

公路工程施工安全风险识别与防控措施研究

谢俊凡

湖北交投鄂南建设管理有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要] 公路工程建筑环境复杂, 危险因素种类繁多, 事故频发。文章针对公路工程建筑的线性排布、流动性强以及露天施工的特点, 对公路建筑施工过程中存在的高空坠落、机械伤害、边坡基坑坍塌、爆破钻孔、交叉干扰、自然灾害等六类主要的安全危险源进行系统的分析; 并提出了从技术和管理以及应急预案以及信息化智能四方面采取有效的防范措施, 希望能给公路建筑工程安全管理提供一定的借鉴作用。

[关键词] 公路工程; 施工安全; 风险识别; 防控措施; 信息化管理

DOI: 10.33142/ect.v4i4.19533

中图分类号: U415.7

文献标识码: A

Research on Safety Risk Identification and Prevention Measures in Highway Engineering Construction

XIE Junfan

Hubei Communications Investment Enan Construction Management Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: The construction environment of highway engineering is complex, with various types of hazardous factors and frequent accidents. The article systematically analyzes six main safety hazards that exist in the construction process of highway engineering buildings, including high-altitude falling, mechanical injury, slope and foundation pit collapse, blasting drilling, cross interference, and natural disasters, based on the characteristics of linear layout, strong fluidity, and outdoor construction; And proposed effective preventive measures from four aspects: technology and management, emergency plans, and information intelligence, hoping to provide some reference for the safety management of highway construction projects.

Keywords: highway engineering; construction safety; risk identification; prevention and control measures; information management

引言

伴随着我国交通运输体系不断发展完善, 公路工程建设规模越来越大, 施工技术也越来越复杂。公路工程施工包括路基、路面、桥梁、隧道等各类构筑物, 施工条件极其复杂, 施工过程中存在许多不确定性的因素以及危险源。近年来公路工程施工事故频发, 给人民的生命财产造成巨大的伤害的同时也给公路工程建设管理者带来新的挑战。所以全面辨识公路工程施工存在的安全风险, 合理采取防范对策, 具有较高的研究意义及实践指导作用。本文基于公路工程的特点, 对各种安全隐患进行剖析, 在此基础上建立多层次的安全防控机制, 以供提高公路工程施工安全管理能力借鉴。

1 公路工程施工特点

公路工程建设属于在地面上延展的线性的人工建筑, 公路施工具有明显的行业特点。公路工程建设属于在地面上延展的线性的人工建筑。因为它的线状特性使得施工流

动性大, 临时工程多, 施工面狭长, 施工组织及管理工作量大并且对于施工企业的员工生活安排造成不便, 在此同时公路建设又存在着造价高、投资大、点多、线长、面广等特点, 工程质量要求高、形成时间长, 户外作业环境变化复杂、不可控因素多, 从技术层面来看, 公路工程的施工流动性强, 施工地点随时变动使得施工队伍随之调动, 增加了现场管理难度。公路线路以及构造物形式会受到地形、地质、水文等地貌因素的影响, 还会因为等级的不同和使用的要求不同而有所区别, 所以工程种类繁多难以统一规定, 需要单独设计, 施工组织也要单独安排。另外公路结构物体积巨大, 在一个地方就需要连续进行数个分部分项工程的施工, 工期较长且连续的土石方工程、桥梁工程等在一定时期内会消耗大量的劳动力以及材料, 因此也使得公路工程的安全管理具有一定的复杂程度以及挑战性, 需要管理人员以及施工人员对各种安全危险都有清醒的认识。

2 公路工程施工主要安全风险分析

2.1 高空作业与坠落风险

高处作业是公路工程中最常见的一种作业方式,在桥梁墩柱施工作业、挂篮悬浇作业以及脚手架搭建过程中尤为明显。公路桥梁施工阶段存在着高处作业多、临时构件繁杂、交叉作业多、隐患点多等特点。高处作业坠落事故主要是由于防护措施不到位、工人违规操作、安全意识薄弱等原因造成^[1]。对于距坠落高度基准面 2m 及以上有可能坠落的高度进行作业时,应选用符合国家标准并适宜当前工作环境的安全带;距离坠落高度基准面 3m 及以上有可能坠落的高度,应在可能发生坠落的部位下方和外侧张挂安全平网和安全立网。但是,在具体的建筑施工现场中往往还存在着脚手架搭建不符合标准、立杆间距过大、模板支撑体系计算荷载不够以及悬空施工作业防护不到位等一系列的安全问题,对建筑施工中的安全造成极大的威胁。

