

公路工程项目施工安全风险识别与防控研究

彭光瑞

阿拉善盟交通运输事业发展中心宗别立公路养护工区 内蒙古 阿拉善 750306

摘 要:公路工程施工环境复杂、工序繁杂、不确定性因素多,安全风险隐患贯穿施工全周期,极易引发各类安全事故。本文以公路施工安全风险理论为基础,系统梳理人员、设备、环境、管理四大类施工风险,针对性识别路基、路面、桥涵隧道关键工序安全隐患,剖析风险核心成因。从多维防控、分级管控、智能赋能、机制保障四方面制定防控策略,旨在精准化解施工安全风险,提升公路工程施工安全管理规范化、智能化水平。

关键词:公路工程项目;施工安全;风险识别;防控

引言:公路工程是交通基础设施建设的核心组成部分,施工场景露天流动、交叉工序多、高危作业集中,受自然环境与人为因素影响显著,安全事故频发,严重制约工程建设质量与进度。当前多数项目安全管控存在隐患识别不精准、防控措施同质化、管理体系不完善等问题。为破解施工安全管控难题,本文依托风险管控相关理论,全面排查施工各类安全风险、深挖问题根源,探索科学高效的风险防控体系,为公路工程施工安全管控提供实践参考。

1 公路工程项目施工安全风险相关理论基础

1.1 公路工程施工安全核心概念

(1) 公路工程施工特点。公路工程施工具有显著的露天作业特征,施工场域开放,受气象条件直接影响;同时呈现流动性强、工序繁杂等特点,作业面随工程进度不断转移,路基、路面、桥隧等工序交叉并行,管理跨度大。此外,高空及地下作业环节多,大型机械设备密集运转,致使施工过程不确定因素复杂交织。(2) 施工安全风险定义。公路施工安全风险是指从施工准备至交工验收的全周期内,因人的不安全行为、物的不安全状态、管理缺陷及环境突变等不确定因素叠加,引发安全事故,造成人员伤亡、工期延误或经济损失的可能性。其本质是事故发生概率与后果严重程度的综合度量,须纳入系统化管控范畴。

1.2 安全风险管控基础理论

(1) 事故致因理论。该理论用于揭示事故发生的内在规律。核心模型包括多米诺骨牌理论,强调事故是一连串因果事件依次触发的结果,阻断任一中间环节即可切断事故链条;人因失误理论则关注操作者认知判断偏差与行为失误的致因机制,为预防人为事故提供分析框

架。(2) 风险分级管控理论。该理论遵循风险识别、风险评估、风险分级、风险管控的闭环逻辑。实施原则为:根据评估结果对风险进行等级划分,针对不同等级匹配相应的管控资源与措施,实现差异化、精准化治理,确保有限资源优先防控重大风险。

1.3 公路施工风险识别与评估方法

(1) 常用风险识别方法。现场排查法适用于日常巡查,能直观发现显性隐患;德尔菲法借助专家背对背征询,用于缺乏统计数据的复杂风险识别;故障树分析法通过演绎推理追溯事故根源,适合深层次致因分析;清单分析法依据既有规范逐项对照检查,适用于结构化风险因素普查^[1]。(2) 风险评估分级标准。公路施工安全风险按后果严重程度与发生概率综合判定,划分为一般、较大、重大、特大四个等级。其中,一般风险指可能导致轻微伤害或较小财产损失;较大风险可能造成多人受伤或一定经济损失;重大风险可能导致人员死亡或重大财产损失;特大风险则可能引发群死群伤或灾难性后果,须立即停工整改。

2 公路工程项目施工安全风险识别及成因分析

2.1 施工安全风险分类识别

(1) 人员风险。主要体现为施工人员专业素养参差不齐,部分一线作业人员安全意识薄弱,对操作规程理解不到位,习惯性违规行为频发。同时,长时间高强度的连续作业易引发疲劳施工,导致反应迟钝、判断失误;特种作业人员无证上岗现象时有发生,尤其在电焊、起重、爆破等关键岗位,持证率不足将直接构成重大隐患。(2) 设备机械风险。突出表现为施工机械老化严重、关键部件磨损超限,设备故障率随使用年限增加而上升;日常检修保养体系不健全,带病作业、超

