

公路隧道施工技术难点与安全风险管理研究

袁 朋

云南阳光道桥股份有限公司 云南 昆明 650200

摘 要：公路隧道作为公路网中的重要组成部分，其施工技术难点和安全风险管理一直是工程领域的重点研究内容。本文深入分析了公路隧道施工过程中的技术难点，包括地质条件适应性挑战、施工技术复杂性与专业性、施工环境限制与挑战以及设备选型与维护难题，并提出了相应的安全风险管理策略，为确保公路隧道施工的顺利进行提供理论支持和实践指导。

关键词：公路隧道；施工技术难点；安全风险管理

引言：公路隧道作为公路网中不可或缺的重要组成部分，其施工过程中的技术难点与安全风险管理一直备受关注。随着交通基础设施建设的不断发展，如何在复杂的地质条件下确保隧道施工的安全与质量，成为工程建设中的重要课题。

1 公路隧道施工技术难点解析

1.1 地质条件适应性挑战

公路隧道穿越的地质条件复杂多变，涵盖软岩、硬岩、断层带及含水层等多种类型，对施工技术提出不同要求且充满未知。软岩地带因土质松软，难以自稳，易塌方，需采取超前支护、加密锚杆等稳固措施。硬岩则坚硬难挖，需依赖高效钻探和爆破技术，但爆破易产生飞石和震动，需严格控制参数以确保安全。断层带地质结构复杂，存在裂缝、破碎带，施工易遇塌方、涌水等灾害。含水层富含地下水，开挖易引发水害，影响进度和安全。在断层带和含水层施工，需提前地质勘探和风险评估，制定详细施工方案和应急预案。地质条件的变化对施工进度和成本影响显著。地质不确定性可能导致施工方案频繁调整，延长工期。复杂地质条件可能需增加额外支护和排水工程，增加施工成本。为确保施工顺利进行，必须在隧道施工前进行详尽的地质勘探和风险评估，为施工方案制定提供科学依据，有效应对地质条件带来的挑战。

1.2 施工技术复杂性与专业性

公路隧道施工涉及的关键技术包括开挖、支护、排水和通风等。这些技术不仅复杂且高度专业化，对施工人员的技能水平提出了很高的要求。开挖是隧道施工的首要环节，其技术选择直接影响隧道的形状、尺寸和稳定性。在开挖过程中，需根据地质条件选择合适的开挖方法，如钻爆法、掘进机等。支护则是确保隧道结构稳定的关键，包括锚杆支护、钢架支护、喷射混凝土

支护等。支护材料的选择、支护结构的设计和施工方法均需严格遵循工程规范，确保支护系统的整体性和可靠性。排水是隧道施工中不可忽视的一环。隧道开挖后，地下水可能通过裂缝、断层等渗入隧道内部，影响隧道结构的稳定性和施工人员的安全。需合理布置排水管道，采用有效的防水材料和施工工艺，确保隧道内部干燥。通风则是保障施工人员呼吸健康、排除有害气体的重要措施^[1]。隧道施工环境封闭，空气流通不畅，易产生有害气体和粉尘。需设置合理的通风系统，确保空气流通顺畅，满足施工人员的呼吸需求。这些施工技术的复杂性和专业性，要求施工人员必须具备扎实的理论知识和丰富的实践经验。他们不仅要熟悉各种施工技术和设备的使用方法，还需具备应对突发情况的能力，以确保施工过程的顺利进行。

1.3 施工环境限制与挑战

公路隧道施工环境的封闭性、狭小性和恶劣性对施工效率、安全性和施工人员健康产生了重大影响。隧道施工环境封闭，空气流通不畅，易产生有害气体和粉尘。这不仅影响施工人员的呼吸健康，还可能引发爆炸等安全事故。在隧道施工中，必须设置合理的通风系统，确保空气流通顺畅。还需加强有害气体和粉尘的监测和治理，确保施工环境的安全。隧道施工环境狭小，限制了施工设备和人员的活动范围。这不仅增加了施工难度，还可能影响施工效率。在隧道施工中，需合理布置施工设备和人员，优化施工流程，提高施工效率。隧道施工环境恶劣，如高温、高湿、噪音等，对施工人员的身心健康产生了极大的挑战。长期在这样的环境下工作，易导致中暑、呼吸系统疾病等职业病。因此，在隧道施工中，必须加强劳动保护措施，提供必要的防护用品和设施，确保施工人员的健康和安全。

