

## 广州城市轨道交通进出站量集中度实证分析\*

赵丹彤<sup>1</sup> 黄显楠<sup>2</sup> 彭磊<sup>3</sup> 叶霞飞<sup>2</sup>

(1. 上海浦东发展(集团)有限公司, 200127, 上海; 2. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 201804, 上海;

3. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州)

**摘要** [目的] 部分城市轨道交通线路存在走向、车站分布、换乘站布设等不合理情况, 这些问题导致在城市轨道交通线网中出现了部分大客流车站和极小客流车站的现象, 这对城市轨道交通的投资和运营都带来了挑战, 因此有必要开展相关研究。[方法] 基于广州城市轨道交通的进出站量数据, 定义了进出站量集中度的概念, 并分析了进出站量高集中度车站的空间分布特征, 以及这些车站与车站吸引范围内人口规模、是否为换乘站之间的关系。[结果及结论] 从客流集中度方面来看, 广州城市轨道交通线网呈现出少数站点产生大多数客流的特点。具体而言, 全网进出站量排名在前10%的车站, 其进出站总量已达到全网客运量的30%, 而排名在前20%的车站更是占据了全网客运量的50%。此外, 这些大客流车站主要集中在人口密集区和城市中心区。

**关键词** 城市轨道交通; 进出站量; 集中度; 实证分析

**中图分类号** U231.4

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.10.024

### Empirical Analysis on Concentration Degree of Inbound and Outbound Passenger Volume of Guangzhou Urban Rail Transit

ZHAO Dantong<sup>2</sup>, HUANG Xiannan<sup>2</sup>, PENG Lei<sup>3</sup>, YE Xiafei<sup>2</sup>

(1. Shanghai Pudong Development (Group) Co., Ltd., 200127, Shanghai, China; 2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, 201804, Shanghai, China; 3. Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China)

**Abstract** [Objective] Problems in some urban rail transit lines, such as unreasonable directions, station distribution, and transfer station layouts lead to the phenomenon of some high passenger flow stations and extremely low passenger flow stations in urban rail transit network, bringing challenges to both the investment and operation of urban rail transit. Therefore, it is necessary to carry out relevant researches. [Method] Based on the inbound and outbound volume data of Guangzhou urban rail transit, the concept of inbound and outbound volume con-

centration degree is defined, and the spatial distribution characteristics of stations with high inbound and outbound volume concentration degree are analyzed, as well as the relationship between the station and the population size within the station attraction range, and between transfer stations and non-transfer stations. [Result & Conclusion] In terms of passenger flow concentration, Guangzhou urban rail transit line network presents the characteristic of a large concentration of passenger flow in a few stations. Specifically, the stations ranked in top 10% of inbound and outbound volume reach 30% of the total volume of passenger traffic in the whole network, while the stations ranked in top 20% occupy 50% of the total volume of passenger traffic in the whole network. In addition, these high-traffic stations are mainly concentrated in densely populated areas and urban centers.

**Key words** urban rail transit; inbound and outbound volume; concentration degree; empirical analysis

我国许多大城市正在开展城市轨道交通的规划与建设工作, 但其线路走向、车站分布方案的形成大多依赖于设计者的实践经验, 由此出现了部分城市轨道交通线路走向、车站分布、换乘站布设等不合理的情况<sup>[1]</sup>, 从而导致在城市轨道交通线网中存在部分大客流车站和极小客流车站的现象。这对城市轨道交通的投资效率和运营效果均产生一定的影响。然而, 既有文献大多重点关注客运量的影响因素, 以及车站进出站量与其相关影响因素之间函数关系的研究工作<sup>[2-4]</sup>, 或是重点分析了轨道交通线网中占有重要地位的大客流车站的特征<sup>[5-8]</sup>, 而缺乏针对大客流车站和极小客流车站占比情况的实证分析, 故难以从客流效果角度把握既有轨道交通线网中车站分布的合理性。

因此, 本文提出了城市轨道交通进出站量集中度指标, 并基于广州城市轨道交通进出站量现状数

\* 广州地铁设计研究院股份有限公司项目(KY-2018-43)

据,通过分析广州市轨道交通线网 217 座车站的全日和早高峰进出站量集中度情况,得出不同量级客流车站占比的情况,表明大客流车站在轨道交通系统中的重要地位,为线网规划阶段确定主要控制点和车站合理分布提供参考。

