

上海市轨道交通系统防疫策略研究 ——以新型冠状病毒肺炎疫情为背景

吴金龙, 丁小兵, 刘志钢
(上海工程技术大学城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要: 新型冠状病毒肺炎的爆发给城市轨道交通系统带来巨大挑战。部分城市采取线路停运、进出站控制、运行图调整等措施应对客流量急剧下降和防疫疏散需求。随着社会秩序逐渐恢复、复工复产复学带来客流量增长, 城市轨道交通系统面临不断变化的出行需求和长期持续的防疫需求。分析疫情对上海市轨道交通客流量的影响以及面临的巨大考验。针对不同时期的出行需求, 就如何进一步做好疫情防控提出应对之策: 1)进一步落实疫情防控措施; 2)强化客流预警和客运组织管理; 3)动态分析、科学配置运力; 4)细化车站和车厢内满载率管控。基于城市轨道交通运营韧性恢复, 有效的疫情防控之策对交通运输行业治理体系和治理能力现代化的推进具有重要意义。

关键词: 轨道交通; 现代化治理; 新冠肺炎; 超大城市; 防疫策略; 上海市

Epidemic Prevention Strategy of Shanghai Rail Transit System: Taking the COVID-19 Pandemic as an Example

Wu Jinlong, Ding Xiaobing, Liu Zhigang

(School of Urban Rail Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: The outbreak of Coronavirus Disease 2019 poses a great challenge to urban rail transit system. Several cities take measures such as line outage, in and out station control, operation diagram adjustment to cope with the sharp drop of passenger flow and epidemic prevention and evacuation demand. With the gradual restoration of social order and the increase of the traffic volume brought by the resumption of work and school, urban rail transit system is faced with the changing travel demand and long-term and sustained epidemic prevention demand. This paper analyzes the impact of the epidemic on passenger flow of Shanghai rail transit and the huge challenge it faces. According to travel demand in different periods, the paper provides suggestions on epidemic prevention and control in several aspects: further implementing epidemic prevention and control measures, strengthening passenger flow early warning and passenger management, dynamic analysis and scientific allocation of transportation capacity, refining the management and control of full load rate at stations and carriages. Aiming at recovery of urban rail transit operation resilience, effective measures for epidemic prevention and control are of great significance to the modernization of the governance system and management capacity of transportation industry.

Keywords: rail transit; modern governance; COVID-19; megacities; coping strategies; Shanghai

收稿日期: 2020-04-16

作者简介: 吴金龙(1996—)男, 江苏东台人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 轨道交通运营安全与行车组织优化。E-mail: 1141723454@qq.com

0 引言

新型冠状病毒肺炎(以下简称“COVID-19”)与2003年重症急性呼吸综合征(以下简称“SARS”)极其相似, 不同在于COVID-19影响范围更广、传播速度更快。在极短的时间内中国客货运量急剧下降: 2020年1—2月, 共完成货运量45.1亿t, 同比下降

19.7%; 36个中心城市公共交通完成客运量47.6亿人次, 同比下降49.3%, 其中, 城市轨道交通作为城市公共交通的骨干, 联系着城市主要客流集散点, 客运量同比下降46.6%^[1]。客货运量同比下降对城市政治经济、文化教育、科学技术等方面的发展产生严重影响。

疫情传播期间, 交通行业在运输防疫物

资、输送医护人员、阻断传播渠道等方面起着关键性作用。如何做好交通运输领域疫情防控，国内外开展了一些研究。文献[2]针对疫情蔓延下交通运输行业面临的考验，借鉴多国交通运输系统韧性理论，提出疫情防控与客货运应急保障并举的建议，为建设现代化高质量综合立体交通网络提供了强有力的保障；文献[3]以美国大流行性感冒为例，分析了美国联邦运输部的防控措施和产生的积极作用；文献[4]从客货运、港口生产、交通固定资产投资几方面着重分析了疫情对中国交通运输行业带来的影响，针对如何加强疫情防控、降低疫情的影响提出了多方面建设性建议；文献[5]对比分析了SARS、COVID-19期间铁路、公路、民航客货运周转量，并基于两者异同之处提出疫情防控期间交通运输行业应把控的重点，进一步健全完善防范机制；文献[6]建立了一种在不同区域间扩散的流行病传播模型，通过网络拓扑结构分析验证了传染性疾病对交通运输网络的影响；文献[7]基于与SARS的比较，从宏观经济、中观行业、微观、资本市场和国家治理五个方面分析了COVID-19影响下暴露的问题，提出长、短期行业改革措施；文献[8]指出疫情对民航业运营产生巨大影响，国内重点航段航班执行率不足30%，50多家中小型机场停航，进而对2020年度中国民航市场发展做出预判。