负荷运转问题突出。此外,特种设备未按规定检验即投入使用,多台机械在同一作业面交叉施工时缺乏统一调度,碰撞、刮擦等事故风险显著升高。(3)环境风险。涵盖自然环境和作业环境两个层面。自然环境方面,暴雨导致基坑积水浸泡边坡,大风威胁高空作业安全,高温引发人员中暑及设备过热,低温造成路面结冰和材料性能下降,地质滑坡等地质灾害更具突发性和破坏力。作业环境方面,施工现场场地杂乱,物料随意堆放、临边防护缺失,进一步恶化安全条件^[2]。(4)管理风险。核心在于安全管理体系运行有效性不足,表现为安全管理制度照搬照抄、与现场实际脱节,安全教育培训流于形式、未能覆盖全员全工序,现场巡查监管缺位导致违章行为得不到及时纠正,应急预案缺乏针对性和可操作性,安全责任逐级衰减、岗位职责模糊不清。

2.2 关键施工工序专项风险识别

(1)路基施工风险。路基开挖、填筑与压实环节中,高边坡开挖面受地质结构及降雨入渗影响,易发生边坡坍塌、土方滑落事故;大型推土机、压路机、挖掘机密集作业,机械回转半径内人员易被碰撞或碾压,存在严重的机械伤害风险。(2)路面施工风险。沥青摊铺过程中,高温沥青混合料温度达150℃以上,操作人员若防护不当易造成严重烫伤;水泥混凝土浇筑振捣作业中,机械旋转部件易卷入操作者肢体;路面切割产生的粉尘浓度超标,长期吸入损害作业人员呼吸系统健康,同时切割锯片碎裂飞溅亦构成物理伤害风险^[3]。(3)桥涵隧道施工风险。桥梁施工涉及大量高空作业,墩柱施工、梁板架设、挂篮悬浇等工序面临高处坠落和物体打击的双重威胁,支架模板搭设不规范易引发支撑体系坍塌。隧道施工中,开挖面地质条件复杂多变,穿越溶洞或断裂带时易发生大规模坍塌,地下承压水突涌透水事故亦时有发生,安全风险等级极高。

2.3 施工安全风险核心成因分析

(1)人为因素成因。一线施工人员安全认知水平有限,对作业环境中潜在危害辨识能力不足,安全操作规范执行不到位;管理层履职尽责不充分,重进度轻安全的思想惯性仍然存在,侥幸心理较为普遍,对微小隐患和违章行为熟视无睹,错失最佳干预时机。(2)设备物料成因。施工设备日常维保体系不健全,维修记录不完整,故障预警机制缺失;安全防护设施配备不齐或失效后未及时更换;施工材料随意堆放,堵塞应急通道且增加物体打击风险;部分项目为压缩成本,老旧机械设备超期服役、超年限使用,系统可靠性严重下降。(3)制度管理成因。安全管控体系运行质量不高,部分制度停

留于纸面而未融入生产实际,风险排查走过场、覆盖不全面;安全培训内容与岗位脱节,缺乏针对不同工种、不同工序的差异化教育;应急处置机制响应缓慢,应急物资储备不足,导致事态扩大。(4)环境客观成因。公路工程沿线地质地貌条件复杂,野外施工作业面分散,极端天气突发性强、预测难度大,高温、冰冻、强风等恶劣气候频繁干扰正常作业秩序,客观上显著加剧了施工安全管控的复杂性与不确定性。

3 公路工程项目施工安全风险防控策略与实施保障

3.1 全方位风险防控体系构建

(1)人员安全防控。健全完善岗前培训、持证上岗与常态化安全教育三维联动机制,实行“入场三级教育+工序专项交底+定期轮训复训”的培训体系,针对不同工种、不同工序制定差异化培训内容,确保特种作业人员100%持有效证件上岗;推行班前安全交底和班后总结制度,将安全责任意识内化为施工人员的自觉行为,通过典型案例警示教育、违章行为公示通报等方式,持续强化全员安全底线思维,系统规范各岗位作业行为,从源头减少人的不安全行为发生频率。(2)设备物料防控。建立覆盖设备采购、使用、维修、报废全生命周期的维保管理制度,实行机械设备“一机一档”台账管理,明确每台设备的巡检周期和责任人,定期开展关键部件检测检定,严禁设备带病运转和超负荷使用;同时规范施工物料分区分类堆放,保证消防通道和应急通道畅通,配齐临边防护、安全网、警示标志等防护设施并定期检查更换,确保防护效能始终达标,消除物料环节的潜在隐患^[4]。(3)施工现场防控。落实分区标准化施工要求,科学划分作业区、材料区和通行区,做好边坡稳定性监测与加固、基坑支护与排水、高空作业临边防护及安全带佩戴等关键防护措施,实时采集现场风速、温度、降雨量等环境数据,建立环境风险阈值预警机制,遇恶劣天气及时启动响应,确保现场防护与动态监测同步到位,实现施工全区域、全时段可控。