## 1 车站进出站量集中度分析

进出站量集中度是指将城市轨道交通线网中所有车站按进出站量大小排序后,排名靠前且占全网车站数量一定比例的车站进出站量之和与全网进出站总量的比值。

### 1.1 数据来源及分析对象

本文选取 2019 年 10 月 17 日广州城市轨道交通全日及分小时 AFC(Automatic Fare Collection)数据。当日,广州城市轨道交通线路共计 225 座车站,删除 APM(Automated People Mover)线上的 8 座只有本站进出站量记录的车站,将余下的 217 座车站作为分析对象。

### 1.2 全日进出站量集中度分析

将车站按全日进出站量大小排序,分析车站数量累计占比和进出站量累计占比,形成如表 1 所示的车站进出站量集中度分析表。图 1 为车站全日进出站量集中度示意图。其反映的是车站数量累计占比与进出站量累计占比之间的关系。其中,图表中的车站数量累计占比是指纳入进出站量排名靠前统计对象的车站数量与全网 217 座车站总数的比例;进出站量累计占比是指纳入进出站量排名靠前统计对象车站的进出站量之和与全网车站进出站总量的比值。

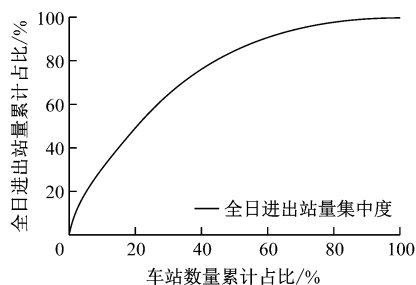


图 1 车站全日进出站量集中度示意图

Fig. 1 Schematic diagram of inbound and outbound volume concentration degree throughout the day

从表 1 和图 1 可以看出:进出站量排名前 10%、20%、30%、40%、50% 的车站,其进出站量累计占比分别达到了 30%、49%、64%、76%、84%;而

进出站量排名后 10%、20%、30%、40% 的车站,其进出站量累计占比分别仅为 0.5%、1.8%、4.7%、9.4%。

表 1 全日进出站量集中度分析表

Tab. 1 Analysis table of inbound and outbound volume concentration degree throughout the day

排名	车站名	进出站量/(人次/d)	进出站量占比/%	进出站量累计占比/%	车站数量累计占比/%
1	珠江新城站	245 396	2.47	2.47	0.46
2	体育西路站	237 047	2.38	4.85	0.92
3	广州南站站	211 365	2.13	6.98	1.38
4	公园前站	177 118	1.78	8.76	1.84
5	广州火车站站	168 102	1.69	10.45	2.30
6	嘉禾望岗站	160 167	1.61	12.06	2.76
7	客村站	139 611	1.40	13.46	3.23
8	市桥站	133 698	1.34	14.81	3.69
9	大石站	126 793	1.27	16.08	4.15
10	三元里站	125 152	1.26	17.34	4.61
11	天河客运站站	120 631	1.21	18.55	5.07
12	岗顶站	118 729	1.19	19.75	5.53
13	汉溪长隆站	118 257	1.19	20.94	5.99
14	烈士陵园站	117 479	1.18	22.12	6.45
15	西门口站	109 199	1.10	23.21	6.91
16	广州东站站	109 094	1.10	24.31	7.37
17	江南西站	103 697	1.04	25.35	7.83
18	琶洲站	101 316	1.02	26.37	8.29
19	万胜围站	100 861	1.01	27.39	8.76
20	昌岗站	97 321	0.98	28.37	9.22
21	陈家祠站	97 131	0.98	29.34	9.68
22	同和站	95 355	0.96	30.30	10.14
			⋮		
44	市二宫站	76 562	0.77	49.19	20.28
			⋮		
66	洛溪站	63 704	0.64	64.50	30.41
			⋮		
87	宝岗大道站	44 130	0.44	75.71	40.09
			⋮		
109	千灯湖站	33 815	0.34	84.35	50.23

由于全网约 30% 的进出站量集中于排名前 10% 的车站内,约 50% 的进出站量集中于排名前 20% 的车站内,因此城市轨道交通线网规划设计

阶段确定重要车站空间布局时,应优先重点考虑大客流车站;而排名后 20% 的车站进出站量占比仅为全网的 1.8%,因此在线路设计阶段,应加强对在小客流集散点设置车站的必要性和合理性进行重点研究。

