

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2020.01.023

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

梁强升

(广州地铁集团有限公司运营事业总部, 广州 510330)

摘要:城市轨道交通运营管理指挥中心是轨道交通系统的核心, 涉及功能定位、指挥平台建设、内外部协同和运营管理等。在全面研究指挥中心功能定位的基础上, 设计与建设科学合理的城市轨道交通线网运营管理指挥中心体系。通过系统分析网络化运营管理调度指挥需求, 提出城市轨道交通线网运营管理指挥中心5大核心功能、指挥平台构架、信息交互、深化数据分析应用、强化监控管理、应急联动与协同指挥等系统设计与建设, 以及优化调度管理建议。运用科学技术不断优化指挥平台功能, 增强对外协同能力, 匹配运输服务管理要求, 有效提升运营管理指挥中心的核心能力, 为城市发展提速。

关键词:城市轨道交通; 网络化运营管理; 指挥中心; 建设与运营管理

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2020)01-0127-07

Construction and Management of Urban Rail Transit Network Operations Management Command Center

LIANG Qiangsheng

(Guangzhou Metro Group Co., Ltd., Guangzhou 510330)

Abstract: The urban rail transit operations management command center is the core of rail transit system, involving function orientation, command platform construction, internal and external coordination, operations management, etc. Based on a comprehensive research on function orientation of command center, this paper designed and established a rational urban rail transit network operations management command center system. Through systematic analysis of the dispatching command requirements for network operations management, the paper proposed five core functions of the command center, including command platform framework, information interaction, wide application of data analysis, strengthened monitoring management, emergency response and coordinated command, which provided suggestions for system design and optimization of dispatch management. Moreover, technology was used to optimize the functions of the command center to enhance external coordination capabilities, and match transportation services management requirements, which can effectively promote the core capabilities of the operations management command center and accelerate urban development.

Keywords: urban rail transit; operations management; command center; construction and operations management

1 网络化运营的调度指挥需求分析

1.1 网络化运营管理的调度指挥问题

中国大陆城市轨道交通走过 50 多年的历程, 经历

了起步探索、交通疏解、规划引领几个阶段。从 20 世纪 90 年代后期开始, 尤其近 10 年, 进入一个快速、全面发展新阶段, 越来越多的城市迈入网络化运营, 而网络化运营管理给我们提出了多方面挑战^[1-3]。

当城市轨道交通线网逐步形成时, 轨道交通运营管理应由单/多线管理向网络化管理转变, 建设线网运营管理指挥中心(comprehensive operation coordination center, COCC)和成立专门线网管控机构, 负责对城市

收稿日期: 2019-03-01 修回日期: 2019-06-24

作者简介: 梁强升, 男, 本科, 高级工程师、高级经济师, 主要从事城市轨道交通运营管理、铁路运输行车组织与调度指挥、应急管理工作, liangqiangsheng@gzmtr.com

轨道交通线网运营管理统一协调指挥已成为各个城市亟待解决的问题。

1.2 网络化运营调度指挥管理需求

轨道交通线网的各线间存在换乘客流,设备设施系统存在互联共用,在运营管理上面临着线网运能匹配、线网客流引导、维修综合调度、应急事件协调处理、线网运营服务信息统一发布等亟待解决的问题,必须设立线网运营管理指挥中心进行集中调度管理。

地铁 COCC 主要负责对各线路/区域运营控制中心(operation control center, OCC)的协调管理:①线网共用设备,如供电、供冷设备的管理;②故障、事件和事故(按警报、事件的影响程度划分等级,进行分级管理)状态下的线网应急运营组织指挥及应急运营服务信息发布;③与地铁外部各相关单位、部门,如供电局、公安局、气象局、地震局等联系;④地铁运营服务信息发布等工作。

COCC 可结合运营单位的管理要求,选择有监有控或只监不控,在系统设备上进行监视指挥,对于跨线共用设备设施,部分功能上可以控制指挥。实现对各区域运营控制中心的协调,设备设施故障、事件和事故状态下的线网间运力调配和客流疏导工作,代表运营单位向公众媒体发布地铁运营服务信息。

