

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2022.05.025

# 苏州轨道交通线网指挥中心的 网络化运营模式优化

江志彬<sup>1,2</sup>, 唐雁<sup>1,2</sup>, 王智永<sup>3</sup>, 刘小菲<sup>3</sup>

(1. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804; 2. 上海市轨道交通结构耐久与系统安全重点实验室, 上海 201804; 3. 苏州市轨道交通集团有限公司, 江苏苏州 215558)

**摘要:** 线网指挥中心是各城市轨道交通网络化运营深入发展后的必然选择, 是网络运营协调、信息互联互通和应急处置联动的核心机构。在借鉴中国各典型城市轨道交通网络运营管理经验的基础上, 基于苏州轨道交通在运营安全的严峻性、设备制式的多元性、线网结构的复杂性、运行组织的多样性、网络客流的波动性、出行特征的异质性、交通衔接的多重性等方面的运营需求, 对线网指挥中心的运营职能进行优化。最后以网络客流分析为例, 梳理业务流程并提出优化建议, 为网络客流的精细化管控提供支撑。

**关键词:** 城市轨道交通; 网络化运营管理; 线网指挥中心; 运营模式

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2022)05-0158-05

## Operational Mode Optimization of the Network Control Center Subject to Network Operation Conditions in Suzhou Rail Transit

JIANG Zhibin<sup>1,2</sup>, TANG Yan<sup>1,2</sup>, WANG Zhiyong<sup>3</sup>, LIU Xiaofei<sup>3</sup>

(1. The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering, Ministry of Education, Shanghai 201804;  
2. Shanghai Key Laboratory of Rail Infrastructure Durability and System Safety, Shanghai 201804;  
3. Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215558)

**Abstract:** The construction of a network control center is an inevitable choice following the in-depth development of an urban rail transit network. A network control center constitutes the core organization for network operation coordination, information interconnection, and emergency linkage. Based on the experience of typical domestic urban rail transit network operation and management, and the operational requirements of Suzhou Rail Transit, including the severity of operational safety, diversity of equipment system, complexity of line network structure, diversity of operation organization, fluctuation of network passenger flow, heterogeneity of travel characteristic, and the multiplicity of traffic connection, the operation functions of Suzhou Rail Transit Network Control Center are optimized. Finally, using the network passenger flow analysis as an example, the business process and optimization suggestions are introduced to potentially support the management and control of network passenger flow.

**Keywords:** urban rail transit; network operation management; network control center; operation mode

线网指挥中心作为城市轨道交通网络化运营后的核心中枢, 对外在政府部门与各运营企业之间具有承

上启下的作用, 对内在各运营企业之间充当协调管理的角色。中国不少学者结合城市发展现状, 从不同角

收稿日期: 2021-10-19 修回日期: 2021-12-27

第一作者: 江志彬, 男, 博士, 研究员, 主要从事轨道交通运输组织优化和运营管理的研究工作, jzb@tongji.edu.cn

基金项目: 上海市科学技术委员会课题(18DZ1201404); 苏州市轨道交通集团有限公司课题

引用格式: 江志彬, 唐雁, 王智永, 等. 苏州轨道交通线网指挥中心的网络化运营模式优化[J]. 都市轨道交通, 2022, 35(5): 158-162.

JIANG Zhibin, TANG Yan, WANG Zhiyong, et al. Operational mode optimization of the network control center subject to network operation conditions in Suzhou rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(5): 158-162.

度对城市轨道交通线网指挥中心的建设与运营提出了针对性优化建议。王健等<sup>[1]</sup>关注到城市轨道交通数据全生命周期的特点,以南京为例构建了地铁大数据平台架构。肖扬<sup>[2]</sup>介绍了上海轨道交通面对大规模的运营网络,已经建成集全网监控、集中调度、运营协调、应急指挥和辅助决策等多功能的线网指挥中心。梁强升<sup>[3]</sup>通过系统分析网络化运营调度指挥需求,提出了线网指挥中心核心功能,并以广州为例介绍建设与管理方案的要点。孙佃升<sup>[4]</sup>从线网指挥中心应急功能的角度,讨论西安轨道交通应急指挥中心建设的优化建议。