1.3 早高峰进站量、出站量集中度分析

定义早上 7:00 到 9:00 为早高峰时段,选择进站时间在 7:00 到 9:00 的 AFC 数据为基础数据。

将车站按早高峰进站量大小排序,分析车站数量累计占比和进站量累计占比。早高峰进站量前二十大车站汇总表如表 2 所示。

表 2 早高峰进站量前二十大车站汇总表

Tab.2 Summary table of the top 20 stations in terms of morning peak inbound volume

排名	车站名	进站量/ (人次/d)	进站量 占比/%	进站量 累计占 比/%	车站数 量累计 占比/%
1	嘉禾望岗站	19 867	2.17	2.17	0.46
2	大石站	19 731	2.16	4.33	0.92
3	天河客运站	17 285	1.89	6.22	1.38
4	市桥站	16 478	1.80	8.02	1.84
5	滘口站	16 442	1.80	9.82	2.30
6	同和站	13 955	1.53	11.34	2.76
7	龙归站	13 616	1.49	12.83	3.23
8	番禺广场站	13 135	1.44	14.27	3.69
9	三元里站	12 824	1.40	15.67	4.15
10	江夏站	12 398	1.36	17.02	4.61
11	西塱站	12 309	1.35	18.37	5.07
12	车陂站	12 251	1.34	19.71	5.53
13	南浦站	11 988	1.31	21.02	5.99
14	坑口站	11 869	1.30	22.31	6.45
15	车陂南站	11 487	1.26	23.57	6.91
16	洛溪站	11 464	1.25	24.82	7.37
17	西村站	11 360	1.24	26.07	7.83
18	横沙站	10 055	1.10	27.16	8.29
19	东晓南站	9 956	1.09	28.25	8.76
20	沙贝站	9 684	1.06	29.31	9.22

从表 2 可以看出:对于前二十座车站,其数量仅占全网车站总数的 9.22%,但其累计进站量却占到了全网进站量总量的 29.31%。其中,前十座车站数量仅占全网车站总数的 4.61%,却贡献了 17.02% 的进站量。

将车站按早高峰出站量大小进行排序,分析车站数量累计占比和出站量累计占比。早高峰出站量前二十大车站汇总表如表 3 所示。

表 3 早高峰出站量前二十大车站汇总表

Tab.3 Summary table of the top 20 stations in terms of morning peak outbound volume

排名	车站名	进站量/ (人次/d)	出站量 占比/%	出站量 累计占 比/%	车站数 量累计 占比/%
1	珠江新城站	49 337	5.39	5.39	0.46
2	体育西路站	29 074	3.18	8.57	0.92
3	公园前站	22 007	2.41	10.98	1.38
4	琶洲站	15 896	1.74	12.71	1.84
5	广州南站	15 595	1.70	14.42	2.30
6	烈士陵园站	15 054	1.65	16.06	2.76
7	五羊邨站	14 230	1.56	17.62	3.23
8	万胜围站	13 743	1.50	19.12	3.69
9	西门口站	13 425	1.47	20.59	4.15
10	纪念堂站	13 414	1.47	22.06	4.61
11	杨箕站	13 125	1.43	23.49	5.07
12	猎德站	13 106	1.43	24.92	5.53
13	体育中心站	12 744	1.39	26.32	5.99
14	广州火车站	12 510	1.37	27.68	6.45
15	区庄站	12 481	1.36	29.05	6.91
16	广州东站	12 393	1.35	30.40	7.37
17	海珠广场站	12 340	1.35	31.75	7.83
18	石牌桥站	12 208	1.33	33.09	8.29
19	东山口站	12 145	1.33	34.41	8.76
20	岗顶站	12 019	1.31	35.73	9.22

从表 3 可以看出:对于前二十座车站,车站数量仅占全网车站数量的 9.22%,但其累计出站量却占到了全网出站总量的 35.73%。其中,前十座车站数量仅占全网车站总数的 4.61%,却贡献了 22.04% 的出站量。

图 2 为车站早高峰进出站量集中度示意图。从图 2 中可以看出:早高峰出站量集中度相比进站量的集中度更大,出站量排名前 10%、20%、30% 的车站,其出站量累计占比分别约为 40%、60%、70%;进站量排名前 10%、20%、30% 的车站,分别贡献了接近 30%、50%、60% 的总进站量。早高峰出站量集中度大于进站量集中度的现象反映了广州市岗位的集中程度比人口的集中程度更大。

