

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2018.04.013

广州地铁运营客流分布特征 研究与应用

袁江, 彭磊

(广州地铁设计研究院有限公司, 广州 510010)

摘要: 针对目前广州地铁运营过程中列车车厢及车站站台过度拥挤的问题, 通过对广州地铁实际运营客流分布特征的调查与分析, 在时间维度上提出客流分布在年内、月内及周内的不均衡规律, 分析节假日对车站客流的影响, 在空间维度上分析车厢内客流密度在不同区间、不同编组、不同车厢区域的分布规律和客流在车站站台上的分布规律。通过对现状特征的重新审视, 提出设计阶段客流预测数据的选用原则、车厢站立密度对站台乘客上下车时间的影响及车站布局形式与站台客流分布的关系。为广州后续轨道交通线路精细化设计提供依据, 为国内类似城市地铁设计、运营组织提供参考。

关键词: 客流分布; 站立密度; 上下车时间; 精细化设计

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2018)04-0063-06

Research and Application of Passenger Flow Distribution Characteristics of the Guangzhou Metro

YUAN Jiang, PENG Lei

(Guangzhou Metro Design and Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010)

Abstract: In view of the current issues on overcrowded compartments and platforms in the operation of the Guangzhou Metro, a survey and analysis of the passenger flow distribution characteristics for actual operations in the metro have been conducted. Based on the perspective of time, the disequilibrium of passenger flow distribution regularity within weeks, months, and years is proposed, and the effect of holidays on passenger flow is analyzed. Based on the perspective of space, the distribution regularity of passenger flow density in different intervals, groups, areas of the compartments, and the passenger flow distribution on the platforms are analyzed. Opinions on the current characteristics, selective principles of passenger flow forecasting datum during design, influence of the standing density of compartments on the time for passenger boarding and alighting, and relationship between the pattern of station layout and the distribution of passenger flow on the platform are proposed to provide a basis for the elaborate route design of the successive rail transits in Guangzhou and to provide a good reference for similar urban metro design and operation in China.

Keywords: passenger flow distribution; standing density; boarding and alighting time; elaborate route design

近年来广州市轨道交通规划建设进入高速发展阶段, 截至 2016 年底, 建成开通约 309 km 轨道交通线路, 稳居全国第三、世界前十, 地铁客运量占公共交通客运总量比例逐年增长至 44% (见图 1),

缓解了城市道路交通拥堵问题, 提升了市民的生活质量。

随着线网客运量的不断增长, 列车、站台及相关客流集散通道的拥堵问题逐渐显现, 如现状 3 号线高峰时段车厢站立密度已近 8 人/m², 因此掌握现状客流分布特征及相关客流密度分布的实际规律, 提出与实际相符的精细化设计标准成为轨道交通网络化运营阶段面临的新课题^[1-5]。

收稿日期: 2017-06-28 修回日期: 2017-07-31

第一作者: 袁江, 男, 本科, 高级工程师, 从事城市轨道交通前期规划及设计工作, yuanjiang@dtsjy.com

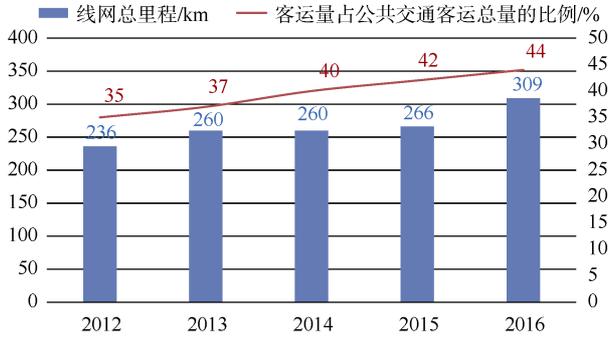


图1 地铁线网总里程和地铁客运量占公共交通客运量比例

Fig. 1 Percentage of total metro mileage and metro passenger volume in public transportation

