

城市轨道交通站点一体化接驳设施规模测算方法研究

肖 慎¹ 凌小静² 吴 迪³

(1. 南京大学城市规划设计研究院有限公司, 210093, 南京; 2. 中咨城建有限公司, 210029, 南京;

3. 苏交科集团股份有限公司, 210019, 南京 // 第一作者, 高级工程师, 高级城市规划师)

摘 要 城市轨道交通站点接驳设施规划建设对于提高城市轨道交通与其他交通方式的接驳效率、扩大站点吸引客流范围等起着非常重要的作用, 而接驳设施规模测算则是轨道交通站点与地面交通一体化接驳设施空间布局和规模控制的重要依据。基于相关研究成果和具体工程项目实践, 对客流数据鉴别与数据集处理方法、接驳客流分担率预测、规模测算公式及参数标定等方面优化改进, 提出城市轨道交通站点一体化接驳设施理论规模测算方法, 并提出接驳设施理论规模测算结果处理方法。

关键词 城市轨道交通站点; 一体化接驳; 测算公式; 数据集处理; 参数标定

中图分类号 U231.4; U491.2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.04.018

Calculation Method of the Scale of Urban Rail Transit Station Integrated Transfer Facilities

XIAO Shen, LIN Xiaojing, WU Di

Abstract The planning and construction of urban rail transit station transfer facilities plays a remarkably important role in improving the transfer efficiency between urban rail transit and other transport means, as well as expanding the scope of the stations to attract passenger flow. The calculation of transfer facilities scale is an important basis for the spatial layout and scale control of integrated transfer facilities between rail transit stations and ground transportation. Based on the relevant research results and the practice of specific projects, aspects including the passenger flow data identification and data set processing methods, transfer passenger flow share ratio prediction, scale calculation model and parameter calibration are optimized. The calculation method of the theoretical scale of urban rail transit station integrated transfer facilities are put forward, as well as the treatment method of the calculation results of the theoretical scale of transfer facilities.

Key words urban rail transit station; integrated transfer; calculation formula; data set processing; parameter calibration

First-author's address Urban Planning and Design Institute of Nanjing University Co., Ltd., 210093, Nanjing, China

城市轨道交通(以下简为“城轨”)站点一体化接驳设施主要服务于城轨与其他出行方式的接驳。科学合理地确定城轨站点的接驳客流需求与接驳设施规模, 是城轨站点一体化接驳设施规模控制的关键。本文在以往相关研究成果基础上, 结合工程实践经验, 对客流数据鉴别与处理、各方式接驳客流及分担率、接驳设施规模测算模型与参数标定等进行研究, 提出理论规模测算数据的处理方法, 并以南京地铁6号线一体化接驳设施规模测算为例进行实证分析。

1 国内研究现状

城轨站点接驳设施规模测算的重点在于如何确定站点各接驳方式的客流数据集、各类接驳方式分担率、理论规模测算模型及其参数取值, 以及实际设施设置规模。南京市于2016年出台的《南京市轨道交通站点换乘及服务设施配套规划标准》提出: 交通接驳需求预测以城轨线路客流预测为基础, 确定各类接驳方式分担率, 进而确定各类接驳设施规模。

1) 接驳客流预测基础数据的确定。对于作为测算基础的城轨线路客流预测数据, 目前尚未细分各类接驳方式依据的客流数据及数据处理方法, 若简单将站点预测客流总量与各类接驳方式分担率的乘积作为各接驳方式的预测客流量, 往往会导致测算结果与实际情况相差较大。

2) 关于各类接驳方式服务范围。城轨接驳服务范围分为3个接驳服务圈: 内层接驳服务圈服务半径约为0.5~1.0 km, 主要服务于步行、公共自行车及非机动车等接驳方式的接驳乘客; 中层接驳服务圈服务半径约为1.0~3.0 km, 主要服务于非机动车、机动车及道路公交车等接驳方式的接驳乘客; 外层接驳服务圈服务半径为3.0 km以上, 主要服务于道路公交车、出租车及私家车等接驳方式的

