

公路工程施工安全风险防控研究

王 艳

新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州奇台县农村公路养护管理站, 新疆 昌吉 831800

[摘要] 公路工程施工环境复杂、流动性大、交叉作业多, 安全风险控制是保证工程顺利进行的重要环节。文中对坍塌、高处坠落、机械伤害等主要安全风险类型进行了系统的梳理, 从技术、管理、人员、环境四个方面分析了风险产生的原因。就目前安全风险识别评价不全面、管理制度执行不到位、人员安全意识差、监测预警体系不完备等状况而言, 给出完善风险识别评价体系、加强现场安全管理、提高安全教育培训水平、创建智能化监测预警等防控手段。创建起全过程多层次的风险防控体系之后, 可以有效地削减公路工程施工安全事故发生率。

[关键词] 公路工程; 施工安全; 风险识别

DOI: 10.64635/ja.2026.1491

中图分类号: U415.12

文献标识码: A

Research on Prevention and Control of Construction Safety Risks in Highway Engineering

Wang Yan

Rural Highway Maintenance Management Station of Qitai County, Changji Hui Autonomous Prefecture,
Xinjiang 831800, China

Abstract: Highway engineering construction is characterized by complex environments, high mobility, and frequent cross operations, making safety risk control an important link in ensuring the smooth progress of projects. This paper systematically reviews major safety risk types such as collapse, falling from height, and mechanical injury, and analyzes the causes of risks from four aspects: technology, management, personnel, and environment. In response to current problems such as incomplete safety risk identification and evaluation, inadequate implementation of management systems, weak safety awareness among personnel, and imperfect monitoring and early warning systems, prevention and control measures are proposed, including improving the risk identification and evaluation system, strengthening on-site safety management, enhancing safety education and training, and establishing intelligent monitoring and early warning mechanisms. After a whole-process and multi-level risk prevention and control system is established, the incidence of construction safety accidents in highway engineering can be effectively reduced.

Keywords: highway engineering; construction safety; risk identification

引言

公路建设属于我国基础设施建设的主要领域之一, 施工规模不断增大, 技术难度也随之提高。同时公路工程施工安全事故时有发生, 造成人员伤亡和财产损失, 影响行业的健康发展。随着我国公路建设向山区、复杂地质条件地区延伸, 桥梁、隧道等高难度工程所占比例越来越大, 施工安全风险防控的要求也越来越高。公路工程施工具有线长面广、露天作业、交叉工序多、大型机械集中等特点, 属于高危行业之一。怎样系统识别施工过程中的安全风险, 科学评价风险等级, 采取有效的防控措施, 已经成为公路工程建设领域急需解决的重要问题。传统的安全管理模式对于复杂施工环境的应对能力有限, 对提升安全监控的效率也存在着一定的不足, 必须依靠新的理念和技

术来创建出更科学、更高效的安全生产风险防控系统。

1 公路工程施工安全风险概述

公路工程施工安全风险是由人员、机械、材料、环境、管理等不确定因素造成的安全事故可能性及后果的组合。公路工程施工线长面广、露天作业、交叉工序多、大型机械集中, 安全风险具有系统性、动态性、环境依赖性强、后果严重等特点, 各个专业的施工互相影响, 风险容易连锁反应, 随着施工的推进, 风险类型和等级会不断变化, 基坑开挖以坍塌为主, 桥梁上部以高处坠落为重, 地质、水文、极端天气等自然因素也会大大增加不确定性, 事故往往造成群死群伤, 损失巨大且社会影响恶劣。有效的安全风险防控要覆盖勘察设计、施工组织、现场作业、应急响应等各个环节。

2 公路工程施工安全风险类型及成因分析

2.1 公路工程施工安全风险主要类型

按照事故致因理论以及近几年的施工安全事故统计，可以将公路工程施工安全风险归纳为以下几类。

（一）坍塌、滑坡风险。后果最严重的是基坑坍塌、隧道冒顶和片帮、高边坡失稳滑坡、支架和模板体系倒塌等。深基坑、高边坡、软弱围岩隧道等工况的风险尤其大。（二）高处坠落风险。桥梁墩柱、盖梁施工，脚手架搭设、拆除，临边洞口作业等均存在此风险。作业高度大于 2 米并且防护措施不到位时，风险会大大增加。（三）机械伤害风险。施工机械种类繁多、数量众多，有起重设备、运输车辆、挖掘机械等。起重吊装事故、场内车辆相撞、旋转部件缠绕进入等也属于此类。（四）物体打击风险。桥梁上部结构施工、隧道喷锚支护、高处物料堆放等环节中，飞石、工具掉下、模板反弹等会引发物体打击事故。（五）车辆伤害风险。施工便道狭窄、视线不良、人车混行等都会造成车辆碰撞、倒车碾压、溜车等事故的发生。（六）触电和火灾爆炸风险。临时用电不规范会造成触电，焊接作业、易燃易爆物品的管理不规范会引发火灾爆炸。（七）环境和职业健康风险。包含隧道粉尘和有毒气体、高温中暑、噪音致听力损伤等。（八）其他风险。包括淹溺、灼烫、爆破伤害等，虽然占比较小但是后果严重。

