

市政道路施工现场安全管理技术研究

张琳琳

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 市政道路工程作为城市基础设施的核心组成,其施工现场安全管理直接关系到人员生命财产与城市运行秩序。当前市政道路施工面临环境复杂、流程特殊、参与主体多元等挑战,传统管理模式难以应对动态安全风险。本文通过分析施工现场安全管理特性,构建多维度风险识别与评估体系,系统阐述人员、设备、环境及数字化平台等核心安全管理技术,并展望智慧化、绿色化等发展趋势。研究旨在形成科学的安全管理技术框架,提升市政道路施工现场安全管控效能,为工程安全高效推进提供理论与实践支撑。

关键词: 市政道路; 施工现场; 安全管理

引言:城市的高速发展离不开市政道路工程的有力支撑,作为城市基础设施的关键部分,施工安全至关重要。在此背景下,探索科学有效的安全管理技术成为保障工程顺利推进的迫切需求。本文聚焦市政道路施工现场安全管理技术,深入剖析其特性,构建风险评估体系,阐述核心技术,并展望发展趋势,为提升安全管理水平提供参考。

1 市政道路施工现场安全管理特性分析

1.1 施工环境复杂性

市政道路施工多位于城市建成区,环境复杂性贯穿施工全周期。空间上,施工区域常与现有交通路网重叠,需在保障车辆通行的同时开展作业,临时交通疏导形成动态安全隐患。地质条件呈现显著差异,城市中心区域地下管线密集,涵盖给排水、燃气、电力等多类管线,开挖作业易引发管线破损事故;郊区路段则可能面临软土地基、岩溶发育等地质问题,增加基坑支护与路基施工风险。气候环境影响同样突出,高温、暴雨、台风等极端天气不仅降低作业人员专注力,还可能导致路基塌陷、临时设施垮塌等安全事故,进一步加剧环境管控难度。

1.2 作业流程特殊性

市政道路施工流程呈现多工序交叉、连续作业的特殊性,各环节安全风险相互关联传导。从施工时序看,土方开挖、路基压实、管线迁改、路面摊铺等工序衔接紧密,前道工序质量缺陷会直接引发后续安全问题,如路基压实度不足易导致后期路面沉降开裂。作业方式上,大型机械应用密集,挖掘机、压路机、摊铺机等设备在有限空间内协同作业,设备碰撞、机械伤害风险高发^[1]。部分工序存在刚性时间约束,如沥青摊铺需在特定温度区间完成,易出现夜间连续作业情况,人员疲劳作

业进一步放大安全风险,形成“流程衔接-设备协同-时间约束”的多重安全挑战。

1.3 参与主体多元性

市政道路施工涉及多主体协同,利益诉求差异导致安全管理责任边界易模糊。核心参与主体包括建设单位、施工总承包单位、专业分包单位(如管线施工、交通疏导分包)、监理单位及设备租赁方等,各主体安全管理标准与能力参差不齐。分包单位作业人员流动性大,部分农民工安全意识薄弱、操作技能不规范,且岗前培训流于形式,成为安全管理薄弱环节。多主体间存在信息传递壁垒,施工方案变更、风险预警等信息无法及时同步,如监理单位发现的安全隐患未能快速反馈至施工班组,建设单位的安全要求难以有效落实,形成“多头管理、责任分散”的管理困境。

2 市政道路施工现场安全风险识别与评估体系

2.1 安全风险识别维度与方法

安全风险识别需覆盖“人、机、环、管”四大核心维度,采用多方法协同提升识别全面性。人员维度聚焦作业人员安全意识与行为,识别违章操作、疲劳作业、技能不足等风险;设备维度针对施工机械与安全防护设施,排查设备老化、维护缺失、防护装置失效等问题;环境维度关注地质条件、气候因素、周边干扰等外部风险;管理维度则聚焦制度缺陷、责任落实不到位、应急机制缺失等管理漏洞。识别方法上,结合专家访谈法邀请一线技术员与安全工程师梳理风险点,运用故障树分析法拆解坍塌、机械伤害等典型事故成因,配合现场观察法动态捕捉施工过程中的实时风险,形成全维度风险清单。

2.2 安全风险评估指标体系构建

遵循科学性、系统性与可操作性原则,构建层级化

风险评估指标体系。一级指标设为人员安全、设备安全、环境安全、管理安全四大模块，各模块下细分二级指标：人员安全包含培训合格率、违章率、特种作业人员持证率等；设备安全涵盖设备完好率、定期检测率、故障处理及时率等；环境安全涉及地质风险等级、气象预警等级、周边管线密集度等；管理安全包括制度完善度、隐患整改率、应急物资储备量等。指标数据通过施工现场巡查记录、设备管理台账、培训档案等渠道获取，确保数据真实可追溯，为风险量化评估提供可靠依据^[2]。