1.3 运营管理调度指挥体系结构

COCC 按照“高度集中、统一指挥、逐级负责、分级响应、信息共享、协调动作”的原则,行使线网管理、应急指挥职能。

在整个线网层面上,应设置基于线路/区域 OCC 之上的综合运营指挥、协调机构,COCC 负责管理城市整个轨道交通线网。COCC 针对轨道交通线路 OCC、换乘车站、大型车站和线间共用的供电、环控、消防等设备,进行线网级的监控、协调、指挥管理和信息共享;实现各条线路之间的协调和协同运营管理。在突发、紧急事件发生时,采集各线行车和运营数据以及视频等信息,通过有线/无线等通信手段,进行应急指挥。通过

COCC 与城市其他交通系统、公安、消防、气象等部门保持联系,实现城市各种交通的协调、指挥。

目前,国内形成 300 km 以上规模的轨道交通线网的城市有上海、北京、广州、深圳、重庆、南京、武汉和成都,对线网运营管理指挥中心的设置主要有两大类,一是北京、上海(在建)、深圳市的线网运营集中指挥中心(简称 TCC)管理指挥,二是上海(目前)、广州的 COCC+OCC,主要区别在于集中在一幢调度大楼内,或 1+N 幢调度大楼内,而共同点都是经历城市轨道交通线网发展壮大,不断演变。

1.4 线网与线路层面的调度指挥管理职责分工

线网运营管理指挥中心与线路控制中心的管理职责划分成为各个城市运营单位普遍关注的问题。只有清晰的管理职责划分才会避免管理功能重叠和混乱,才能确保整个线网运营管理工作的顺畅。网络化运营调度管理模式是线网指挥平台系统构建的前提,而运营调度职责划分是线网指挥平台系统构建的关键。

1.4.1 COCC 功能

COCC 是轨道交通实现地铁线网内部管控管理、协助政府监督管理和城市大交通协助管理的综合性运营管理指挥中心,线网运营指挥管理层次见图 1,主要有以下 5 大核心功能:

- 1) 运营协调中心。对外与政府部门、相关企业、媒体等单位建立日常沟通、应急联动机制;对内做好跨运营分公司之间的协调,调动内外部资源参与应急处置。
- 2) 监控预警中心。对线网客流信息、列车运行、