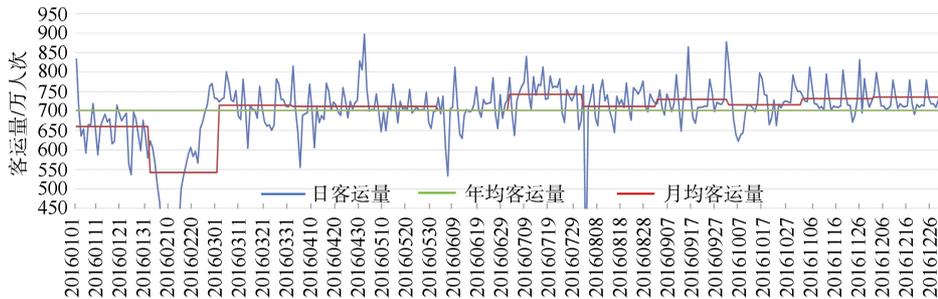


图2 2016年全网客运量波动情况

Fig. 2 Fluctuation of the entire metro transit network passenger volume in 2016

1.2 周内客流分布规律

通过对连续几周内的客流监控，得出线网客流在1周内的波动规律。一般情况下周五客运量达到波峰值，周六日迅速下降至波谷值，周一形成次高峰（见图3）。根据统计，周内客流较平均值的波动范围在-10.66%至10.24%之间（见表1）。

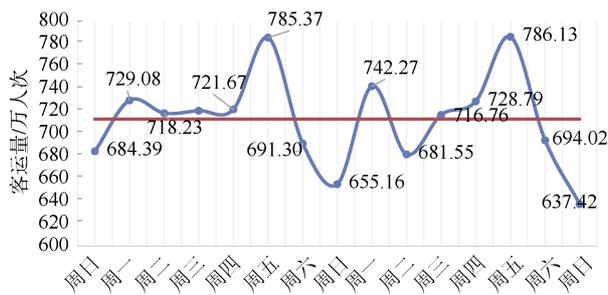


图3 全网客运量周内波动情况

Fig. 3 Fluctuation of the entire metro transit network passenger volume (in weeks)

1.3 全日客流分布规律

受通勤客流的变化，全日客流在工作日及节假日

1 时间维度上的客流分布特征

通过对现状运营网络进出站刷卡数据的整合，利用EMME/4交通分析软件对广州市轨道交通建立分配模型，得出时间维度上的客流分布特征。

1.1 全年客流分布规律

2016年地铁线网日均客运量701万人次/d，最高日客运量897万人次，最低日客运量260万人次，日客流波动幅度在-62.96%至+27.78%之间。月均最高743万人次，月均最低542万人次，月均客运量波动幅度在-22.79%至5.84%之间（见图2）。因此不论日均或月均客流均有较明显的波动分布特征，日客流波动幅度大于月均客流波动幅度。

呈现不同的分布规律。工作日早晚高峰明显，早高峰客流最大，约占12%。节假日高峰特征不明显，无明显早高峰，晚高峰系数约为9%，如图4、图5所示。

表1 全网客运量一周内波动情况统计

Tab. 1 Fluctuation statistics of the entire metro transit network passenger volume (in weeks)

	数值/万人次	波动
一周最高	786 (周五)	10.24%
一周最低	637 (周日)	-10.66%
平均值	713	—

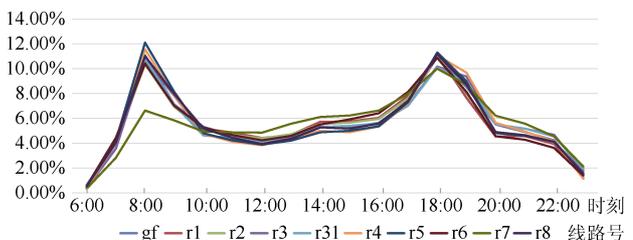


图4 全网各线客运量工作日全日分布情况

Fig. 4 Distribution of each metro transit network passenger volume (entire workday)