接驳乘客^[1]。

3) 接驳设施规模的测算。文献[1]提出了城轨站间接驳设施规模测算方法,但相关参数的取值需在实际运用时进一步标定。

2 接驳设施规模的测算

2.1 站点各类接驳方式的客流数据集处理

基于文献[2],提出站点各类接驳客流依据及数据集处理方法如下。

1) 步行客流数据集处理。由于乘客进出站均有步行,故取高峰小时进站客流量 Q_1 和出站客流量 Q_2 之和作为计算步行通道宽度的依据。

2) 非机动车客流数据集处理。私人非机动车根据 Q_1 ,利用停车峰值系数转化为基于家(以居住地作为出行起点)至地铁站的全日客流量作为测算依据。共享单车以 Q_1 与 Q_2 中较大值作为测算依据。其中,停车峰值系数指由高峰小时停车需求量扩大为全日停车需求总量的转换系数,取 1.5~2.0。

3) 道路公交客流数据集处理。由于乘客进出站均可选择道路公交车接驳,且道路公交站位可共享,故道路公交只要满足高峰期客流的接驳需求,就必然满足非高峰期的接驳需求。因此,取 Q_1 与 Q_2 中较大值作为测算依据。

4) 停车接驳(P & R)客流数据集处理。由于私人小汽车停车接驳主要是基于家出行,根据 Q_1 ,利用停车峰值系数转化为基于家至地铁站的全日客流量,作为计算私人小汽车停车接驳测算依据。

5) 临停接送(K & R)客流数据集处理。由于乘客进出站均可选择小汽车临停接送,故取 Q_1 与 Q_2 之和作为测算依据。

各接驳方式客流依据及数据集处理方式见表 1。

2.2 站点各种接驳方式的客流分担率特征分析

2019 年 6 月 20 日、21 日的早高峰 7:00—8:00,对已开通运营的南京地铁 1 号线、2 号线、3 号线、4 号线等沿线共 100 个站点,抽样了 48 个站点进行接驳方式问卷调查(抽样率为 48%),并结合南京市建成区和外围新区用地开发功能和居民道路公交出行特征,补充调查南京江北新区及栖霞区等外围地区的地铁接驳现状,并对全市城轨站点停车接驳(P & R)情况进行调查分析。调查得到城轨站点接驳总体特征为:① 步行接驳方式比例在所有比例中占据绝对优势,尤其在出站客流的接驳方式比例

表 1 城轨站间接驳客流数据依据及集处理方式^[2]
Tab.1 Data basis and processing method of rail transit station transfer passenger flow^[2]

序号	接驳方式	依据	取值	数据处理方法
1	步行	Q_1 与 Q_2	$Q_1 + Q_2$	
2	非机动车	Q_1		利用停车峰值系数转化
	共享单车及公共自行车	Q_1 与 Q_2	取较大值	
3	道路公交	Q_1 与 Q_2	取较大值	
4	停车换乘(P & R)	Q_1		利用停车峰值系数转化
5	临停接送(K & R)	Q_1 与 Q_2	$Q_1 + Q_2$	

上,表明出站客流基本上以到达型客流(出行终点在站点附近的客流)为主;② 非机动车接驳比例具有外围高、中心低,成熟区域高、未开发区域低的特点;③ 道路公交接驳比例依托城市道路公交线路及配套设置的道路公交站台;④ 线路起点或拐点位于中心城区的地铁站点临时接送比例高于外围站点;⑤ 城市外围区域停车接驳需求相对较大,主要采用“城轨+道路公交”及“城轨+(P&R)”出行组合模式;主城区主要通过“城轨+道路公交、慢行”来引导交通减量和停车调控。南京市已开通城轨线路各接驳方式接驳比例的调查统计结果见表 2。

2.3 站点各类接驳设施规模的测算方法

2.3.1 理论规模测算公式及参数标定

基于各接驳方式客流数据集方法和具体工程项目成果^[1-2,4],结合南京市城轨站间接驳设施运行状况调查与统计分析验证,提出城轨站点各类接驳方式设施规模的理论测算公式及参数取值。

· 非机动车接驳停车位总面积 S_{bi} 。

$$S_{bi} = Q_{bi} \times \alpha \times S_{\text{自行车标}} \quad (1)$$

式中:

Q_{bi} ——非机动车(含公共自行车)接驳城轨的日客流量,根据相关客流数据取值;

α ——非机动车停车场最大瞬间利用率,按照停车位周转率取值,非机动车取 1.0~1.1,公共自行车和共享单车取 3.0~4.0;

