

南京轨道交通客流时空分布特征分析

李 旭 程晓明

(南京市城市与交通规划设计研究院股份有限公司, 210002, 南京//第一作者, 高级城乡规划师)

摘 要 简述了南京市轨道交通运营现状和轨道交通客流发展现状。利用轨道交通大数据,分析了南京市轨道交通客流时空分布特征,研究了轨道交通客流分布规律。结果表明,城区轨道交通线路与市域轨道交通线路呈现不同的客流特征,工作日城区轨道交通线路早高峰小时系数基本在 15%~20%,市域轨道交通线路早高峰小时系数一般低于城区轨道交通线路,周末(非节假日)城区轨道交通线路与市域轨道交通线路高峰小时系数一般均不显著,线路高峰小时最大客流断面基本位于换乘站附近。

关键词 南京市;轨道交通;客流时空分布特征

中图分类号 U293.1⁺3:U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.10.010

flow characteristics. The morning peak hour coefficient of urban rail transit lines on weekdays is generally between 15% and 20%, while the morning peak hour coefficient of suburban rail transit lines is generally lower. The peak hour coefficients of both urban and suburban rail transit lines are generally not significant on weekends (not holidays). Line peak hour maximum passenger flow section is basically observed near interchange station.

Key words Nanjing; rail transit; spatial-temporal distribution characteristics of passenger flow

Author's address Nanjing Institute of City & Transport Planning Co., Ltd., 210002, Nanjing, China

Analysis of Nanjing Rail Transit Passenger Flow Spatial-temporal Distribution Characteristics

LI Xu, CHENG Xiaoming

Abstract The operation status and passenger flow development of Nanjing rail transit is briefly described. With the big data of rail transit, the spatial-temporal distribution characteristics of Nanjing rail transit passenger flow are analyzed, and the distribution pattern is studied. Results show that urban rail transit and suburban rail transit lines present different passenger

1 南京轨道交通运营现状

南京轨道交通自 2005 年 1 号线正式运营至今,已有 15 年历史。截至 2019 年 12 月,南京市已开通运营 10 条轨道交通线路,线路总里程 378.4 km,车站 174 座,是全国第一个区县全部开通轨道交通的城市。南京轨道交通已进入网络化运营阶段,各线路具体情况如表 1 所示。

南京轨道交通发展历程可概括为 4 个阶段:单线运营阶段,十字形阶段,网络化阶段,一体化阶段。

表 1 南京轨道交通线路概况

Tab.1 Overview of Nanjing rail transit lines

线路编号	区间	总长/km	车站数/座	车辆编组	正式运营日期	最高运行速度/(km/h)	单趟运行时间/min
1	迈皋桥站—中国药科大学站	38.90	27	6A	2005-09-03	80	60
2	油坊桥站—经天路站	37.95	26	6A	2010-05-28	80	60
3	林场站—秣周东路站	44.90	29	6A	2015-04-01	80	72
4	龙江站—仙林湖站	33.80	18	6B	2017-01-18	100	45
10	安德门站—雨山路站	21.60	14	6A	2014-07-01	80	40
S1	南京南站—空港新城江宁站	37.30	9	6B	2014-07-01	100	40
S3	南京南站—高家冲站	36.22	19	6B	2017-12-06	100	49
S7	空港新城江宁站—无想山站	30.16	9	4B/6B	2018-05-26	100	30
S8	泰山新村站—金牛湖站	45.20	17	4B	2014-08-01	120	50
S9	翔宇路南站—高淳站	52.40	6	3B	2017-12-30	120	40

1) 单线运营阶段(2005 年 9 月—2010 年 4 月):2005 年 5 月 15 日,地铁 1 号线(以下简为“1 号线”)开通观光运营;同年 9 月 3 日,该线路正式开通运营,标志着南京进入了以地铁为标志的立体交通时代。1 号线南起小行站,北至迈皋桥站,贯穿主城中心区,全长 21.7 km,设站 16 座。1 号线开通运营后第 2 年日均客流量达 15.88 万人次/d。

2) 十字形阶段(2010 年 5 月—2014 年 6 月):2010 年 5 月 28 日,1 号线南延线与 2 号线建成通车,1 号线贯通以 Y 字分叉运营,其南延线向南延伸至江宁东山新市区及江宁大学城,2 号线贯穿南京主城东西中轴线,向东延伸至仙林新市区。轨道交通线路运营总里程达到 85 km,设站 57 座。通车后第 2 年日均客流量达 94.16 万人次/d。