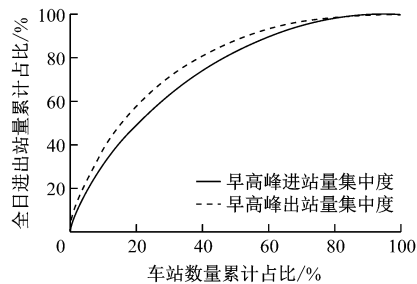


图2 车站早高峰进出站量集中度示意图

Fig.2 Schematic diagram of inbound and outbound volume concentration degree during morning peak

综上所述,无论是早高峰出站量还是进站量,都表现出了很高的集中度,因此在线路走向选择时,应优先考虑覆盖居住集中和岗位集中的大客流集散点,以保证通勤客流的出行效率。

## 2 进出站量高集中度车站特征分析

### 2.1 大客流车站空间分布分析

全日进、出站量排名前20座车站的空间分布如图3所示。从图3中可以看出:全日进出站量排名前二十的车站中,有12座车站位于环线上或者环线内部,有8座车站位于环线外部。

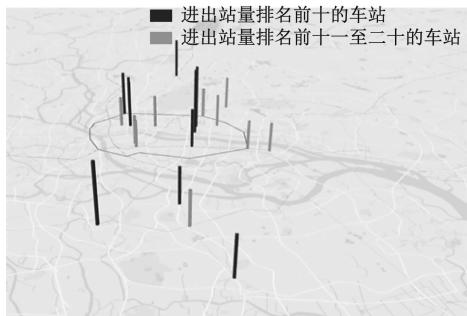


图3 进、出站量排名前20的车站空间分布示意图

Fig.3 Spatial distribution diagram of the top 20 stations in terms of inbound and outbound volume

早高峰进站量排名前20座车站的空间分布如图4所示。早高峰进站量前二十的车站全部位于环线外部。

早高峰出站量排名前20座车站的空间分布如图5所示。早高峰出站量前二十的车站仅有2座车站位于环线外部,其余18座车站均位于环线内部或者环线上。

由图5可以看出:全日进出站大客流车站的空间分布呈现出环内略微高于环外的趋势,早高峰进站大客流车站基本上均分布在环外,早高峰出站大

客流车站基本上均分布在环内。这也在一定程度上反映出广州市人口岗位的大致分布特征,即:环线内部的核心区聚集了大量的工作岗位,而环线外部聚集了大量的居住人口。因此,在选择线路走向方案时,应根据上述客流分布特征统筹进行环内、环外线路的车站分布规划与设计。

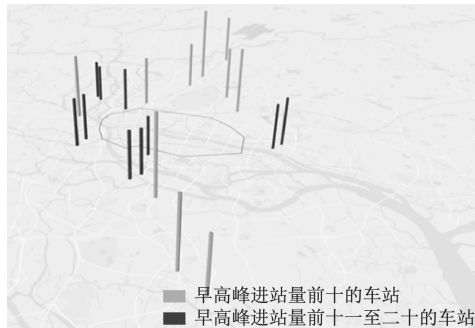


图4 早高峰进站量前二十的车站空间分布示意图

Fig.4 Spatial distribution diagram of the top 20 stations in terms of morning peak inbound volume

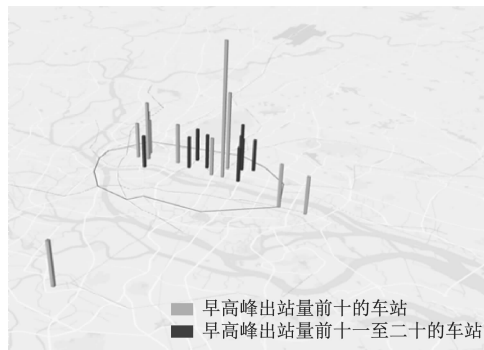


图5 早高峰出站量前二十的车站空间分布示意图

Fig.5 Spatial distribution diagram of the top 20 stations in terms of morning peak outbound volume

### 2.2 全日进出站量与其吸引范围内人口规模之间的关系分析

图6为车站全日进出站量与其1000 m覆盖范围内人口规模之间关系的散点图。通过手机信令数据,得到各车站1000 m范围内的人口规模,将全日进、出站量排名前二十和排名后二十的车站进、出站量与周边1000 m范围内人口数量之间的关系。

由图6可知:中位于右上角的点是进出站量排名前二十的车站,位于左下角的点是进出站量排名后二十的车站,可以看出进出站的大小与车站周边人口规模之间总体呈现出明显的正相关关系。因此,在形成车站设置方案时,车站周边人口岗位规模应