1.4 设备选型与维护难题

公路隧道施工所需设备种类繁多,包括挖掘机、装载机、钻机、通风机等大型机械,以及锚杆安装机、混凝土喷射机等专用工具。这些设备不仅数量多且类型复杂,对设备选型、维护和管理提出了很高的要求。设备选型时,需综合考虑地质条件、施工工艺、成本预算等因素。不同类型的设备适用于不同的地质条件和施工工艺,选择不当可能导致施工效率低下或设备损坏。在设备选型时,必须进行充分的市场调研和技术分析,确保所选设备能够满足施工需求。设备维护和管理同样重要。隧道施工环境恶劣,设备易受磨损和腐蚀。若不及时进行维护和保养,可能导致设备故障频发,影响施工进度。在隧道施工中,需建立完善的设备管理制度和维护体系,定期对设备进行检查和保养,确保设备的正常运行。还需加强设备操作人员的培训和管理,提高他们的操作技能和维护意识,确保设备的安全使用。

2 公路隧道施工安全风险管理策略

2.1 风险预防与控制措施

在公路隧道施工中,风险预防与控制是确保施工安全的关键。针对不同安全风险来源,必须采取相应的预防和控制措施。施工前的地质勘察是风险预防的第一步。通过详细的地质勘察,可以了解施工区域的地质条件、地层结构、地下水情况等信息,为施工方案的制定提供重要依据。地质勘察应全面、准确,确保对潜在的地质风险有充分的认知和评估。在勘察过程中,应特别关注软弱地层、断层带、含水层等不良地质条件,为后续的施工做好充分准备。施工方案的优化也是风险预防的重要环节。根据地质勘察结果,结合施工技术和设备条件,制定科学合理的施工方案。施工方案应充分考虑施工过程中的各种风险因素,如开挖方法的选择、支护结构的设计、排水和通风措施的制定等,确保施工过程的顺利进行。施工方案还应具有灵活性和可调整性,以应对施工过程中可能出现的突发情况。施工过程中的监控和预警也是风险控制的重要手段^[2]。通过安装监测设备,实时监控施工过程中的各种参数,如地层变形、支护结构应力、地下水位等,及时发现潜在的安全隐患。建立预警机制,当监测数据达到或超过预警值时,立即采取措施进行处理,防止事故的发生。监控和预警系统的建立,可以大大提高施工过程中的安全性,降低事故发生的概率。

2.2 风险应对与处置方案

尽管采取了各种预防和控制措施,但公路隧道施工过程中仍可能发生安全事故。必须制定针对可能发生的安全事故的应急响应计划和处置方案。应急响应计划应

明确应急响应的流程、责任人和资源需求。当事故发生时,能够迅速启动应急响应机制,组织相关人员进行救援和处理。责任人应明确各自的职责和任务,确保应急响应工作的有序进行。应提前准备好所需的应急资源,如救援设备、物资、人员等,确保在事故发生时能够迅速调配和使用。处置方案应根据可能发生的不同类型事故进行制定。对于坍塌、涌水等常见事故,应制定具体的处置措施和步骤,如疏散人员、封闭现场、排水降压、加固支护等。处置方案应具有可操作性和实用性,确保在事故发生时能够迅速有效地进行处理,最大限度地减少事故损失。