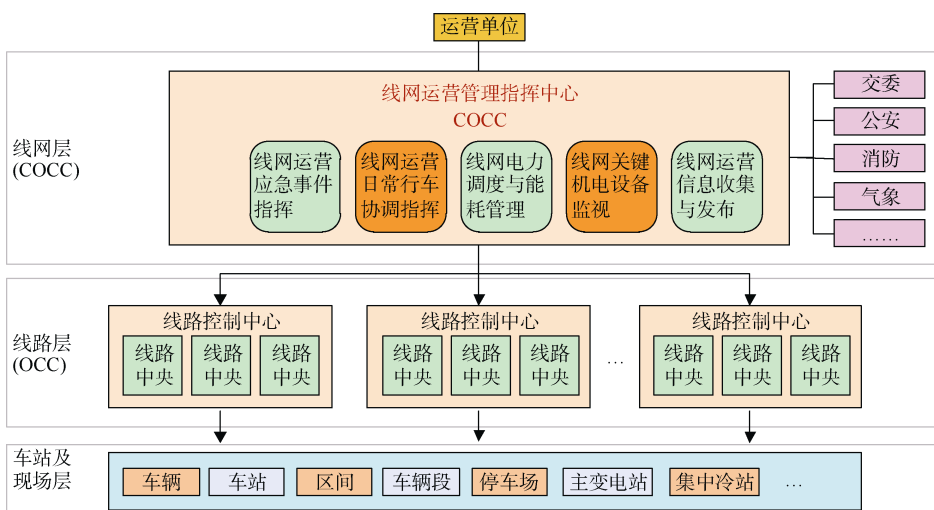


图 1 线网运营指挥管理层次

Fig. 1 Hierarchy of network operation command management

设备系统状态等运营状况进行监视、监督,根据运营各业务的趋势表现及时进行动态预警、监控,包括运作质量预警、客流预警、天气预警、同行业预警等。

3) 应急处置中心。针对突发事件启动应急响应,跟进现场指挥部运作情况,监督协调线网行车、客运调整控制措施,调动内外部应急资源,为现场应急处置提供辅助决策支持。

4) 信息收发中心。负责运营信息收集、分析、汇总、发布管理,建立调度指挥信息化系统,做好乘客界面信息发布。

5) 数据共享中心。构建线网运营数据中心基础数据库平台,从线网系统获取客流、列车运行、设备状态、视频及外部接口信息等数据。

1.4.2 COCC 与 OCC 的职责分工

要做好运营调度职责划分首先可根据业务种类进行管控业务分类划分,然后根据业务分类,如行车、客运指挥,电力、环控管理,信息收发、内外部联动等维度,并结合运营部门需求逐项划分线网和线路运营管理的各自管理职责和相互衔接关系,清晰界定哪些是线网层面要负责的工作,避免过度集中束缚 OCC 调度指挥能力的发挥,也要防止 COCC 失去统领作用^[4-5]。

2 运营管理指挥中心的功能

2.1 功能定位

2.1.1 研究目标

网络化的本质体现在轨道交通网络的开放性、系统的扩展性和发展的持续性。网络化的核心就是要保证整个网络安全、可靠和高效运营。

以提高线网整体服务能力和综合效益为目的,以线网运营综合协调和安全可靠为主线,以国际先进水平为愿景,建设线网综合运营协调和应急处置系统,满足网络化、一体化运营的需求,适应多职能、多方式、多主体、多业务的城市轨道交通运营管理^[6-8]。

2.1.2 功能需求

功能定位包括(不限于)面向城市综合交通的轨道交通线网与各线路的运营指挥与操作、监督协调与管理、网络化优化与决策、信息交互与共享、突发事件处置与应急指挥等。在确定其功能定位后,还需对设备功能进行需求研究,例如:线网调度指挥中心综合监控系统功能、调度指挥通信设备、大屏监视设备功能、运营信息收集及发布功能等。

2.1.3 作为后备区域 OCC 时的设备配置及功能需求

COCC 可作为 OCC 的后备系统,当线网内某区域 OCC 需要执行紧急疏散时,能够转移到线网运营管理指挥中心进行较长时间的调度指挥控制工作,直到该 OCC 功能恢复,后备指挥控制系统能够满足对区域 OCC 管辖的线网进行有效的调度指挥。

2.1.4 预留功能

应预留线网中后期发展、规划建成线路应急指挥需求;应预留与政府 110 联动中心的接口。

2.2 线网调度指挥平台功能需求

目前国内城市轨道交通基于站场、OCC、COCC 的三级线网运营管理模式的线网指挥平台系统架构由下到上主要可分为线路接入层、基础网络层、系统硬件层、数据资源层和信息应用层等几个部分,如图 2 所示。

2.3 信息交互与处理需求

2.3.1 基于用户层面的信息应用要求

为实现 COCC 的运营调度指挥管理职能,用户管理层面所需的信息较多,主要包括运输服务、运营管理、交通行业管理、运营环境和政府职能部门等方面,即运营调度指挥所需信息,现场运作情况的监控,运营信息的收集、发布,运营状态的实时预警;车站、线路周边的活动,客流、车流信息,综治信息,铁路、高铁、机场及公交客运站场的客流、运营服务信息;气象信息;公安、消防、交通委或政府总值班室的信息^[9-10]。

2.3.2 基于指挥平台系统的信息交互与处理需求

在确定轨道交通线网运营指挥平台的信息交互与处理需求时,应重点考虑以下 5 方面:①在线路接入层应重点关注各线接入标准;②在基础网络层充分利用线网层面的网络规划,在满足传输带宽容量前提下结合各线已有和在建网络资源进行建设;③在数据资源层应从大数据分析角度出发,重点研究网络化运营管理所需的全部数据类型和精度,满足运营调度管理需求的数据模型,提高数据存储、查询、抽取、运算等效率;④在系统硬件层不但要满足系统容量的硬件设备,同时还需充分考虑系统的安全性、可靠性和可扩展性;⑤基于用户的信息应用层应重点从操作使用层面出发,体现人性化、智能化和系统化特点,满足线网指挥各类用户的实际需要。