近年来,随着苏州轨道交通新线的陆续建成并投入使用,线网结构已经初具规模,运营组织管理也由单线独立运营转变为多线综合运营。苏州目前已经初步建成线网指挥中心(NCC, network control center),实现线网运营生产监督与协调、线网运营信息收集与发布、线网运营应急指挥及对外联络协调等职能。未来,随着苏州轨道交通网络化运营需求逐步增强,NCC的运营需要统筹既有线网资源,建立安全、高效、系统的管理体系,实现网络化运营的有效性、安全性和可靠性,以及社会效益的最大化。因此,面向未来轨道交通的网络化发展,苏州轨道交通 NCC 的运营模式亟须进行优化升级。

本文通过梳理总结上海、北京等中国典型城市轨道交通网络化运营管理的基本情况,综合考虑苏州轨道交通未来运营的 7 大需求:网络运营安全的严峻性、线路运营主体和车辆信号制式的多元性、线网结构和规模的复杂性、列车运行组织方式的多样性、网络客流的高增长和波动性、个体乘客出行特征的异质性、与其他交通方式衔接的多重性,对符合苏州轨道交通 NCC 未来发展的运营职能从 5 个角度进行优化分析。而后,建立包括各线路控制中心、运营分公司、内外部单位、职能中心等网络运营生产调度业务管理总体流程。最后,重点从网络客流分析与管理的角度,分析业务流程并提供优化建议,以便未来精准把握客流的分布特征和演变趋势,为苏州轨道交通实现网络化的安全高效运营提供基础。

## 1 中国典型线网指挥中心运营现状

截至 2021 年 9 月,中国内地已有 49 座城市开通了城市轨道交通,有 23 座城市的地铁运营里程超过 100 km。迈入网络化运营的城市大多都建立了线网指挥或运营协调中心,选取上海、北京、广州、深圳 4 座典型城市,对其线网指挥中心的功能定位、组织架构、核心关联部门等情况进行总结分析,为优化苏州轨道交通 NCC 的运营管理模式提供参考,如表 1 所示。

表 1 各典型城市轨道交通线网指挥中心基本情况

Table 1 Basic information associated with each typical urban rail transit network control center

城市	网络概况(截至 2020 年 12 月)	中心简称	功能定位	组织架构	核心关联部门
上海	运营里程 834.2 km, 线路 16 条、换乘站 65 座, 高峰最小发车间隔 110 s, 日均计划开行 8 306 列次	COCC+ETC <sup>a</sup>	信息共享、监督协调、指令下达、辅助决策、应急指挥、应急联动、预案制定和管理, 平战结合	两层管理(网络、线路), 三级控制(COCC+OCC+车站(现场))	ACC <sup>b</sup> 、OCC <sup>c</sup> 、市应急联动中心、其他配合单位(公安、医疗、消防、公交等)
北京	运营里程 799.1 km, 线路 20 条、换乘站 62 座, 高峰最小发车间隔 105 s, 日均计划开行 10 362 列次	TCC <sup>d</sup> +应急指挥中心	运营监视、运营协调、应急处置、信息共享, 平战结合	四级控制(集团级、分公司级、现场级、执行级)	ACC、OCC、市应急办、其他配合单位(公安、医疗、消防、公交等)
广州	运营里程 531.6 km, 线路 13 条、换乘站 35 座, 高峰最小发车间隔 118 s, 日均计划开行 7 069 列次	COCC	统一对外协调、应急事件处置、运营消防与安防、日常行车协调指挥、信息集中发布、机电设备调度、电力调度与能耗管理、运营数据中心, 平战结合	三级控制(线网级、线路级、车站(现场)级)	ACC、OCC、市应急办、其他配合单位(公安、医疗、消防、公交等)
深圳	运营里程 422.6 km, 线路 11 条、换乘站 48 座, 高峰最小发车间隔 135 s, 日均计划开行 4 633 列次	NOCC <sup>e</sup> +TCC <sup>f</sup>	运营管理、应急处置、系统设备监视、信息管理、资源共享, 平战结合	三级控制(线网级、线路级、车站(现场)级)	ACC、OCC、市应急办、市交委、其他配合单位(公安、医疗、消防等)

注: a: 综合运营协调中心(comprehensive operation coordination center, COCC); 应急处置中心(emergency treatment center, ETC)。b: 自动售检票清算中心(AFC clearing center, ACC)。c: 线路控制中心(operation control center, OCC)。d: 轨道交通指挥中心(traffic control center, TCC)。e: 网络运营控制中心(network operation control center, NOCC)。f: 应急指挥协调中心(transit control center, TCC)<sup>[5]</sup>。

通过对以上几个主要城市轨道交通线网指挥中心进行综合分析,可以发现:

1) 线网指挥中心的建立是各城市轨道交通网络化运营深入发展后的必然选择,但中心的职能各城市稍有差异,总体定位为“层级分明、平战结合”。

2) 网络调度指挥管理模式一般采用3层立体式架构,分别是网络协调层、线路控制层、现场执行(站点)层。常态条件下,网络协调中心一般只监不控,强调综合监视、网络协调、对外联动、信息互通等职能;应急条件下,各线路指挥权上移,线网指挥中心成为应急联动和对外协调的枢纽,负责调动各类资源处理突发事件,必要时可与城市有关部门进行联动。

3) 部分城市的线网指挥中心经历了长时间的数据积累,正在努力通过数字化转型来提升运营决策与调度指挥的智能化水平,如多源异构数据的深度融合挖掘、网络大客流的监测预警、全自动运行模式下的调度优化、应急突发事件的快速响应与高效联动等。

## 2 苏州轨道交通 NCC 的运营需求分析

截至2021年6月底,苏州轨道交通运营线路共5条,运营里程为210 km,车站数量达169座,其中换乘车站15座;远景年将形成22条线路,总里程1 086 km的网络规模。为满足未来的网络化运营需求,2018年苏州轨道交通开始建设NCC,并于2020年12月正式建成投运。但是,随着新线逐步投入使用,网络客流快速增长的同时,运营组织模式转向多线复杂化,已经呈现出网络化运营新局面。因此,聚焦于苏州轨道交通NCC运营模式新的挑战,将几类需求特征总结如下:

1) 网络运营安全的严峻性。随着苏州轨道交通网络的发展,迅猛增长的客流量和有限线网运输能力之间的矛盾日益突出,特别是设施设备功能失效和一些不可预知的外部因素(突发事件、恶劣天气等)导致列车发生长时间、大面积延误,从而使得部分车站客流积压严重,给网络运营安全带来了严重挑战。

2) 线路运营主体和车辆信号制式的多元性。苏州轨道交通的运营管理具有相对集中性,由苏州轨道交通集团有限公司独立管辖,但目前下属的运营企业包括运营一分公司、运营二分公司、市域一号线有限公司3家<sup>[6]</sup>。此外,恩瑞特、卡斯柯等不同信号供应商提供的多种信号制式,给运输计划编制、运营调度指挥、互联互通组织等方面带来挑战。

3) 线网结构和规模的复杂性。由于城市空间布

局、客流特点的不同,苏州轨道交通线网结构是多种基本形式的组合,除常见的直线外,还有Y型线、跨市域范围等多种线路结构,以及多个多线换乘枢纽。从近期线网规划来看,未来有1~8号线、S1号线在内的9条线路,其中两线换乘站将会达到40座,呈现出复杂网络的特征。

4) 列车运行组织方式的多样性。在网络化运营阶段,网络拓扑结构的复杂性和客流时空分布的不均衡性决定了列车运行组织方式的多样性,如大小交路、Y型交路甚至大站快车等。此外,列车停站方式、编组方式、车底运用方式等都呈现出多样化的特点。而伴随着线路长度的不断延伸,越来越多的线路设置了两个或两个以上的车辆基地,车底的出入库方式和周转运用方式也呈现多样化特征,对其优化要求也越来越高<sup>[7]</sup>。

5) 网络客流的高增长和波动性。城市轨道交通网络化运营会带来出行吸引力的不断提升,网络客流呈现阶段性高密度、高强度的特点,部分车站有一些特殊时期不得不采取常态的限流措施<sup>[8]</sup>。例如工作日的早晚高峰时段都会为轨道交通网络带来计划大客流,其中2号线早高峰最小行车间隔缩短至2 min,同时一些大型活动(如体育赛事、展览会、演唱会、重大节假日活动等)也会为轨道交通网络带来大客流的冲击。

6) 乘客个体出行特征的异质性。由于苏州是典型的旅游城市,在节假日期间,景区附近站点客流高峰时段会明显增长。在线网管理上,应重点关注部分热门站点的客流管控措施。2020年12月31日跨年夜,苏州轨道交通首次采用通宵运营模式,助力苏州“夜经济”发展。相关数据统计,苏州也是最早迈入老龄化的城市之一,轨道交通作为居民公交出行的主要方式,各类软硬件基础设施的提升值得关注。

