

深圳北站国铁与地铁安检互认的换乘效率提升研究*

何震子 韩 寒 杨家文

(北京大学城市规划与设计学院, 518055, 深圳//第一作者, 硕士研究生)

摘 要 高铁站是旅客跨城出行的重要节点, 其与其他交通方式的接驳是影响旅客出行整体效率的关键因素。以深圳北站为案例, 利用排队论仿真研究国铁与地铁换乘中重复安检带来的效率损失, 并讨论去除重复安检的可行性。研究认为, 实施安检互认后, 在客流高峰期, 深圳北站国铁换乘地铁平均可节省 4.5 min, 最长可节省 10 min, 地铁换乘国铁平均可节省 2 min。安检互认受高铁站建筑设计和安检标准的影响, 应根据实地情况制定安检互认的实现方案。

关键词 综合交通枢纽; 换乘效率; 安检互认; 排队论

中图分类号 U298.7; U293.6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.03.005

Transfer Efficiency Improvement between Railway and Subway Based on Safety Check Recognition at Shenzhen North Railway Station

HE Zhenzi, HAN Han, YANG Jiawen

Abstract High-speed railway station is an important node for intercity passenger trips, its connection with other transportation modes is a key factor to influence the overall efficiency of passenger trip. Taking Shenzhen North Railway Station as an example, the efficiency loss caused by repeated security check for transfer passengers is studied by using the queuing theory, and the possibility of eliminating the repeated security check is discussed. The research shows that after mutual safety check recognition, passengers transferring from Shenzhen North Railway Station to metro can save 4.5 minutes on average and up to 10 minutes in peak situation. While transferring from metro to railway, passengers can save 2 minutes on average. Since the security check recognition for transfer passengers is required by architectural design of high-speed railway stations and security standards, the implementation scheme should be explored according to different stations and security standards.

Key words transportation hub; transfer efficiency; safety check recognition; queuing theory

Author's address School of Urban Planning and Design, Peking University, 518055, Shenzhen, China

国家铁路(以下简称“国铁”)与其他交通工具的换乘是高速铁路(以下简称“高铁”)车站可达性的重要影响因素,也是学者们研究的热点。文献[1]利用平稳排队论模型建立了高铁站换乘便利性评价指标;文献[2]建立了反映旅客随机喜好性的换乘衔接选择模型,系统分析了旅客的个人特征、出行特征及换乘特征。更多的学者则从设施空间布局、站房设计等角度分析了现有高铁站的不足,并提出改进措施^[3-4]。

目前,关于高铁枢纽换乘效率的研究多集中关注高铁站的建筑设计、换乘环境以及空间流线配置等方面。但是,对于已经建成的高铁站而言,其建筑设计及换乘环境方面的改进空间较小,即使做出了改进,在客流高峰期还是难以避免出现安检等环节导致的长时间排队。为了进一步提高客流高峰期的换乘效率,需要研究如何在现有的建筑设计和换乘环境下通过简化换乘流程来提高换乘效率。本文以深圳北站为例,利用排队论仿真方法研究深圳北站国铁与地铁之间换乘效率的现状,并探讨通过免去换乘过程中的重复安检而带来效率提升的可能性。

1 国内高铁枢纽重复安检现状分析

安检是高铁站与配套地铁站换乘过程中的主要耗时环节。2018年,国务院以文件形式^[5]明确规定“依法对进入城市轨道交通场站的人员、物品进行安全检查”。安检有助于保障安全,但是会导致客流高峰期乘客缓行甚至客流积压,造成出行效率的损失。与一般的地铁站乘客不同,从高铁站出站的乘客在出行的高铁起始站已经经过了一道安检,

* 国家自然科学基金面上项目(51678004)

在地铁站进行再次安检显得重复。同理,经由地铁来到高铁站的乘客也已经过了地铁进站的安检,这种情况下高铁站的进站安检也显得冗余。

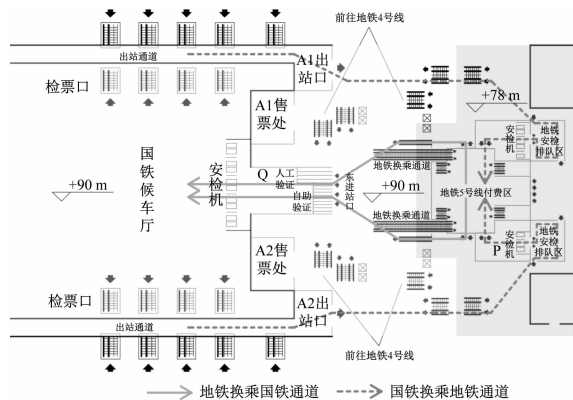
目前,我国已有一批高铁枢纽实现了地铁安检和国铁安检双向互认,取得了良好的效果。2019年10月,交通运输部印发的《城市轨道交通客运组织与服务管理办法》^[6]中从国家层面对减少重复安检提出了要求:“与火车站、长途客运站、机场等相衔接的车站,提供的安检场地应为安检互认提供便利,以减少重复安检,提高通行效率和服务水平”。