3) 网络化阶段(2014 年 7 月—2017 年 11 月):截至 2017 年 11 月,10 号线一期、S1 号线、S8 号线、3 号线、4 号线一期陆续开通运营,运营总里程 259.7 km,设站 140 座,线网日均客流量达到 276 万人次/d,最高日客流量 346.9 万人次/d。轨道交通首次过江延伸至江北,覆盖江浦、桥北、六合等。同时衔接南京南站、南京站、南京禄口机场等最为重要的对外交通枢纽,对南京城市发展有深远影响。

4) 一体化阶段(2017 年 12 月至今):截至 2019 年底,S3、S9、S7 号线陆续开通,运营总里程 378.4 km,设站 174 座,线网日均客流量达到 316 万人次/d,最高日客流量 415.5 万人次/d,轨道交通票价 2~15 元不等。轨道交通线路进一步延伸至桥林、溧水、高淳,此时南京市全部区县均覆盖轨道交通。南京市轨道交通体系形成城区轨道交通、市域轨道交通一体化多元网络,对引导南京都市圈发展具有重要意义。

2 南京轨道交通客流发展现状

南京轨道交通经过 15 年的发展,日客流量呈现逐步上升的趋势。图 1 统计了 2005—2019 年全网年日均客流量。图 2 统计了 2016 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日全网日客流量。图 3 统计了每条轨道交通线路的年日均客流量。具有以下特征:

1) 轨道交通客流量总体逐年上升,年均增长 28% 左右,近 3 年年均增长 12% 左右。

2) 每年除夕客流量最低,“五一”、端午或“十一”节假日前一天客流量最高。

3) 除春节前后,每年暑假的客流量均相对

较低。

4) 1、2、3 号线作为最早开通的骨架线路,承担着全网 80% 左右的客流。

5) 2017—2018 年新开通的 4 条线路中,4 号线及 S3 号线客流量年均增长 22%~25%,S7 号线及 S9 号线客流量变化不大。S3 号线虽为市域轨道交通线路,但现阶段开通运营的是一期工程,其城区段(高庙路站—南京南站)贡献了全线 80% 的客流,故其增长规律与城区轨道交通 4 号线相似。S7、S9 号线作为市域轨道交通线路,与主城距离较远,通过 S7、S9 号线强化溧水、高淳与主城以及周边市县的互动,引导南京都市圈发展,其所需的客流培育期更长。

6) 城区轨道交通线路,平均而言,一周之内周五日均客流量最高,周日日均客流量最低;而市域轨道交通线路则承担着旅游、对外联系等功能,除 S3 号线外,一周之内周五一周日的日均客流量相对较高。

其中,图 1—图 3 客流量数据均来源于南京地铁集团有限公司。

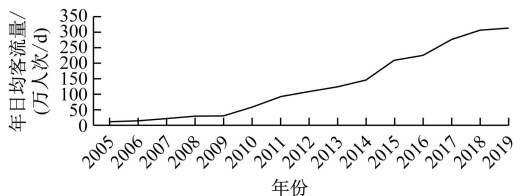


图 1 南京轨道交通全网年日均客流量变化曲线

Fig. 1 Change curve of annual average daily passenger flow of Nanjing rail transit whole network

