

# 城市轨道交通消防应急预案的实战化演练评估方法

赵健伦 王 健 朱蒙琳

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**随着我国城市化进程的加速推进，城市轨道交通系统作为大容量、高效率的公共交通方式，在缓解城市交通压力、提升居民出行便利性方面发挥着不可替代的作用。然而，其地下空间密闭、人员密集、疏散路径受限等特点，也使其在发生火灾等突发事件时面临极高的安全风险。科学制定并有效实施消防应急预案，是保障轨道交通运营安全的关键环节。而应急预案的实战化演练及其科学评估，则是检验预案有效性、提升应急响应能力的核心手段。本文围绕“城市轨道交通消防应急预案的实战化演练评估方法”展开研究，首先分析了当前演练中存在的主要问题，继而构建了一套涵盖目标设定、指标体系、评估模型与反馈机制的综合评估框架。研究表明，基于多维度、动态化、数据驱动的评估方法能够显著提升演练质量与应急准备水平，为城市轨道交通系统的安全运行提供有力支撑。

**关键词：**城市轨道交通；消防应急预案；实战化演练；评估方法；应急能力

## 引言

近年来，国内外多起地铁火灾事故（如2003年韩国大邱地铁纵火案、2019年上海地铁11号线列车冒烟事件等）暴露出城市轨道交通系统在应对突发火灾事件中的脆弱性。这些事故不仅造成重大人员伤亡和财产损失，更对社会公共安全构成严重威胁。在此背景下，国家及地方各级政府高度重视轨道交通消防安全工作，《中华人民共和国消防法》《城市轨道交通运营管理规定》等法律法规均明确要求运营单位定期组织消防应急演练，并对演练效果进行评估与改进。然而，当前多数轨道交通运营单位在开展消防演练时仍存在“重形式、轻实效”“重流程、轻能力”等问题。演练往往流于表面，缺乏真实场景模拟、多部门协同、突发变量引入等实战要素，导致演练成果难以真实反映应急体系的实际效能。更为关键的是，缺乏一套科学、系统、量化的评估方法，使得演练后的总结与改进缺乏依据，形成“演练一走过场一再演练”的低效循环。因此，构建一套适用于城市轨道交通消防应急预案的实战化演练评估方法，不仅是提升应急响应能力的迫切需求，更是推动城市公共安全治理体系现代化的重要举措。本文旨在通过理论分析与实践结合，提出一套具有操作性、科学性和前瞻性的评估体系，为行业提供方法论支持。

## 1 城市轨道交通消防应急演练的现状与挑战

### 1.1 演练类型与常见模式

目前，城市轨道交通消防演练主要分为桌面推演、功能演练和全面演练三类。桌面推演侧重于流程熟悉与决策训练；功能演练聚焦特定环节（如疏散、通信、灭火）；全面演练则试图模拟真实火灾场景，涉及多岗位、

多系统联动。尽管全面演练最接近实战，但因成本高、协调难、风险大，实际开展频率较低。在实践中，许多运营单位出于安全与效率考量，倾向于选择桌面推演或简化版的功能演练，导致演练内容与真实应急情境之间存在较大差距。这种“低强度、低复杂度”的演练模式虽能完成制度要求，却难以真正锤炼一线人员的临场判断与协同处置能力。

### 1.2 存在的主要问题

当前城市轨道交通消防演练普遍面临若干深层次问题。首先，场景设计往往脱离实际运营环境，演练脚本预设条件过于理想化，未能充分考虑高峰期客流激增、设备连锁故障、通信中断或乘客恐慌等复合型风险因素，使得演练过程缺乏真实压力测试。其次，参与主体较为单一，演练通常局限于运营公司内部员工，消防、公安、医疗、公交等外部应急力量仅以象征性方式参与，未能真正检验跨部门协同机制在紧急状态下的运行效率。再次，评估标准模糊且主观性强，多数单位依赖经验判断或简单打分，缺乏统一、量化、可追溯的评估指标体系，导致评估结果难以横向比较或纵向追踪<sup>[1]</sup>。此外，演练后的反馈与整改机制普遍薄弱，问题识别后缺乏系统性归因分析与闭环管理，致使同类短板反复出现。最后，技术手段应用滞后，未能有效融合BIM建模、数字孪生、智能视频分析等现代信息技术，限制了演练真实性与评估精度的提升。上述问题共同制约了消防演练从“合规性活动”向“能力生成平台”的实质性转变。

