城市轨道交通运营期施工安全风险控制方法研究

王　磊

天津轨道交通运营集团有限公司　天津　300400

摘　要：城市轨道交通运营期天窗施工作业空间受限、工序紧凑，且与客运运营高度交叉，安全管控难度大、事故风险高。为有效遏制施工安全隐患，本文依托轨道交通现场施工实际，梳理运营期施工作业特征与风险分类标准，从人员、设备、环境、管理四维度完成风险源系统性识别。通过构建定性与定量相结合的风险评估体系，划分施工风险等级，针对性提出分级分类管控、全过程动态防控、全方位现场治理及信息化智能预警等精准控制方法。研究成果可有效解决现场管控粗放、风险处置滞后等问题，为城市轨道交通运营期施工安全管理提供实操参考。

关键词：城市轨道交通；运营期施工；风险识别；风险评估；安全风险控制

引言：当前国内城市轨道交通路网规模持续扩大，线路运营年限不断增加，设备检修、线路改造、病害治理等运营期施工频次大幅提升。相较于新建线路施工，运营期施工受天窗时间、行车秩序、客运组织多重约束，各类安全隐患隐蔽性强、突发性高，一旦管控失当，极易引发设备损坏、行车中断及人员伤亡事故。现阶段部分运营单位仍存在风险识别不全面、评估体系不规范、管控手段单一等问题，难以适配复杂的现场施工场景。基于此，本文结合一线运营施工管理经验，开展运营期施工安全风险管控研究，助力提升轨交施工安全管控水平。

1 城市轨道交通运营期施工安全风险基础理论

1.1 运营期施工核心内涵与作业特征

城市轨道交通运营期施工，是指地铁、轻轨等线路正式投入载客运营后，为保障轨道、隧道、机电设备正常运行开展的检修、改造、升级及零星整改施工，区别于新线建设期大规模土建施工。该类施工以设备维保、局部修缮为主，作业范围集中在运营线路、车站、隧道等已投用区域。其核心作业特征为作业时间受限，大多集中在夜间列车停运后的有限天窗期，施工节奏紧凑、容错率极低。施工区域与客运运营区域高度重叠，人员流动大、设备密集，施工操作易对既有运营设备、行车秩序造成干扰，且作业空间狭窄、交叉作业多，大幅提升了现场作业的安全管控难度。

1.2 施工安全风险定义与分类标准

轨道交通运营期施工安全风险，是施工过程中因各类不确定因素，引发设备故障、行车事故、人员伤亡、运营中断等安全事故的可能性及损失程度。结合行业规范与现场实际，可将风险分为四大类别，涵盖人员风险、设备风险、环境风险及管理风险。其中，人员风险多为作业人员违规操作、专业能力不足、安全意识薄弱等问题；设备风险包含施工机具故障、既有轨道及机电设备老化、防护设备失效等情况；环境风险主要为夜间施工光线不足、隧道通风不畅、雨雪天气等外部环境影响；管理风险体现在施工审批不严、现场监护缺位、安全制度落实不到位等方面[1]。

2 城市轨道交通运营期施工安全风险识别

2.1 施工风险识别原则与流程

开展运营期施工风险识别，应当遵循四项基本原则。（1）全面性原则。识别工作需要覆盖施工申报、天窗点作业、线路出清、完工销点全部流程，不能遗漏隧道内、站台、轨行区等各类作业区域。（2）针对性原则。结合运营线路夜间施工窗口期短、临近既有运营设备的特点，重点关注易干扰行车安全的作业活动。（3）动态性原则。同一施工项目不同工序风险存在变化，需要根据施工进展持续更新风险内容。（4）实用性原则。风险识别成果能够直接用于现场交底、隐患排查，避免脱离现场制定条目[2]。

标准识别流程依次为：收集施工方案与现场资料、现场踏勘摸排作业条件、梳理潜在危险事件、汇总形成风险源条目、组织运营、施工双方共同复核确认。

2.2 多维度风险源识别

运营期轨行区施工作业处于既有线路正常运营环境内，风险诱因复杂、事故影响范围大。按照安全系统工程中人、设备、环境、管理四大要素，对现场风险源进行系统性辨识，纹理各类风险外在表现以及可能引发的安全后果，如表 2-1 所示。

