

城市轨道交通运营安全风险评估应用研究

王 伟

天津轨道交通运营集团有限公司 天津 300400

摘 要:城市轨道交通运营系统结构复杂、作业环节繁多,各类安全隐患的滋生与演化直接影响线路运营稳定性。现有安全管控模式难以适配动态变化的运营风险,行业亟需科学的研判与管控体系支撑。本文从风险构成、形成机理两大维度拆解运营安全风险内在规律,搭建分层化、场景化的风险评估体系,结合现场运营痛点提出体系迭代、流程适配、联动管控及常态化保障的优化路径,能够有效完善轨道交通运营安全风险管控体系。

关键词:城市轨道交通;运营安全;风险构成;风险机理;风险评估

引言:城市轨道交通凭借高效、便捷的运输优势,成为城市公共交通体系的核心载体,承载着海量市民出行需求。系统设备、人员作业、内外环境与运营管理的多重变量,让运营场景长期伴随各类隐性与显性风险。风险的交叉耦合、动态演化的特性,大幅提升安全管控难度。完善风险评估与管控机制,梳理风险演化逻辑,构建适配实际工况的评估模式,可持续夯实轨道交通运营安全运行基础。

1 城市轨道交通运营安全风险构成分析

1.1 设备系统类风险构成

城市轨道交通运营体系包含多类功能性设备模块,设备直接支撑线路行车、旅客输送、场地运维等核心工作。机电设备、行车设备、客运服务设备及辅助配套设备在长期运行中会产生不同类型的安全隐患。设备长期服役会出现运行参数偏移、运行稳定性下降等状态波动问题。各子系统独立运行的模式容易产生适配偏差,系统间的配合衔接无法保持持续稳定。设备长期使用会出现老化损耗,更新更替节奏滞后于运营损耗速度,遗留持续性安全隐患。机械部件、联动组件在高频次启停作业中,会出现衔接卡顿、传动失效等问题,直接影响设备整体运行状态^[1]。精准区分独立设备隐患与多设备联动叠加隐患,可精准定位设备风险的产生源头与影响边界。

1.2 人员作业类风险构成

城市轨道交通运营设置多个专项作业岗位,不同岗位的作业内容与操作标准形成差异化的风险来源。行车调度、站台值守、设备运维、列车驾驶、应急处置等岗位的作业行为,均会对运营安全产生直接影响。从业人员作业过程中会出现操作规范执行不到位、动作标准

不统一等行为偏差。长期在岗作业容易形成固化的不规范操作习惯,逐步偏离标准化作业要求。人员身心状态会随作业时长、工作强度产生波动,造成作业专注度下降、操作精准度降低。部分从业人员专业能力与岗位适配度不足,无法应对复杂作业场景中的各类问题。人工操作、跨岗协同、班次交接等关键作业环节,本身存在固有安全漏洞,会直接诱发运营安全隐患。

1.3 环境场景类风险构成

城市轨道交通运营场景分为内部运营空间与外部自然及社会环境,两类环境会滋生不同属性的安全风险。内部运营空间包含密闭车站、狭长隧道、客流集中区域及设备专属运行区域。特殊空间结构会限制风险疏散速度,放大各类隐患的危害程度,密集客流场景还会提升风险突发概率与扩散范围。外部环境涵盖气象变化、线路周边施工活动、城市公共环境变动等内容。极端天气会改变轨道、线路及设备的运行条件,周边施工会扰动线路基础结构与信号系统,城市公共环境变动会干扰正常运营秩序。内外环境因素会持续作用于运营系统,改变轨道交通安全运行条件。

1.4 运营管理类风险构成

轨道交通长效稳定运营依托完善的管理体系,管理环节的疏漏会衍生隐性安全风险。运营作业流程分段执行的模式,容易造成各流程衔接断层,出现管控空白环节。各岗位权责划分边界模糊,岗位交接、协同配合过程中会出现责任落实缺位。人力、物资、运维保障等运营资源分配不均衡,无法匹配不同时段、不同路段的运营需求。日常安全管控工作覆盖范围有限,部分小众作业场景、低频操作环节缺乏有效监管。常态化安全管控工作流于形式,隐患排查、日常督导等工作落实不到