2.3 风险评估模型与等级划分

采用模糊综合评价法构建风险评估模型，实现风险的量化分析。首先通过层次分析法确定各指标权重，结合熵权法修正主观偏差，提升权重分配科学性；随后构建模糊评价矩阵，组织安全专家对各指标风险等级进行评分，将定性评价转化为定量数据；最后通过矩阵运算得出综合风险值。基于综合风险值将风险划分为三级：高风险（风险值 ≥ 0.7 ）需立即停工整改，如燃气管道附近违规开挖、大型机械无防护作业；中风险（ $0.3 \leq$ 风险值 < 0.7 ）需制定专项管控措施，如作业人员未按规定佩戴安全帽、设备轻微故障；低风险（风险值 < 0.3 ）实施常规监管，如临时围挡轻微破损，形成差异化风险管控策略。

3 市政道路施工现场安全管理核心技术体系

3.1 人员安全管理技术

人员安全管理技术以“主动预防+实时管控”为核心，构建全流程安全保障体系。安全培训环节引入VR虚拟仿真技术，搭建基坑坍塌、机械碰撞等危险场景模拟系统，让作业人员在沉浸式体验中掌握应急处置技能，培训考核通过率提升至95%以上。作业过程中推广智能安全帽应用，内置GPS定位、声光报警与生命体征监测模块，当人员进入高风险区域或出现脱帽行为时，系统立即触发现场报警并推送信息至管理人员。结合AI视频分析技术，在施工现场关键点安装智能摄像头，自动识别未系安全带、违规跨越护栏等危险行为，识别准确率达98%，实现人员安全风险的实时预警与快速处置。

3.2 施工设备安全管理技术

施工设备安全管理技术聚焦设备全生命周期，通过智能化监测与信息化管控提升设备运行安全性。在设备接入环节，为挖掘机、压路机、摊铺机等施工机械安装智能监测终端，实时采集设备运行参数，包括发动机转速、液压系统压力、制动性能、工作时长等数据，通过5G网络传输至管理平台。平台内置设备故障预警模型，当监测数据超出正常范围时，自动生成故障预警信息，

明确故障类型与位置，提醒维修人员及时处理，避免设备“带病运行”。针对塔式起重机、门式起重机等特种设备，采用视频监控与倾角传感器结合的技术，实时监测设备吊装角度、起重量等参数，防止超载、超限作业。建立设备管理数字化档案，记录设备采购信息、检测报告、维修记录、报废年限等内容，实现设备从进场到退场的全流程管控^[3]。同时，开发设备调度优化系统，结合施工进度与设备状态，合理安排设备作业时间，避免设备过度使用导致的安全隐患，提升设备使用效率与安全性。

3.3 施工环境与工序安全管理技术

施工环境与工序安全管理技术通过多维度感知与精准管控，化解环境与工序叠加风险。在施工环境监测方面，布设扬尘、噪声、温湿度等环境传感器，结合视频监控系統，实时采集施工现场环境数据，当扬尘浓度超标时，自动联动雾炮机开启降尘；针对基坑、边坡等关键区域，安装位移传感器、沉降观测仪，实时监测结构变形数据，数据异常时立即触发预警，为边坡加固、基坑支护调整提供依据。地下管线保护采用探地雷达与GIS地理信息系统结合的技术，提前探明地下管线位置、走向与埋深，在施工图纸上精准标注，施工过程中通过定位技术实时比对机械作业位置与管线位置，避免管线破坏。工序安全管理中，引入BIM技术构建施工全过程模型，模拟各工序交叉作业场景，提前优化施工方案，规避工序冲突风险；针对临时用电环节，采用智能电表与漏电保护器，实时监测用电负荷与漏电情况，发现过载或漏电时自动断电，防止触电事故发生。通过环境与工序的协同监测，实现安全风险的提前防控。

3.4 安全管理数字化平台构建

安全管理数字化平台是核心技术体系的中枢，实现各维度安全数据的整合与高效利用。平台采用“云-边-端”架构，终端设备包括智能安全帽、设备监测终端、环境传感器等，负责数据采集；边缘节点部署在施工现场，实现数据的实时处理与本地预警；云端平台承担数据存储、深度分析与全局管控功能。平台核心功能模块包括人员管理、设备管理、隐患排查、风险评估、应急处置等，人员管理模块可实时查看人员位置与作业状态，设备管理模块监控设备运行参数与故障信息，隐患排查模块支持管理人员通过移动端上传隐患照片与整改要求，实现隐患整改的闭环管理。风险评估模块自动汇总各维度数据，结合评估模型生成风险等级报告，为管理决策提供数据支撑；应急处置模块整合应急资源信息，如应急救援队伍、物资存放位置等，发生突发事件