本文以城市轨道交通为研究对象，分析COVID-19全国蔓延趋势及对上海市轨道交通客运量的影响，探讨推进交通运输行业治理体系和治理能力现代化面临的严峻考验，并针对轨道交通疫情防控提出相关建议。

1 城市轨道交通客流需求变化

全国范围受疫情的波及，企业延期复工复产，学校延期开学，这导致城市轨道交通客运量的变化。截至2020年4月6日，北京市轨道交通所辖16条运营线路工作日客运量为311.9万人次·d⁻¹，约为疫情前的30%，周末客运量约为140万人次·d⁻¹；广州市轨道交通线网总客运量为519.4万人次·d⁻¹，周末客运量不足310万人次·d⁻¹，约为疫情前的50%；南京市轨道交通所辖10条运营线路客运量为199.3万人次·d⁻¹，周末客运量约为130万人次·d⁻¹，客流主要集中于1号线、2号线和3号线。与疫情暴发期相比，已开通

城市轨道交通的41个城市，其轨道交通客流量均处于陆续回升状态。

正常情况下，上海市轨道交通日均客运量在工作日为1 200万人次·d⁻¹，周末为800万人次·d⁻¹。而2020年2月1—9日，只有一天客流超过100万人次。2020年2月10日—4月3日，各周工作日日均客运量如表1所示。

由图1可见，2020年1月上旬之前为疫情潜伏阶段，客流基本处于稳定状态；1月中下旬至2月中下旬为疫情蔓延上升阶段，客运量从1 000余万人次·d⁻¹急速下降至100万人次·d⁻¹以下，降幅高达90%；3月以来疫情得以有效控制，客运量逐渐回升，月底日均客运量恢复到正常时期的1/2，陆续复工、复学的同时也给城市轨道交通运营带来新的挑战。

2 城市轨道交通运营面临的考验

城市轨道交通作为城市公共交通重要支柱，应率先在现代化疫情防控上实现突破，为推进其他交通运输方式疫情防控积累经验。面对复工复产及后续复学带来的客流量急剧回升，南京、杭州等地轨道交通运营部门已做出初步调整。上海市作为拥有2 400多万人口的国际大都市，城市轨道交通运营的恢复面临更大的压力。

1) 防控疫情。

为切实做好上海市疫情防控工作，应对春运返程客流及复工上班客流，所有人员务必妥善戴好口罩进出各场所。上海市自2020年2月3日率先在9座轨道交通车站启动乘客测温进站工作后，从2月8日起增至106

表1 上海市轨道交通日均客运量周变化情况

Tab.1 Weekly changes of average daily passenger volume of Shanghai rail transit

日期	工作日客运量/ (万人次·d ⁻¹)	环比上周增加量/ (万人次·d ⁻¹)
2月10—14日	120.7	
2月17—21日	166.3	45.6
2月24—28日	280.4	114.1
3月2—6日	396.1	115.7
3月9—13日	478.6	82.5
3月16—20日	573.5	94.9
3月23—27日	635.4	61.9
3月30日—4月3日	692.8	57.4

资料来源：根据上海申通地铁官方微博数据统计。

座车站实施乘客测温进站，截至2月11日全网共计354座车站实施测温进站。测温面临的问题主要有：进站口等候人数过多、进站时间长、测温人员工作负荷大等。

上海市自2月28日起启动轨道交通“乘客扫码登记”措施，便于有关部门在接到疫情通报后，及时联系追溯密切接触者。由于在进站口及地铁内提示不够突出，众多乘客尚不了解此项措施，未能主动配合。因此，在加大宣传教育、提升广大市民对新措施的关注度，以及联合相关部门加强合作与引导等方面面临着新的挑战。

2) 复工复产客流回升。

返程复工首日(2月10日)，轨道交通客运量为145.1万人次· d^{-1} ，不到常态的12%。随着返程人员陆续回沪，返程后第二周轨道交通日均客运量达280.4万人次· d^{-1} 。随着复工企业的日渐增多，后期出行客流增速加快，返程后第三周轨道交通日均客运量达到396.1万人次· d^{-1} ，以轨道交通6, 8号线为主的部分线路早高峰列车满载率快速上升，超过50%。

疫情期间，部分线路列车车厢乘客分布出现不均衡现象，个别中间车厢区域短时客流增多，出现拥挤，首尾车厢则相反，乘客空间分布不均现象较严重。因而，应对未来客流增长趋势面对的挑战主要有：枢纽车站运营负荷过大；满载率过高区域需要进行乘客调控；乘客聚集存在潜在的交叉感染风险；车站安检人员工作压力大等。