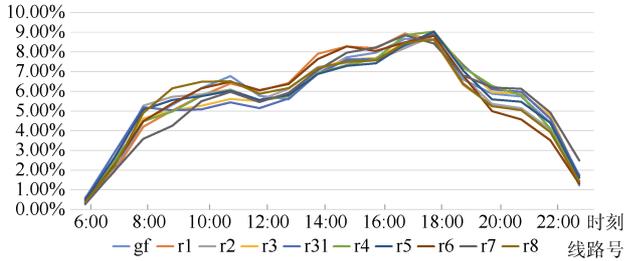


图5 全网各线客运量节假日全日分布情况

Fig. 5 Distribution of each metro transit network passenger volume (all holidays and festivals)

联系对外交通枢纽的车站和旅游景点的车站，其节假日突发客流现象明显。以广州火车站为例，相比工作日，客流量在节假日有了明显的上升，增幅近50%（见表2）。

表2 广州火车站工作日和节假日客流对比

Tab. 2 Comparison of passenger flow in workdays versus holidays and festivals (Guangzhou Railway Station)

		进出站量/ 人次	换乘量/ 人次	合计/ 人次
广州 火车站	工作日	215 126	140 290	355 416
	节假日	349 935	175 957	525 892
	增幅/%	62.70	25.40	48.00

1.4 高峰小时内的客流分布规律

由于轨道交通安全准点的特征，高峰时段内的客流具有较强的集中性。目前线网进出站超高峰15 min 发生在 08: 30—08: 45 内，超高峰小时系数为 1.05（见表3）。

表3 线网进出站客流超高峰小时时段及系数

Tab. 3 Extra peak hour period and factor for entrance and outbound passenger flows of metro transit network

超高峰时段	进出站量/人次	超高峰小时系数
8: 30—8: 45	123 013	1.05

线网典型线路高峰小时客运量超高峰 15 min 发生在 08: 45—09: 00 内，超高峰小时系数在 1.09~1.15 之间（见表4）。

表4 线网典型线路客运量超高峰小时时段及系数

Tab. 4 Extra peak hour period and factor of passenger volume for a typical metro transit network

超高峰时段	1#	2#	3#	5#
8: 45—9: 00	1.1	1.11	1.15	1.09

线网典型线路高峰小时最大客流断面超高峰 15 min 则发生在 08: 00—08: 15 内，超高峰小时系数在 1.33~1.62 之间（见表5）。

表5 线网典型线路客流断面超高峰小时时段及系数

Tab. 5 Extra peak hour period and factor of passenger flow profile for a typical metro transit network

超高峰时段	1#	2#	3#	5#
8: 00—8: 15	1.49	1.48	1.33	1.62

2 空间维度上的客流分布特征

2016年6月27日（周一），早7: 50—9: 10，对5号线下行方向（文冲—滘口）进行跟车调查，调查方式为跟车录像，5号线共18个车门，每个车门安排1人对上下车乘客进行录像。通过对5号线早高峰时段内跟车调查数据和车站区域监控设备数据的采集分析，得出列车车厢和车站站台在空间维度上的客流分布特征。

2.1 列车车厢内客流密度

根据跟车调查数据，在6L编组列车AW2定员1402人/列，当日高峰行车间隔27对/h的前提下，计算得出各区间列车平均站立密度如图6所示，由于各个区间客流大小的不同，各区间站立密度的分布也不相同，其中员村—潭村区间站立密度最大，为6.8人/m²。