## 2 实战化演练评估的理论基础

### 2.1 应急管理生命周期理论

应急管理生命周期理论将应急管理工作划分为减灾、

准备、响应与恢复四个阶段，其中演练属于“准备”阶段的核心组成部分。该理论强调，有效的应急准备必须以真实响应需求为导向，而演练正是连接准备与响应的关键桥梁。因此，对演练的评估不应仅关注流程是否完整，更应聚焦于其能否有效支撑后续响应阶段的关键任务执行。例如，在火灾初期能否快速确认火情、启动排烟系统、引导乘客有序疏散，这些响应行为的质量直接决定了事故后果的严重程度。基于此，演练评估需紧扣“响应能力输出”这一核心，确保评估内容与实际应急需求高度一致。

## 2.2 能力本位评估理念

区别于传统以流程合规性为导向的评估范式，能力本位评估理念强调对应急主体在高压、不确定环境下完成关键任务的实际能力进行测量。这种能力不仅包括操作技能，还涵盖决策判断、信息处理、团队协作与心理抗压等多维素质。在轨道交通消防场景中，一名站务员是否能在浓烟弥漫、广播失灵的情况下，凭借记忆和现场判断引导乘客沿正确路径撤离，远比其是否按手册完成全部步骤更具现实意义。因此，评估应超越“做了什么”，深入探究“做得怎么样”以及“为什么能或不能做到”，从而真实反映应急体系的韧性与适应性。

## 2.3 系统工程与PDCA循环

将消防演练视为一个动态、开放的系统工程，有助于构建结构化、持续改进的评估机制。借鉴质量管理中的PDCA（Plan-Do-Check-Act）循环模型，演练的规划

（Plan）与实施（Do）之后，必须通过科学的检查（Check）环节获取客观反馈，并据此采取行动（Act）优化预案、培训与资源配置。评估在此过程中扮演“Check”的核心角色，其输出应直接驱动后续改进措施的制定与落实。只有形成“演练—评估—整改—再演练”的闭环，才能实现应急能力的螺旋式上升，避免演练沦为一次性表演。

## 3 城市轨道交通消防实战化演练评估框架构建

基于上述理论，本文提出“目标—指标—模型—反馈”四位一体的评估框架。

### 3.1 评估目标设定

科学的评估始于清晰的目标设定。针对城市轨道交通消防实战化演练，评估目标应紧紧围绕“提升真实应急能力”这一根本宗旨展开。具体而言，评估需验证现有消防应急预案在结构完整性、场景适用性与操作可行性方面的表现；检验由运营单位、消防、医疗、公安等多方构成的应急指挥与协同响应机制是否顺畅高效；客观衡量关键岗位人员（如司机、站务员、调度员）在模拟高压环境下的处置熟练度与应变能力；系统识别应急预案、设施设备、人员培训等方面存在的系统性风险与能力短板；最终，为预案修订、培训方案优化及资源配置调整提供数据支撑与决策依据。唯有目标明确，评估才能有的放矢，避免陷入为评而评的形式主义<sup>[2]</sup>。

### 3.2 评估指标体系设计

本文构建三级指标体系（见表1），涵盖组织指挥、应急响应、人员行为、技术支撑、协同联动五大维度。

表1：城市轨道交通消防实战化演练评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标（示例）
组织指挥	决策效率	首次指令下达时间、决策链长度
	指挥体系	指挥中心启动时效、岗位职责清晰度
应急响应	疏散效率	乘客疏散完成时间、疏散路径利用率
	初期处置	火警确认时间、灭火器/消火栓使用正确率
人员行为	岗位履职	司机、站务员、安检员操作规范性
	乘客反应	乘客恐慌指数、听从引导率
技术支撑	信息系统	CCTV调用时效、广播系统覆盖率
	设备状态	防排烟系统启动时间、应急照明可用率
协同联动	外部响应	消防队到达时间、医疗救援对接效率
	信息共享	跨部门信息传递准确率、更新频率

指标设计遵循SMART原则（具体、可测、可实现、相关、有时限），并尽可能量化。对于难以量化的指标（如“恐慌指数”），可通过视频分析、问卷调查、专家打分等方式转化为可比较数据。

## 3.3 评估模型构建

### 3.3.1 数据采集方法

高质量的评估依赖于多源、客观的数据支撑。在实战化演练中，可综合运用多种数据采集手段。一方面，充分利用车站既有基础设施，如高清监控摄像头记录人员流动轨迹，环境传感器实时监测CO浓度、温度与能见度变化，客流计数器统计各出口疏散人数；另一方面，设置专职观察员在关键节点（如站台、楼梯口、出入口）进