时自动生成应急处置方案,推送至相关人员终端。平台还支持与建设单位、监理单位及监管部门的数据共享,实现安全管理的协同联动,提升整体管控效能。

4 市政道路施工现场安全管理技术发展趋势

4.1 智慧化升级

智慧化升级是市政道路施工现场安全管理技术的核心方向,借助前沿技术实现精准化与自动化管理。人工智能深度应用推动风险识别从人工判断转向智能感知,计算机视觉算法可自动识别违章行为、设备异常,大幅提升识别准确率与响应速度。数字孪生技术构建施工现场虚拟镜像,全要素数字化映射施工过程,通过虚拟仿真模拟不同方案的安全风险,提前优化施工组织。5G全面覆盖保障多设备协同与数据实时传输,支持无人施工设备远程操控,如无人摊铺机、压路机可在高危区域自主作业,减少人员暴露风险。此外,智慧化升级实现预测性维护,通过大数据分析设备运行规律与故障趋势,提前制定维修计划,从“事后维修”转向“事前预防”,结合智慧消防系统实现火灾隐患早期识别与自动报警,推动安全管理模式变革。

4.2 绿色安全融合

绿色安全融合是市政道路施工安全管理新趋势,深度融合安全管理与绿色施工理念,实现协同发展。材料应用上,推广环保型安全防护材料,如可降解安全网、再生材料临时围挡,减少废弃物对环境的影响,同时满足高强度、防冲击等安全要求。施工设备向低排放、低噪声升级,采用电动挖掘机、新能源工程车辆,降低大气污染与噪声干扰,保护环境与作业人员健康。绿色安全融合还体现在施工环境协同管控,将扬尘、噪声等环境指标纳入安全风险评估体系,智能监测系统联动分析环境与安全数据,超标时同步启动治理措施与安全评估,如大风天暂停高空作业^[4]。另外,节能减排措施如优化流程减少设备空转,降低设备损耗,间接提升运行安全性,形成安全与绿色良性互动。

4.3 标准化与模块化

标准化与模块化发展将提升市政道路施工现场安全管理技术的通用性与可操作性,推动安全管理的规范化发展。安全管理技术标准化体现在制定统一的技术标准

与规范,包括智能设备接入标准、数据传输协议、风险评估指标体系等,确保不同施工项目、不同设备之间的数据互通与兼容,避免技术应用的碎片化。例如,统一智能安全帽的定位精度标准与报警阈值,使设备在不同项目中均可稳定发挥作用;制定隐患排查标准流程,明确隐患分类、上报时限与整改要求,确保隐患管理的规范性。模块化发展则是将安全管理技术拆解为独立功能模块,如人员定位模块、设备监测模块、环境感知模块等,施工单位可根据项目规模、施工难度与安全需求,灵活组合模块形成个性化安全管理方案。这种模式既降低了技术应用门槛,又便于后期技术升级与维护,如新增新能源设备管理需求时,可直接接入对应的设备监测模块,无需重构整个系统。标准化与模块化结合,将推动安全管理技术在行业内的快速普及与高效应用。

结束语

市政道路施工现场安全管理是保障工程顺利推进的核心环节,其复杂性与特殊性决定了必须依靠技术创新提升管控效能。本文通过分析施工安全管理特性,构建了多维度风险评估体系,系统阐述了人员、设备、环境及数字化平台等核心安全管理技术,为施工现场安全管控提供了全面解决方案。未来,随着智慧化、绿色化、标准化技术的不断发展,市政道路施工安全管理将实现从“被动应对”向“主动预防”、从“经验管理”向“数据驱动”的转变。推动这些技术的落地应用,需要企业、政府与科研机构协同发力,完善技术标准、强化人才培养、加大研发投入,共同提升市政道路施工安全管理水平,为城市基础设施建设提供坚实的安全保障。

参考文献

- [1]王洋,刘翔.市政道路施工现场安全管理技术研究[J].广东建材,2025,41(7):152-155.
- [2]郑忠华.市政道路工程施工现场技术管理研究[J].工程建设与设计,2021(22):220-222.
- [3]王友祥,胡全.现场施工技术在市政道路桥梁施工中的应用研究[J].建筑与施工,2025,4(14):52-53.
- [4]安淑珍.市政道路工程施工现场安全管理系统分析[J].建筑·建材·装饰,2025(14):10-12.