表 2-1 运营期轨行区施工多维度风险源清单

风险类别	风险表现形式	潜在危害后果
人员因素	作业人员不熟悉轨行区安全管理要求，违规横越线路；夜间天窗施工人员疲劳作业，抢进度简化安全防护工序；现场监护人员责任心不足，未及时制止违章操作	引发人员侵限伤亡；人为失误造成行车安全隐患；违章作业诱发各类安全事故
设备因素	施工机具摆放不当侵入建筑限界；小型工具、物料遗留于轨道线路；临时用电线缆破损老化产生漏电；机具操作不当撞击信号设备、接触网等既有运营设施	列车运行冲突、异物侵限；造成设备短路触电；损坏运营基础设施，导致行车中断
环境因素	隧道内光照不足、通风不畅；夜间作业能见度低；潮湿环境造成轨面湿滑；施工区域与客运区域临近，运营客流干扰现场作业	作业视线受限引发误操作；人员滑倒受伤；施工与客运相互干扰，增大现场管控难度
管理因素	施工计划审核管控不严；安全技术交底落实不到位；施工单位与运营主体信息传递不顺畅；应急防护用品配备不足，应急预案缺乏实操性	施工方案存在先天风险；作业人员安全认知不足；信息不对称引发误调度；突发状况下无法快速有效处置

3 城市轨道交通运营期施工安全风险评估体系构建

开展运营期施工安全风险评估，需要建立一套完整、适配轨行区天窗施工特点的评估体系，实现风险程度客观判定。（1）风险评估指标选取与权重确定。指标选取依托前文人、设备、环境、管理四类风险源展开，坚持可观测、贴合现场管控需求的原则筛选评价指标，剔除难以量化、脱离施工实际的指标项。指标体系自上而下分为目标层、准则层与指标层，准则层对应人员、设备、环境、管理四大维度，再向下细化具体评价指标。权重计算综合考虑运营单位现场安全管理经验与量化计算方法，合理分配各指标权重，突出机具侵限、人员违章、设施碰撞等对行车安全影响较大指标的权重占比，保障评估结果能够反映现场真实风险水平。（2）风险评估模型构建（定性 + 定量结合）。单纯定性评估主观性较强，纯定量模型又难以适配复杂多变的夜间施工场景，因此采用定性与定量相结合的评估思路。先通过定性分析完成风险初步研判，依托现场管理人员经验识别突出隐患；再引入量化计算方法对各项指标打分，将主观经验数据转化为量化数值，整合运算得到综合风险评价值。该模式兼顾理论计算与工程经验，减少单一评估方式带来的偏差，适用于多类型改造、维保类轨行区施工作业。（3）风险等级划分与分级判定标准。结合轨道交通行业现行安全管理要求，根据综合评估得分划定风险等级，一般划分为重大风险、较大风险、一般风险、低风险四个等级，并明确各等级对应的分值区间。同时制定分级管控要求，针对不同等级风险匹配相应管控措施，重大风险施工项目须落实专项方案、强化现场监护；较大风险作业严格执行天窗作业防护流程；一般及低风险作业做好常规隐患巡查，依靠分级判定标准实现风险差异化管控，为后续风险控制措施制定提供依据。

4 城市轨道交通运营期施工安全风险精准控制方法

4.1 分级分类差异化风险管控方法

运营期轨行区施工项目类型复杂、风险水平不一，采用统一管控模式难以实现精准治理。依托前文风险评估结论，按照重大、较大、一般、低风险实施分级管控，结合作业区域划分类别开展分类管理，管控逻辑如图 4-1 所示。（1）重大风险作业执行专项方案与全过程旁站监护；（2）较大风险作业严格落实双人防护；（3）一般风险作业强化现场交底与巡查；（4）低风险作业开展常态化自查。同时区分轨行区、站台、设备房作业管控重点，向高风险项目倾斜安全管理资源，优化管控资源配置效率。

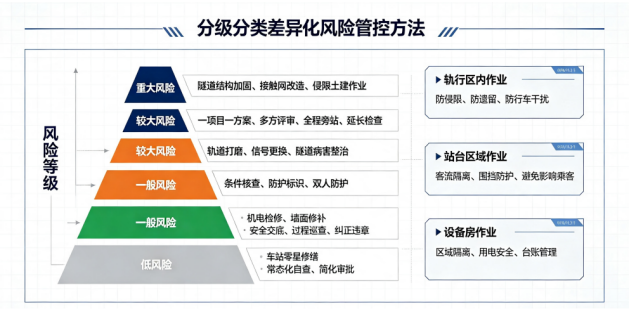

图 4-1 运营期施工分级分类差异化风险管控逻辑图

4.2 施工全过程动态风险防控技术方法

运营期施工集中在夜间天窗时段，作业工序连续、现场条件随时变化，静态风险管控手段无法适应现场工况，必须构建覆盖施工筹备、现场作业、完工销点全流程的动态防控体系。（1）施工筹备阶段动态预判风险。收到施工计划后，结合近期线路运营状况、天气条件、相邻施工安排重新辨识风险，若出现作业交叉、设备状