3) 复学高峰时段大客流。

目前教育部门还未公布各级大中小学生准确开学时间。城市轨道交通是家长、学生出行的主要方式，一旦开学，将对其产生巨

大冲击，早晚高峰尤为严重。

以上海轨道交通9号线为例，线路途经松江区、闵行区、徐汇区、黄浦区和浦东新区，连通以通勤、通学客流为主的松江大学城、松江新城、陆家嘴金融贸易区、世纪大道枢纽等多个重要区域和客流集散点。若确定高等学校开学时间，松江大学城7所高校来自全国各地的学生绝大部分会选择轨道交通方式出行，高峰时段客流量高达1.2万人次· h^{-1} 。中、小学上下学时间主要集中在7:00—9:00和16:00—18:00，学校周边大客流主要集中于泗泾站、九亭站、佘山站等车站^[9]。9号线上行方向运行示意及5个大客流车站分布如图2所示。

在复工复产之后、复学来临之际，上海市轨道交通系统面临的主要挑战在于预防客流滞留产生的突发事件，做好大客流防范，提前制定相关政策。

4) 运营的恢复与调整。

疫情蔓延期，很多城市关闭部分轨道交通车站、停运部分线路甚至全路网线路。2020年1月26日，上海市暂停轨道交通11号线花桥站至安亭站区段运营服务；2月22日，轨道交通2, 5, 7, 8, 16号线全线提前至21:00结束运营；3月13日起，为保证轨道交通运营结束后有充足的夜间清洁消毒时间，10号线延时运营，轨道交通1, 2, 7, 8, 9, 13号线在星期五、星期六取消延时运营。

上海市轨道交通运营恢复面临的挑战之处在：相关线路运行区段、运行时间、行车间隔等短时调整与恢复；大客流组织分析评估体系与管控沟通联动机制的完善；疫情防控和大客流管控中点、线、网客流组织的综合统筹平衡。

3 乘客回流冲击的应对之策

确保安全有效地恢复运营，轨道交通企业应与市属各单位联防联控，在抓复工复产的同时紧抓疫情防控，努力把疫情过后回流客流对轨道交通运营的冲击影响降到最低。

1) 进一步落实疫情防控措施。

依据上海市《关于进一步加强站车环境卫生保洁消毒相关要求的通知》，加强各车站管控、加强返岗在岗人员管理、加大对工地消杀作业等。具体措施包括：延长列车、车站、隧道、工作场所通风换气时长；增加列车内部，车站内栏杆、座椅、自主设施等

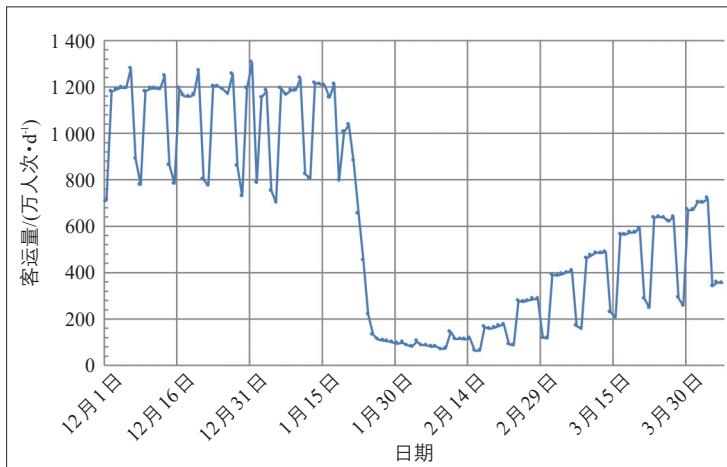


图1 上海市轨道交通日客运量变化趋势

Fig.1 Trend of daily passenger volume of Shanghai rail transit

资料来源：根据上海申通地铁官方微博数据整理。

公共区域定时清洁消毒次数；各车站预先设置隔离区及时防控疫情；加大疫情防控宣传力度、增强乘客防控意识。

同时，持续做好车厢二维码扫码登记，进一步强化和落实员工健康防护工作，减少运营窗口员工不必要的异地流动；司机、调度员、站务员等重点关键岗位必须实行岗前体温检测措施，相关一线岗位员工必须佩戴口罩上岗。

2) 强化客流预警和客运组织管理。

复工复产客流陆续返沪，上海市轨道交通系统网络客流量已回升到疫前五成的水平。需积极应对未来客流增长的趋势，时刻关注客流时空分布，加强对大、中、小学附近车站的引导，进一步完善大客流预警机制，做好大客流突发事件预防工作。一旦发现客流增幅超出预测范围、超出车站运营负荷，立即发布大客流预警，并通过广播等途径诱导乘客选择其他交通方式出行。