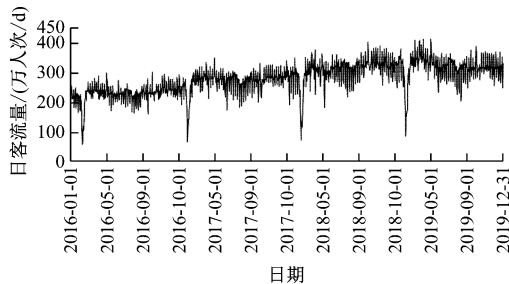


图 2 南京轨道交通全网日客流量变化曲线

Fig. 2 Daily passenger flow change curve of Nanjing rail transit network

3 南京轨道交通客流时空分布特征

线路分时段客流和线路高峰小时系数,是评价线路客流时间均衡性的指标,亦是线路运能配置、

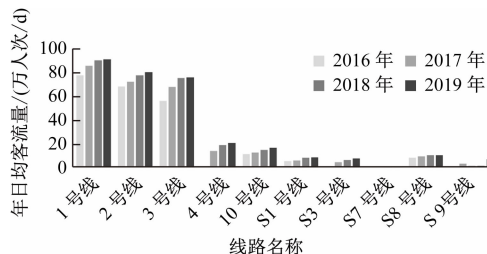


图3 南京各轨道交通线路年日均客流量

Fig.3 Annual average daily passenger flow of Nanjing rail transit lines

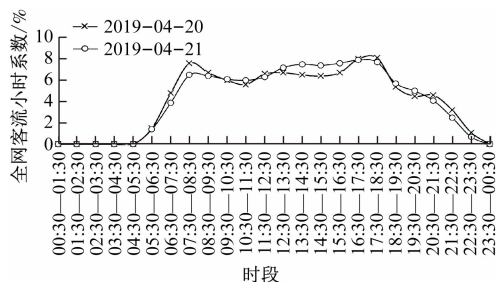


图5 南京轨道交通周末客流小时系数(2019年)

Fig.5 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing rail transit on weekends (2019)

行车组织、运营成本和高峰运能投放的重要依据。

利用2019年4月15日至21日一周的轨道交通AFC(自动售检票系统)数据(不包括特殊节假日、大型事件日),分析南京轨道交通全网客流时空分布特征。

3.1 时间分布特征

3.1.1 全网客流高峰小时系数

根据南京市轨道交通每半小时客流量分析,工作日全网客流量早高峰时段为07:30—08:30,晚高峰时段为17:30—18:30。为了准确把握高峰小时客流特征,本次分时段客流分布按以下方式统计:00:30—01:30、01:30—02:30、02:30—03:30等。

南京轨道交通线路在工作日运营时段,全网客流量呈现明显的双峰(见图4):早高峰时段为07:30—08:30,早高峰小时系数在15%~16%左右;晚高峰时段为17:30—18:30,晚高峰小时系数在11%~12%左右;早高峰时段客流比晚高峰时段更为集中。南京轨道交通线路在周末运营时段,整体而言客流量峰值并不显著(见图5),07:30—18:30时段的高峰小时客流差异不大,客流高峰小时系数维持在6%~8%左右。

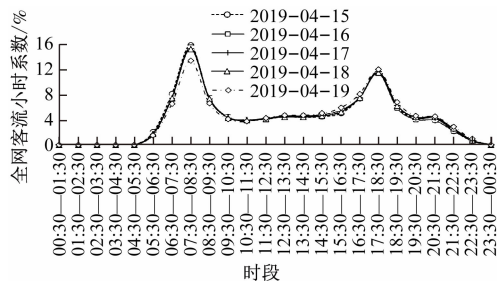


图4 南京轨道交通工作日客流小时系数(2019年)

Fig.4 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing rail transit on weekdays (2019)

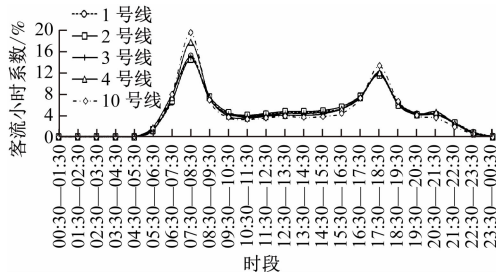


图6 南京城区轨道交通线路工作日客流小时系数

Fig.6 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing urban rail transit lines on weekdays

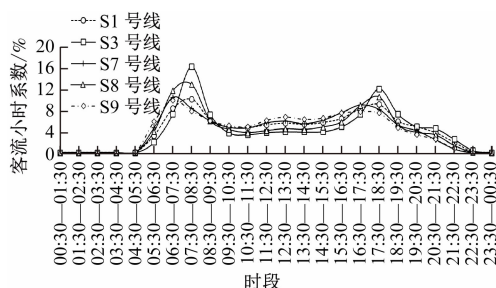


图7 南京市域轨道交通线路工作日客流小时系数

Fig.7 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing suburban rail transit lines on weekdays

图 8、图 9 分别统计了周末南京城区轨道交通线路、市域轨道交通线路客流小时系数。不同线路周末高峰小时客流特征差异不大,客流峰值并不显著。07:30—19:30 时段的客流高峰小时系数基本维持在 6%~8%。城区线路周末分时段客流特征相当一致,市域线路周末分时段客流特征略有差异。