表 1 公路工程施工主要安全风险类型及典型场景

风险类别	典型事故发生场景	风险等级
坍塌滑坡	深基坑开挖、隧道掘进、高边坡施工	极高
高处坠落	墩柱施工、脚手架作业、临边洞口	高
机械伤害	起重吊装、场内运输、机械操作	高
物体打击	高处堆放、喷锚支护、交叉作业	中高
车辆伤害	施工便道、拌和场站、卸料平台	中
触电火灾	临时用电、焊接作业、油料存储	中
职业健康	隧道掌子面、沥青摊铺、噪声环境	中低

2.2 公路工程施工安全风险形成原因分析

公路工程施工安全风险产生是由多种因素相互影响所造成的，可以从技术、管理、人员、环境四个方面进行系统的分析。（一）技术原因。工程地质和水

文条件勘察不到位，对不良地质体的分布范围、规模和性质认识不清，造成支护方案与现场实际情况不相适应。施工方案不合理或者针对性不强，例如深基坑不分层开挖、隧道支护滞后、高边坡未及时防护等，都会加大坍塌的风险。另外，临时结构设计计算有缺陷，支撑体系搭设不规范也是造成支架倒塌的原因之一。（二）管理原因。缺乏健全的安全生产管理制度或者执行不到位，安全生产责任制不能层层落实到岗位和个人。施工现场安全防护工作混乱、不严密，安全技术交底执行情况不佳，安全隐患排查治理工作流于表面，隐患整改不及时。部分项目只顾着赶工期，缩短合理的工期，安全投入不够，“三同时”制度执行不到位。分包管理混乱，以包代管的现象十分普遍，总包单位对于分包队伍的安全监管不到位。（三）人员方面的原因。一线作业人员的安全意识薄弱，自我保护能力差，“三违”行为时有发生。施工人员流动性大，安全教育培训流于形式，特种作业人员无证上岗现象时有发生。管理人员的安全素质各不一样，项目部安全人员的数量不够，现场的监督力量也欠缺。从业人员的风险辨识能力差，不能对作业环境中的危险因素有敏感的察觉。（四）环境因素。复杂的地质情况比如断层破碎带、岩溶发育区、软土路基等，都会给施工造成不确定因素。极端天气事件频繁发生，暴雨会冲毁施工便道和驻地，高温会影响作业人员的健康，大风会影响高空作业的安全。施工便道条件差、作业空间小、夜间照明不足等，也属于重要的环境致险因素。以上四种因素互相交织、互相影响，单一因素的缺陷一般不会造成事故，但是多种因素的叠加效应大大提高了事故发生的概率。

3 公路工程施工安全风险防控存在的问题

3.1 安全风险识别与评估不够全面

目前部分公路工程项目对于安全风险的识别存在着明显的不足。风险识别大多依靠经验判断，缺少系统化的风险辨识办法和标准的风险识别手段，造成对于潜在风险的排查不彻底、不全面。对复杂地质条件下隧道施工、大型桥梁深水基础等高风险工程的风险识别不到位，不能很好地认识灾害链式效应。风险评价大多使用定性或者半定量的方式进行，评价指标体系的科学性以及针对性存在不足，部分项目的风险评估报告被当作是“编资料、走过场”的形式化成果。风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制没有很好地衔接起来，风险辨识出来的结果不能够转化为现场管控的具体措施。

3.2 安全管理制度落实不到位

虽然大多数公路工程建立了比较完善的安全生产管理制度体系,但是制度执行力不够的问题却普遍存在。安全生产责任制虽然上墙了,但是没有真正落到实处,各个层级、各个岗位的安全责任界限不清,考核制度不健全,问责只是形式上的。安全技术交底制度执行不到位,交底内容针对性不强,不能达到与作业人员技能水平、认知能力的匹配。安全检查制度执行不到位,检查频次低、检查力度小,对查出的问题整改不到位。一些企业为了节约成本而削减安全投入,造成安全防护设施配备不够、劳动保护用品质量不合格。

3.3 施工人员安全意识与技能水平不足

一线作业人员是施工安全风险的直接承受者,安全素养的好坏决定着事故发生的概率。公路工程施工一线作业人员以农民工为主,流动性大,文化程度普遍较低,对于安全知识的接受能力以及理解能力都较低。部分项目的安全教育培训是表面的,缺少对现场实际情况的考虑,“三级教育”流于形式,培训内容与现场实际情况相脱离,作业人员不能真正掌握岗位的安全操作技能和应急处置知识。特种作业人员持证上岗制度执行不到位,一些人员没有经过正规培训就上岗作业。管理人员的安全管理工作水平高低不一,项目经理、专职安全管理人员缺少系统安全知识的学习。

3.4 安全风险监测与预警机制不完善

公路工程施工安全风险是动态的,要形成有效的监测和预警系统。但是目前大部分项目在这方面的能力建设比较落后。高风险工点的监测手段主要是人工巡查,监测频次低、覆盖范围小,不能做到全天候、全方位的风险监控。监测数据缺少系统分析,阈值预警机制不健全,对风险发展趋势的预测能力欠缺。信息传递渠道不通畅,预警信息不能及时传达到一线作业人员,使预警机制的实效性大大降低。应急预案针对性、可操作性差,应急演练形式化,应急物资储备不够充足,应急响应能力有待提高。