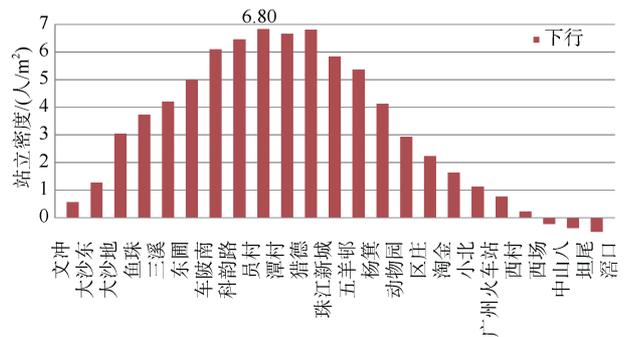


图6 5号线早高峰各区间列车均站立密度分布

Fig. 6 Distribution of average standing density for each metro interval in the morning peak of Line 5

进一步根据员村—潭村区间各个车门的具体数据对每一辆车内的站立密度进行分析（见图7）。在全列平均站立密度6.8人/m²的情况下，全列6辆编组的单辆车内站立密度在5.4~7.7人/m²之间波动，密度最大的车厢为前进方向的第2节车厢。

进一步借助车厢内部的监控视频对第2节车厢内

不同区域的乘客密度进行了统计分析,如图 8 所示,将车厢分为 A、B、C 3 个区域。

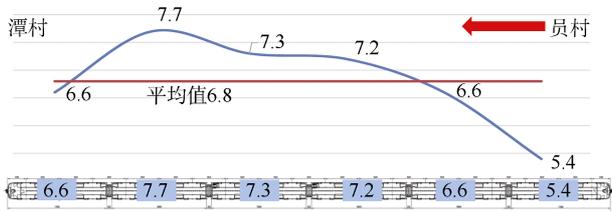


图 7 5 号线员村—潭村区间车厢站立密度分布

Fig. 7 Distribution of carriage standing density between the Yuancun station and the Tancun station in Line 5

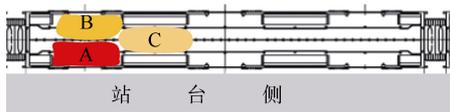


图 8 列车前进方向第 2 节车厢内区域划分

Fig. 8 Dividing section in the second carriage from the forward direction of train

靠近站台侧车门区域 A 受频繁上下客影响,客流积聚明显,车门附近密度明显高于其他区域,为 $8.49 \text{ 人}/\text{m}^2$ 。坐席中间的站立区域 C 上下车不便,客流积聚较少,密度最低,为 $7.02 \text{ 人}/\text{m}^2$ 。车门内侧非靠近站台侧区域 B 站立密度介于区域 A 和 C 之间,为 $7.93 \text{ 人}/\text{m}^2$ 。

2.2 车站站台客流密度

对比地铁设计规范中对站台人均面积 $0.33 \sim 0.75 \text{ m}^2/\text{人}$ 的要求,全线车站珠江新城站、车陂南站站台平均密度低于规范 $0.33 \text{ m}^2/\text{人}$,滘口、广州火车站、五羊邨、杨箕站站台平均密度低于规范 $0.75 \text{ m}^2/\text{人}$ (见图 9)。