位。管理层面产生的隐患会渗透至设备、人员、环境各个维度，间接触发各类实操层面的安全风险。

2 城市轨道交通运营安全风险形成机理

2.1 单一维度风险演化规律

设备、人员、环境、管理四大板块均可独立生成安全风险，完整经历滋生、累积、传导的演化流程。设备长期连续运行会产生部件损耗、参数偏移等细微问题，问题持续堆积得不到处置，就会突破安全阈值，从隐蔽隐患转化为可见故障^[2]。人员岗位作业存在行为不规范、专业素养不足、身心状态不稳等问题，不良作业行为反复发生，会持续积攒安全隐患，在关键作业节点触发安全问题。环境条件持续变动能够改变运营基础条件，空间布局、气象条件、场地工况的细微调整，都会慢慢催生安全隐患。管理体系存在流程漏洞与管控盲区，运营工作持续推进的过程中，管控缺陷不断沉淀，逐步弱化系统安全防护效能。各类隐患均存在隐性潜伏到显性爆发的转变过程。系统梳理演化脉络，能够精准锚定单维度风险的触发条件与发展路径。

2.2 多维度风险耦合作用机制

城市轨道交通运营系统具备高度整体性，不同板块风险会在运营场景中产生交互耦合。人员不规范操作会加速设备老化损耗，设备出现故障缺陷后，作业操作难度提升，进一步增加人员作业失误概率。环境状态异动会干扰设备运行精度，设备运行异常引发的工况波动，也会压缩环境安全容错空间。管理管控漏洞会造成作业规范执行不到位，一线作业暴露的问题，能够推动管理体系完成优化完善。人员与设备、设备与环境、管理与作业、环境与人员的交叉作用，会让单一隐患持续叠加联动，不断放大风险危害程度，形成完整的风险传导链条。耦合作用会改写原有风险演化节奏，衍生全新的安全隐患形态。深度拆解交互逻辑，可为复杂风险防控搭建科学的研判框架。

2.3 运营全周期风险动态特征

轨道交通常态化运营具备鲜明的周期属性，不同运营时段的作业负荷与运行状态不同，风险表现与演变状态存在明显区别。平峰时段运营负荷平稳，系统运行状态稳定，隐患积攒速度缓慢，整体安全状态保持平稳。高峰时段客流集中、设备高频运转、人员作业强度提升，隐患积攒速度加快，风险活跃程度持续提升。夜间运维时段以检修、排查、场地养护作业为主，作业流程繁琐、作业环境受限，极易滋生专属阶段性隐患。特殊运营时段受外界工况与运营调整影响，安全状态存在极

强的不确定性。运营周期不断更迭，风险会持续出现积蓄、衰减、突变的动态变化。精准研判时段特征，能够搭建分层分类的动态防控模式^[3]。

3 城市轨道交通运营安全风险评估体系构建

3.1 评估指标选取原则与维度

轨道交通运营风险拥有清晰的构成形态与演化规律，隐患滋生、累积与耦合的特征直接决定评估工作的开展标准。开展指标选取工作前，需要结合现场运营实际，建立适配常态运营场景的选取准则，规范指标筛选的整体标准与准入条件。准则设置重点考量指标的实用价值、独立属性与系统适配能力，剔除实效性弱、重复交叉、脱离现场的参考内容。整体筛选工作围绕设备运行、人员作业、环境适配、管理运行四大方向展开，对应对接运营体系内部全部风险来源。设备维度考量运行稳定性、工况变化与故障隐患，人员维度聚焦岗位操作规范与作业状态表现，环境维度覆盖内外空间条件与场景变化，管理维度关注流程落地质量与管控执行力度。通过逐层筛选与逐级归类，搭建结构清晰、层级分明的标准化指标分析框架。

3.2 分层级评估指标体系搭建

轨道交通运营安全风险分布范围广、覆盖环节多，单一平面化指标无法满足精细化评估需求。依托层级化、系统化的搭建思路，逐级拆分构建一级、二级、三级递进式评估指标体系。一级指标对应四大基础风险维度，划定评估工作的整体覆盖边界与核心考察方向。二级指标对一级维度进行细化拆解，拆分出各板块对应的作业模块、运行单元与管控板块。三级指标进一步下沉至具体作业环节、设备单元、场景状态与管理细节，细化每一项评估内容的考察要点与判定角度。明确不同层级指标的专属覆盖范畴与考察侧重点，填补局部评估盲区，规避指标重叠与内容遗漏。完整的层级架构可以全面覆盖运营场景、岗位作业与设备体系存在的安全隐患，筑牢风险评估工作的完整支撑载体。

3.3 风险评估权重分配思路

不同风险要素对运营安全的干扰程度存在明显区别，固定统一的权重标准无法适配动态化的评估工作。权重分配工作依托风险演化影响力、活跃程度与耦合联动特性展开，建立科学合理的层级指标权重判定逻辑。部分指标可以带动多板块风险联动升级，具备较强的隐患辐射能力，需要设置更高权重占比，凸显评估核心地位。部分指标仅作用于局部作业环节，影响范围有限，可设置偏低权重占比，作为评估体系的补充参考内容。