$S_{\text{自行车标}}$ ——每辆非机动车(含公共自行车)停车面积,取 1.5~2.0 m²。

· 道路公交接驳每小时服务 J 个乘客所需有效站位数 N_b 。

表 2 南京城市轨道交通已开通线路各接驳方式的接驳比例统计结果表

Tab. 2 Transfer ratio statistical analysis results of all transfer means of Nanjing urban rail transit operating lines

站台所在分区	站点分类	各接驳方式的接驳比例/%				
		步行	非机动车	小汽车	出租车	地面道路公交
一类区	公共中心型接驳枢纽	65 ~ 90	5 ~ 15	0 ~ 1	1 ~ 2	5 ~ 15
	交通接驳型接驳枢纽	60 ~ 80	8 ~ 15	0 ~ 3	1 ~ 3	15 ~ 30
	一般型接驳枢纽	70 ~ 85	8 ~ 15	0 ~ 2	1 ~ 3	3 ~ 15
二类区	公共中心型接驳枢纽	60 ~ 85	5 ~ 20	0 ~ 2	1 ~ 3	10 ~ 20
	交通接驳型接驳枢纽	55 ~ 80	10 ~ 20	0 ~ 3	1 ~ 3	15 ~ 30
	一般型接驳枢纽	55 ~ 80	3 ~ 15	0 ~ 2	1 ~ 5	10 ~ 20

$$\begin{cases} N_b = \frac{J}{Q} \\ Q = \frac{BR}{bB + t_c} \end{cases} \quad (2)$$

式中：

J ——每小时道路公交服务乘客数,根据相关客流数据取值;

Q ——站位每小时最大乘客量;

b ——每个乘客上下车时间,取 2.5 ~ 3.5 s^[5];

B ——道路公交上下客人数,取 11 ~ 20 人;

t_c ——道路公交车辆间隔时间,取 180 ~ 300 s;

R ——抵偿停站时间和到站时间波动的折减系数,取 0.833^[7]。

· 私人小汽车停车接驳车位数 N_{car} 。

$$N_{car} = \frac{Q_{car} \times \beta}{\varphi_c \times \gamma \times \alpha} \quad (3)$$

式中：

Q_{car} ——私人小汽车停车接驳城轨客流量,根据相关客流数据取值;

φ_c ——每辆车载客人数,取 1.2 ~ 1.5 人/辆;

γ ——停车场利用率,取 0.9 ~ 1.0;

α ——停车场周转率,取 0.7 ~ 1.1;

β ——停车比例,取 0.7 ~ 1.0。

· 临时停车接驳车位数 N_{kr} 。

$$N_{kr} = \frac{Q_{kr}}{T_M \times \varphi_a} \quad (4)$$

式中：

Q_{kr} ——临时停车接驳城轨客流量,根据相关客流数据取值;

T_M ——城轨列车高峰小时班次,按照高峰小时发车间隔换算,当发车间隔为 5 min 时, $T_M = 12$;

φ_a ——高峰小时系数,取 1.0。

2.3.2 各接驳设施实际设置规模的确定

采用站点接驳设施规模测算公式及参数标定值对接驳设施理论规模进行测算后,还需充分考虑站点功能分类对各类接驳设施的配置要求及其所在分区的交通引导策略,进而综合确定站点各类接驳设施的实际设置规模。

1) 非机动车设施的规模。可直接采用理论测算规模作为站点非机动车接驳设施实际设置规模,并按照私人非机动车、共享单车及公共自行车分别确定。

2) 道路公交站位的规模。道路公交场站既要满足实际客流需求,还要考虑站点功能分类配置要求。当实际单向需要设置 5 个以上站台时,应尽量在站点临近地区配置道路公交首末站,以满足道路公交独立的上下客空间需求。对于交通接驳型接驳枢纽,必须按相应的道路公交首末站规模来设置,以提高对城轨客流的吸引强度和服务范围;对于公共中心型接驳枢纽和一般型接驳枢纽,当道路公交站位需求大于 5 个站位时,应尽可能按道路公交首末站规模来设置。