此外，每个客运部门自上而下组织展开客流预警与疫情防控专题学习，做到“人人尽知、人人尽责”；根据车站、线路自身情况与特有属性(如换乘站、重要交通枢纽等)调整闸机、自动扶梯等开放数量，增加步行时间，避免短时客流聚集，缓解客流压力；进一步完善客运配套基础设施，缩短检修时间，提高安全性与舒适性。

3) 动态分析、科学配置运力。

每日运营结束后汇总分析当日客流情况，根据日总客运量对车站细化分类，强化

现场客流监控、及时掌握乘客舆情，对路网各车站做到动态管控、精确限流，灵活调整行车和客运组织，来控制人流密度和满载率。在行车组织方面，通过调整行车间隔、调整停站时分、加大车底投放、大小交路调整等运营措施，动态管控列车车厢客流满载率，有效落实疫情防控措施。

除了按照调整运行图配置运力以外，需进一步根据区域性的客流增长动态调整运力。高峰时段根据不同车站客流聚集程度，采取跳停等方式配置运力，控制好站、线、网三个层面客运强度。

4) 细化车站和车厢内满载率管控。

在落实好交通枢纽车站大客流、高峰通勤通学保障和防疫工作的基础上，重点加强对列车满载率的控制，同时减少滞留乘客因聚集带来的交叉感染风险。一旦车厢满载率过高，采取进站动态限流措施，严格控制站内、车内人流密度。

客流回升造成局部地区出现出行高峰，存在个别车厢区域短时客流增多、但整列车未出现客流拥挤的情况。因此，需加强社会引导力度，建议乘客分散车门乘车，均衡车厢载客程度，鼓励自我调节保持一定距离。

4 结语

本文通过分析疫情对上海市轨道交通系统的影响，提出城市轨道交通在现代化治理进程中面临的挑战。基于此提出疫情消散下

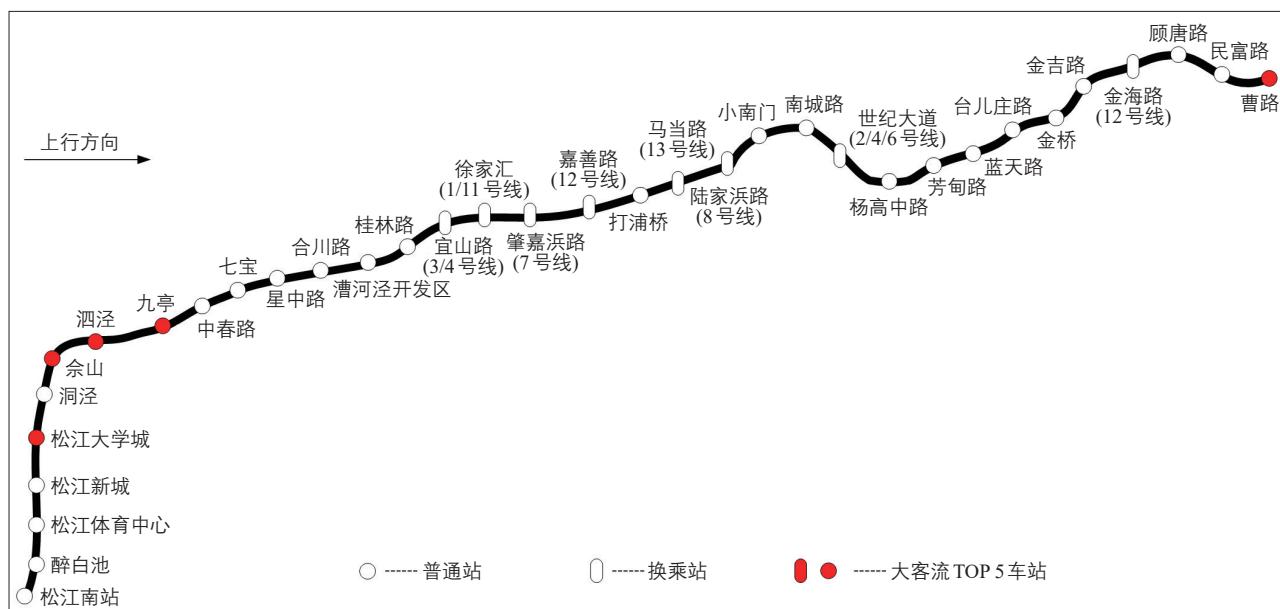


图2 上海轨道交通9号线上行方向运行示意及大客流车站分布

Fig.2 Upward operation of Shanghai rail transit Line 9 and distribution of top passenger stations

