

客运站快速疏散客流建模分析

王贺

(吉林铁道职业技术学院 吉林 吉林 132002)

[摘要]随着我国人口的增加以及经济的快速发展,使得旅客出行数量逐年增加,与此同时,随着我国高速铁路的快速发展,选择铁路进行出行的旅客也在逐年增加,特别是在学生寒暑假、节假日等客流高峰时期,快速疏散客运站的客流至关重要,它不仅影响着旅客的乘降过程,还可能会对客运站周围的道路交通环境造成影响。本文最后以大连北高铁站为研究实例,预测每种交通方式的分担客流的比率,根据高峰时段到达的客流量,对大连北站内不同交通方式的疏散能力进行匹配,并给出了一些改善意见。

[关键词]客流疏散;换乘;分担率;客流量

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.1827

一、客运站客流疏散方式

铁路客运枢纽不仅是城市对外交通的重要结点,也承担着城市内部交通中转换乘的功能。客运站疏散客流的能力体现在客运站与各种交通方式的衔接上,衔接的合理性直接影响着旅客对于交通方式的选择、换乘时间、换乘效率等一系列问题。目前,用于疏散客流的交通方式主要有公交车、城市轨道交通系统、出租车、私家车这四种。

二、铁路客运综合交通枢纽的功能

交通枢纽是指在一种或多种运输方式交通干线的交叉与衔接之处共同为办理旅客与货物中转、发送、到达所专门建设的多种运输方式的综合体,是实现乘客集散、换乘不同交通方式的场所,是城市交通网络的重要结点。由同种运输方式的两条或两条以上干线组成的枢纽成为单式交通枢纽,由两种或两种以上运输方式组成的枢纽成为综合交通枢纽。

铁路客运综合交通枢纽由于要在短时间内疏散大规模客流,所以应设置在客流易于集散处,并且应设置公共交通系统用于快速疏散客流。客运站的规模设置也应该合理,现如今的客运站不仅仅应满足旅客的乘降任务,还应该兼顾方便周围居民的出行、娱乐、商业等活动。铁路客运综合交通枢纽对于一个城市的交通体系发展和完善十分重要,它主要有以下两方面功能:

(1) 对非铁路客运枢纽客流的集散

铁路对于出行距离在城市与城市间的旅客来说至关重要,因此,铁路要为城市内的所有居民提供出行服务。旅客在出行过程中都将在客运枢纽内进行集散,而途径客运枢纽的交通运输方式如:城市轨道交通、常规公交、私家车、出租车等交通运输方式应眼神至城市内,从而实现集散客流的目的。因此,在系统内应加强各交通运输方式间的衔接,保证既好又快的完成旅客集散任务。

(2) 市内交通的换乘

铁路客运枢纽在承担对外交通功能的同时,汇集了轨道交通、常规公交、出租车等多种交通方式,各种交通方式之间换乘方便、快捷,势必成为城市内部交通的枢纽点,能够吸引大量市内乘客在此完成中转换乘。城市对外交通与市内交通相互交织形成一张有机结合的城市网络。铁路枢纽的形成必然会改善枢纽周边的交通状况,便捷的交通和大规模的客流提升了枢纽及周边的商业价值,枢纽在设计时为发挥最大价值也需要考虑这方面的问题。

从系统工程的角度看,铁路客运枢纽是由多种运输方式及相关设施设备组成的具有特定功能的复杂系统,因此铁路客运枢纽不仅具有系统的一般特征,还具有区别于其他系统的特性:

(1) 功能与目标的统一性

枢纽内有多种交通方式,每种交通方式又包含许多运输设备,且各自的功能也有差异。但作为一个系统整体,它们的最终功能和目的具有一致性,即通过各种交通方式之间的协同作用,实现枢纽内旅客集聚、疏散和换乘,满足运输网络和枢纽区域交通需求。

(2) 内部空间的实体连接性

铁路客运枢纽内各交通方式和设施之间通过楼梯、自动扶梯、通道相连,彼此连接形成一个统一的整体,实现了枢纽内部车站与各种服务设施之间的一体化连接,完成了地上与地下空间的相互贯通,实现了人流与车流的分离。