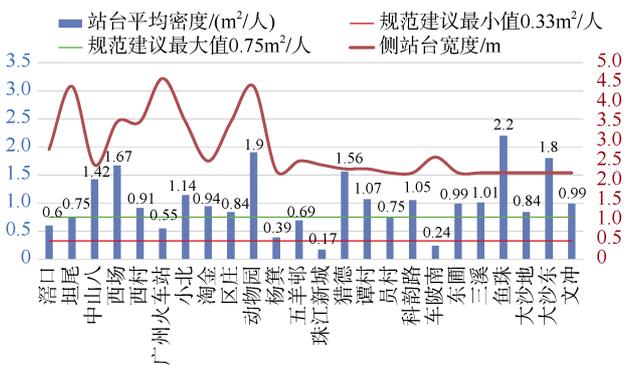


图 9 5 号线站台平均客流密度分布调研结果

Fig. 9 Conclusion of average passenger density in the platform of Line 5

在站台平均密度的基础上,考虑实际客流在站台上的分布为不均衡分布,结合各个车门的上下客数据

推断乘客在站台上的不均衡分布情况如图 10 所示。

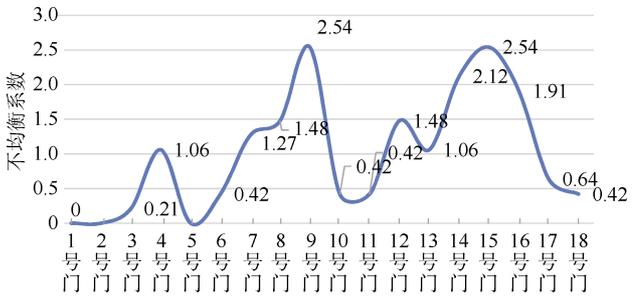


图 10 5 号线广州火车站站台不同区域客流分布

Fig. 10 Distribution of passenger flow in different sections of the Guangzhou railway station platform of Line 5

3 客流特征的总结与实践

3.1 客流预测数据的合理选用

轨道交通客流预测采用城市交通的宏观模型,预测客流结果为相应年限的年均数值。根据实际客流规律,设计阶段系统能力宜在预测断面客流的基础上适当考虑断面客流的不均衡分布及超高峰特征。同时不同性质的站点高峰时段与全线断面高峰时段不可能完全一致,站点设计应采用车站客流的高峰数据进行。因此在设计阶段客流预测数据的选用应遵循“线路高峰”、“车站高峰”及“节假日高峰”3 种高峰客流按照不同需求选用的原则^[6-10]。

3.2 编制符合客流特征的列车运行图

在实际运营中结合工作日及节假日客流分布规律的不同(见表 6),编制各时段运力分布方案不同的列车运行图。在不造成运能浪费的前提下,平衡列车在不同区间、不同车辆编组、车内不同区域的乘客拥挤度和服务水平的关系,同时可根据平峰低峰客流需求相对较小的条件适当降低巡航速度运行,达到节约牵引能耗的目的。

表 6 广州地铁工作日与双休日不同运力峰期时段对比
Tab. 6 Comparison of diverse transit capacity peak periods between a workday and holidays and festivals in Guangzhou Metro

峰期	双休日	工作日
高	16: 01—18: 27	7: 45—8: 29, 17: 16—18: 01
次高	8: 30—16: 01	6: 32—7: 45, 8: 29—9: 01, 16: 00—17: 16, 18: 01—19: 01
中	7: 35—8: 30 18: 27—20: 59	6: 00—6: 32, 9: 01—16: 00, 19: 01—20: 59
低	20: 59—21: 46	20: 59—21: 40
次低	6: 00—7: 35 21: 46—22: 55	21: 40—22: 55

3.3 车厢拥挤度对乘客上下车时间的影响

选取5号线4号车门在全线各站的上下车时间进行统计,得出车厢内站立密度与车门上下客能力的关系,如图11所示。在车厢内站立密度小于 $6\text{人}/\text{m}^2$ 时,车门上下车能力一般可以按照 $0.6\text{ s}/\text{人}$ 考虑,当车内站立密度大于 $6\text{人}/\text{m}^2$ 时,受车厢内拥挤的影响,乘客上下车平均时间大幅提高,如当车内站立密度达到 $7\text{人}/\text{m}^2$ 时,平均每人上下车时间由原 $0.6\text{ s}/\text{人}$ 延长到 $1.4\text{ s}/\text{人}$ 。

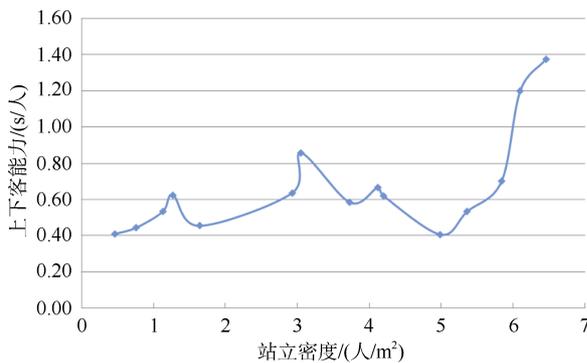


图 11 车门上下车能力与车厢内站立密度的关系

Fig. 11 Relationship between the boarding and alighting capacity of the train doors and the carriage standing density