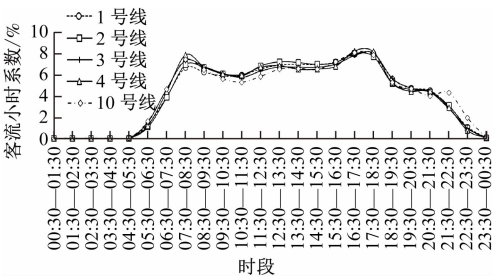


图 8 南京城区轨道交通线路周末客流小时系数

Fig. 8 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing urban rail transit lines on weekends

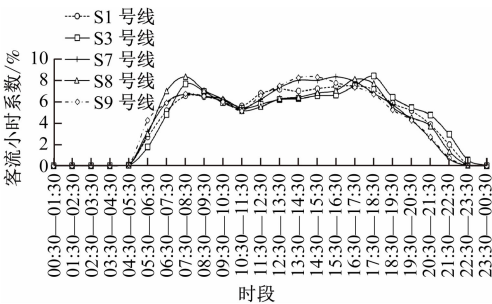


图 9 南京市域轨道交通线路周末客流小时系数

Fig. 9 Passenger flow hourly coefficient of Nanjing suburban rail transit lines on weekends

3.1.3 车站客流高峰小时系数

车站高峰客流、车站客流高峰小时系数是站台规模、站台设计的重要依据^[1-2]。其可以辅助控制接驳设施规模,以及辅助决策接驳设施运能调度。

对于工作日,平均而言,进站客流高峰小时系数最高的车站是天润城站,进站客流高峰小时系数达 42.6%。进站客流高峰小时系数高于 30% 的车站占比为 6.9%,进站客流高峰小时系数高于 20% 的车站占比为 45.9%。出站客流高峰小时系数最高的车站是徐庄·苏宁总部站,出站客流高峰小时系数达 52%。出站客流高峰小时系数高于 30% 的车站占比为 7.5%,出站客流高峰小时系数高于 20% 的车站占比为 25.2% (见表 2)。

进站客流高峰小时系数高于 30% 的车站有以下类型:

- 1) 外围大型居住区,如油坊桥站、双龙大道站、

表 2 南京轨道交通工作日进、出站客流高峰小时系数分布
Tab. 2 Peak hour coefficient distribution of Nanjing rail transit station entry/exit on weekdays

项目	高峰小时系数/%	车站占比/%
进站	> 10	98.1
	> 15	79.9
	> 20	45.9
	> 25	20.8
	> 30	6.9
出站	> 10	96.9
	> 15	67.9
	> 20	25.2
	> 25	11.9
	> 30	7.5

天润城站、柳州东路站的进站客流高峰小时系数分别为 32.9%、35.2%、42.0% 和 34.9%。该类型车站周边有大量居住用地(部分车站作为轨道交通线路端点站,不仅周边有大量居民,同时还存在大量公交换乘而来的客流),进站高峰时段为 07:30—08:30,上班客流高度集中。

- 2) 外围大型园区,如长芦站、化工园站的进站客流高峰小时系数分别为 35.2% 和 30.8%。该类型车站周边是用地性质较为单一的厂区,进站高峰时段为 17:00—18:00,下班客流高度聚集。

进站客流高峰小时系数较低的车站有以下类型:

- 1) 大型交通枢纽,如禄口机场站、南京南站、南京站的进站客流高峰小时系数在 9%~10% 左右,该类型车站的进站高峰时段不定。

- 2) 大型、复合型商业中心,如夫子庙站、三山街站及上海路站的进站客流高峰小时系数在 10%~12% 左右,进站高峰时段多为晚上。

出站客流高峰小时系数高于 30% 的车站有以下类型:

- 1) 大型产业园区和科技园区,如徐庄·苏宁总部站的出站客流高峰小时系数为 52%,其周围有徐庄软件园;中胜站的出站客流高峰小时系数为 45.9%,其周围有新城科技园、烽火科技大厦等;花神庙站、软件大道站、天隆寺站的出站客流高峰小时系数分别为 34.9%、33.2% 和 32.7%,其周围有华为南京研究所、中兴南京研发中心等。该类型车站的出站客流高峰时段均为 07:30—08:30。

2) 外围大型园区,如长芦站、化工园站的出站客流高峰小时系数分别为 37.3%、33.4%。该类型车站的出站高峰时段均为 07:30—08:30。

出站客流高峰小时系数较低的车站有以下类型:

1) 大型交通枢纽,如禄口机场站和南京站的出站客流高峰小时系数为 9%;南京南站的出站客流高峰小时系数为 12%。该类型车站的出站高峰时段不定。

2) 外围都市圈副中心,如高淳站和溧水站的出站客流高峰小时系数在 10% 左右,出站高峰时段多为晚高峰期间。该类型车站离南京主城区较远,属于相对独立的片区,出站客流并不集聚。

3.2 空间分布特征

3.2.1 断面客流量

断面客流量可用于计算运营规模、列车编组、发车密度、舒适度及满载率,以及分析上、下行客流的空间不均衡性^[1-2]。高峰小时最大断面客流量是线路车辆选型、运能配置的重要依据。其可能出现的位置将影响轨道交通车站位置的选择、车站规模的确定,以及断面区间内列车运行交路的组织、避难救援设施的设置等^[3]。工作日全网高峰小时客流断面如图 10 所示。线路高峰小时单向最大断面客流量如表 3 所示。



图 10 南京轨道交通工作日高峰小时最大客流量断面位置
Fig. 10 Peak hour maximum passenger flow section positions of Nanjing rail transit on weekdays

通过观察高峰小时最大客流断面,1、2、4、S1、

表 3 南京轨道交通工作日高峰小时单向最大断面客流量
Tab.3 Peak hour one way maximum sectional passenger flow of Nanjing rail transit on weekdays

线路名称	高峰断面	高峰客流断面时段	高峰小时断面客流量/(万人次/h)
1 号线	鼓楼站—珠江路站	07:30—08:30	3.30
2 号线	大行宫站—新街口站	07:30—08:30	3.05
3 号线	五塘广场站—小市站	07:30—08:30	4.10
4 号线	鸡鸣寺站—鼓楼站	07:30—08:30	1.13
10 号线	江心洲站—绿博园站	07:30—08:30	1.06
S1 号线	翠屏山站—南京南站	07:00—08:00	0.48
S3 号线	铁心桥站—景明佳园站	07:30—08:30	0.56
S7 号线	柘塘站—空港新城江宁站	06:30—07:30	0.10
S8 号线	高新开发区站—泰冯路站	07:00—08:00	0.84
S9 号线	铜山站—翔宇路南站	06:30—07:30	0.14

S7、S8、S9 号线高峰小时最大客流断面均位于换乘站处;3、10、S3 号线高峰小时最大客流断面则位于换乘站前一站或拐点站附近。早高峰时段南京轨道交通出行主方向依然是城市外围到核心区进城方向。

整体而言,工作日高峰小时最大客流断面发生在早高峰。最外围市域线路 S7、S9 号线高峰小时最大客流断面时段为 06:30—07:30;市域线路 S1、S8 号线高峰小时最大客流断面时段为 07:00—07:30;市域线路 S3 号线由于其城区段贡献客流非常大,其高峰小时最大客流断面时段同城区线路;5 条城区线路高峰小时最大客流断面时段为 07:30—08:30。城市外围线路高峰小时最大客流断面时段早于城区线路。

3.2.2 乘降客流

车站乘降客流是计算车站站台宽度、楼梯宽度、自动扶梯数量等的重要依据^[1-2]。南京轨道交通全网工作日全日、高峰小时乘降量前 10 位车站如图 11—图 12 所示。

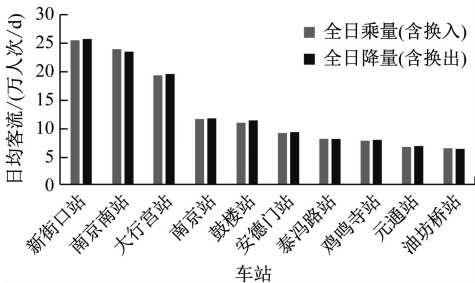
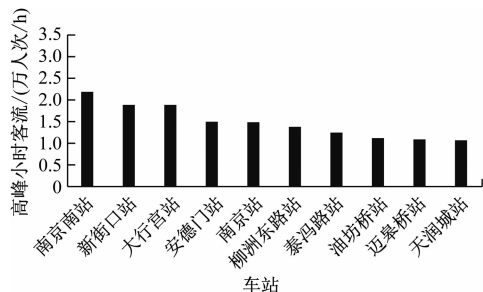
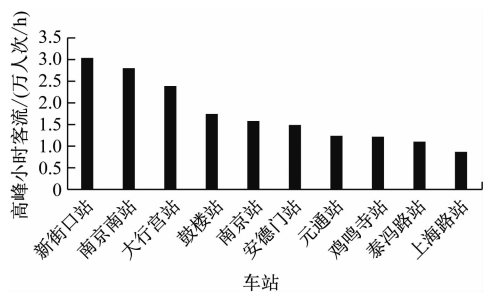


