城市轨道交通运营应急指挥系统优化研究

王　伟

天津轨道交通运营集团有限公司　天津　300400

摘　要：轨道交通常态化运营伴随各类突发工况，应急指挥系统是保障线路安全稳定运行的核心载体，系统运行质量直接决定突发事件处置效率。结合轨道应急处置全流程运行特征，梳理应急指挥系统的整体架构、模块组成与运行链路，本文深度剖析系统在信息交互、层级协同、资源调度、工况适配方面的现存短板。从架构设计层面搭建一体化、扁平化、动态化、场景化的优化体系，落地功能迭代、机制完善、流程重塑等优化路径，能够有效提升轨道交通应急处置的精细化运行水平。

关键词：城市轨道交通；运营安全；应急指挥系统；流程优化；架构设计

引言：城市轨道交通是现代化城市公共交通的核心骨干，高密度客流、高频次行车作业与复杂的地下运营场景，让线路运营长期伴随各类安全隐患。突发工况的快速扩散特性，对现场应急指挥、资源调配、岗位协同工作提出严苛标准。传统应急指挥运行模式存在诸多适配短板，难以适配动态多变的应急处置场景。梳理系统运行内在规律，排查运行短板并完成系统性优化，可持续夯实轨道交通应急安全管控的运行基础。

1 城市轨道交通运营应急指挥系统运行架构

1.1 应急指挥系统整体运行逻辑

城市轨道交通日常行车组织会面对各类突发工况，突发事件发生后，现场事态变化节奏快，各类业务环节需要快速完成响应。应急指挥系统承担事件处置过程中的统筹调度任务，对接线路正常运营业务，承接现场各类处置业务的上报内容。理清系统在突发事件处置环节所处定位，区分常规运营管控和应急状态下的工作边界。梳理指挥业务和线路运营、现场处置、资源调度之间的内在关联，理清各项业务之间的传导关系。突发事件爆发阶段，系统接收来自线路各个点位的业务信号，向外输出处置相关的工作指令，串联起整条处置业务链条[1]。区分事件萌芽、事态扩大、事态平复不同阶段的工作侧重，让系统业务输出匹配事态演变节奏。锚定系统在整套处置业务当中的运转逻辑，支撑后续业务环节有序开展。

1.2 应急指挥系统组成模块

应急指挥系统由多个独立业务单元共同搭建而成，不同单元承担差异化业务职能。信息感知传输模块承接现场各类信号来源，完成外部业务数据的接入与转发工作。指挥调度模块承载工况解析、任务分解、指令生成相关业务，输出面向各作业岗位的处置任务。现场协同模块打通指挥端与一线处置岗位之间的业务通路，传递现场反馈内容，回传现场作业状态。资源调配模块面向人员、物资、机具开展调度分配，完成处置资源的流转分配。联动响应模块对接外部相关业务单元，完成跨业务域的业务对接。逐个划定各个模块的业务边界，厘清模块内部业务流转方向，划分模块业务覆盖范围，保障各单元业务输出互不干扰。

1.3 应急指挥全流程运行链路

突发事件触发之后，整套系统会启动完整的业务流转。前端点位上报异常信号，系统完成原始信息接收，对采集到的事件信息做筛选解析。依托已获取信息开展工况研判，梳理事件带来的影响范围，生成对应处置任务。任务经过格式转换转化为可下发的工作指令，向各个作业单元完成推送。一线岗位接收指令开展现场处置，作业过程持续回传现场工况变化。系统接收现场反馈持续调整处置任务，事态逐步平复之后推进业务闭环，完成事件处置相关业务归档。梳理每个流转节点的交互形式，明确节点之间的衔接方式，划定每个节点对应的业务要求，规范整条链路的流转节奏。

2 城市轨道交通运营应急指挥系统现存问题

2.1 信息交互环节运行短板

轨道交通应急处置的决策质量高度依赖各类运营数据与现场工况信息的有效传递。各类监测数据、设备状态信息、现场作业反馈分散在不同终端与采集端口，缺乏统一的归集标准。现场异常工况发生后，部分点位的数据采集存在延迟，关键状态无法及时录入系统。一线

人员上报的信息格式杂乱，有效内容掺杂大量无效描述，整体数据呈现零散破碎的状态，难以直接用于事态研判[2]。信息传输链路存在结构性断点，部分区间与远端站点的数据链路稳定性不足，关键信息容易出现中断缺失。

2.2 层级指挥协同衔接缺陷

轨道交通应急处置体系涵盖调度中心、车站现场、运维班组、外勤岗位多级作业主体，各岗位承担专属的处置职责。现有指挥衔接体系层级划分较为固定，纵向指令传导链路存在明显缝隙。上层发布的处置任务经过多层中转后，容易出现内容偏移、要点缺失的问题，造成基层执行偏差。现场处置进度、隐患演变状态的上报流程繁琐，审批流转步骤冗长，岗位协作进度出现明显滞后。横向作业单元缺少常态化的交互渠道，各班组作业内容缺乏互通，容易出现作业空白或重复作业的问题。