行人工记录,捕捉自动化设备难以捕捉的细节行为。对于采用虚拟仿真技术的演练,VR/AR平台或数字孪生系统可自动记录参演者的操作序列、决策路径与交互行为<sup>[3]</sup>。此外,演练结束后对参演人员及部分“乘客”(由工作人员扮演)开展结构化访谈,有助于理解行为背后的认知逻辑与心理状态,弥补纯客观数据的不足。

### 3.3.2 评估算法选择

在数据基础上,需采用科学的算法进行综合评价。本文推荐结合层次分析法(AHP)与模糊综合评价法构建评估模型。首先,邀请应急管理、消防、轨道交通运营等领域的专家组成评审小组,通过两两比较的方式构建判断矩阵,确定各评估指标的相对权重,并进行一致性检验以确保权重分配的合理性。随后,对每一项三级指标依据预设标准进行评分(通常采用1-5分制),对于存在模糊性或主观性的指标(如“指挥协调顺畅度”),引入模糊隶属度函数进行量化处理。最终,通过加权求和计算得出各一级维度得分及演练总评分,并参照预设等级阈值(如 $\geq 85$ 分为优秀,70-84为良好, $< 70$ 需整改)判定演练成效。为进一步提升评估深度,还可引入数据包络分析(DEA)方法,对不同线路或站点的演练投入(如人力、时间、资源)与产出(如疏散效率、响应速度)进行相对效率评价,识别最佳实践与改进空间。

### 3.4 反馈与改进机制

评估的价值最终体现在其对实践的指导作用上。因此,必须建立强有力的反馈与改进机制,将评估结果转化为具体行动。评估报告不应止于分数或等级,而应形成一份详尽的问题清单,明确指出预案漏洞、流程缺陷、能力短板或设备隐患的具体表现。在此基础上,提出具有针对性、可操作性的整改建议,例如“在站台中部增设发光疏散指示牌”或“建立地铁与消防支队的专用应急通信频道”。更重要的是,这些发现应直接驱动应急预案的动态修订、培训课程的精准优化以及设施设备的升级改造<sup>[4]</sup>。同时,建立跟踪验证机制,在后续演练中重点复测前期发现问题的整改成效,确保形成“评估—整改—验证”的管理闭环,真正实现以评促建、以评促改。

## 4 技术赋能:智能化评估的发展趋势

随着智慧城市建设的深入推进,新兴技术正为消防

演练评估注入强大动能。数字孪生技术可构建高保真度的车站虚拟模型,支持在无物理风险的环境中开展高频率、高复杂度的“虚实结合”演练,并自动记录海量行为数据。人工智能,特别是计算机视觉算法,能够对监控视频进行实时分析,自动识别人员密度、移动方向、异常行为(如跌倒、滞留),甚至估算群体恐慌指数,极大提升评估的客观性与颗粒度。大数据分析技术则可整合历史演练数据、真实事故案例、日常客流规律等多源信息,通过机器学习模型预测特定场景下的潜在风险点与能力瓶颈,实现从“事后评估”向“事前预警”的跃迁。此外,区块链技术可用于演练全过程数据的加密存证,确保评估依据不可篡改,增强结果的公信力。可以预见,未来的演练评估系统将朝着实时化、自动化、预测化方向演进,最终形成“演练即评估、评估即优化”的智能闭环,为城市轨道交通安全构筑更加坚实的数字防线。

## 5 结语

城市轨道交通消防应急预案的实战化演练是保障公共安全的重要防线,而科学有效的评估方法则是提升演练价值的关键。本文提出的“目标—指标—模型—反馈”评估框架,通过构建多维度量化指标体系、引入系统化评估模型、强化闭环改进机制,有效解决了当前演练“形式化”“碎片化”“低效化”的问题。该方法具有良好的可操作性与实效性。未来,应进一步推动评估标准的行业统一化、评估工具的智能化、评估结果的制度化应用。同时,加强跨城市、跨线路的经验共享,建立国家级轨道交通应急演练评估数据库,为构建韧性城市轨道交通系统提供坚实支撑。

## 参考文献

- [1]张倩.地铁突发事件应急预案与消防安全管理研究[J].消防界(电子版),2025,11(03):10-12.
- [2]汪伟.地下轨道交通消防安全问题与管理对策分析[J].消防界(电子版),2025,11(11):7-9.
- [3]李景山.社会安全事件下地铁车站消防疏散与处置风险评估研究[J].水上安全,2025,(11):116-118.
- [4]申远,戴帅,赵琳娜.地铁轨道交通消防安全风险及防范策略[J].今日消防,2025,10(03):80-82.