3.2 分级分类精准防控措施

(1)一般风险常态化管理。建立日常巡查与专项排查相结合的常态化工作机制,明确巡查路线、检查标准和整改流程,对一般风险点实施台账化管理,做到隐患发现一处、登记一处、整改一处、销号一处,形成完整的闭环整改链条,定期汇总分析隐患数据,识别高频问题并制定预防措施,严防常规性、多发性安全隐患逐渐累积升级为较高等级风险。(2)较大风险重点管控。对评估确定的较大风险点,逐项明确专项管控责任人和技术负责人,编制针对性专项施工方案并经专家论证,强

化现场旁站监督和全过程视频记录,严格控制作业人数和作业时长,对关键工序实施逐级验收签认,确保各项技术措施和安全条件在施工前全部到位后方可实施,全过程留存管理痕迹以备追溯审查。(3)重大风险专项管控。对构成重大风险的高危作业工序,一律先行暂停施工,由项目主要负责人牵头组织专项风险评估和方案论证,落实多重冗余防护措施并配备紧急避险设施,制定专项应急预案并组织实战演练,同时上报主管部门备案,经审查确认风险降至可控范围后方可复工,坚决杜绝冒险蛮干行为,确保重大风险始终处于受控状态^[5]。

3.3 智能化防控技术应用

(1)智能监测技术。在高边坡、深基坑、大型支架等重点部位部署位移计、应力传感器、渗压计等在线监测设备,在起重机械、架桥机等大型设备上安装运行状态传感器,实时采集变形、载荷、倾角等关键参数,利用物联网技术将数据无线传输至监控中心,一旦超限即刻触发多级预警,变被动事后处置为主动超前干预,大幅提升风险感知的灵敏度和时效性。(2)信息化管控平台。搭建集风险分级管控、隐患排查治理、安全教育培训、应急指挥调度于一体的施工安全信息化管理系统,实现风险数据库动态更新、整改任务自动派发、培训记录电子存档、应急资源实时可视,各管理层级通过平台共享安全信息,有效打破数据壁垒,支持移动端现场取证、在线审批和整改追踪,显著提升安全管理整体协同效率和闭环响应速度。(3)视频智能监控预警。在制高点、作业面、出入口等关键位置部署AI视频监控终端,利用图像识别算法自动检测作业人员安全帽佩戴、安全带系挂、临边防护状态及起重臂下站人等违规行为,识别后即时抓拍并现场语音报警,同步推送预警信息至管理人员终端,实现全天候智能巡检与即时干预,有效弥补人工巡查的时间盲区和覆盖空白。

3.4 风险防控实施保障机制

(1)制度保障。修订完善施工安全管理制度体系,细化各层级、各岗位的安全职责清单和工作标准,建立风险管控绩效考核与隐患问责追责联动机制,将安全履职情况纳入年度考核硬性指标,实行安全事故和重大隐

患一票否决,构建“制度管人、流程管事、考核促效”的长效机制,以制度刚性倒逼各级责任精准落实。(2)人员保障。组建由注册安全工程师、专职安全员和技术骨干构成的专业安全管理团队,明确团队各成员的职责分工和协同流程,定期开展管理人员法规政策培训、技术人员标准规范培训和一线工人操作技能培训,每季度至少组织一次综合性安全应急演练,持续提升全员风险辨识、应急处置和自救互救能力,确保关键岗位人员素质过硬、反应迅速。(3)物资资金保障。按工程造价的一定比例专项拨付安全生产费用,实行专款专用、独立核算,优先保障安全防护用品、监测检测设备、应急救援器材的采购更新与日常维护,建立应急物资储备动态补充机制,定期盘点清查、及时补充更新,确保关键时刻调得出、用得上,为防控措施落地提供坚实的物质基础和资金支撑。

结束语

本文系统完成公路工程施工安全风险的识别、分类与成因分析,结合工程施工实际,构建了全方位、分级化、智能化的安全风险防控体系,配套完善制度、人员、物资多重保障机制。研究明确了各施工环节核心安全隐患及管控重点,有效解决了传统安全管理粗放、防控滞后等问题。可为公路工程项目现场安全管控提供实操依据,也为同类交通建设工程安全风险治理提供借鉴思路。

参考文献

- [1] 陈明,李建辉.山区公路工程施工安全风险致因及防控机制研究[J].中外公路,2023,43(04):210-215.
- [2] 刘畅.公路施工重大安全风险辨识与防控措施研究[J].工程技术研究,2024,9(24):146-148.
- [3] 王强.公路工程施工现场安全风险分级管控与隐患治理[J].交通世界,2025,18(08):122-124.
- [4] 谭立.公路工程施工中的安全管理和风险控制研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(06):89-92.
- [5] 梁治文.公路工程施工安全风险识别及精细化防控策略[J].建材发展导向,2024,22(04):101-103.