

公路隧道施工安全风险管理的动态评估与应对策略

马文钊

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路隧道分公司, 四川 成都 610222)

摘要 对公路隧道项目进行科学的风险评估与严格的施工安全管理是保障施工安全的基石。然而, 当前公路隧道施工中存在的管理疏漏与不足, 致使安全事故频发, 给施工人员的生命和财产安全带来了巨大威胁。为了确保施工活动能够安全、有序地进行, 本文基于公路隧道施工安全风险, 分析了施工安全风险管理的动态评估, 并提出了相关的管理措施, 以期提升公路隧道施工安全风险管理的效能提供有益参考。

关键词 公路隧道; 施工安全; 风险管理; 动态评估; 风险预警

中图分类号: U455.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.027

0 引言

公路隧道施工作为现代交通基础设施建设不可或缺的一环, 需要穿越复杂多变的地质结构、面对极端恶劣的作业条件以及满足高难度的施工技术要求, 并且施工期间始终伴随着一系列严峻的安全挑战。公路隧道施工安全风险动态评估就是在公路隧道施工的各个阶段, 对施工现场进行全面、系统且科学的评估, 有效识别潜在的安全隐患, 预测可能发生的安全风险, 从而确保施工过程中人员、设备、材料的安全, 保障施工质量和进度, 有效减少事故的发生, 维护社会的稳定与经济的持续发展^[1]。通过施工安全风险评估, 施工方可以及时掌握施工现场的安全状况, 对潜在的风险因素进行精准识别与评估, 进而采取相应的预防措施, 将安全风险降至最低, 可以提升施工的安全性, 避免因安全事故导致的工期延误和成本增加。

1 公路隧道施工安全风险分析

1.1 人为风险因素

人为因素在公路隧道施工安全风险中尤为关键。施工人员的操作不当、安全意识薄弱、违规作业等行为, 都是引发安全事故的重要原因。例如: 施工人员未按照操作规程进行钻孔、爆破作业, 可能导致围岩损伤加剧, 增加坍塌风险; 忽视个人防护装备的使用, 如在粉尘浓度高的环境中不佩戴口罩, 可能引发职业病^[2]。此外, 管理人员对安全管理的忽视、安全培训不到位等问题, 也会间接增加人为风险。

1.2 环境因素

气候条件、水文条件等自然因素也会对公路隧道施工安全产生较大影响。暴雨、洪水等极端天气事件

可能导致隧道施工区域积水严重, 不仅会影响施工进度, 还可能引发坍塌、涌水等安全事故; 高温、寒冷等极端气候条件也可能对施工人员的身体健康和施工设备的正常运行造成不利影响。

1.3 技术风险因素

施工工艺不当、设备故障等技术因素也是导致公路隧道施工安全事故的重要原因。施工工艺的选择和实施直接关系到隧道的稳定性和安全性。例如: 支护结构的选型不合理、支护参数设置不当等, 都可能导致隧道围岩失稳。施工设备的性能状态对施工安全同样至关重要。设备故障、老化等问题可能导致施工中断, 甚至引发安全事故。

1.4 地质风险因素

在公路隧道施工中, 地质条件是决定施工安全性的关键因素之一。隧道往往需要穿越复杂多变的地质构造, 如断层、破碎带、软弱岩层等, 这些地质异常体具有极高的不稳定性, 给隧道掘进和支护工作带来了极大的挑战; 断层和破碎带中的岩石破碎、节理发育, 使得隧道开挖后围岩自稳能力极差, 容易发生坍塌事故; 地下水位的变化和地下水的渗透可能会导致隧道内涌水、突水等安全事故, 不仅威胁施工人员的生命安全, 还可能造成施工设备的损坏和工期延误。

2 公路隧道施工安全风险管理的动态评估

2.1 风险辨识阶段

在公路隧道施工项目的初期, 为了确保工程的安全与顺利进行, 需要进行全面的风险辨识, 包括现场勘查, 以直接观察施工环境、地质条件、设备状况等潜在风险因素。可以邀请具有丰富经验和专业知识的

隧道工程专家，利用其深厚的行业背景和判断力，识别可能存在的技术难题、管理漏洞或外部影响因素。通过这些方式，全面、系统地识别出隧道施工过程中可能遇到的各种风险因素，为公路隧道后续的风险管理奠定坚实的基础^[3]。

2.2 风险评估环节

在风险辨识的基础上，要采用定性与定量分析相结合的综合评估方法，对已辨识出的风险因素进行深入剖析。定性分析侧重于根据风险发生的可能性和其对项目造成的潜在影响程度进行主观判断与分类，通常依赖于专家打分、历史案例对比等手段。而定量分析则更加精确，其利用数学模型、统计方法等工具，计算风险事件发生的概率以及一旦发生可能带来的经济损失、工期延误等具体损失值，从而对风险进行量化评估，为施工安全风险应对策略的制定提供科学依据。

