

轨道交通运营突发事件应急处置能力提升路径

张永志

天津致新轨道交通运营有限公司 天津 300400

摘要: 轨道交通运营突发事件类型多样、传导迅速,对系统处置能力构成严峻考验。本文围绕突发事件的类型特征与演变规律展开分析,揭示冲击传导机制对运营网络的级联扩散效应,并从监测预警、指挥决策、现场执行与资源保障四个维度识别能力短板。进一步探讨了扁平化指挥架构重构、跨部门协同通道建设、现场指挥权动态调整等机制优化路径,梳理了故障隔离疏散、有害气体处置、供电降级运行等关键技术手段,提出一线人员分级训练与乘客自救意识培育的实践方案,为运营单位系统性提升应急处置效能提供参考。

关键词: 轨道交通;突发事件;应急处置;指挥调度;能力提升

引言: 轨道交通作为高密度、强耦合的城市运输系统,突发事件一旦发生便可沿运营网络快速传导,处置窗口极为有限。设备故障、自然灾害、公共安全与运营事故四类事件在演变中存在交叉转化可能,单一事件若应对失当极易升级为复合型灾害。当前应急处置在指挥层级传导、跨部门协同、一线技能匹配与资源配置等方面仍存在明显短板,制约了整体响应效能。围绕各环节的能力提升路径展开系统探讨,对强化轨道交通运营安全具有迫切的现实价值。

1 突发事件类型特征与应急处置能力需求分析

1.1 运营突发事件的类型划分与演变规律

轨道交通运营过程中突发事件可依据致因属性划分为设备故障类、自然灾害类、公共安全类与运营事故类四大范畴。设备故障类突发事件多由信号系统失灵、供电中断或车辆机械异常引发,呈现出无明显预兆的随机发生特征^[1]。自然灾害类突发事件受暴雨洪涝、地震与极端高温等外部环境因素驱动,发生时段与地域分布具有较强的季节性与空间聚集性。公共安全类突发事件涉及大客流拥挤踩踏、恐怖袭击与危险物品泄漏等场景,事件演化速度快且社会影响面广。运营事故类突发事件涵盖列车脱轨、隧道火灾与轨道结构坍塌等情形,从初始征兆到全面失控往往经历数分钟至数十分钟的窗口期。各类突发事件在演变过程中存在交叉转化的可能,单一事件若处置不当可迅速升级为复合型灾害,事件链的级联扩散使现场态势在短时间内发生质变。

1.2 突发事件对轨道交通系统的冲击传导机制

轨道交通作为高密度、强耦合的运行系统,任一节点的突发异常均可通过运营网络向关联子系统快速传导。供电系统故障直接导致信号与通风设备失去动力支撑,列车被迫停运后隧道内乘客疏散压力骤增。信号系

统瘫痪使后续列车无法获取运行指令,站台滞留客流在数分钟内便可达到临界密度。火灾或烟雾在封闭隧道空间中沿风流方向蔓延,有毒气体浓度随距离增加而快速攀升,疏散通道的有效通行时间被大幅压缩。大客流冲击下站台屏蔽门与列车车门之间的空间迅速饱和,人员对冲与拥挤踩踏风险随之攀升。冲击传导路径并非单向线性推进,多个子系统在异常状态下相互叠加,形成正反馈回路,使系统整体功能在极短时间内逼近崩溃阈值。

1.3 应急处置能力的构成要素与短板识别

应急处置能力由监测预警能力、指挥决策能力、现场执行能力与资源保障能力四个维度共同构成。监测预警能力依赖传感器网络与数据分析模型对异常信号的捕捉与研判,当前短板在于预警模型对复合型异常的识别准确率偏低。指挥决策能力要求调度人员在信息不完整条件下快速生成处置方案,实际操作中信息碎片化与多头汇报使决策窗口被反复压缩。现场执行能力取决于一线人员的操作熟练度与心理承受力,部分岗位人员在高压场景下的动作变形与判断失误较为突出。资源保障能力涵盖应急物资储备、设备调度与跨部门支援力量的快速集结,现有体系在突发事件高峰时段的资源供给存在明显缺口。四个维度中任意一环出现薄弱,均会对整体处置效能产生连锁性削弱。

2 应急响应组织架构与指挥调度机制优化

2.1 多层级联动指挥体系的架构重构

轨道交通应急指挥涉及控制中心、车站、现场三个层级,传统模式下各层级之间呈纵向串联关系,信息自下而上逐级传递,指令自上而下逐级下达,层级间的信息衰减与时间损耗使决策效率受到明显制约^[2]。架构重构的方向在于压缩指挥链条,将串联模式转变为扁平化网状结构,控制中心可直接与现场处置单元建立通信链