7) 与其他交通方式衔接的多重性。自2018年苏州入选国家公交都市以来,苏州轨道交通已成为该城市公共交通网络的主干,但受限于运营时间、运营服务水平的差异性,与其他交通方式的衔接(如有轨电车站、火车站、高铁站、大型公交枢纽等)需求日趋迫切。如何在满足系统正常检修维护作业要求的前提下,适当延长运营时间,做好与高铁、民航、公交等的衔接是提升服务水平的关键<sup>[9]</sup>。

## 3 NCC 的运营职能和业务流程优化

### 3.1 运营职能优化

目前,苏州轨道交通NCC的主要职能并不完善,综合交通部有关“四核心、四辅助”的相关要求,国

内各典型城市线网指挥中心运营现状，以及苏州轨道交通 NCC 的运营需求分析，未来 NCC 的运营职能应当聚焦于线网运营生产监督与协调、线网运营信息收

发、线网对内对外联络协调、线网运营辅助决策、线网运营应急指挥 5 大板块(如图 1 所示，其中带\*表示新增的运营职能)。



图 1 苏州轨道交通 NCC 运营职能优化

Figure 1 Operation mode optimization of the Suzhou Rail Transit Network Control Center (NCC)

### 3.2 业务流程优化

苏州轨道交通 NCC 具有高度的承上启下和统一协调的作用，对外接口单位主要包括市政府和各职能部门，如公安局(含轨交分局)、交通运输局(含 TOCC)、卫健委、应急管理局、气象局等，以及城市运行管理中心、公交公司、供电公司等合作单位；对内接口单位主要包括集团其他部门，以及各 OCC、运营分公司(含车辆、通号、工务、后勤)等，其相关业务流程如图 2 所示。

基于苏州轨道交通 NCC 的职能定位和组织架构，总结其核心业务包括网络计划管理、网络调度指挥管理、网络客运组织管理、网络客流分析和应急管理。而精准把握客流的分布特征和演变趋势，是城市轨道交通网络化运营安全性与高效性的保障基础。随着苏

州轨道交通网络里程和客流量的快速增长，对于客流的精细化分析和态势预测的要求也会越来越高。但既有的客流指标体系及分析方法，仍然无法覆盖所有的核心运营业务需求，针对运营状态的精准评估、乘客的活动规律挖掘、关键节点的客流成分分析问题仍然是运营部门关注的焦点<sup>[10-11]</sup>。因此，下面将重点针对客流分析的业务流程进行优化。

如图 3 所示，通过融合能够直接表征客流分布特征的显性数据和潜在影响客流演变趋势的隐性数据，将客流分析的精细化统计、数据挖掘、报表生成、预测预警等功能进行统筹管理，能够精简业务处置流程、减少应急响应时间、提升信息发布速度，为网络可靠、安全和高效运营提供有力支撑。

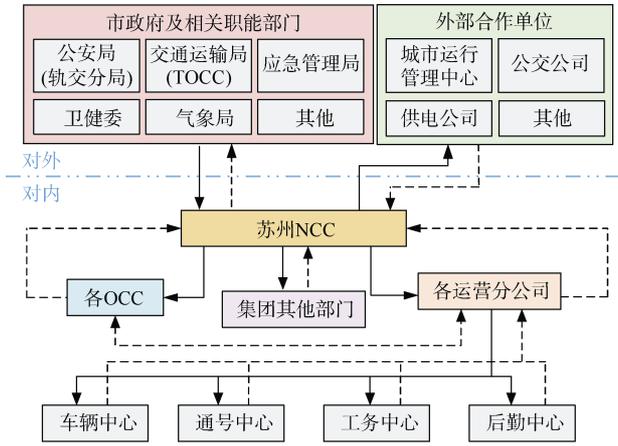


图 2 苏州轨道交通 NCC 网络运营生产调度业务管理总体流程

Figure 2 Overall process of the network operation production scheduling business management for the Suzhou Rail Transit NCC