2.3 风险监控过程

为了确保公路隧道施工过程中的风险得到有效控制，必须实施全过程的风险监控。例如：实时观察已辨识出的风险因素的发展动态，保持对可能新出现的突发风险的警觉。通过安装监控设备、定期巡查、数据分析等手段，记录和查询风险的发展状况，及时发现任何异常或不利趋势。一旦发现潜在问题，立即启动应急响应机制，迅速采取措施予以解决，防止风险升级或转化为事故。

2.4 风险预警机制建设

为了进一步提升施工安全风险管理的主动性与前瞻性，需要建立有效的风险预警机制。该机制基于风险评估的结果，设定合理的风险预警指标和阈值。当监控数据显示某项风险指标接近或达到预警值时，系统能够自动触发预警信号，及时通知相关人员。随后，根据预警级别，迅速启动相应的应急预案，采取预防措施或紧急干预，最大限度减少风险带来的负面影响，保障公路隧道施工的安全与效率。

3 公路隧道施工安全风险管理体系

3.1 健全管理制度

在公路隧道施工活动中，安全事件的发生往往源于作业过程中沟通不畅，构成了重大安全隐患。具体而言，一些维修人员在执行设备维修任务时，未能及时通知相关岗位的工作人员并挂上检修标识牌，导致操作人员因不知情而误操作，即便设备处于非正常运行状态，仍继续作业，从而引发安全事故。为解决这一问题，需要建立健全的管理制度，包含检修流程、挂摘牌规范、安全锁使用及确认记录等多个方面。通过制度的实施，从根本上消除安全隐患，确保公路隧

道施工流程更加标准化、规范化。此外，需要建立安全奖惩机制，对在施工安全管理方面表现突出的单位或个人给予表彰与奖励，对安全管理不善的单位或个人实施处罚与问责，以此激励全体员工积极参与安全管理，提升整体安全管理效能，全方位保障施工人员的安全与财产安全^[4]。

3.2 建立紧急应对预案

建立紧急应对预案是确保施工安全管理有效性的核心环节，尤其在面对突发事件或事故时，迅速且科学的应对措施能够最大限度地减少损失，保护人员安全，维护施工秩序。首先，构建完善的事故报警机制，一旦施工现场出现任何异常情况，能够立即触发报警，确保相关信息迅速传达至相关人员，包括现场管理人员、安全监督员以及应急救援队伍，为及时响应打下坚实基础。其次，明确各类事故的紧急处理程序，包括工人的紧急疏散路线、现场封锁与隔离措施以及初步的事故控制手段，如切断电源、关闭危险源等，防止事态进一步恶化，保障人员安全撤离。同时，预案中还应详细规划事故后续处理步骤，涵盖伤员的初步救治与转运、事故现场的清理与恢复以及事故原因的深入调查与分析，确保每一步都有章可循，有序进行。最后，为了验证和优化紧急应对预案的有效性，需要进行定期演练。通过模拟不同类型的施工事故，如火灾、坍塌、设备故障等，不仅可以检验预案的实际操作性和可行性，还能在演练中发现潜在的问题与不足，为预案的持续优化提供宝贵依据。演练结束后，应及时组织总结会议，分析演练过程中的亮点与不足，提炼经验教训，确保预案在实战中能够发挥出最佳效果。

3.3 建立信息沟通与协调机制

第一，确立明确的沟通渠道和协作流程。公路隧道施工设计单位、施工单位、监理单位以及应急管理部门等，必须建立稳定的联系方式，确保在紧急情况下能够迅速、准确地传递信息，形成快速反应机制。同时，各方还需就协作流程达成共识，明确在突发事件发生时各自的角色与责任，以及信息传递、资源调配、应急响应等关键环节的操作流程，确保协同作战的高效性和有序性。

第二，借助现代化的通信技术和信息平台。可以充分利用云计算、大数据、物联网等信息化技术，构建统一的信息平台，实现施工现场的实时监测和数据共享。通过这一平台能够实时反映施工进度、设备状态、人员分布等关键信息，提供预警、报警等功能，帮助管理人员及时发现并处理潜在的安全隐患。而且，信息平台还能促进施工各方之间的信息共享，提高信息传递的效率和准确性，为协同作战提供有力支持。

第三, 加强各方的沟通协调能力。施工各方需要具备专业的知识和技能、良好的沟通协调能力和团队合作精神。可以通过定期召开协调会议、组织联合演练等方式, 增进各方之间的了解和信任, 提高协同作战的默契度和效率; 邀请专家进行沟通协调技能培训, 提升施工人员的沟通协调能力, 确保在紧急情况下能够迅速形成共识, 共同应对挑战。