路,减少中间环节的信息过滤与延迟。各层级的功能定位需重新梳理,控制中心侧重全局态势研判与资源统筹调配,车站层级承担区域协调与乘客疏散组织,现场处置单元专注于技术操作与险情控制。三个层级之间设定明确的触发条件与升级路径,当现场态势超出车站层级的处置能力时,控制中心自动接管指挥权限,避免因层级壁垒导致的响应迟滞。

2.2 跨部门协同调度与信息共享通道建设

轨道交通突发事件的处置往往需要运营单位、消防救援、公安交管与医疗急救等多个部门的联合行动,各部门拥有独立的通信系统与指挥平台,信息格式不统一、数据接口不兼容使跨部门协同长期处于低效状态。信息共享通道的建设应以统一的数据交换标准为基础,各部门的现场态势数据经标准化转换后接入联合指挥平台,实现态势信息的实时汇聚与可视化呈现。调度指令的下发采用统一编码格式,接收方可直接解析执行,消除因信息翻译产生的理解偏差。协同调度的核心难点在于指挥权的归属与移交时机,需在预案中预设跨部门指挥权的切换规则,以事件类型与严重程度作为判定依据,确保多部门力量在统一调度框架下有序运转。

2.3 现场指挥权移交与决策权限动态调整

突发事件处置过程中现场态势持续变化,指挥权限若固定于单一主体则难以适应动态需求。现场指挥权的移交应以处置阶段与事态等级作为判定标准,事件初期由车站值班人员行使现场指挥权,随着事态升级逐步移交至运营调度中心或应急指挥部。决策权限的动态调整遵循“能力匹配”原则,当现场指挥员具备处置所需的专业判断能力时,上级指挥层应充分授权,避免过度干预导致的指令冲突。权限调整的触发条件需在预案中予以明确,包括伤亡人数、影响范围与处置难度等量化指标,权限交接过程中须完成关键信息的完整传递,防止因指挥权切换造成的处置空白。

3 关键处置技术手段与装备保障能力建设

3.1 列车故障快速隔离与乘客疏散技术

列车在隧道区间发生故障后,故障车与相邻正常列车之间的安全间距控制是防止事态扩大的关键步骤^[3]。列车在隧道区间发生故障后,首要任务是将故障车与相邻正常列车之间的安全间距锁定,避免事态向两侧蔓延。信号系统一旦检测到列车异常停车,随即触发区间封锁指令。后方列车在前方站台扣停,已驶入区间的列车则在最近车站清客退出。从故障被捕获到区间完全封闭,整个过程往往只有数分钟的窗口。故障列车的疏散通道选择取决于停车位置与隧道断面条件,若列车停靠于车

站区间,乘客经车厢疏散门进入隧道疏散平台后沿纵向通道撤离至就近车站。若列车停于区间中部,乘客需经车头或车尾紧急疏散门进入隧道,沿疏散指示标识步行至最近的联络通道或车站。疏散过程中客流密度的控制直接关系到通道通行效率,站务人员与志愿者在关键节点进行分流引导,避免单一方向形成拥堵瓶颈。列车与站台之间的间隙在疏散中构成安全隐患,渡板或应急踏板的快速架设可有效消除乘客跨越障碍时的跌落风险。

3.2 隧道及地下空间有害气体处置与通风恢复技术

隧道火灾或列车制动系统故障释放的烟雾在封闭空间中扩散速度极快,有害气体浓度在数分钟内即可达到威胁人体安全的阈值。排烟系统的启动方式分为纵向排烟与横向排烟两种模式,纵向排烟利用隧道顶部的射流风机将烟雾沿隧道方向驱离人员疏散区域,横向排烟则通过排烟风道将烟雾直接抽排至地面。两种模式的选择取决于火灾位置与疏散方向的相对关系,排烟风机的运转方向须与疏散方向保持一致,防止烟雾回流淹没疏散通道。通风恢复阶段需对隧道内残留的一氧化碳与氰化氢等有毒气体进行持续监测,气体浓度降至安全限值以下后方可解除封闭状态。正压送风系统在疏散完成后向隧道内注入新鲜空气,逐步稀释残余有害气体,恢复隧道内的空气品质。通风方案的制定须考虑隧道坡度与列车活塞效应对气流组织的影响,避免因通风策略不当导致有害气体在局部区域聚集。

3.3 供电中断条件下的系统降级运行与恢复技术

轨道交通供电系统采用双回路供电架构,主回路失电后备用电源在数秒内自动投入,为信号、通信与照明等关键负荷提供最低限度的电力支撑。降级运行模式下列车限速运行或区间停运,调度中心根据各区段的供电恢复情况动态调整运营方案,优先保障车站乘客疏散所需的照明与通风用电。应急发电机组的部署位置与接入方式在预案中预先确定,发电机经快速接入柜与车站低压母线连接后可为闸机、应急照明与乘客信息系统供电。供电恢复的顺序遵循先主回路后分支回路的原则,各分支回路逐级合闸前须完成绝缘检测,防止因残余故障导致二次跳闸^[4]。直流牵引供电系统的恢复需特别关注钢轨电位均衡问题,杂散电流在接地不良区段可能引发电化学腐蚀或干扰通信信号,供电恢复后须对轨道电位进行持续监测直至稳定。