3) 停车接驳(P & R)设施的规模。公共中心型接驳枢纽停车接驳宜与邻近公共建筑设施统筹考虑合建。对于城市外围交通接驳型接驳枢纽,必须按照理论测算规模单独设置停车场或与周边地块设施合建停车场。对于一般型接驳枢纽,宜突出“城轨+道路公交,城轨+慢行”的交通引导策略,避免引入私人小汽车停车交通增加对站点周边道路的交通压力。

4) 临时停车接驳(K & R)设施规模。交通接驳型接驳枢纽必须根据理论测算规模设置临时停车接驳车位。公共中心型接驳枢纽和一般型接驳枢纽,宜结合邻近道路交通条件设置,若条件容许则应尽可能设置临时停车位。

3 实例分析

以南京地铁 6 号线(以下简为“6 号线”) 为例, 对部分站点一体化接驳设施规模测算进行实证分析。6 号线为地下线, 共设 19 座地下车站(其中有 9 座接驳站), 平均站间距为 1. 73 km, 线路全长 32. 85

km, 是南京地铁 S1 号线沿城市中心边缘贯通接入主城区的主要通道之一。

3.1 站点各种接驳方式客流分担率预测

针对 6 号线各站点区位条件及站点分类等情况, 通过分担率选择模型校验, 得到 6 号线部分站点的各接驳方式分担率预测结果, 如表 3 所示。

表 3 6 号线部分站点各接驳方式的分担率预测结果^[4]

站点	各接驳方式的预测分担率/%						
	步行	道路公交	私人非机动车	共享单车	公共自行车	停车接驳	临时停车接驳
栖霞山站	40.0	25.0	6.0	17.0	6.0	3.0	3.0
刘家库站	52.5	22.0	5.0	14.0	3.0	1.5	2.0
新生圩站	47.0	20.0	6.0	16.0	6.0	3.0	2.0
兴智路站	54.0	21.0	5.0	14.0	3.0	1.0	2.0
新港开发区站	53.0	21.0	5.0	14.0	3.0	2.0	2.0
万寿村站	56.5	17.0	7.0	13.0	3.0	0.5	3.0
丹霞路站	54.5	18.0	6.0	14.0	4.0	0.5	3.0
长途东站站	54.7	23.0	3.0	14.0	3.0	0.3	2.0
富贵山站	72.8	12.0	2.0	8.0	3.0	0.2	2.0
红花机场站	72.7	10.0	3.0	10.0	2.0	0.3	2.0
夹岗站	65.6	12.0	5.0	13.0	2.0	0.4	2.0

3.2 站点各接驳方式的客流量及设施规模预测

3.2.1 客流量预测

依据站点远期规划的进出站客流及接驳客流

预测数据, 以及各接驳方式分担率, 确定站点各方式接驳客流。南京地铁 6 号线沿线站点各方式接驳客流预测结果如表 4 所示。

表 4 站点各接驳方式接驳客流量预测

站点	各接驳方式的预测客流量/人次							
	进站客流	出站客流	非机动车	共享单车	公共自行车	常规道路公交	停车接驳(P & R)	临时停车(K & R)
栖霞山站	1 950	1 385	205	332	117	488	102	100
刘家库站	925	1 646	81	230	49	362	24	51
新生圩站	1 644	3 585	173	574	215	717	86	105
兴智路站	1 542	3 335	135	467	100	700	27	98
新港开发区站	2 957	2 867	259	414	89	621	104	116
万寿村站	4 256	3 860	521	553	128	724	37	243
丹霞路站	861	814	90	121	34	155	8	50
长途东站站	3 946	4 178	207	585	125	961	21	162
富贵山站	7 127	5 408	249	570	214	855	25	251
红花机场站	3 388	2 608	178	339	68	339	18	120
夹岗站	7 805	3 944	683	1 015	156	937	55	235