2.4 TCC 与 COCC 的选择问题

纵观目前国内正在使用或在建的 TCC,其目的是

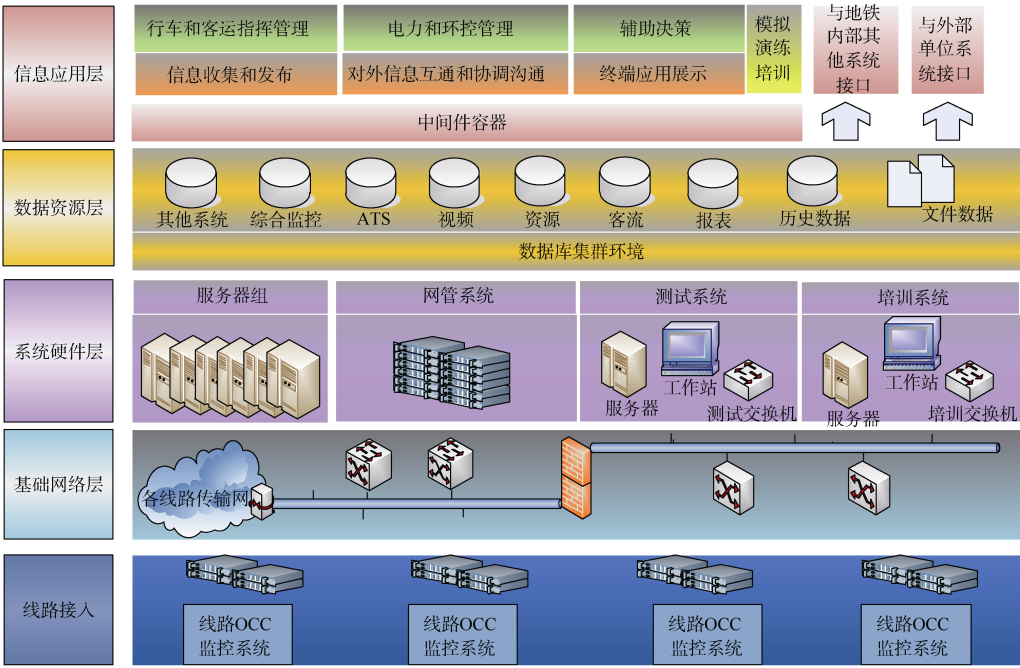


图 2 线网指挥平台系统架构
Fig. 2 Framework of network command platform system

把线路的 OCC 集中到 TCC 的调度大厅里，与线网层面的运营管理指挥 TCC 集中办公，与 COCC+OCC 的实质上是线路的 OCC 是否集中到一起，但 TCC 对线网层面的管理和运营指挥功能基本一致，系统设备的主要功能类似，最大的差别是运营单位对 TCC 或 COCC 的功能定位。

3 COCC 建设

按运营指挥中心的定位，匹配线网运营管理指挥中心的建设。以广州地铁线网运营管理指挥中心建设工程为例进行说明。

3.1 COCC 选址

广州市轨道交通 COCC 选址位于万胜广场；北京市轨道交通 TCC 选址位于城市北部的小营地区；上海市轨道交通 COCC 选址位于汉中的恒通大厦内，新建的 TCC 选址位于桂林路申通集团总部广场；深圳市轨道交通 NOCC 选址位于深云车辆段内。

从国内几大城市的线网运营管理指挥中心选址来看，主要考虑以下几个主要因素：①建筑用地、空间满足建设与线网规模配套的运营指挥中心及与它配套设施的规模；②避免强电磁干扰、噪声及过剧烈振动；③通信网络满足要求，方便与轨道线路(OCC)骨干网连接；④周边人员、环境相对简单，有利于安全保卫，靠近主干道附近，交通方便。