4 人员专业技能训练与应急文化培育

4.1 一线岗位人员应急操作技能强化训练

轨道交通一线岗位涵盖站务、驾驶、维保与调度等多个方向,各岗位在突发事件中承担的处置任务差异显

著,技能训练须针对岗位职责进行差异化设计。站务人员的训练重心在于客流疏散引导与现场秩序维护,通过反复演练使人员熟练掌握疏散路线切换、屏蔽门操作与广播指令发布等核心动作。驾驶人员的训练侧重于故障列车的应急处置与区间疏散程序,模拟驾驶台上的应急开关操作须形成肌肉记忆,确保在高压环境下不出现动作遗漏。维保人员的训练聚焦于设备抢修与系统恢复,限时排除故障的考核标准须贴近实战工况。训练模式应从单一的桌面推演转向实操与情景融合相结合的方式,利用车站、区间等真实场景设置突发状况,让参训人员在接近真实的压力条件下完成处置流程。训练考核标准需量化到操作步骤与时间节点,不合格人员须回炉重训直至达标。

4.2 指挥人员决策能力与心理抗压培养

应急指挥人员在突发事件中面临信息不完整、时间紧迫与后果不可逆的多重压力,决策质量直接决定处置走向。决策能力的培养须从信息研判训练入手,指挥人员在大量历史事件数据中学习态势识别与方案比选,逐步建立起对不同事件类型的快速响应直觉。心理抗压训练应引入高强度情景模拟,在限定时间内连续设置多个突发状况,迫使指挥人员在连续决策中保持判断力的稳定,连续决策训练的单次时长不少于2小时。压力管理训练帮助指挥人员识别自身的应激反应模式,学会在情绪波动中快速回归理性判断。指挥人员之间的轮换训练也不可或缺,不同层级的指挥员在交叉岗位上进行实操锻炼,有助于打破单一视角带来的决策盲区。复盘分析训练要求指挥人员在每次演练后对决策过程进行逐帧回溯,找出判断偏差与犹豫节点,形成持续改进的闭环,每次复盘须在演练结束后24小时内完成。

4.3 乘客应急自救意识的日常引导与传播

乘客作为突发事件中数量最大的群体,自救意识与疏散配合程度直接影响处置成效。应急知识的传播不应局限于车站张贴的静态标识,而应融入乘客日常出行的

各个触点。车载广播与站台屏幕在非高峰时段可循环播放应急疏散要领,内容以简短指令与图示为主,避免冗长文字降低信息接收效率。车站内的疏散标识设计应考虑紧急状态下的视觉辨识度,荧光色带与地面导引标识在烟雾或断电条件下仍能发挥引导作用。社交媒体与地铁官方应用可作为常态化传播渠道,定期推送应急知识短视频,以轻松的表达方式传递严肃的自救技能^[5]。互动式体验活动让乘客在模拟场景中亲身体验疏散流程,亲历感带来的记忆深度远超被动阅读。乘客群体中的应急志愿者可在站内进行流动引导,在突发事件初期承担信息传递与秩序维护职能,弥补专业力量到达前的处置空白。

结束语

轨道交通应急处置能力的提升是一项贯穿监测预警、指挥调度、现场操作与资源保障全链条的系统工程。突发事件的级联扩散特性决定了各环节必须紧密衔接,指挥架构的扁平化重构与跨部门信息共享通道的打通为快速决策奠定了基础,故障隔离、有害气体处置与供电降级运行等技术手段为现场管控提供了支撑,一线人员的实战化训练与乘客自救意识的日常培育则从人的层面补齐了能力缺口。各维度协同发力,方能有效应对运营突发事件带来的多重冲击。

参考文献

- [1]冷勇林,张宏伟,阴佳腾,等.大语言模型驱动的城市轨道交通突发事件应急响应方法[J].交通运输工程与信息学报,2026,24(1):102-115.
- [2]张克礼.城市轨道交通行车调度优化与突发事件应急处置研究[J].人民公交,2025(10):176-178.
- [3]孙沈强.城市轨道交通运营过程中突发事件的安全管理对策[J].人民公交,2025(16):171-173.
- [4]王文.城市轨道交通运营中突发事件的应急管理研究[J].城市轨道交通研究,2024,27(04):289-290.
- [5]王强.城市轨道交通突发事件应急管理策略研究[J].铁道运输与经济,2023,43(5):45-48.