3.2.2 站点各接驳方式的接驳设施理论规模测算

根据客流量预测数据, 按照式(1)、(2)、(3)、(4), 计算各接驳方式的接驳设施理论规模, 如表 5 所示。

3.2.3 站点接驳设施设置规模确定

1) 非机动车和道路公交停靠站站位设置规模: 直接按照理论测算规模设置。

表 5 站点各接驳方式接驳设施的理论规模测算结果

Tab.5 Calculation results of theoretical scale of transfer facilities for each transfer means at the station					
站名	道路公交场站面积/m ²	道路公交车站位/个	非机动车车位/个	停车接驳车位/个	临停接驳车位/个
栖霞山站	0	2	355	100	3
刘家库站	0	2	174	24	2
新生圩站	0	4	436	84	3
兴智路站	0	4	324	26	3
新港开发区站	0	3	403	101	4
万寿村站	0	4	717	36	8
丹霞路站	0	1	135	7	2
长途东站站	1 068	5	411	20	5
富贵山站	950	4	446	24	8
红花机场站	0	2	294	17	4
夹岗站	1 041	5	1 019	53	8

2) 道路公交场站设置规模:根据理论规模需求测算结果,长途东站站、燕尧路站、富贵山站和夹岗站需要配置道路公交场站。此外,栖霞山站和新生圩站为交通接驳型接驳枢纽,均必须配置道路公交场站,其中:栖霞山站道路公交场站建议与栖霞广厅道路公交场站合建,接驳需求规模为 540 m²;新生圩站道路公交场站建议与附近规划道路公交场站合建,接驳需求规模为 800 m²。

3) 私人小汽车停车接驳设置规模:主城区突出交通减量、停车调控,不宜设置私人小汽车停车接驳设施,故私人小汽车停车接驳设施均设置于城市外围。栖霞山站及新生圩站各设置 100 个私人小汽车接驳停车位,新开发区站设置 140 个私人小汽车接驳停车位。

4 结语

城轨站点接驳设施规模需重点满足近期城轨站点接驳设施需求,适当控制远期规模,需要合理确定接驳设施设置规模和空间布局,协调好不同线路之间接驳设施的共建共享关系与规模预留控制。

参考文献

[1] 南京市人民政府办公厅. 南京市轨道交通站点换乘及服务设施配套规划标准;宁政办发〔2016〕29 号 [S]. 南京:南京市人民政府办公厅,2016.
General Office of Nanjing Municipal Government. Nanjing rail transit station transfer and service facilities supporting planning standard; Ning Administration Office Issuance (2016) No. 29 [S]. Nanjing: General Office of Nanjing Municipal Government, 2016.

[2] 凌小静,施泉. 南京地铁 5 号线与地面交通一体化衔接设施规划[R]. 南京:中咨城建设计有限公司,2016.
LING Xiaojing, SHI Quan. Nanjing Metro Line 5 and ground transportation integration connection facilities planning[R]. Nanjing: IECC Urban Construction and Design Co., Ltd., 2016.

[3] 凌小静,顾克东. 南京地铁 6 号线客流预测专题报告[R]. 南京:中咨城建有限公司南京分公司,2019.
LING Xiaojing, GU Kedong. Passenger flow prediction of Nanjing Metro Line 6[R]. Nanjing: IECC Urban Construction and Design Co., Ltd., Nanjing Branch, 2019.

[4] 肖慎,吴迪. 南京地铁 6 号线与地面交通一体化接驳设施规划[R]. 南京:苏交科集团有限公司,2020.
XIAO Shen, WU Di. Integrated transfer facility planning of Nanjing Metro Line 6 and ground transportation[R]. Nanjing: JSTI Group Ltd., 2020.

[5] 吴鼎新,段雪彬. 淮安市公交乘客上下车时间特性分析[J]. 物流工程与管理. 2017(12):109.
WU Dingxin, DUAN Xuebin. Analysis of time characteristics of buses on and off in Huai'an City[J]. Logistics Engineering and Management, 2017(12):109.

[6] 窦慧丽,刘好德,杨晓光. 基于站点上下客人数的公交客流 OD 反推方法研究[J]. 交通信息与安全. 2007(2):79.
DOU Huili, LIU Haode, YANG Xiaoguang. OD matrix estimation method of public transportation flow based on passenger boarding and alighting[J]. Journal of Transportation Information and Safety, 2007(2):79.

[7] 吴娇蓉,李铭,梁丽娟. 综合客运枢纽出租车上客点管理模式和效率分析[J]. 交通信息与安全. 2012(4):18.
WU Jiaorong, LI Ming, LIANG Lijuan. Taxi pick-up zone management mode and efficiency analysis in the integrated passenger hub[J]. Journal of Transportation Information and Safety, 2012(4):18.

(收稿日期:2020-03-26)