3.2 调度指挥系统建设

3.2.1 指挥平台系统

COCC 调度员通过指挥平台系统对线网设备运行情况进行监控，指挥平台系统通过主控系统从各线路 OCC 收集数据源，接入到 COCC 线网指挥平台，具备全线网运营信息全面采集、集中监视、应急指挥、信息资源共享等功能。指挥平台系统主要由线网综合监控、应用系统和通信系统组成。

1) 线网综合监控系统。通过各线路主控系统读取数据，集中显示列车运行、牵引供电、防灾报警、主变电站、CCTV、客流等实时状况。

2) 线网综合应用系统。主要包含生产管理指标分析功能模块、线网应急事件指挥功能模块、运营信息报送及发布模块、地理信息及录况支持模块。其核心是通过基于运营生产指标、信息的大数据查询、分析及趋势预测等业务应用，提高应急处置效率，有效应对突发事件。

3) 通信系统。包括视频监控、有线调度系统、无线调度系统、拾音视频系统和广播系统。

3.2.2 运营线路的信号、供电、视频监视系统信息

运营线路信号系统和重点车站 CCTV 显示，该模块可同时最多显示 6 条线路信号系统信息、16 路 CCTV 监控屏幕，可根据需要进行自由切换，以满足

COCC 调度日常监控线网行车, 应急情况监督、提醒、协调运营及客运组织的职能。值得注意的是, 城市轨道交通的动力系统离不开电力供应, 加之网络化情况下共用主变电站的情况较为普遍, 电力保障制度和监控预警系统显得尤为重要。

3.2.3 线网大图

把线网的拓扑图绘制在一张大图里, 其中已开通运营的线路显示该线路原配颜色, 未开通的线路为灰色。线网大图可以显示列车车次(服务号), 标注线路车辆段位置, 提醒牵引供电故障、火灾报警等, 具有列车晚点警示功能。

3.2.4 线网客流预警系统

线网客流预警系统实时汇总显示线网的进出站客流(分钟级数据), 可分别显示每个站、每条线、线网的 15 min、1 h 的客流趋势; 同时具备客流预警的功能, 可以根据实时进闸机人员及历史客流规律, 运用客流预测平台预测线网全天客运量。

拥堵系统提供实时及未来 5~30 min 客流分布预测, 可提供区间断面拥挤度、站台客流分布、(换乘站)换乘客流量情况显示及预警, 为官方 App 客流控制提醒功能提供基础信息。同时该系统能联动发布到客流实况界面, 公众可登陆官网、官方微博、微信公众号、官方 App 或现场查看车站信息显示屏, 实时掌握线网客流, 根据自身需求合理安排出行路径或出行时机。

3.2.5 应急指挥平台

突发事件应急响应按照事故(事件)的可控性、严重程度和影响范围, 由高到低划分为 I 级、II 级、III 级、IV 级 4 个级别; 响应行动分为 3 类: 运营业务类、新线建设类、资源物流类。应急情况下, 其核心是基于生产指标大数据查询分析的业务应用, 通过地理信息系统辅助应急处置, 提高应急处置效率, 有效应对突发事件。

1) 部署全线网应急物资。应急事件发生后, 调度员从该指挥平台内可以快速地查找全线网专业抢险、防洪应急物资的部署。

2) 查找应急站点。以某个站或区间为单元, 可以查找到车站的 CCTV 和车站全景图、区间线路视频、街区图、隧道走向、建筑埋深等, COCC 评估突发事件影响, 启动相应的应急响应, 按照“一点故障、多点支撑”的原则调动公司范围内应急物资或应急处置力量参与抢险, 协调总部外单位到场支援, 并为现场应

急抢险指挥部提供决策辅助性建议。

3) 应急联动机制。广州地铁按照市政府相关要求, 在强化与市/区各级政府、单位建立应急外联工作机制的基础上, 强化车站与警察、消防、街道、学校等业务共建。通过专门的通信接口与城市各相关外部部门及时共享各类信息资源, 达到快速反应、联动指挥、科学决策、处理到位, 实现跨部门、跨区域、跨行业的联合救援行动。