3.4 站台拥挤度与车站布局的关系

站台候车客流分布的不均衡性,除了受乘客随机选择的影响外,与站台布局关系密切,其中站台楼梯、扶梯的分布位置影响较大,如图12所示。

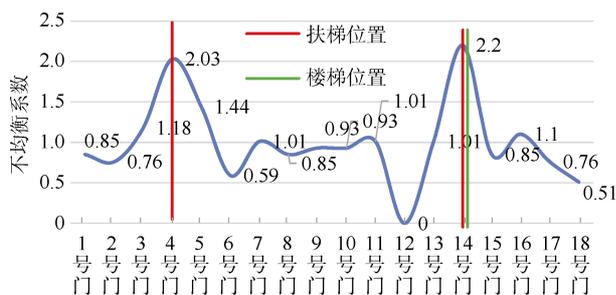


图 12 文冲站站台客流分布与车站楼扶梯位置的关系

Fig. 12 The relationship between the platform passenger flow distribution and the location of the escalator in the station building of Wenchong station

为保证站台乘客尽量均衡分布,在车站设计时宜尽量考虑上下楼扶梯在站台上均衡分布,不宜过于集中,如楼扶梯采用八字型布置,交错分布在站台区域等。

4 结语

本文结合实际轨道交通运营的调研情况对客流在时间和空间上的分布特征进行了梳理总结,提出了基于现状的运输组织匹配方案、客流预测选用原则,以及与设计工作相关的上下客效率与车厢内拥挤程度的关系、站台候车客流分布与车站设备布局的关系等。为广州后续轨道交通线路精细化设计提供了一种思路,国内类似城市地铁设计、运营组织也可作为一种参考。

参考文献

- [1] 广州地铁设计研究院有限公司. 广州地铁列车、车站服务水平调研及服务等级分类研究报告[R]. 广州, 2016. Guangzhou Metro Design Institute Co., Ltd. Report on service level and service classification of Guangzhou metro train and station[R]. Guangzhou, 2016.
- [2] 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014. Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press. 2014.
- [3] 耿幸福. 城市轨道交通行车组织[M]. 北京: 人民交通出版社, 2012. GENG Xingfu. Traffic organization of urban rail transit[M]. Beijing: China Communications Press, 2012.
- [4] 栾文波, 王栋. 基于客流变化的行车组织分析[J]. 都市快轨交通, 2010, 23(1): 71-73. LUAN Wenbo, WANG Dong. Analysis of train organization based on floating passenger flow[J]. Urban rapid rail transit, 2010, 23(1): 71-73.
- [5] 广州市轨道交通新线工程设计技术标准: Q/GZMTR—SJ—001—2012 [S]. 广州, 2012. Code for the design technical standard of Guangzhou rail transit lines: Q/GZMTR—SJ—001—2012[S]. Guangzhou, 2012.
- [6] 谭章智, 李少英. 基于地铁客流的广州地铁站点类型识别[J]. 热带地理, 2017, 37(1): 102-111. TAN Zhangzhi, LI Shaoying. Clustering of metro stations in guangzhou based on passenger flow[J]. Tropical geography, 2017, 37(1): 102-111.
- [7] 陈波. 地铁车站大客流组织措施[J]. 都市快轨交通, 2015, 28(3): 20-23. CHEN Bo. Organizational measures for large passenger flow in subway station[J]. Urban rapid rail transit, 2015, 28(3): 20-23.
- [8] 史海欧, 孙元广. 广州轨道交通网络化运营客流特征和

问题[J]. 都市轨道交通, 2012, 25(3): 29-33.