第四, 建立健全监督管理机制。通过建立应急处置指挥中心、设立安全监测岗位等方式, 加强对公路隧道施工现场的监督管理。应急处置指挥中心负责统筹协调各方资源, 指导应急处置工作; 安全监测岗位则负责实时监测施工现场的安全状况, 及时发现并解决安全隐患。

此外, 还可以建立信息反馈机制, 鼓励施工人员积极报告安全隐患和问题, 为持续改进信息沟通与协调机制提供有力支持。通过这些措施的实施, 可以确保施工现场的安全稳定, 为公路隧道施工的顺利进行提供有力保障。

3.4 应用安全技术手段

1. 引入现代化的监控系统。监控系统能够对施工现场进行全天候、实时地监控, 确保施工过程中的每一个细节都处于掌控之中。高清晰度摄像头能够捕捉到施工现场的每一个细微变化, 无论是人员操作、设备运行状态, 还是地质条件的变化, 都能被清晰记录。与此同时, 可以结合各类传感器, 如位移传感器、应力传感器等, 实时监测隧道围岩的稳定性, 以及施工过程中的各种力学参数, 从而及时发现可能存在的安全隐患。一旦发现异常情况, 监控系统能够立即触发警报, 提醒现场管理人员和施工人员采取紧急措施, 有效避免事故的发生。此外, 监控系统的建立还为事故调查提供了直观、准确的证据, 有助于快速查明事故原因, 为后续的安全管理提供宝贵经验。

2. 应用先进的施工技术和设备。通过先进的技术手段提高施工效率, 减少对工人的依赖性, 降低人为因素导致的安全风险。例如: 采用自动化、智能化的施工设备, 如遥控挖掘机、智能支护系统等, 可以大幅度减少施工人员在危险区域的操作时间, 降低因操作不当或疲劳导致的安全事故风险。此外, 利用三维建模、虚拟现实等技术手段进行施工模拟和风险评估, 还可以在施工前对施工方案进行优化, 确保公路桥梁施工过程的安全性和可行性。

3.5 加强施工人员培训与教育

通过系统的培训与教育提升施工人员的安全认知与技能水平, 进而减少公路隧道施工中的事故率, 确

保施工现场的安全。首先, 培训与教育内容需广泛且深入, 应涵盖安全操作规程、紧急救援技巧、危险预防与应对策略等多个方面, 并根据不同岗位的具体需求进行个性化设计, 以确保培训的精准性和实效性。针对施工现场可能遭遇的各类风险, 培训内容应着重强调预防措施与应对策略, 使施工人员在面对紧急状况时能够迅速、准确地采取行动。其次, 培训与教育应采用多元化的形式, 包括理论授课、实地模拟演练、经典案例分析等, 以激发施工人员的学习热情, 加深他们对安全知识的理解与掌握。特别是通过实地模拟演练和案例分析, 能够将抽象的安全理论转化为具体的实践应用, 帮助施工人员更直观地理解安全知识, 提升他们在紧急情况下的应对能力^[5]。此外, 培训与教育应紧密结合施工现场的实际情况, 注重实用性和针对性。施工单位应根据自身特点和实际需求, 定期举办培训活动, 针对不同岗位的施工人员进行定制化培训, 确保培训内容与实际工作紧密衔接, 提升培训的实用性和针对性。最后, 培训与教育是一个持续优化的过程, 需要不断跟进与改进。公路桥梁施工单位应建立完善的培训与教育机制, 定期对培训效果进行评估, 根据评估结果及时调整和优化培训方案, 确保培训与教育工作的持续性和有效性。

4 结束语

公路隧道施工安全风险管理的动态评估与应对策略是保障施工安全的重要手段。通过全面识别、评估、监控和预警风险, 采取针对性的风险管理措施, 可以有效降低安全风险, 确保隧道施工顺利进行。公路隧道施工企业应进一步加强安全风险管理的理论研究和实践应用, 不断提高施工的安全管理水平, 为公路隧道施工安全提供充分的保障。

参考文献:

- [1] 李辉. 浅谈公路工程桥梁隧道施工安全评估监控技术[J]. 中国设备工程, 2023(05):245-247.
- [2] 周俊杰. 高速公路工程施工安全管理存在的问题及应对措施[J]. 大众标准化, 2022(06):91-93.
- [3] 芦海军. 山区高速公路高桥墩的施工安全管理措施[J]. 北方建筑, 2022,09(01):87-90.
- [4] 刘慧莹. 浅谈高速公路施工安全管理信息化的开发与应用[J]. 中国交通信息化, 2022,291(01):41-43.
- [5] 陈宇雄. 高速公路隧道施工安全管理研究与对策[J]. 大众科技, 2022,25(11):41-43.