3.2.6 运营主要 KPI 指标

反映线网运营质量的主要指标包括 5 min 以上晚点统计、运营服务可靠度、线路最小行车间隔、当天执行的运营时刻表、上线列车数、关键车站站厅/站台温度、供电主变负载率等。

3.3 系统的扩展与兼容性问题

3.3.1 指挥中心的监控及应用系统功能扩展

1) 强化 8 大核心指挥功能。线网指挥系统围绕以下 8 大中心的功能定位(见图 3), 与线网视频监控系统、线网乘客信息系统、智能客服系统、清分系统、安检系统、智能运维系统等共同打造线网智慧管控平台。

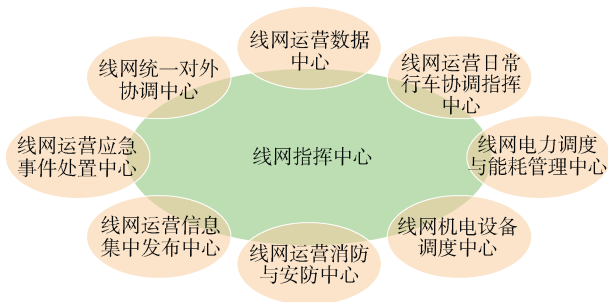


图3 线网运营管理指挥中心 8 大核心功能

Fig. 3 The eight core functions of network operation management command center

2) 深化数据分析应用功能。利用大数据应用综合系统, 进一步深化大数据综合性分析功能, 完善服务于线网指挥的大数据应用和指标分析功能。①通过接入 OD 客流明细数据实现基于客流类的大数据分析, 为运输计划组织、实时客流预测和乘客服务提供动态客流数据支持; ②完善现有指标体系, 新增运营评估类、预测预警类指标体系; ③引入社会信息, 如实时天气、市政道路交通拥挤程度; ④基于大数据分析、人工智能技术, 开发适用于地铁线网的应急调度功能; ⑤完善应急资源库的各类非结构化数据。数据分析应用架构如图 4 所示。