重复安检带来的效率损失主要体现在排队时间的增加,而客流高峰期乘客数量剧增,使得效率损失被放大数倍。因而,研究客流高峰期的换乘效率更有意义。本文着重研究客流高峰期国铁与地铁间的换乘效率。

2 研究区域与数据

2.1 深圳北站东广场总体状况

深圳北站是深圳大型交通枢纽之一,属于国家级铁路枢纽^[7]。该站线路繁忙、车次密集,客流高峰期运能紧张。与深圳北站接驳的地铁线路有4号线、5号线和6号线,三线均在东广场与国铁进行接驳。图1是深圳北站东广场及5号线站厅区域平面示意图。



注:Q为国铁东进站口;P为国铁A2出站口对应的地铁5号线进站区。

图1 深圳北站东广场及地铁5号线站厅布局示意图

与国内大多数“上进下出”结构的高铁站不同,深圳北站的进站口、出站口以及售票处均位于同一层(标高为+90 m),地铁5号线位于进站口和出站口层的下方(标高为+78 m),楼层间有多个电扶梯和垂直电梯相连。本文以国铁与地铁5号线之间的

换乘作为研究对象。

2.2 地铁进站区状况

国铁A2出站口对应的地铁5号线进站区(图1中P点)共有3台安检机,但安检后的排队流线只有1条,且不设工作人员进行控制。3台安检机的安检效率相同。图2是客流高峰期P点排队流线示意图。

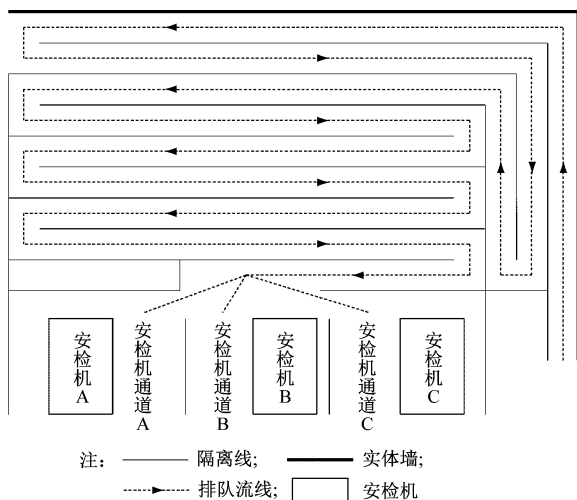


图2 A2出口对应的5号线安检排队流线示意图

本文选择某周日晚上为观测时间段,安排2名调研人员分别在乘客进入安检区域处和安检机的末端对客流进行实测。测试时选择队伍流畅、安检机存在空闲的时刻为起始时刻,利用秒表分别记录乘客的到达时间序列和1台安检机上乘客完成安检的时间序列;观测期间出现了较大客流、队伍积压的情况;观测持续到队伍几乎清空、安检机再次出现空闲为止,累计观测时间90 min(20:00—21:30)。

2.3 国铁进站区状况

国铁东进站口(图1中Q点)位于地面1层中部,此处设了10组安检机和安检通道,并在每个安检机后设置了客流流线。到达安检处的乘客自行分流至各个安检机进行安检后进入排队流线。每个流线由1名工作人员(称为疏导员)控制。疏导员平均每次放行约10人,待其中的最后一名乘客到达安检机旁放下行李后再放行后续一批乘客,以保证安检过程稳定、有序。

为研究客流高峰期国铁安检的排队时间,本文选择某周六上午作为观测时间段,安排调研人员在东进站口对某一安检机乘客到达和完成安检的时

间序列实施观测。观测时间约为 60 min (9:00—10:00),期间进站乘客源源不断,验证口和安检口未出现空闲。

3 换乘效率分析

3.1 描述性分析

根据调研人员实测,在各通道畅通的情况下,由国铁换乘至地铁 5 号线约需要 7 min,由 5 号线换乘至国铁约需要 11 min(考虑了国铁提前 5min 停止检票的时间要求)。