SHI Haiou, SUN Yuanguang. Characteristics and problems of passenger flows in Guangzhou rail transit network operation[J]. Urban rapid rail transit, 2012, 25(3): 29-33.

- [9] 刘明敏, 金安. 快速成网初期广州轨道交通客流思考[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(3): 16-19.

LIU Mingmin, JIN An. Reflection on the characteristics of guangzhou rail transit passenger flow during initial eriod

of network operation after rapid development[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(3): 16-19.

- [10] 广州地铁设计研究院有限公司. 广州地铁5号线初步设计报告[R]. 广州, 2010.

Guangzhou Metro Design Institute Co., Ltd. Design report of Guangzhou Metro Line 5[R]. Guangzhou, 2010.

(编辑: 郝京红)

(上接第62页)

YU Zhanji, LI Zhaoxing. Networking of rail transit in five major cities of New York, London, Paris, Moscow and Tokyo[J]. Modern urban rail transit, 2009(1): 55-59.

- [10] 中国铁路设计集团有限公司. 珠江三角洲地区城际轨道交通线网规划修编方案[R]. 天津, 2017.

China Railway Design Group Co., Ltd. Pearl River Delta intercity rail transit network planning revision program[R]. Tianjin, 2017.

- [11] 铁四院. 珠江三角洲地区城际铁路网规划(2009年修订)[R]. 武汉, 2010.

FSDI. Planning for intercity railway network in the Pearl River Delta (Revised in 2009)[R]. Wuhan, 2010.

- [12] 程先东, 梁肖, 毛保华. 珠三角客运通道结构特征发展分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(4): 192-198.

CHENG Xiandong, LIANG Xiao, MAO Baohua. Structural analysis of pearl river delta passenger transport corridors[J]. Journal of transportation systems engineering and information technology, 2011, 11(4): 193-198.

- [13] 王祥, 王忠强, 朱洪. 实现上海轨道交通多网融合的规划研究[C]//智慧城市与轨道交通 2015年中国城市

科学研究会数字城市专业委员会轨道交通学组年会论文集, 2015.

WANG Xiang, WANG Zhongqiang, ZHU Hong. Study on the planning of multi-network integration of shanghai rail transit [C]//Smart Cities and Rail Transit 2015 Annual Meeting of the Digital City Committee of China Urban Science Research Association, 2015.

- [14] 胡叙洪. 城际铁路设计理念研究[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(4): 1-4.

HU Xuhong. Research on the design concept of intercity railway[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(4): 1-4.

- [15] 张子栋. 城市交通影响分析中阈值的研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2001.

ZHANG Zidong. Study on threshold for urban traffic impact analysis[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2001.

(编辑: 郝京红)

《城市轨道交通运营管理规定》于2018年7月1日起施行

《城市轨道交通运营管理规定》于7月1日起施行。该《规定》从运营基础要求、运营服务、安全支持保障、应急处置等方面,明确了相关政策措施。其中明确,将建立重点岗位从业人员不良记录和乘客违法违规行为信息库,并将有关信用信息及时纳入交通运输和相关统一信用信息共享平台。

《规定》提出,建立城市轨道交通初期运营前、正式运营前、运营期间安全评估制度。明确从业人员管理、设施设备准入与运行维护管理、风险隐患管控治理等相关要求。

摘编自 <http://rail.ally.net.cn/2018-05-31>

上海首条无人驾驶轨道交通线试运营

3月31日,上海首条胶轮路轨全自动无人驾驶APM(旅客自动运输系统)——浦江线试运行, APM浦江线主要服务于上海浦东新区浦江镇居民,缓解最后1km出行难问题,全程共6座车站,耗时16min。至此,上海轨道交通全网络运营线路总长增至673km,车站数增至395座。

摘编自 <http://www.camet.org.cn/2018-04-12>