 ρ 推荐取 0.5 m²/人。由于各城市情况有所异差,故 2013 年版规范中不作推荐值。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》,结合机场旅客携带行李的调查(约 70%的乘客携带行李),可得出乘客人均占用面积 A_p 为:

$$A_p = 0.3A + 0.7(A + 0.195)$$

式中:

A ——不携带行李旅客占用面积, m²。

按照 GB 50157—2013《地铁设计规范》中“车站站台上人流密度推荐取 0.5 m²/人”,可计算得出对应实际人均占用面积为 0.64 m²/人。考虑我国人体特征,建议如不受建设成本及既有边界条件控制,可采用 GB 50157—2013《地铁设计规范》规定的

上限,即 ρ 取 0.75 m²/人。

3.2 闸机通过能力

GB 50157—2013《地铁设计规范》规定“闸机行人通过量为 1 500 人/h”。考虑机场旅客携带行李,每 100 s 闸机的通过人数约为 39 人,换算成小时通过量为 1 404 人/h,与规范值相差了 6.4%。建议机场轨道交通以 1 400 人通过能力确定所设置的闸机数量。

3.3 通道服务水平

GB 50157—2013《地铁设计规范》规定“标准行人双向混合 1 m 宽通道最大通过能力 4 000 人/h”。考虑机场旅客携带行李,双向混合行人每 100 s 通道(30 m×6 m)通过人数为 774 人,换算成 1 m 宽通道通过量为 3 650 人/h,与规范值相差了 8.8%。建议机场轨道交通行人通道通行按照双向通行 3 600 人/h 能力设计。

3.4 楼扶梯宽度

GB 50157—2013《地铁设计规范》规定“1 m 宽自动扶梯最大通过能力不大于 8 190 人/h,1 m 宽楼梯通过能力下行为 4 200 人/h,上行为 3 700 人/h。”考虑到机场客流携带行李,建议自动扶梯最大通过能力按 7 300 人/h 考虑。由于携带行李旅客绝大部分选择自动扶梯或者电梯,因此楼梯宽度按照规范值设计。

4 西安机场城际铁路机场西站设计

根据以上研究成果,考虑到机场属于陆空立体综合交通枢纽,交通组织较为复杂,敏感因素较多。在不影响机场总体规划及正常运营的基础上,以及在工程投资不大的前提下,涉及车站紧急疏散的设施规模应适当放大,且在西安机场西站设计进行了实际运用。

4.1 机场西站站位的确定

根据机场既有设施分布情况,结合机场方面意见,在不中断机场正常交通的前提下,机场西站设置于 T3 航站楼东北侧、T2 航站楼南侧、地面交通中心(GTC)北侧所夹的区域内。车站位置满足航站楼 T2、T3 以及 GTC 大多数客流便捷换乘、且兼顾 T1 贵宾楼客流的需求。

4.2 机场客流预测

预测 2025 年后西安咸阳国际机场年增长率随着旅客吞吐量的增加而逐步下降。2025、2045 年旅客吞吐量分别为 7 000 万、9 500 万人,对应全日旅客吞吐量分别为 191 781、260 274 人,平均旅客吞吐

量日均增长率约为 1.8%。其中机场西站远期全日客流为 155 781 人,高峰小时出现在 18:00—19:00,此时客流量约为 13 954 人,设计超高峰系数取 1.38。

4.3 机场西站设计方案

4.3.1 机场西站总图设计

机场西站设计为地下二层侧式车站。车站长度为 210.25 m,总建筑面积为 18 659.61 m²。T3 航站楼到达厅衔接 I 号地面出入口、Ia 号出入口并入 GTC 地下一层,出发厅衔接 I 号电梯。T2 航站楼到达厅衔接 III 号地面出入口、IIIa 号出入口并入 T2 航站楼地下一层、III 号电梯出地面。T2、T3 航站楼到达厅与出发厅之间轨道交通客流通过各自内部人行流线相接。GTC 衔接 II 号地面出入口与 Ia 号地下一层出入口。IV 号作为临时出入口。衔接出入口的地下一层各人行通道除连接 T2、T3 航站楼及 GTC 外,还兼顾三者相互之间旅客交流功能,因此对人行通道进行了加宽。机场西站设计总平面图如图 1 所示。