图 11 南京轨道交通全网工作日乘降客流量前 10 位车站
Fig. 11 Top 10 boarding and alighting passenger flow stations of Nanjing rail transit network on weekdays

对于全日而言,车站乘量与降量规模相当,车站全日乘量或降量在 10 万人次以上的车站有 5 个,均为换乘站且为复合型中心或交通枢纽,这些车站的乘降量占全网车站乘降量的 31.7%;车站全日乘量或降量在 6 万人次以上的站点有 10 个,均为换乘站,这些站点开通运营时间较长,周边土地开发强度较高。



a) 乘量(含换乘)



b) 降量(含换乘)

图 12 南京轨道交通全网工作日高峰小时乘降客流量前 10 位车站

Fig. 12 Top 10 boarding and alighting passenger flow stations of Nanjing rail transit network during peak hour on weekdays

对于早高峰而言,高峰小时乘量在 1 万人次/h 以上的站点有 11 个,包括大型交通枢纽、复合型中心及大型居住区,这些车站的乘量占全网车站乘量的 44.7%,车站周边土地开发强度高,既有复合型高强度开发,又有单一用地高强度开发。50% 的车站高峰小时乘量在 1 170 人次/h 以上;5% 的车站高峰小时乘量在 1.09 万人次/h 以上。

对于早高峰而言,高峰小时降量在 1 万人次以上的站点有 9 个,均为换乘站,这些车站的降量占全网车站降量的 46.9%。50% 的车站高峰小时降量在 850 人次/h 以上;5% 的车站高峰小时降量在 1.13 万人次/h 以上。

新街口站、南京南站、大行宫站是南京轨道交通全网乘降量最高的 3 个站点。新街口站、大行宫站分别是线路客流量最高的 1 号线和 2 号线、2 号

线和 3 号线换乘站,作为南京市最为重要的商圈,承担着全网 15.6% 的日均客流量。南京南站是 4 条线路的换乘站,作为南京市重要的综合换乘枢纽,承担着全网 8% 的日均客流量。

4 结语

1) 城区轨道交通线路与市域轨道交通线路呈现不同的客流特征。轨道交通线路在不同的建设阶段亦会呈现不同的客流特征。

2) 对于工作日,城区线路早高峰时段为 07:30—08:30,早高峰小时系数基本在 15%~20% 之间;市域线路早高峰时段一般早于城区线路。对于周末(非节假日),城区线路与市域线路客流高峰不显著。

3) 进站高峰小时系数高于 30% 的车站主要为外围大型居住区、外围大型园区;进站高峰小时系数低于 12% 的车站主要为大型交通枢纽、大型复合型商业中心。出站高峰小时系数高于 30% 的车站主要为大型产业园区和科技园区;出站高峰小时系数低于 12% 的车站主要为大型交通枢纽、外围都市圈副中心。

4) 线路高峰小时最大客流断面基本位于换乘站处,少数线路高峰小时最大客流断面位于换乘站前一站或拐点站附近。

5) 新街口商圈依然是南京市最强大的功能中心。

参考文献

- [1] 沈景炎. 城市轨道交通客流预测内容 and 应用[J]. 城市交通, 2008(6):9.
SHEN Jingyan. Forecasting and application of rail transit passenger volumes[J]. Urban Transport of China, 2008(6):9.
- [2] 沈景炎. 城市轨道交通线网规划与客流预测[J]. 都市轨道交通, 2007(1):2.
SHEN Jingyan. Network planning and passenger flow prediction for urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2007(1):2.
- [3] 颜湘礼, 钱卫力, 叶霞飞, 等. 东京、大阪、上海城市轨道交通高峰小时最大客流断面空间分布规律分析[J]. 城市轨道交通研究, 2012(11):71.
YAN Xiangli, QIAN Weili, YE Xiafei, et al. The spatial distribution regularities of the maximum passenger section during urban rail transit peak hour in Tokyo, Osaka and Shanghai[J]. Urban Mass Transit, 2012(11):71.

(收稿日期:2020-07-26)