2.3 应急资源调度适配不足

应急物资、专业运维设备、一线作业人力是突发事件处置的核心支撑资源，各类资源分散部署在全线站点及运维基地。系统现有调度流程设置繁琐，资源调取需要经过多重审批流程，整体调配效率偏低，难以跟上突发工况的处置节奏。系统研判逻辑较为单一，无法根据事发点位、事态严重程度、现场作业需求精准匹配对应资源，频繁出现资源类型、数量不匹配的错位问题。线路各片区之间存在调度壁垒，跨片区资源调动流程复杂，远端资源无法快速投入现场作业。低效的资源调配模式会拉长隐患处置周期。

2.4 动态工况适配能力薄弱

轨道交通突发应急场景具备极强的动态属性，事态规模、影响范围、演变趋势会随现场环境持续更迭。现有指挥系统运行框架较为固化，内置处置流程偏向通用化设计，适配固定场景的处置模式，难以应对复杂多变的突发工况。系统可调参数有限，无法根据事态升级、场景突变、隐患转移等动态情况灵活调整处置方案。整套处置流程更新迭代速度缓慢，应对特殊场景的调整空间不足，动态响应能力存在明显短板。

3 城市轨道交通运营应急指挥系统优化架构设计

3.1 一体化信息交互架构优化

针对原有信息采集零散、传输断裂、格式杂乱的问题，对系统信息传输与整合体系进行整体重构。重新规划全线信息采集点位的接入方式，统一各类终端、监测设备的数据输出规范，固定信息上报格式与内容维度。破除各功能模块、作业端口之间的信息壁垒，打通独立的数据通路，让各类工况数据可以在指挥体系内部自由流转。规整无效信息过滤、有效信息归集的处理逻辑，减少冗余数据占用系统资源，提升信息甄别精准度[3]。搭建全域覆盖、链路完整的信息交互体系，从源头规避数据缺失、内容错乱、传输中断等问题。规范全线信息流转范式，为应急研判工作提供稳定的数据支撑条件。

3.2 扁平化指挥协同架构搭建

传统层级化指挥模式链路冗长，中转环节偏多，容易引发指令偏差、处置滞后等问题。对现有指挥层级进行合理精简，删减不必要的中转传导环节，压缩指令流转路径。重新界定调度中心、车站班组、外勤岗位、运维单元的协同关系，梳理各主体的衔接流程与对接方式。建立直通式指令下发与现场反馈通路，弱化层级壁垒对处置工作的干扰。完善跨岗位、跨部门的交互衔接机制，明确不同作业主体的对接节点与工作权责。缩短指令传导耗时，提升现场执行端的响应速度与处置精准度。构建层级精简、衔接顺畅的新型指挥协同体系。

3.3 动态化资源调度架构升级

立足全线应急资源分散布局、调配逻辑固化的短板，对资源统筹调度架构进行全方位升级。整合全线物资储备站点、设备存放点位、人力运维班组的资源信息，建立统一的资源数据库，实现资源状态、储备数量、分布位置的透明化管控。结合不同突发事件的处置强度、作业范围、场地条件，更新资源匹配逻辑，结合现场工况自动适配对应资源类型与调配方案。搭建可灵活调整的动态调度机制，破除片区调度壁垒，打通全域资源调配通道，提升跨区域资源调动的通畅程度。该分层优化架构的层级划分、组成内容及优化目标详见表 1。

表 1 动态化资源调度分层优化架构

架构层级	核心组成内容	架构优化方向	功能落地目标
数据感知层	物资台账、设备状态、班组在岗信息、点位分布数据	完成全线资源数据统一归集与实时更新	实现资源状态可视可控
调度研判层	工况研判模块、资源匹配算法、跨区调度逻辑	优化动态匹配规则，弱化固定调配模式	精准输出资源调配方案
执行落地层	物资派发、设备转运、人力派驻、进度回传	简化审批流程，缩短调配执行周期	保障资源快速投送现场

3.4 场景化应急处置架构完善

轨道交通突发事件类型多样，工况演变趋势各不相同，通用化处置架构难以适配复杂现场需求。按照事件

影响范围、危害属性、演变特征完成场景分类，细化各类突发工况的处置标准与作业流程。针对不同场景搭建专属的指挥处置逻辑，调整研判重点、指令输出方式、现场管控模式，摆脱单一固化的处置范式。持续细化场景细分维度，补充小众突发工况的处置流程，填补现有架构的适配盲区。依据事态动态变化预留流程调整空间，提升系统灵活调整能力。形成分类处置、精准适配的应急处置运行体系。