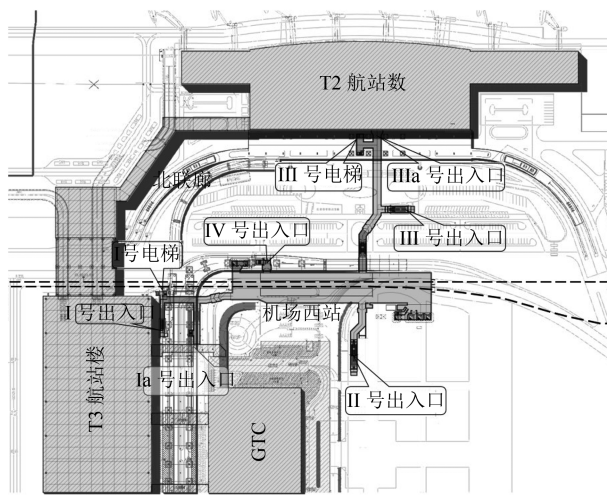


图 1 机场西站设计总平面图

4.3.2 站厅层设计

地下一层为站厅层。该层设置 2 个非付费区、1 个付费区,非付费区之间相互连接;付费区内共布置 6 部自动扶梯和 2 部楼梯以满足旅客紧急疏散要求,布置 4 部电梯以适应行动不便及大件行李旅客需求,以及设置 12 进、12 出共 24 台闸机(机场交通枢纽站,客流相对集中,规模适当扩大)。

4.3.3 站台层设计

地下二层为站台层。该层上行方向旅客到站后不需要停留,上行站台紧靠 T3 航站楼路基段引

桥,宽度设计为 8.1 m。下行方向旅客乘车可能需要等候,设计时将站厅层人行通道下可用空间设置为旅客休息区,工程投资增加不大,大幅提升了车站服务水平。下行侧站台宽度设计为 15.2 m。

5 机场西站行人仿真分析

城市轨道交通车站突发大客流时,可能导致人流间断、冲突、拥堵以及在人群密集状况下的安全隐患^[5]。西安机场西站设计时,为了防止车站高峰期产生拥堵,发生安全事故,利用计算机软件对车站行人进行仿真模拟,检验车站的空间布局和设施配备的合理性。

5.1 软件的选用

选用易用性强且能够智能地、较为真实地模拟人的移动、超越、拥堵、移动速度调整等的 Legion 软件进行行人仿真分析^[6]。

5.2 客流数据

根据客流预测,机场西站远期晚高峰小时设计客流为:6 260 人/h(上行客流)+7 694 人/h(下行客流)×1.38=19 257 人/h。

5.3 仿真评价

采用目前普遍运用在人行空间设计和评估领域由 Fruin 教授提出的服务水平概念^[7]进行评价。根据本站客流特点以及设施布局,评价体系分为 3 个大类、4 项指标。

5.3.1 设施能力适应性——超高峰饱和度

平均客流密度图反应车站常规运行的服务水平。通过模拟计算,站厅客流密度在舒适范围,服务水平属于 B 级;站台客流密度在比较舒适范围,服务水平属于 C 级。

最大客流密度图可以反映车站设施适应性和应对短时大客流的冲击能力。通过模拟计算,在超高峰时刻,站厅南侧安检机和北侧自动扶梯附近出现比较拥挤的情况,服务水平属于 D 级;站台处于比较舒适范围内时,服务水平属于 C 级。

根据地铁车站运营实际情况,车站平均客流密度一般处于 B—C 级、最大客流密度处于 D—E 级比较合适。一方面说明车站能抵抗短时大客流冲击,没有出现大面积拥堵,同时保持较高的空间利用率,没有出现设计规模过大,浪费投资的现象;另一方面,在非高峰时间,车站内部处于舒适及比较舒适级别,保障了车站的服务水平。