在 P 点的观测情况如下:20:00 刚开始时区域空闲,流线设置也较为简单;随后安检区域迎来了较大客流,排队人数不断增加,20:35 等候队伍最长,排队等待安检的乘客占满了整个排队区;此后随着乘客的到达率减小,等候队长缓慢减小,21:30 流线恢复完全畅通,安检机再次出现空闲。

在此期间国铁安检区内每台安检机后的队长基本一致,安检队长基本保持稳定。

3.2 排队过程仿真方法

为了更准确地刻画高峰期排队情况的变化规律,计算客流高峰期各环节的平均排队时间与最长排队时间,需要在实测的基础上进行模拟仿真。本文利用 python 软件对 2 个排队过程分别进行仿真。根据实测数据,结合实际情况,利用相应的随机数方法模拟乘客到达和接受服务的时间序列,并对多次的模拟数据进行取均值、去除偶然误差等处理,从而估算每 1 个排队过程的排队时间。

3.3 排队过程仿真结果

3.3.1 地铁 5 号线安检排队仿真

地铁 5 号线安检的服务率会因为排队情况的变化而有所波动。本文设定 P 点处 3 台安检机的服务率相等,将到达客流平均分配到这 3 台安检机后,针对其中 1 台安检机进行观测和研究。将整个观测过程按每 10 min 1 个单元进行划分,每个时间单元内乘客到达的时间间隔和接受安检的时间间隔按相应参数的指数分布进行模拟,乘客到达率和安检服务率如表 1 所示。

根据先到先服务原则累加得到按到达次序排列的每位乘客的到达时刻(将观测起始的 20:00 记为 0 s)和接受安检时刻,二者的时间差即为每位乘客的排队时间;为减少偶然误差带来的影响,将这样的仿真重复 10 次并取均值,从而得出该观测时段

表 1 地铁 5 号线乘客到达率及安检服务率的分布

观测时间 单元	到达乘客 数/人	平均到达 率/(人/s)	安检机服务 人数/人	安检机平均 服务率/(人/s)
20:00—20:09	825	1.375	241	0.402
20:10—20:19	834	1.390	246	0.410
20:20—20:29	1 046	1.743	216	0.360
20:30—20:39	814	1.357	223	0.372
20:40—20:49	495	0.825	239	0.398
20:50—20:59	468	0.780	230	0.383
21:00—21:09	356	0.593	172	0.287
21:10—21:19	542	0.903	223	0.372
21:20—21:29	559	0.932	207	0.345

注:安检机平均服务率=统计时间单元内完成安检的人数/时间单元长度。

乘客的平均安检完成时刻(即“离开时刻”)与到达时刻的关系。如图 3 所示,将实际有排队的情形与通道畅通时的理想状态一同画出,同时计算出所有乘客的平均排队时间。

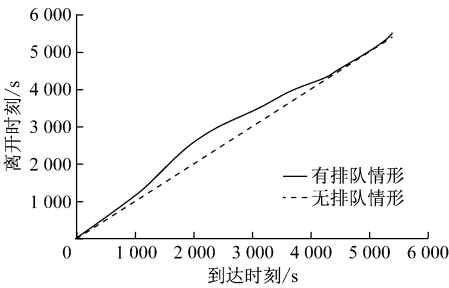


图 3 地铁安检排队乘客到达和离开时刻的仿真结果

根据仿真计算,该观测时段在 A2 出站口出站前往地铁 5 号线的乘客在地铁进站口 P 处的平均排队时间为 4 min 25 s,有约 50% 乘客的排队时间超过 5 min,排队时间最长达 10 min。

3.3.2 国铁安检排队仿真

观测期内经过所观测安检机的乘客,其到达时间序列相对稳定。测得同一批次放行的乘客通过安检门的平均时间为 3.22 s,且通过时间保持稳定。此外,仿真时考虑了可能有乘客安检时被拦截,导致与上一位乘客接受安检时间间隔有所拉长的情况。由此模拟并累加后可得到 1 台安检机的服务时间序列。仿真结果表明,1 次高峰过程开始时,安检队长会迅速增加,经过一小段时间后将趋于稳定;达到稳定后乘客平均排队等待安检时间为 1 min 40 s,其标准差为 15 s。另外,行李通过安检机还需要