4 城市轨道交通运营应急指挥系统优化实施路径

4.1 系统功能模块迭代升级

城市轨道交通应急指挥系统在长期运营过程中，会逐步暴露出功能覆盖不足、处理精度不足等问题，传统功能架构难以承载日趋复杂的应急处置场景。针对系统常态化运行中显现的各类功能短板，有序推进信息处理、指令调度、协同联动等核心模块迭代优化。调整信息处理模块的工作逻辑，优化现场数据采集、内容分类、异常研判的完整流程，弱化数据杂乱、研判滞后带来的处置偏差。更新指令调度模块的运行机制，细化任务拆解、分级下发、内容核验的操作步骤，提升指令传递精准度。改造协同联动模块的交互架构，打通各业务单元作业通路，破除模块独立运行造成的交互壁垒[4]。逐步补齐系统运行存在的功能漏洞，拓展系统业务覆盖维度。持续打磨模块运行细节，完善系统整体运行功能，支撑各类应急处置工作有序开展。

4.2 岗位协同运行机制完善

轨道交通应急处置工作涉及多层级岗位与多个业务部门，履职边界模糊、协作流程不规范，都会阻碍应急工作有序落地。围绕应急指挥全链条作业环节，细化调度指挥、车站值守、设备运维、外勤处置等岗位的应急履职细则，明确各作业阶段的工作内容与执行标准。重新梳理跨岗位、跨部门的作业协同流程，统一信息交互、任务对接、进度反馈的执行规范，规整零散无序的协作方式。系统排查岗位交接、业务联动过程中存在的衔接盲区，补齐权责划分模糊、流程缺失造成的管理漏洞。优化各作业主体的对接逻辑，理顺各环节协作关系。搭建权责清晰、流转顺畅的常态化协同运行模式。

4.3 应急调度流程精简重塑

原有应急指挥流程设置繁琐，审批流转步骤繁杂，大量低效环节拉长整体处置周期，无法匹配突发事件的快速响应需求。全面梳理应急指挥全链条作业内容，筛选并剔除无实际作业价值的冗余环节，精简整体流转体系。结合各类突发事件的等级差异、影响范围与处置难度，重新搭建标准化、分层化的应急指挥作业流程。针对不同程度的应急工况，设置差异化处置链路，动态调整流程复杂程度与作业步骤，适配各类场景的处置节奏。统一各流程节点的作业规范，减少人为操作差异引发的流程混乱。压缩无效流转时长，提升应急指挥体系整体运转效率。

4.4 系统常态化运维保障建设

轨道交通运营工况始终处于动态变化状态，线路改造、设备更新、作业模式调整，都会对应急指挥系统提出全新运行要求。单次优化整改无法适配长期运营发展需求，需要搭建长效完备的系统运维与迭代机制。明确系统日常巡检、故障排查、漏洞修复、功能升级的标准化流程，固定常态化运维工作的推进范式。定期核验软硬件运行状态，及时排查并处置系统运行隐患，稳固系统基础运行能力。结合一线运营工况的动态变动，阶段性调整系统功能配置与整体运行架构[5]。依托现场作业反馈迭代系统运行逻辑，持续优化系统核心性能。稳固系统运行根基，保障应急指挥系统长期可靠投入运营工作。

结束语

应急指挥系统的高效运转是轨道交通运营安全的重要保障，现有体系存在的信息流转不畅、协同衔接滞后、资源调度低效等问题，会大幅制约应急处置工作质量。通过重构系统整体运行架构，搭建适配复杂工况的新型运行体系，从功能升级、机制完善、流程重塑、运维保障多个维度落实优化举措。全方位完善应急指挥运行体系，可有效提升突发工况的响应速度与处置质量，为城市轨道交通安全稳定运营提供坚实支撑。

参考文献

[1] 杨渊晋. 城市轨道交通运营应急指挥系统优化研究 [J]. 科学与信息化,2026,47(10):160-162.

[2] 张健, 赵凯强. 城市轨道交通智慧运维与应急指挥平台应用 [J]. 智能建筑与智慧城市,2024(7):177-179.

[3] 董云周, 董恺凌. 城市轨道交通运营突发事件分级模型研究 [J]. 现代城市轨道交通,2024(5):131-137.

[4] 刘洁, 豆飞, 宁尧. 城市轨道交通智能应急指挥系统研究 [J]. 智慧轨道交通,2023,60(1):80-85.

[5] 孟亚楠, 巩圣亮, 徐靖昊, 等. 多源信息融合下的城市轨道交通行车应急指挥决策方法 [J]. 时代汽车,2025(14):154-156.