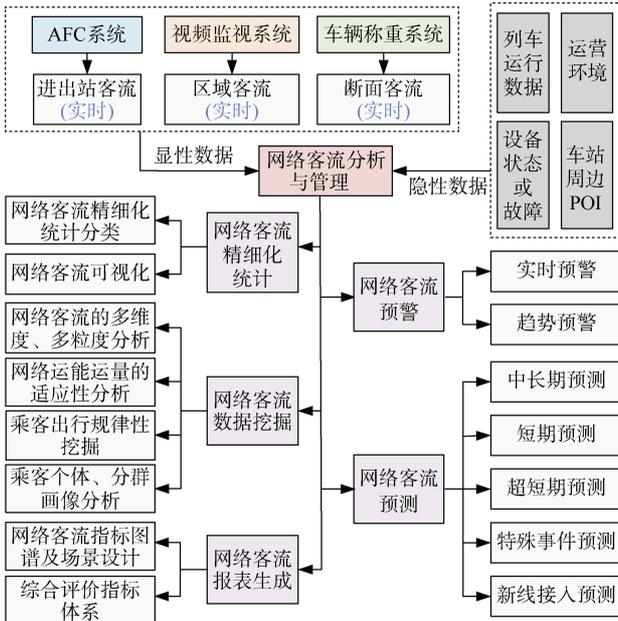


图 3 网络客流分析业务流程优化

Figure 3 Optimization of business process of the Suzhou Rail Transit network passenger flow analysis

## 4 结语

本文基于苏州轨道交通的未来发展需求，优化苏州轨道交通 NCC 的 5 大运营职能及网络运营生产调度的总体业务流程，并选取网络客流分析作为典型进行优化分析。未来随着苏州轨道交通网络规模的进一步扩大，还需要重点对海量的客流、行车、票务、运营日志、设备运行状况等多源异构数据进行有效挖掘与利用，为网络协调、客流管控、信息发布、应急处置、内外联动等决策优化提供支撑，更好提升苏州轨

道交通 NCC 的运营职能和服务管理水平。

## 参考文献

- 王健, 徐炜, 张宁, 等. 南京地铁线网指挥中心大数据平台架构[J]. 都市轨道交通, 2021, 34(1): 138-143. WANG Jian, XU Wei, ZHANG Ning, et al. The big data platform architecture of Nanjing Metro Network Control Center[J]. Urban rapid rail transit, 2021, 34(1): 138-143.
- 肖扬. 通信系统在上海轨道交通网络化运营调度指挥中心的发展[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(S2): 32-37. XIAO Yang. Development of communication system in Shanghai Rail Transit 3C Centralized Control Center[J]. Urban mass transit, 2020, 23(S2): 32-37.
- 梁强升. 城市轨道交通线网运营管理指挥中心建设与管理方案研究[J]. 都市轨道交通, 2020, 33(1): 127-133. LIANG Qiangsheng. Construction and management of urban rail transit network operations management command center[J]. Urban rapid rail transit, 2020, 33(1): 127-133.
- 孙佃升. 西安城市轨道交通线网应急指挥中心建设优化研究[J]. 都市轨道交通, 2020, 33(2): 140-145. SUN Diansheng. Optimization of Emergency Command Center of Xi'an Urban Rail Transit network[J]. Urban rapid rail transit, 2020, 33(2): 140-145.
- 张彬, 葛宏伟, 乔相荣, 等. 深圳市轨道交通网络化应急管理新模式研究[J]. 城市轨道交通研究, 2011, 14(4): 17-20. ZHANG bin, GE Hongwei, QIAO Xiangrong, et al. Emergency model for Shenzhen Rail Transit network[J]. Urban mass transit, 2011, 14(4): 17-20.
- 蒋文. 苏州市市域轨道交通线网规划方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(5): 15-19. JIANG Wen. Suburban rail transit network planning in Suzhou municipal region[J]. Urban mass transit, 2017, 20(5): 15-19.
- 江志彬. 城市轨道交通网络列车运行组织与管理[M]. 上海: 同济大学出版社, 2018: 65-96.
- 彭培培, 杨越思, 高国飞, 等. 苏州地铁客流波动特性分析[J]. 都市轨道交通, 2018, 31(2): 58-65. PENG Peipei, YANG yuesi, GAO Guofei, et al. Characteristics of passenger flow volatility of Suzhou Railway[J]. Urban rapid rail transit, 2018, 31(2): 58-65.
- 李文峰, 刘亮平, 樊钧. 苏州轨道交通与地面交通一体化规划及实践[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(6): 20-25. LI Wenfeng, LIU liangping, FAN Jun. Planning and practice: integration of Suzhou Rail Transit with ground transportation[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(6): 20-25.
- 伍敏. 城市轨道交通车站大客流处置的数据驱动模式[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(3): 8-11. WU Min. Data-driven mode of large passenger flow emergency disposal at urban rail transit station[J]. Urban mass transit, 2020, 23(3): 8-11.
- 江志彬. 城市轨道交通网络大客流管控: 理论与方法[M]. 上海: 同济大学出版社, 2021: 4-18. JIANG Zhibin. Large passenger flow management and control in urban rail transit networks: theory and methods[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2021: 4-18.

(编辑: 王艳菊)