2.2 机械设备作业风险

公路工程建设项目中使用的机械有架桥机、塔吊、压路机、挖掘机、钻机等,不同类型的机械设备都会出现一些不同的危险,例如:机械伤害、设备倾覆、物体打击等。其中的架桥机又是整个桥梁建设工程当中主要的机械设备之一,因此安全性要求非常高,但是架桥机的应用范围狭窄并且技术含量很高,所以在生产、安装、检测等方面对架桥机的研究不够透彻,所以很多生产厂家以及施工单位为了节约成本而不遵守有关的规定标准来组织生产和施工,另外使用过程比较灵活、工作地点变化大、场地条件复杂多变、经常需要进行安装和拆卸等活动,所以使架桥机的安全问题更加严重了。使用时很容易出现各种各样的安全隐患,人员伤亡、设备倾覆事件屡禁不止。除此之外还存在着很多种机械伤害不容小觑,如作业人员接触到转动机械的旋转部分而发生绞、碾、戳等形式的伤害,液压元件或者油管破裂导致的高压液体喷溅造成的人身伤害,工作中的零件破裂弹出伤人等,这些也属于典型的机械伤害形式。

2.3 边坡及基坑坍塌风险

公路工程中高填深挖段以及桥梁深基坑开挖处是易发生坍塌事故的地方。公路沿线高切坡在工程施工期间存在崩塌、失稳滑移、支护变形破坏的风险。其边坡、基坑坍塌的原因较多,除了自然环境方面的影响之外还有设计不合理、支护不到位、排水不畅等因素的影响。高速公路施工阶段,为了确保工程中边坡的安全稳定性就需要对边坡进行开挖支护的监测控制,达到边坡实时预警的目的及信息化施工。但是现场施工中存在边坡开挖坡度过大、基

坑降排水方法错误、支护体系强度不够等情况。一旦出现边坡坍塌或者基坑坍塌的情况,都会带来群死群伤的重大损失,所以应当把边坡及基坑工程列为安全生产工作的重中之重,依靠精准的设计调查、严谨的操作管理和实时监控预警来减少坍塌事故的发生。

2.4 爆破与隧道施工风险

隧道开挖是公路工程中最难也是最危险的一个部分之一,在隧道开挖的过程中围岩原始应力遭到破坏,围岩体结构面的性质、地应力大小及地下水的存在条件等因素都会导致隧道开挖时出现坍塌、突水突泥、岩爆、瓦斯爆炸等突发性地质灾害问题,尤其在有高瓦斯隧道或者岩溶地区时风险更大。开挖过程中岩溶产生的突水、突泥威胁、瓦斯导致的爆炸、窒息等风险都在时刻挑战着施工队伍的智慧和技术水平^[2]。隧道爆破本身就存在一定危险性,装药同时打眼,炸药储存保管不善,爆破警戒不到位都可能导致重大安全事故的发生。对于隧道工程中遇到的不良地质区域,要坚持先治水、短开挖、弱爆破、强支护、早衬砌的原则依次推进,在进行爆破时一定要遵守相关的安全规定,装药及钻孔不能同时进行,爆破器材加工房要设置于离洞口 50m 以外的安全位置内。

2.5 交通干扰与施工交叉风险

对于公路改扩建项目及边通车边施工作业路段来说,交通干扰、施工交叉风险最为严重。这类工程存在着不少难题:一是高风险作业安全控制难,如路基加宽后行人和动物穿越正在行驶的高速公路、桩基开挖影响已有的路基造成台背脱空等问题;二是交叉施工风险大,可能出现涉路作业人员保护不足、大型机械超高度作业进入限界范围以及临时开口路段车辆违章通行发生事故等问题;三是缺少改扩建专项安全管理规范,现行文件缺乏对改扩建“边通车边施工”的特定条件进行规定,安全管理无依据可循。针对这些问题,有一些工程项目创造性地提出了“半幅封闭施工,另半幅单向正常通行”的交通组织改进措施,在既有中央分隔带护栏的作用下使得施工区域和行车车道之间形成了一道天然屏障,车流与施工之间的互相影响几乎杜绝了,车辆行驶和施工现场工作人员的安全程度均有了很大的改善。