作为重要的考虑因素;对于车站周边人口岗位规模小的车站,应加强对车站设置合理性和必要性进行充分的论证。

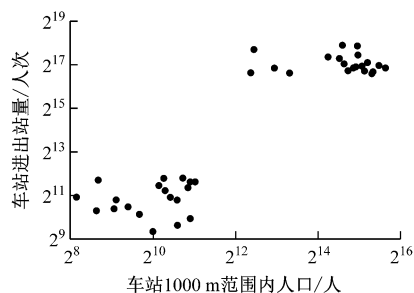


图 6 车站全日进出站量与其 1 000 m 覆盖范围内人口规模之间关系的散点图

Fig. 6 Scatterplot of the relationship between station inbound and outbound volume throughout the day and the population size within its 1,000 m coverage area

### 2.3 大客流车站与换乘站之间的关联性分析

分别统计车站全日进出站量、早高峰进站量和早高峰出站量中排名前二十、前十的车站中换乘站与非换乘站的数量,结果如表 4 所示。

表 4 全日进出站量和早高峰进出站量车站的换乘属性统计

Tab. 4 Station transfer attribute statistics for inbound and outbound volume throughout the day and during morning peak

项目	排名	换乘站数量/座	非换乘站数量/座
全日进站量	前十的车站	7	3
	前二十的车站	12	8
早高峰进站量	前十的车站	3	7
	前二十的车站	5	15
早高峰出站量	前十的车站	5	5
	前二十的车站	11	9

由表 4 可以看出:全日进出站量排名前十、前二十的车站中,属换乘站的数量相对较多(约占 60%~70%),而早高峰进站量排名前十、前二十的车站中,属换乘站的数量均较少(约占 25%~30%)。早高峰出站量排名前十、前二十的车站中,属换乘站与非换乘站的数量基本持平(换乘站约占 55%~55%)。这说明周边居住人口集中的大客流车站换乘站比例较低,而周边就业岗位集中的大客流车站中换乘站比例较高,且周边商业、娱乐、商务等比较集中的车站中换乘站比例最高。在城市轨道交通

线网规划阶段布设换乘站时,可结合以上客流特征论证其合理性。

### 3 结语

本文以广州市轨道交通车站为研究对象,对其全日进、出站量和早高峰进出站量的集中度及其特征进行了分析,主要研究结论与建议如下:

1) 全日进出站量和早高峰进出站量都表现出非常高的集中度。排名前 10% 的车站,其全日进出站量和早高峰进出站量累计占比均高于 30%;排名前 30% 的车站,其全日进出站量和早高峰进出站量累计占比均高于 60%;排名前 50% 的车站客流累计占比均高于 80%。

基于上述特征,建议在城市轨道交通线网规划设计阶段,线路走向与重要车站布局方案应优先重点考虑大客流车站。

2) 全日进出站大客流车站的空间分布呈现出环内略微高于环外的趋势,早高峰进站大客流车站基本上均分布在环外,早高峰出站大客流车站基本上均分布在环外。上述特征与广州市人口岗位的空间分布特征以及早高峰的向心通勤客流特征基本吻合。

3) 从全日进出站量和早高峰进出站量排名前十、前二十的车站中,周边居住人口集中的大客流车站中属换乘站比例较低,周边就业岗位集中的大客流车站中属换乘站比例较高,周边商业、娱乐、商务等比较集中的车站中属换乘站的比例最高。

基于上述特征,建议在城市轨道交通线网规划阶段,宜优先考虑在周边就业岗位集中的大客流车站,以及周边商业、娱乐、商务等比较集中的车站布设换乘站。

4) 全日进出站量的大小与车站周边人口规模之间总体呈现出明显的正相关关系。全日进出站量排名前二十的车站周边 1 000 m 范围内人口数量均大于 65 000 人;进出站量排名后二十的车站周边 1 000 m 范围内人口数量均小于 4 000 人,这说明人口聚集区域的车站会产生更多的全日客运量。另外,全日进出站量排名后 10%、20%、30% 的车站中,其进出站量累计占比分别仅为 0.5%、1.8%、4.7%。