机场西站平均客流密度属于 B—C 级,最大客

流密度属于 C—D 级,服务舒适度相对较高。

5.3.2 短时冲击性

短时冲击性反映一批客流到达时对设施短时冲击的大小,以及反映站台有效容纳空间内的人流拥挤情况。

5.3.2.1 设施最大拥堵人数

经模拟计算,上行以及下行自动扶梯前随列车到发通过人数如表 1 所示。

表 1 上、下行自动扶梯通过人数表

设施名称	自动扶梯宽度/m	自动扶梯通过率/%	自动扶梯通过人数/人
上行自动扶梯	1	0.48	59
下行自动扶梯	1	0.39	48

进出站楼扶梯在单位时间内通过人数随着列车到发呈现较规则的波动。上行自动扶梯每分钟通过人数不超过 59 人,下行自动扶梯每分钟通过人数不超过 48 人,均小于技术规定的每分钟自动扶梯运送人数不大于 122 人的要求。上行自动扶梯通过率为 0.48%,下行自动扶梯通过率为 0.39%,均小于技术规定的最优自动扶梯舒适度 0.54%。因此上、下行自动扶梯不会出现人流拥挤情况。

5.3.2.2 站台客流密度

经模拟计算,上行站台以及下行站台超高峰小时随列车到发客流密度如表 2 所示。

表 2 上、下行站台超高峰小时客流密度表

名称	站台宽度/m	站台有效面积/m ²	站台客流密度/(人/m ²)
上行站台	8.1	902	0.63
下行站台	15.2	1 628	0.29

上下行站台超高峰小时客流密度随着列车到发呈现较规则波动。考虑到行李占用空间,上行站台客流密度最大值为 0.63 人/m²,服务水平较为舒适。下行站台由于利用空间设置休息区,站台宽度较大,而且超高峰小时客流较上行站台小,服务水平更高。因此上下行站台客流畅通无阻,不会产生拥堵。

5.3.2.3 运能匹配性——滞留人数

运能匹配性反映超高峰时被考核的一批换乘客流是否滞留站台。由于机场客流大部分携带行

李,对舒适度要求较高,因此对 B 型车客室座椅进行了改造,采用横、纵排列,增加座椅。车辆定员为 978 人/列,晚高峰上行断面最大客流量为 7 694 人/h,下行断面最大客流量为 6 260 人/h,远期设计能力为 24 对/h。超高峰时刻一列列车上行方向客流约为 443 人,下行方向约为 360 人,均远小于列车定员,不会造成乘客滞留站台。

6 结语

基于机场客流的特征,仔细分析影响轨道交通机场车站设计的主要因素。机场西站设计中着重考虑站位与机场航站楼、综合交通枢纽的有效衔接,使交通流线顺畅。在不中断机场正常运营,以及工程投资不大的前提下,涉及车站安全、紧急疏散的设施规模应适当增大,尽可能地提升车站服务水平。最后采用 Legion 软件通过对车站行人进行仿真模拟,验证了车站设计的合理性。

由于机场轨道交通不同于其他城市轨道交通,其服务水平要求相对较高,本文虽提出车站设计相关设施服务水平的建议,但所依据的基础数据不足。目前,国内外已建成多条机场轨道交通线路,下一步需采集更多的车站现场行人数据,仔细分析并形成理论成果,指导机场轨道交通车站设计。

参考文献

[1] 傅雨濛.城市轨道交通与机场集疏运系统探究[J].科学与财富,2016(9): 226.

[2] 黄灿彬,杨晓光,谷松原.上海虹桥枢纽机场客流特性分析[J].交通与运输(学术版),2011(1): 133.

[3] 龚晓磊.西安北至机场城际轨道交通线客流衔接分析[J].铁路运输与经济,2016(3): 88.

[4] 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): 84.

[5] 杨梅,徐瑞华.城市轨道交通换乘站大客流组织的仿真[J].城市轨道交通研究,2011(9): 48.

[6] 吴海燕,杨陶源.基于 Legion 的城市轨道交通车站客流组织仿真与评价[J].北京建筑大学学报,2015(3): 57.

[7] FRUIN J J.Pedestrian Planning and Design[M].New York: Elevator World,1971: 11-58.

(收稿日期:2019-12-13)