2.6 自然环境风险

公路工程项目建设经常都在室外进行,自然因素对于施工安全的影响也不可小觑。表 1 列举了一些主要的自然环境风险及其代表性情景。

如今极端气候事件以及自然灾害发生频率越来越高,在公路项目建设过程中做好灾害预防工作更是难上加难。

高原上空气比平原低得多, 只有其一半左右, 一年当中有将近半年都是八级以上的大风天气, 日夜温差最大达到 25 摄氏度左右, 寒冷的冬季会使机械设备工作效率下降百分之二十到三十不等, 浇筑好的混凝土初凝的时间也大大延长。而在山区进行施工时由于降水集中并且多为暴雨, 会很容易产生滑坡和泥石流等灾害, 再加上施工现场点多线长临时搭建设施众多, 所以防汛防地质灾害的任务也是点多面广、情况错综复杂的难题。自然环境风险的发生具有突然性、危害严重性以及难以全部预见的风险特性, 需要工程承包商做好健全防范措施及应急准备。

表 1 公路工程施工自然环境风险识别

风险类型	典型场景	主要危害	高发区域
恶劣天气	暴雨、大风、暴雪、雷暴	施工中断、设备损坏、人员伤亡	高原、沿海、山区
地质灾害	滑坡、泥石流、崩塌	场地损毁、人员掩埋、工期延误	山区、沟谷地带
极端气温	高温、严寒	人员中暑冻伤、机械效能下降	高原、沙漠、北方地区
水文风险	洪水、地下突水	施工场地淹没、基础工程破坏	河谷、低洼地带

3 公路工程施工安全风险防控措施

3.1 技术性防控措施

科技控制是减少公路工程建设安全生产风险的基本方法, 在高空作业上必须严格设立临边防护栏、安全带挂点及安全平网, 专门制作适合施工现场的安全施工平台, 让工作人员在平台上进行钢筋绑扎、模板安放等工作, 提高工作效率同时增加高空作业的安全感; 而在对边坡工程控制中采取“一坡一设计+分层防护”的安全技术, 根据不同的边坡条件采取不同的支护形式, 如框格锚杆支护、菱形格框式边坡防护系统等, 提高结构的抗变形刚度。对于机械设备来说要遵循“设备进场选型改装+全方位安全条件检查+全过程生产控制”的三个管理环节来保证设备的安全性, 而在隧道工程里利用地质雷达以及进行超前钻孔准确掌握前方地质状况, 在瓦斯治理方面设置有二十四小时不间断监控装置, 采取“短进尺、弱爆破、快支护”等施工措施积极应对各种复杂的地质状况^[3]。另外, 《公路工程施工安全技术规范》(JTG F90-2015) 规定公路工程施工安全生产必须坚持“安全第一, 预防为主, 综合治理”的方针。

3.2 管理性防控措施

管理防护是落实好安全防范措施的重要组织保证。一方面要健全安全生产责任制, 做到全覆盖, 全员参与, 实施安全生产网格化管理, 把管养道路划分为若干个网格区

域并指定专人进行巡视、养护以及应急处理工作等内容, 做到件件有落实、处处有人问; 另一方面要加强教育培训, 通过定期开展学习会、“以案说法”, 现场演练等形式对全体职工进行安全教育, 使每位施工人员都能做到心中有数、主动防范, 由“要我安全”转变为“我要安全”。其次要建立健全多级的安全检查机制, 采用日常巡查、专项检查、每月交叉检查以及第三方每季度全检相结合的方法, 对施工现场悬挂的安全警告牌、围墙保护措施、现场施工人员的行为等进行全面监督, 另外还要严格执行安全生产许可制度, 从审批、审核以及实时监控方面进行把控, 着重审查施工人员资质、机械设备状况等, 保证施工人员、机械设备的安全合规性。