(3) 构成和结构的复杂

铁路客运枢纽连接着各种交通方式,每种交通方式又包含多条线路,不同交通方式的运输设备按照各自的布局原则和技术要求配置,不同交通方式、不同线路之间的协作衔接,需要进行统筹安排,由此构成枢纽结构的复杂性。

(4) 各要素之间的相互协调性

综合客运枢纽可以分成多个子系统,子系统又由各种设施设备组成,各个子系统之间并非是独立的,存在紧密的协作关系;而各种设施设备之间也是相辅相成的,共同帮助乘客完成枢纽内的各项活动。

(5) 各个子系统发展的不平衡性和技术差异性

枢纽内各种交通方式之间并不是同一时间形成的,后期资金投入上有所倾斜,各交通方式的运营体系和技术设备配置上差异很大,使得各子系统之间发展不平衡,技术上差异明显。

三、各交通方式分担客流计算

假设在大连北站某段时间内出站客流量为 Q_t ,在 Q_t 中包含了中间站以及终到站旅客的客流量分别为 Q_i 和 Q_e ,乘坐公交车、城市轨道交通、出租车、私家车的客流量分别用 C_b, C_r, C_t, C_c 来表示,其分担率分别用 $\partial_b, \partial_r, \partial_t, \partial_c$ 来表示;则有

$$\begin{cases} C_b = \partial_b Q_t \\ C_r = \partial_r Q_t \\ C_t = \partial_t Q_t \\ C_c = \partial_c Q_t \end{cases}$$

则该时段到达的出站旅客旅客量可表示为:

$$Q_t = Q_i + Q_e = (T/l_i + 1) \times [J_r B_r \eta_r \alpha_r + P(1 - \alpha_r)]$$

式中: T 为调查客流的时间间隔,单位min; l_i 为列车到达大连北站的间隔时间,单位min; J_r 为终到列车车厢数; B_r 为每车厢的定员数,单位人; η_r 为车厢内的平均满载率,单位(%); α_r 为所有列车中终到列车的比率; P 表示每列途径大连北站列车平均下车的出站客流量。

四、各交通方式疏散的客流计算

(一) 城市轨道交通

在调查时间段 T 内,城市轨道交通疏散客流量可按下列公式进行计算:

$$Q_r = \frac{nTB_r J_r \eta_r (\eta_{ri} - \eta_{rn})}{I_r}$$

式中: Q_r 为城市轨道交通疏散客流量; n 为城市轨道交通经过客运站的条数; B_r 为城市轨道交通每节车厢的定员数; J_r 为城市轨道交通车辆编组数量; η_{ri} 为车辆的最大满载率; η_{rn} 为车辆到站的满载率; I_r 为发车的间隔时间。

此时的运能匹配度可用 H 来表示, H 可表示为:

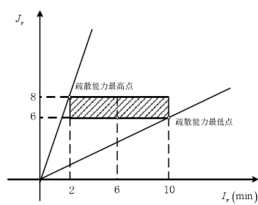
$$H = \frac{C_r}{Q_r} = \frac{\alpha_r C_r}{Q_r}$$

整理后有:

$$H = \frac{\alpha_r C_r}{Q_r} = \frac{\alpha_r C_r}{\frac{nTB_r J_r (\eta_{ri} - \eta_{rn})}{I_r}}$$

$$\frac{J_r}{I_r} = \frac{\alpha_r C_r}{nTB_r (\eta_{ri} - \eta_{rn})} \cdot \frac{1}{H}$$

此时可以得到列车编组数量与发车间隔的关系,如下图:



在图中发现，当城市轨道交通的发车间隔时长为2min，列车8辆编组时疏散能力最强；当城市轨道交通的发车间隔时长为10min，列车6辆编组时疏散能力最弱。

(二) 公交车

(1) 非始发公交的疏散客流量

在调查时间段T内，公交车疏散客流量可按下列公式进行计算：

$$Q_{Bf} = 2 \sum_{i=1}^{n_i} \frac{TB_b J_b (\eta_{max} - \eta_{aver})}{t_i}$$

式中： Q_{Bf} 为非始发公交线路在T时间内疏散的双向客流量； B_b 为每辆公交车的载客人数； J_b 为标准车型时所取系数； η_{max} 、 η_{aver} 为线路的极限满载率和平均满载率； t_i 为平均发车间隔； n_i 为途径客运站公交线路条数。

(2) 始发公交的疏散客流量

$$Q_{Bs} = \sum_{i=1}^{n_i} \frac{TB_b J_b \eta_j}{t_j}$$

式中： Q_{Bs} 为始发公交线路在T时间内疏散的客流量； B_b 为每辆公交车的额定载客人数； η_j 为公交车在调查时间段的满载率； t_j 为平均发车间隔； n_i 为始发站为客运站的公交线路条数。

则可以得到公交车疏散的客流量为：

$$Q_B = Q_{Bf} + Q_{Bs} = 2 \sum_{i=1}^{n_i} \frac{TB_b J_b (\eta_{max} - \eta_{aver})}{t_i} + \sum_{i=1}^{n_i} \frac{TB_b J_b \eta_j}{t_j}$$

(三) 出租车、私家车

在查阅有关资料了解到，影响二者疏散客流的能力主要有出租车的通道数、平均载客量、旅客平均乘车时间等，在调查时间T内，出租车疏散的客流量可表示为：

$$Q_r = SN_r T / I_r$$

在式中： Q_r 为出租车疏散的客流量； S 为出租车的通道数； N_r 为每辆出租车的平均载客量； I_r 旅客平均等待时间。

私家车与出租车不同，影响出租车疏散客流量的因素主要有客运站停车收取费用、停车时间、剩余车位数、平均载客人数等因素相关，用公式可表示为：

$$Q_c = (1 - \beta) M_c N_c T / I_c$$

式中： Q_c 为私家车疏散的客流量； β 为停车场车位的使用率； M_c 为总的车位数； N_c 为平均载客人数； I_c 为私家车平均停车时间。

五、大连北站客流疏散研究

大连北站高铁是大连市唯一一个高铁车站，该站位于大连市甘井子区华北路，并且大连北站已投入使用近10余年，该站与大连火车站、大连周水子机场承担着大连市居民主要的出行任务，大连北站设计合理，不仅在周边预留一定的道路容量，并开通了公共交通系统，形成了以城市轨道交通系统为骨干，以公共交通系统为辅的城市公共交通系统。大连北站在建设初期就已经在地下修建了私家车和出租车停靠处，以此来减少乘客在地面乘降与其他车辆带来冲突的矛盾。大连北站目前日均旅客出行量2万人，最高时可达6万人左右。

在大连北站进行了实地调查中，我们随机发放了500份调查问卷，得到461份有效调查问卷，在已知换成客流量时，利用MNL模型可以求解出各交通方式的客流分担量。

最后，分析得到地铁的分担率为45.3%，公交车的分担率为17.8%，出租车的分担率为23.4%，私家车的分担率为13.5%。

经过分析大连北站的旅客列车时刻表了解到，列车在下午的18:40-19:10到达车辆最多，此时，可以得到T=30min，在此期间有6量旅客列车到达，并且所有列车都为终到站，可以求解出平均每辆列车的到站间隔时间为5min，正常编组的列车为8各车厢，平均每车厢载客量为76人，满载率为0.8，则在此期间到达的旅客量为：

$$C_2 = (T / I_2 + 1) \times J_2 B_2 \eta_2 = \left(\frac{30}{5} + 1\right) \times 8 \times 76 \times 0.8 = 3405(\text{人})$$

则：各交通方式分担的客流量分别为城市轨道交通1542人，常规公交606人，出租车797人，私家车460人。

(一) 与城市轨道交通的衔接

与大连北站衔接的城市轨道交通为大连地铁1号线，此时n取值为2，根据调查大连地铁1号线车辆每车厢标准旅客容量为240人，取极限满载率值为1.2，经过大连北站时的满载率取0.3，将高峰时段疏散时间上限定30min，即T=30，由前面的公式可以计算出1号线的疏散能力：