基于上述特征,建议在线路设计阶段,应首先考虑在居住集中及岗位集中的地点设置站点,并需加强论证在小客流集散点设置车站的必要性和合

理性。

## 参考文献

- [1] 冷海洋, 秦国栋. 我国 I 型大城市的城市轨道交通线网规划思考[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(8): 1.  
LENG Haiyang, QIN Guodong. Consideration on urban rail transit network planning in big cities[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(8): 1.
- [2] 叶霞飞, 顾保南. 轨道交通线路设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.  
YE Xiafei, GU Baonan. Rail transit line design[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2010.
- [3] 冯名慧, 顾保南. 城市轨道交通车站联合配置短驳道路公交线路的方法[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 18(3): 73.  
FENG Minghui, GU Baonan. Joint configuration method of urban railway feeder bus routes[J]. Urban Mass Transit, 2015, 18(3): 73.
- [4] 沈景炎. 对城市轨道交通线网规划的认识、实践、再认识[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(5): 16.  
SHEN Jingyan. Understanding, practice and re-understanding of urban rail transit network planning[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(5): 16.
- [5] 李晶. 基于风险与对策的轨道交通车站大客流组织的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(23): 5429.  
LI Jing. Application of risk and countermeasure based mass passenger flow organization in railway stations[J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2018(23): 5429.

(上接第 144 页)

达 9 206.8 km。我国城市轨道交通的发展势头迅猛,从最初的自主运营逐渐发展到委外合作,从政府统管向多元化运营采购模式转变,这一过程中,管理模式的不断创新为城市轨道交通行业带来了新的发展机遇与挑战<sup>[4]</sup>。本文提出的城市轨道交通区域协同管理模式,有效打破了传统的单一线路管理方式,使得人员、物资等各类资源能够在更大范围内实现整合与优化配置,调配更为灵活、处置更为迅速、资源利用更为高效。通过实施区域化的集中管理模式,该模式有望显著提升城市轨道交通网络在应对各类突发情况时的安全韧性和应急响应能力。

## 参考文献

- [1] 俞光耀. 上海超大规模轨道交通网络运营管理对策研究[M]. 上海: 上海书店出版社, 2018: 150.  
YU Guangyao. Research on operation and management strategies for Shanghai super large scale rail transit network[M]. Shanghai: Shanghai Bookstore Publishing House, 2018: 150.

- [6] 刘大治, 严咏梅. 市域轨道交通运营车站超大客流问题的应对与反思: 以上海轨道交通 9 号线九亭站为例[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(1): 18.  
LIU Dazhi, YAN Yongmei. Response and reflection on the problem of super-large passenger flow in suburban rail transit station—taking jiuting station of Shanghai rail transit line 9 as example[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(1): 18.
- [7] 豆飞, 潘晓军, 张琦, 等. 北京市城市轨道交通通勤大客流特征分析[J]. 交通信息与安全, 2016, 34(6): 37.  
DOU Fei, PAN Xiaojun, ZHANG Qi, et al. An analysis on characteristics of large passenger flow of commuters in urban rail transit: a case study in Beijing[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2016, 34(6): 37.
- [8] 马壮林, 杨兴, 谭晓伟, 等. 基于客流时间序列的城市轨道交通车站分类[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2021, 41(6): 113.  
MA Zhuanglin, YANG Xing, TAN Xiaowei, et al. Classification of urban rail transit stations based on passenger flow time series[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2021, 41(6): 113.

· 收稿日期:2022-06-23 修回日期:2022-07-27 出版日期:2024-10-10  
Received:2022-06-23 Revised:2022-07-27 Published:2024-10-10  
· 通信作者:赵丹彤,经理助理,tjzdt@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

- [2] 曾鹏. 韧性城市与城市韧性发展机制[J]. 人民论坛·学术前沿, 2022(增刊1): 35.  
ZENG Peng. Resilient cities and urban resilience development mechanisms[J]. Frontiers, 2022(S1): 35.
- [3] 张国宝. 城市轨道交通运营组织[M]. 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 2012: 89.  
ZHANG Guobao. Urban rail transit operation organization[M]. 2nd ed. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2012: 89.
- [4] 中国城市轨道交通协会年鉴编纂委员会. 数读“十三五”中国城市轨道交通[M]. 上海: 上海书店出版社, 2022: 6.  
China Association of Metros Yearbook Compilation Committee. Summary of China urban rail transit development and achievements during the 13th Five-Year Plan Period[M]. Shanghai: Shanghai Bookstore Publishing House, 2022: 6.

· 收稿日期:2022-09-14 修回日期:2022-10-20 出版日期:2024-10-10  
Received:2022-09-14 Revised:2022-10-20 Published:2024-10-10  
· 通信作者:李玉书,高级工程师,liyushu@shmetro.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license