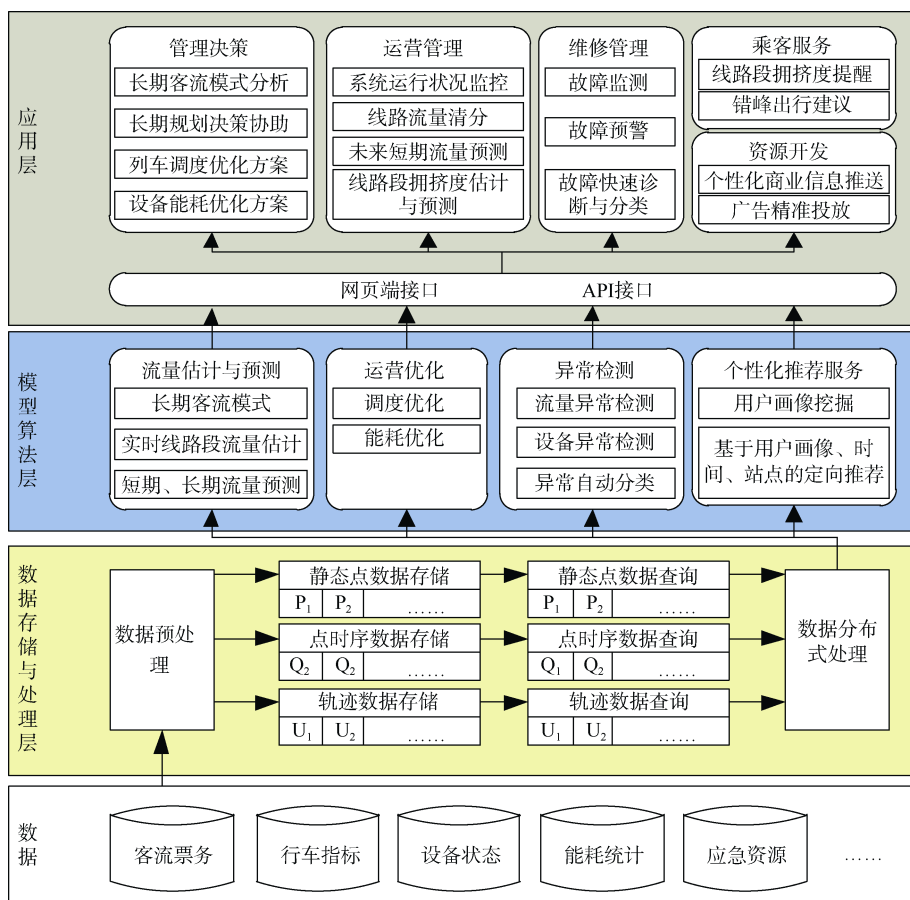


图4 数据分析应用架构

Fig. 4 Framework of data analysis application

平台各个子系统开放更多的自定义功能，例如自定义显示样式、自定义修改等，并可自定义输出数据的内容、形式。

3) 强化监控管理功能。通过安防及安检信息实现综合安防管理，对 CCTV 画面进行数据分析，当符合某个特殊场景设定时启动自动报警的功能；供电调度及管理上增加主变电站控制功能；行车及客流的协调管理；线网视频调用和联动；线网集中门禁系统授权等，实现综合监控与联动。

4) 增强应急指挥能力。利用通信技术在移动指挥和决策、多元数据展示、客流疏导等方面对应急指挥能力进行加强，实现突发事件多方式指挥。①实时联动与应急处置一体化设计；②移动指挥和决策(PAD、手机等)；③结合 GIS 和 BIM 的报警、录况、视频调用等多元现场展示；④突发客流疏导(换乘站、枢纽站)；⑤完善应急资源库，提升综合应急管理能力。

5) 增加数据共享功能。实现 COCC 与 OCC 的数据共享、数据互通，一方面把 COCC 对指挥平台大数

据分析预测后的趋势反馈给 OCC，另一方面把 COCC 从外部接口获取的信息共享给 OCC。

3.3.2 构建以城市轨道交通为核心的公共交通区域协同指挥系统

以轨道交通作为客运干线运输的主要载体，增强其区域性联动运营的需求，适应区域城市群轨道交通动态高效协同、突发事件统一协调、乘客出行便利和友好体验等需求。重点解决跨线路日常智能指挥、跨线路应急智能处置、多线路全面智能对标、轨道交通与外部联络的智能纽带等问题，协同区域内各种交通运输方式的联动运营。

建立 COCC 系统数据与政府职能监管部门的交互平台，形成与公安、市交委、应急办和政府总值班室等部门的交通指挥信息的外部交互功能，并与相邻城市的轨道交通指挥中心

的监控信息、数据对接，特别是有衔接关系的线路、车站等，提高两城市间轨道交通协同运营的能力。

3.3.3 解决外部接口兼容性问题

指挥平台需要接入的系统众多，需要明确接入标准，重点解决外部接口兼容性。预留社会信息接入条件如地震、气象、公安、交委、铁路、高铁、机场等外部单位监控系统或行政公务信息平台接口。

3.4 COCC 展望

科学技术进步带领指挥中心进入了新时代。电子信息技术快速发展提供了更多、更有效的指挥中心设备系统解决方案，人工智能、大数据、信息化等技术的高速发展也不断推动指挥中心的技术进步。例如云端人工智能、量子神经网络、神经形态计算、智能脑机交互、对话式人工智能平台等高新技术。需紧跟时代发展步伐，积极推动智慧服务、智能运输技术在指挥平台上的拓展升级，依托科学进步，不断提升调度指挥平台功能，更好地助力国家经济建设，服务社会。

促进城市间轨道交通服务的有效衔接。指挥中心

应立足于城市的布局与发展,积极配合国家城市群建设。例如,适应粤港澳大湾区建设发展需要,与相邻的深圳、东莞、佛山、中山、珠海等城市轨道交通运营管理指挥中心的有效衔接。