3.3 应急管理 with 事故处理措施

应急管理是安全生产风险管理的最后一关。公路工程建设项目公司应该对可能出现的各种类型的事故进行有效的预防措施来制定合理的应急预案, 有综合应急预案、专项应急预案以及应急处理方案等。应急预案就是根据可能发生的事故, 为了及时有效地开展救援行动进行事前规划的一份行动方案; 应急演习是对应急预案合理性的考察途径之一, 只有经过实战模拟才能够考察出从险情排查到信息上报, 再到应急启动最后实施应急行动的整个过程是否有效, 是否具备可操作性; 在应急资源准备上, 必须准备一定量的应急救援物资和器材, 在施工现场设置报警装置及应急避难场所等, 以保证突发状态下能第一时间进行应急处理。采取创造性地运用了“三防并用、保障安全”的防汛手段^[4], 编织出“人防、技防、物防”三位一体的防汛安全保障体系。一旦灾害发生, 要认真贯彻“四不放过”的原则做好事故的查实处, 在此基础上对事故进行剖析, 吸取教训, 弥补不足, 杜绝此类事故发生。

3.4 信息化与智能化安全管理技术

伴随着信息科技的进步, 信息技术以及智能技术的应用正彻底颠覆着高速公路工程建设安全生产管理的方式方法。以信息化向智能化转变为主导, 构建“预防预防+现场监管+事后处理”三道防护线, 在高速公路安全防范体系中嵌入“智能触觉”, 促使传统的高速公路安全防范体系智能化升级, 实现全方位的安全监控。无人机装配有 AI 智能识别技术能够自动发现工人无佩戴头盔、高空作业无佩戴安全绳等现象; 高频次的动态巡查+视频监控系统形成电子震慑力, 约束施工人员的行为举止; 对高边坡观测而言, 北斗接收机可以实时检测到坡面险情变化, 裂缝测距仪精准到 0.1mm, 做到毫米之差就能监测到山体

的变化。并且,借助智慧工地管理系统,结合 BIM、GIS 等技术形成“虚拟仿真”,在规划设计时就开展了施工预演及隐患排查工作,对安全生产起到预防作用;在应急处置环节,运用 AI 超算中心、无人机巡航、三维激光测量等技术手段,使变形警报由人工逐级上报、拨打电话升级为即时推送、自动集结,大幅度提高应急指挥调度效率。

4 结语

公路工程建设安全生产风险辨识与预防控制是一个庞大的体系,在公路工程建设项目中包含有六大主要的风险,在其中包含了施工特性分析、风险辨识分析、风险控制等方面的内容。在本文针对公路工程建设项目中所存在六个大的方面的主要风险进行了全面系统的整理,并在此基础上提出了四个方面的综合管控对策:一是技术防范;二是管理防范;三是应急防范;四是信息化智能化防范等。实践证明只有把技术方法和管理办法结合起来利用好信息化、智能化技术的作用才能有效的防范公路工程建设项目的安全风险保障施工人员生命安全以及工程质量。展望未来,在人工智能、大数据、物联网等新技术的普及应用

下,公路工程安全生产管理会向着越来越精确化、智能化、系统化的方向前进,以更好地服务于交通强国的发展,为交通强国战略保驾护航。

[参考文献]

[1]张珀淋.建筑工程施工安全管理中风险识别与防控策略探析[J].建设机械技术与管理,2025,38(6):91-93.

[2]单大为.公路工程施工安全风险管理与防控措施[J].汽车画刊,2024(9):200-202.

[3]马志功.公路工程项目风险识别与安全管理策略——评《公路工程施工技术与风险管理研究》[J].安全与环境学报,2026,26(2):821.

[4]夏娟.公路工程路面施工风险及安全管理策略[J].交通世界,2025(23):14-16.

作者简介:谢俊凡(1986—),男,汉族,湖北省武汉市人籍贯荆州,2010年1月毕业于北京交通大学土木工程(公路工程与管理方向)最高学历本科,现主要从事公路桥梁质量安全管理,对安全风险识别和管控措施进行研究。