运营风险会随场景与时段持续变化,权重设置工作预留灵活调整空间。结合不同运营场景的风险特征完成配比优化,适配各类工况下的评估标准,提升评估结果的精准适配水平。

3.4 适配运营场景的评估模式选用

城市轨道交通运营风险具备动态波动、交叉耦合、隐蔽潜伏的典型特征,传统固化评估模式难以应对复杂多变的现场工况。需要结合风险固有特征筛选适配性更强的专项评估模式,匹配轨道交通专属的运营运行逻辑。梳理不同运营工况的风险生成与演化特点,区分常规运营、大客流运营、特殊环境运营的评估侧重点。常规运营工况侧重常态化隐患排查与稳态风险研判,大客流工况侧重人员、设备、客流交互带来的风险研判,特殊环境工况重点研判外部条件变动引发的各类安全隐患。依据场景差异匹配对应评估逻辑与执行流程,搭建差异化、系统化的评估实施模式,完善整体风险研判的实操执行路径。

4 城市轨道交通运营安全风险评估应用优化路径

4.1 评估体系动态优化升级

城市轨道交通运营体系始终处于动态更新状态,线路设备迭代升级、现场作业模式革新、运营场景持续更新,都会催生全新的安全风险形态,改变原有风险分布规律。固定僵化的评估体系无法适配持续变动的运营环境,需要长期保持迭代更新的推进节奏。结合一线运营的实际演变状态,梳理评估体系的迭代升级方向,淘汰滞后的评估内容与判定标准^[4]。根据新增风险类型补充对应评估指标,结合风险影响变化调整各指标配比结构,依托新型作业场景更新固有评估模式。搭建长效动态迭代机制,跟随运营发展节奏完成评估体系的持续更新。持续维护评估工作的专业适配能力,适配轨道交通长期运营发展节奏。

4.2 全流程风险评估落地适配

风险评估的核心价值体现在现场落地应用,脱离实际运营流程的评估工作难以发挥安全支撑作用。将评估工作深度融入日常行车运营、设备运维检修、客流秩序调控、岗位作业调度等各项核心工作。打破评估工作与一线作业的割裂状态,打通各作业环节的数据互通与工作衔接渠道。针对不同作业环节的运行特点,调整评估切入节点与研判重点,让评估工作贯穿运营各个作业环节。摒弃形式化的评估流程,简化冗余研判步骤,聚焦现场实际安全问题开展研判工作。提升评估工作的实操

价值,让评估服务于一线安全管控作业。

4.3 风险评估与风险管控联动优化

单独开展风险评估无法彻底化解运营安全隐患,需要建立评估与管控的深度联动机制,形成完整的安全管理闭环。依托系统化评估结果,提前识别潜在隐患隐患,落实前置化风险预判工作。针对评估筛查出的各类风险,分层落实针对性防控举措,精准管控各类安全隐患。将评估数据作为隐患整改、问题处置的核心依据,定向解决运营各环节的安全漏洞。结合阶段性评估结果开展工作复盘,梳理管控短板,补齐安全管理薄弱环节。依托评估结果持续优化管控策略,为轨道交通安全运营提供长效支撑。

4.4 评估工作常态化运行保障完善

常态化落地是风险评估发挥实效的关键,完善的保障条件能够稳固评估工作的推进质量。梳理各岗位工作职能,明确评估工作的责任主体与岗位职责,实现岗位工作与评估任务精准匹配。优化各部门、各岗位之间的工作协同模式,消除工作衔接壁垒,统一整体推进节奏。搭建标准化、常态化的评估工作机制,规范日常评估的推进流程与执行标准。细化工作分工,调整现有运行模式,解决评估工作推进松散、落实不到位的问题。持续打磨常态化工作体系,稳步提升风险评估在轨道交通运营中的应用实效。

结束语

轨道交通运营安全风险具备多元构成、动态演化、交叉耦合的鲜明特质,安全管控工作需兼顾系统性与动态性。从风险生成源头出发梳理隐患形成规律,搭建适配多场景的分层评估体系,可实现风险研判工作的规范化落地。多维度优化评估应用路径,打通评估与一线管控的衔接链路,构建长效运行保障机制,能够持续提升轨道交通运营安全防控的精细化与专业化水平。

参考文献

- [1] 原培,贺亚宁,王国娟.城市轨道交通运营安全风险评估应用研究[J].黑龙江科学,2024,15(14):105-107.
- [2] 李丽妍.城市轨道交通运营安全风险评估及应对措施分析[J].越野世界,2024(23):126-127.
- [3] 朱翠翠.城市轨道交通运营安全风险智能化评估预警[J].人民公交,2026(6):81-83.
- [4] 吴洁.城市轨道交通系统的安全风险评估及管理策略[J].人民公交,2024(18):105-107.