其发车间隔为10分钟，可得到1号线的运能匹配值为：

$$H = \frac{\alpha_B C_T}{n T B_R J_R (\eta_{Rl} - \eta_{Rr})} = \frac{1533}{30 \times 240 \times (1.2 - 0.3)} = 0.394$$

由运能匹配度可知，大连北站与轨道交通的运能匹配值较低，其城市公共交通系统的骨干作用没用很好的展示出来，在分析了大连北站位置与周边环境了解到，这可能与乘客的换成距离较远有关系，并且在出站口的引导标识不够明显有联系，因此一大部分乘客没用选择地铁离开。

(二) 与常规公交的衔接

大连北站有6条始发及6条公交线路，其车型额定载客人数为53人，在调查时段内有6线路经过，假设发车间隔相同，满载率为0.6，常规公交疏散的客流应满足：

$$\sum_{i=1}^{n_i} \frac{TB_b J_b \eta_j}{t_j} \geq \alpha_B C_T$$

$$\frac{6 \times 30 \times 53 \times 0.6}{t_j} \geq 606$$

可以求出： $t_j \leq 10.6$ ，所以在此期间，公交车的发车间隔应小于0.6分钟。在实际应用中，应实际分析对客流量较大的线路进行计算才能保证即使疏散客流。

(三) 与出租车的衔接

大连北站出租车服务车道为2，平均等待时间为20s，每辆出租车平均载客量为2，在理论上，出租车的载客量为：

$$Q_r = SN_r T / I_r = \frac{2 \times 2 \times 30 \times 60}{20} = 36(\text{人})$$

不能满足出租车旅客的分担量，为此，车站可以增加出租车的车道数或提高出租车的服务效率，进而提高换成效率减少候车时间。

(四) 与私家车的衔接

在调查期间共有478为旅客乘私家车离开，在调查后得到，平均停车时间为50min，饱和度为0.8，每辆私家车占地13平米，平均每辆私家车载客1.5人停车场的使用效率为0.7，则有：

$$S_c = \frac{Q_c (T_{park} + T_{last} / \alpha)}{T B_c \beta_c} A_c = \frac{460 \times (1 + \frac{50}{0.8})}{30 \times 1.5 \times 0.7} = 12055 m^2$$

大连北站的私家车停车场面积2.2万平方米，车位594个，满足车位需求。

参考文献

[1] 邢云磊. 大型客运站应急疏散客流组织动态仿真方法的研究[D]. 硕士学位论文. 北京交通大学. 2010
 [2] 陆锡明. 综合交通规划[M]. 上海: 同济大学出版社 2003. 4
 [3] 周伟, 姜彩良. 城市轨道交通枢纽旅客换乘问题研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005. 5
 [4] 张发才. 铁路客运与城市交通运营组织衔接研究[J]. 硕士学位论文. 东南大学. 2006
 [5] 姚胜永, 傅成红等. 交通枢纽规划与设计[M]. 人民交通出版社. 2013
 [6] 刘灿齐. 现代交通规划学[M]. 人民交通出版社. 2001
 [7] 陈翠利. 铁路客运专线与城市交通的衔接研究[D]. 硕士学位论文. 西南交通大学. 2008
 [8] 周旭. 铁路客运站站前广场设计研究[M]. 硕士学位论文. 长安大学. 2008
 [9] 孙青梅. 铁路旅客换乘相关问题研究[D]. 硕士学位论文. 西南交通大学. 2008
 [10] 毛伟. 基于旅客出行行为分析的通道客运分担率预测研究[D]. 硕士学位论文. 西南交通大学. 2008

作者简介：

王贺(1993—)，男，吉林榆树人，硕士研究生学历，助教，研究方向为交通运输规划与管理。

基金项目：2020年吉林铁道职业技术学院一般课题；基于客流疏散选择模型的铁路客运枢纽疏散能力研究，立项编号：2020SKD014。