4 公路工程施工安全风险防控措施

4.1 建立完善的安全风险识别与评估体系

创建科学系统的风险识别和评价体系,是开展风险防控的前提。首先要创建起标准的风险识别清单,涵盖路基、路面、桥梁、隧道等各个专业方面,确定各个工序环节典型的危险源及其致险机理^[1]。其次,创建多层次风险评价体系,在施工预备阶段实施总体

风险评定,确定项目总体风险级别及控制重点,分部分项工程开工前展开专项风险评定,对高风险工点制订专项施工方案和安全技术措施。采用层次分析法、灰色关联分析等定量评价方法来建立科学合理的风险评价指标体系,从而达到对风险进行量化分级的目的。另外还要创建起风险动态更新机制,按照施工进度和环境变动的情况,定时复评风险级别,立即对管控举措做出调整。最后需要使双重预防机制真正起到作用,即风险辨识、评价、控制、验收闭环的形成。

4.2 强化施工现场安全管理与责任落实

强化现场管理属于风险防控的主要部分。第一,严格落实安全生产责任制,逐级签订安全生产责任书,明确各岗位安全职责及工作标准,建立履职情况与绩效考核挂钩的制度^[2]。第二,加强危险性较大的分部分项工程管理,严格执行专项施工方案的编制、审核、论证、实施和验收程序,保证深基坑、高边坡、隧道、大型模板支撑体系等高风险工程安全技术措施落实到位。第三,规范分包安全管理,把分包队伍纳入总包单位统一管理,禁止以包代管。第四,增加安全投入,保证安全防护设施、劳动保护用品、安全培训教育等费用足额落实。第五,施工设备实行标准化管理,建立设备台账,严格按照定期检验、维护保养制度执行。

4.3 提升施工人员安全教育培训水平

安全教育培训属于提升人员安全素养的手段。创新培训方式,用体验式培训、案例警示教育、多媒体教学等手段,把课堂搬到了施工现场,针对不同的作业环境,对作业人员进行有针对性的安全操作技能培训和应急处置知识培训,提高作业人员本岗位安全操作技能和应急处置知识。第二,建立全员安全培训档案,一人一档,保证持证上岗率 100%,特种作业人员必须经过专门培训考核合格后才能上岗^[3]。再次加强班前安全交底,每天开工前由班组长对作业内容、风险点、防护措施进行交底,形成常态化机制,促使施工人员由“要我安全”转变为“我要安全”。最后加强管理人员的培训工作,提高项目经理、技术负责人、专职安全员专业能力及履职水平。

4.4 构建智能化安全监测与预警机制

智能化技术迅猛发展,给公路工程安全管理工作赋予了新的方法。对高风险工点创建起“人防+技防”相融合的智能化监测预警体系。在隧道施工过程中,设置围岩变形监测系统,对拱顶沉降、周边收敛进行实时监测,并且可以发出超限报警信号。高边坡、深

基坑工程安装位移传感器、应力计组成自动监测系统,对边坡稳定状况实施实时观测。对大型起重设备上起重量、力矩、高度等参数实行实时监测,防止超载运行。利用智能传感器、实时数据处理以及自动控制等手段,可以对施工过程中主要风险因素做实时监控。创建项目级安全风险预警平台,将各个监测子系统数据集集中起来,用大数据分析技术来预测风险发展走向,从而达成分级预警的目的。健全预警信息发布体系,保证预警信息及时传达到现场作业人员手中,启动相应的处置措施。并且定期开展应急演练,检验预案的有效性、队伍的应急反应能力。

5 结语

公路工程施工安全风险防控属于一项繁杂的系统工程,牵涉到技术、管理、人员、环境等诸多方面的综合协调。本文对公路工程施工主要的安全风险类型及成因进行了梳理,并对目前公路工程施工安全风险防控存在的问题进行了分析,提出了完善风险识别评价体系、加强现场管理责任落实、提高安全教育培训水平、建立智能化监测预警机制等风险防控措施。随

着公路建设向更加复杂的地质条件地区延伸,施工安全风险防控难度越来越大。未来要继续推进安全管理同信息化、智能化技术的深度融合,创建起包含施工全过程的动态风险防控体系,持续改善公路工程施工安全管理工作,给公路建设事业的高质量发展赋予有力的安全支撑。

〔参考文献〕

- [1] 张吉军. 公路工程施工中的现场安全问题及管理措施研析讨论[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(6): 165-167.
- [2] 刘兴强. 智能化技术在公路工程安全管理中的应用[J]. 张江科技评论, 2025(1): 103-105.
- [3] 李文, 李欣颖, 杨博煊, 等. 高速公路施工安全精细化管理体系研究[J]. 中国信息界, 2025(6): 168-170.

作者简介: 王艳(1975.09—), 女, 会计学专业, 当前就职于新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州奇台县农村公路养护管理站, 职务是公路专干, 公路工程专业工程师。