重点是增强对外协同能力。轨道交通线网运营管理指挥中心以地铁线网指挥平台为依托,增强与外部单位/系统的信息共享和协同联动,实现各种交通系统的动态高效运作、突发事件协调处理、乘客出行友好体验等的功能。协同运营服务的调度指挥主要关注 3 个方面:①关联信息互通,如地震、气象、公安、其他交通系统等;②乘客服务有效衔接,如出行规划、服务衔接、客流疏导等;③指挥协调有效性,如运行计划、行车调度、应急指挥等必须实现协同。

4 COCC 管理

线网运营管理指挥中心的管理职能优化是运营单位科学、高效管理理念的体现。

4.1 COCC 的管理角色转变

随着城市轨道交通管理单位对其主要生产业务的管控要求不断增强,COCC 的管理职能不断延伸,基于调度指挥手段的科学化、信息集中和 24 h 运作优势,顺理成章地从运营调度指挥升级到公司主要生产业务监管角色。

按照公司“一套班子两块牌子”要求,COCC 兼任公司应急指挥中心,统筹公司层面的生产指挥工作,是公司突发事件协调指挥中心、指令下达中心、信息收发及处理中心,成为公司总值班室。

4.2 公司生产业务监管职责

作为公司总值班室负责公司常态化值班工作。主要职责如下:

1) 在集团层面统筹调度与指挥工作,针对突发事件下达应急指令,协调集团内外应急资源参与应急抢险工作。

2) 按照公司总体预案及应急指挥部要求,启动公司层级突发事件响应,督促公司各相关单位落实响应要求。

3) 负责集团公司 24 h 值班,按照规定做好内部信息呈报,检查公司内各级单位的值班工作,每月编制公司常态化值班工作简报;及时接报突发事件信息,并跟踪落实。

4) 接收市委、市府等上级部门问询和指令,做好内部传达,跟进落实情况;向市委值班室、市应急办

等政府部门报送突发事件信息及编制应急信息快报。

5) 完成集团公司值班领导交办的有关事项,下达临时生产指令,跟进各单位生产指令执行结果反馈。

4.3 调度指挥人员管理

COCC 设总值班主任、应急调度、新媒体调度和新线建设调度等,在日常运输工作中,具有组织指挥各业务调度和有关人员协调动作、统一行动的职责。

COCC 调度人员选拔、培养、轮换是指挥中心运作管理的关键,他们不但需要有各线路行车、供电、环控等运营调度基础,工程建设管理经验,更需要良好的职业素养和指挥决策能力,沉着冷静的抗压力心理素质。重点培养他们大局意识、敏锐的指挥意识和良好的沟通协调能力。为熟悉现场服务好现场,有必要建立 COCC 调度人员与线路生产、工程调度管理骨干的轮换机制,充分利用 COCC 管理平台,培养更全面更全面的运营与建设管理人才,满足轨道交通快速发展的需要。

COCC 还肩负对 OCC 调度的综合管控,主要包括调度标准化、日常监管、调度应急处置分析总结、调度员培养和考核标准制定、调度专业组管理等。

5 结语

城市轨道交通是一个庞大复杂的系统,其中枢神经是线网运营管理指挥中心,中心对内外部各类型信息需求十分广泛,线网层面的调度指挥体系、功能设计与建设是重中之重,只有前瞻性地分析研究线网运营管理指挥中心的定位,建设科学先进的调度指挥平台,确保各方面协调联动,才能保证轨道交通系统安全、可靠、高效地为乘客服务、为运营管理服务。运用科学技术不断优化指挥平台功能,匹配运输服务管理要求,满足人们交通出行需要。增强对外协同能力,促进城市间轨道交通服务的有效衔接,通过不断改进管理,充分发挥指挥中心的核作用,使运营单位顺利完成安全优质的交通运输服务。通过分析城市轨道交通运营管理指挥中心建设与运营管理需求,提出有效的解决方案,为同行提供可借鉴的经验,为行业发展贡献力量。

参考文献

- [1] 毛保华. 城市轨道交通系统运营管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.

(下转第 146 页)