约 20 s。

3.4 总体换乘效率估算

根据实测,由国铁换乘至地铁 5 号线,在各通道均空闲的情况下至少需要 7 min。而在客流高峰期,地铁进站安检平均需要 4.5 min、极端情况可能需要 10 min 以上,乘客往往会因为排队安检而错过 2~3 趟车。因此,客流高峰期从国铁换乘至 5 号线最长需要 17 min,这与广州—深圳间的高铁运行时间相当。事实上,客流高峰期的安检排队不仅导致效率的损失,更因为安检区域空间狭小、人流拥挤而大大降低乘客换乘的舒适度。对于携带婴儿车或大件行李的乘客,以及老弱病残孕等特殊乘客,过长的排队及拥挤的空间会带来更多的不便。

由地铁 5 号线换乘至国铁,在各通道均空闲的情况下至少需要 11 min。而在客流高峰期,受实名认证和安检排队影响,由地铁 5 号线换乘至国铁需要预留 16 min 甚至更长的时间,这同样与往来广深的高铁耗时相当。因而,本文认为深圳北站的换乘接驳效率有待提高。

4 安检互认的可能性分析

安全检查系统应能探测出国家、地方及相关部门制定的《危险物品目录》所列的危险物品^[8]。地铁和国铁虽在安检规定的细则上略有出入,但二者对危险品的限制原则总体上是一致的。

如何提高大型交通枢纽的换乘效率,一直是当代交通枢纽设计者思考的重要问题之一。事实上,深圳北站在空间的设计上相比大多数同等级的交通枢纽有较大的创新,双向换乘在空间上极为便利。但是,重复安检导致了乘客在客流高峰期较长时间的排队。

深圳北站的特殊布局导致其与地铁间实施安检互认有一定的难度。以地铁 5 号线为例,为实施由国铁转乘地铁乘客的安检互认,一种可能的方案是设立独立的安检互认通道,但是安检互认通道会将东广场切割成不联通的区域,从而导致其他乘客的不便。另一种可能的方案是整个深圳北站东广场以及地铁站厅统一设置安检区域,但深圳北站东广场属于露天区域,此方案的实施可能涉及比较高的工程改造成本。目前,深圳北站仅在涉及春运、国庆等节假日特大客流高峰期实施了由国铁 A2 出站口向地铁 5 号线换乘的单向免重复安检。而对于

多数大型高铁站,建议可依据实际情况实施国铁与地铁的常态化安检互认。

5 结语

高铁时代铁路对于人们出行的意义已与过往大不相同,人们很少再会因为赶乘高铁而花半天时间在路上,也希望从高铁下车后可以很便捷地前往城市的任何区域。以广州—深圳间出行为例,高铁通道已很高效,提升空间有限,若能提高市内各交通方式与高铁的接驳效率,取消一些影响效率的不必要的设置,则可以使高铁在提高效率方面发挥更大的作用。重要交通枢纽的安检互认,目前已在国内一些大城市逐渐达成共识。

安检互认涉及地铁及国铁双方的责任与利益,一般须由上级管理部门牵头协调,商讨确定解决方案;另外,不同结构的高铁站在实施安检互认时的改造成本会有所不同,通过成本效益分析确定改造的必要性和优先度也是一个值得探讨的话题。这些均可作为重大枢纽安检互认今后进一步研究的方向。

参考文献

- [1] 戴学臻,吴智伟,王小双. 高铁车站接驳方式的换乘效率评价方法[J]. 城市轨道交通研究,2016(8):55.
- [2] 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.
- [3] 何小洲,过秀成,杨涛,等. 基于换乘空间的高铁枢纽换乘设施布局方法[J]. 现代城市研究,2014(4):97.
- [4] 高佳. 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[J]. 城市轨道交通研究,2019(4):73.
- [5] 国务院办公厅. 关于保障城市轨道交通安全运行的意见[S/OL]. 北京:国务院办公厅,2018:[2020-05-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/23/content_5276875.html.
- [6] 交通运输部. 城市轨道交通客运组织与服务管理办法:交运规[2019]15号[S/OL]. 北京:交通运输部,2019:[2020-05-15]. http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/201910/t20191024_3288197.html.
- [7] 宗传苓,谭国威,张晓春. 基于城市发展战略的深圳高铁枢纽规划研究——以深圳北站和福田站为例[J]. 规划师,2011(10):23.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通公共安全防范系统工程技术规范:GB 51151—2016[S]. 北京:中国计划出版社,2017:6.

(收稿日期:2020-06-11)