资料来源：根据文献[9]绘制。

复工复产复学客流返沪之际，有序恢复城市轨道交通运营以及防范大客流急剧回升的措施建议。疫情并没有完全结束，对城市轨道交通的影响依旧存在，还需继续坚持“降级响应不松劲、警惕疫情不松懈、防控要求不降低”的原则，着力构建科学规范、运行有效的防范机制，为运营管理部門进一步做好疫情防控和现代化治理提供决策参考。

参考文献：

References:

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 1—2月交通运输经济运行情况 [EB/OL]. 2020[2020-04-06]. http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/zhghs/202003/t20200326_3352224.html.
- [2] 刘振国, 姜彩良, 王显光, 等. 基于系统韧性提升交通运输疫情防控与应急保障能力对策 [J]. 交通运输研究, 2020, 6(1): 19-23.
Liu Zhenguo, Jiang Cailiang, Wang Xian-guang, et al. Countermeasures to Improve Epidemic Prevention and Control and Emergency Support Capacity of Transportation Based on System Resilience[J]. Transport Research, 2020, 6(1): 19-23.
- [3] 周紫君, 刘思, 张丽. 美国大流行性流感防控机制对我国交通运输部门防控新冠肺炎疫情的启示 [J]. 交通运输研究, 2020, 6(1): 89-96.
Zhou Zijun, Liu Si, Zhang Li. Enlightenment of U.S. Pandemic Influenza Control and Prevention Mechanism to China's Transportation Authorities in COVID-19 Control and Preven-
- tion[J]. Transport Research, 2020, 6(1): 89-96.
- [4] 周健. 新冠肺炎疫情对交通运输行业的影响及政策建议 [J]. 交通运输研究, 2020, 6(1): 13-18.
Zhou Jian. Impacts and Policy Suggestions of COVID-19 on Transportation[J]. Transport Research, 2020, 6(1): 13-18.
- [5] 周一鸣, 姜彩良. “非典”和新冠肺炎疫情对我国客货运输的影响比较与分析 [J]. 交通运输研究, 2020, 6(1): 24-32.
Zhou Yiming, Jiang Cailiang. Comparison and Analysis of Influence of SARS and COVID-19 on Passenger and Freight Transportation in China[J]. Transport Research, 2020, 6(1): 24-32.
- [6] Nakata Y, Röst J. Global Analysis for Spread of Infectious Diseases via Transportation Networks [J]. Mathematical Biology, 2015, 70(6): 1411-1456.
- [7] 罗志恒. 新冠疫情对经济、资本市场和国家治理的影响及应对 [J]. 金融经济, 2020(2): 8-15.
- [8] 朱诺. 新冠肺炎疫情对我国民航业的影响 [EB/OL]. 2020 [2020-02-21]. <http://news.carnoc.com/list/523/523127.html&m%3D5b6-5c61a4d27223cde19f1fc4d9dc822c120e92c>.
- [9] 小喵奇谈. 上海轨道交通9号线的客流量继续上涨：松江段几个大站的贡献大 [EB/OL]. 2019[2020-04-06]. https://baijiahao.baidu.com/s?id=1639827429464925816&wf_r=spider&for=pc.

(上接第16页)

- [6] 中华人民共和国中央人民政府. 国家突发公共事件总体应急预案 [EB/OL]. 2006[2020-03-10]. http://www.gov.cn/yjgl/2006-01/08/content_21048.htm.
- [7] 顾桂兰. 日本应急管理法律体系的六大特点 [J]. 中国应急救援, 2010(2): 48-51.
- [8] 澎湃新闻. 大数据行程卡来了，帮你证明过去14天去过哪些国家和城市 [EB/OL]. 2020 [2020-03-10]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_6417028.
- [9] 王冠, 陈华, 李建忠, 等. 基于IC卡数据的武汉市轨道交通客流时空特征 [J]. 城市交通, 2018, 16(4): 81-88.

- Wang Guan, Chen Hua, Li Jianzhong, et al. Spatial-Temporal Characteristics of Urban Rail Transit Passenger Flow in Wuhan Based on IC Card Data[J]. Urban Transport of China, 2018, 16(4): 81-88.
- [10] 新华网. 北京：164条“复工定制公交”昨开行 满载率不超50% [EB/OL]. 2020[2020-03-10]. http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/politics/2020-02/28/c_1125636795.htm.
- [11] 文汇报. 复工后，上海地铁列车满载率将控制在60% [EB/OL]. 2020[2020-03-10]. https://www.sohu.com/a/371612225_120244154.