态不良等情况，及时调整施工时段或者优化施工工序，从源头减少风险叠加。（2）天窗作业期间动态隐患排查。作业人员按照工序推进持续开展自查，现场监护人员定时巡查作业范围，一旦发现机具摆放偏移、防护设施移位、人员违规行为，第一时间叫停作业进行整改。对于多班组交叉施工区域，建立班组互查机制，消除管理盲区。（3）工序转换节点风险复核。在机具吊装、临时用电搭接、大型设备移动等关键工序转换位置增设检查节点，确认防护措施到位后方可开展下一工序施工。（4）施工结束销点前全面核查。严格执行线路清场制度，分区清点工具、材料，检查轨道范围内有无遗留杂物，确认施工机具全部撤出限界，接触网、信号设备恢复正常状态，完成各项核查内容才能办理销点手续。全过程动态管控打破“重审批、轻过程”的传统管理模式，实现风险随施工进度持续受控[3]。

4.3 人员、设备、环境全方位安全管控措施

结合人、设备、环境三类现场风险要素，制定针对性管控手段，补齐现场安全管理短板。人员管控方面：（1）完善作业人员准入管理，所有进入轨行区人员必须完成安全培训并考核合格，熟悉行车防护、应急逃生相关要求；定期组织天窗施工安全警示教育，重点讲解侵限、物体遗留等典型事故案例。（2）规范夜间作业作息安排，合理划分作业班次，杜绝长时间连续作业引发疲劳操作；明确现场监护人岗位职责，禁止监护人员同步参与施工作业，保证监护力量有效在岗。

设备管控方面：（1）施工机具进场开展状态检查，不合格机具禁止带入轨行区；大型机械设备划定固定停放区域，做好防滑移、防倾倒措施，严格控制机具活动边界，防止侵入限界。（2）规范临时用电布设，线缆做好防护避免碾压破损，作业结束及时切断电源；小型工具统一使用工具袋收纳，建立物料出入登记台账，防止零件遗落线路。

环境管控方面：（1）隧道内根据作业长度增设临时照明设备，改善作业视线，保持隧道通风设备正常运行；潮湿天气及时清理轨面积水，铺设防滑垫降低滑倒风险。（2）合理划分施工隔离区域，采用硬质围挡分隔施工区域与客运通道，避免乘客误入作业范围；遇暴雨、极端天气等不利条件，及时评估作业可行性，必要时申请取消或延后施工。

4.4 信息化、智能化风险预警与管控方法

传统依靠人工巡查的管控方式存在信息传递滞后、隐患发现不及时等问题，借助信息化与智能化手段，能够推动风险管控由事后处置转向事前预警。（1）搭建施工信息化管理平台，统一管理施工申报、方案审核、天窗下达、作业监护、销点归档全流程资料。运营管理人员可在线查看当日全部施工计划，掌握各作业地点、施工内容与风险等级，实现多项目统筹监管，减少施工冲突、信息沟通不畅等问题。（2）推广视频监控、轨道巡检终端等智能化设备，在重点施工区段布设监控点位，远程实时掌握现场作业情况，远距离识别人员违章、机具越界等隐患，弥补人工巡查范围有限的不足。（3）建立风险预警机制，将高频隐患、重大风险情形录入系统，当同一区域多次出现同类违章作业时自动触发预警，督促管理单位开展专项整治。（4）运用移动终端实现现场隐患闭环管理，监护人员发现安全问题可实时上传隐患位置、问题照片，明确整改责任人与整改时限，整改完成复核销项，形成线上闭环管控链条。长远来看，智能化管控手段能够打通运营调度、施工管理、现场作业之间的信息壁垒，持续降低人为疏漏带来的安全风险，为运营期施工安全稳定提供技术支撑[4]。

结束语：本文完成了城市轨道交通运营期施工风险基础理论梳理、风险源识别、风险评估体系构建及精准管控方法研究，形成了适配现场的全流程安全管控体系。明确了四类核心风险源的危害特征，建立了分级量化评估标准，从差异化管控、动态防控、现场治理、智能预警多维度完善管控措施。研究有效弥补了传统粗放式管理的短板，能够精准防控运营期施工安全风险。

参考文献

[1] 王清凌, 陆莹, 吕晓峰, 等. 基于多源信息融合的城市轨道交通施工安全风险评价 [J]. 吉林建筑大学学报,2025,42(4):1-10.

[2] 林万强. 城市轨道交通工程施工安全生产精细化管理方法分析 [J]. 工程与建设,2025,39(6):1463-1465.

[3] 李战伟, 周靖晗, 胡胜男. 城市轨道交通运营期施工安全风险控制方法研究 [J]. 时代汽车,2026,(5):181-183.

[4] 张军. 城市轨道交通不停运“无感”施工监理控制 [J]. 建设监理,2025,(7):55-57+62.