2.3 安全管理体系与制度建设

建立健全的安全管理体系是确保公路隧道施工安全的重要保障。安全管理体系应包括组织机构、职责分工、规章制度、教育培训等多个方面。完善安全管理制度是安全管理体系的核心。应制定涵盖施工全过程的安全管理制度,如安全生产责任制、安全教育培训制度、安全检查制度、事故隐患排查治理制度等。这些制度应明确各级管理人员和施工人员的安全职责和义务,确保施工过程中的安全管理工作有章可循。加强安全培训是提高施工人员安全意识的重要途径。应对所有施工人员进行安全教育培训,使其熟悉安全规章制度和操作规程,掌握必要的安全知识和技能。定期进行安全演练,提高施工人员在应对突发事件时的应变能力和自救互救能力。提高施工人员安全意识是安全管理体系的基础。应通过宣传教育、奖惩机制等方式,增强施工人员的安全意识和责任感,使其自觉遵守安全规章制度和操作规程,共同维护施工过程中的安全。

2.4 技术创新与智能化应用

技术创新在降低施工安全风险中发挥着重要作用。通过引进新技术、新工艺、新设备,可以提高施工过程的自动化、智能化水平,减少人为因素导致的安全风险。智能化技术在公路隧道施工中的应用前景广阔。例如,可以利用智能监测设备对施工过程中的各种参数进行实时监测和分析,及时发现潜在的安全隐患;可以利用智能控制系统对施工设备进行远程操控和管理,提高设备的运行效率和安全性;可以利用智能预警系统对可能出现的安全事故进行预测和预警,为应急响应提供有力支持^[3]。智能化技术的应用不仅可以提高施工过程中的安全性,还可以提高施工效率和质量。通过智能化技术的辅助,可以更加精确地控制施工过程中的各种参数,优化施工方案和工艺流程,减少施工过程中的浪费和损失。

3 公路隧道施工安全风险管理的实施与监督

3.1 实施计划的制定与执行

在公路隧道施工安全风险管理中,制定详细的实施计划是至关重要的。这个计划需要明确施工安全风险管理的目标、步骤、时间表和责任人,以确保整个管理过程的系统性和有序性。实施计划的目标应当具体、可衡量,并且与施工项目的整体安全目标相一致。这些目标可能包括降低事故发生率、减少安全隐患、提高施工人员的安全意识等。通过设定明确的目标,可以为施工安全风险管理工作提供清晰的方向和动力。实施计划的步骤应当详细、具体,涵盖施工安全风险管理的各个方面。这些步骤可能包括施工前的地质勘察、施工方案的制定与优化、施工过程中的监控与预警、应急响应计划的制定与演练等。每个步骤都需要明确具体的操作方法和流程,以确保施工安全风险管理的有效实施。时间表是实施计划的重要组成部分,它规定了各个步骤的完成时间和进度要求。通过制定时间表,可以确保施工安全风险管理工作按计划有序进行,避免拖延和遗漏。时间表还可以为监督与检查提供明确的时间节点,便于及时发现并进行整改。责任人是实施计划的执行者,他们负责具体落实施工安全风险管理的各项措施。在实施计划中,需要明确每个步骤的责任人,并规定他们的职责和权限。通过明确责任人,可以确保施工安全风险管理工作有人负责、有人落实,形成有效的责任体系。在制定好实施计划后,需要严格按照计划执行。执行过程中,要注重计划的灵活性和可调整性,根据实际情况及时调整计划内容和进度安排。要加强沟通协调,确保各个步骤之间的衔接顺畅,形成合力推进施工安全风险管理工作。

3.2 监督与检查机制

为了确保施工安全风险管理工作措施的有效执行,必须建立有效的监督与检查机制。这个机制应当包括定期检查和评估的要求,以及发现问题时的整改措施。定期检查是监督与检查机制的重要组成部分。通过定期检查,可以及时发现施工过程中的安全隐患和违规行为,并采取措施进行整改。检查的内容应当涵盖施工安全风险管理的各个方面,包括施工前的准备、施工过程中的监控与预警、应急响应计划的执行情况等。评估是监督与检查机制的另一个重要环节。通过评估,可以对施工安全

风险管理的实施效果进行量化分析,了解各项措施的执行情况和效果。评估的结果可以为持续改进和优化提供有力的依据^[4]。当发现问题时,必须及时采取整改措施。整改措施应当具体、可行,并且明确整改的责任人和时间要求。通过整改,可以消除安全隐患,规范施工行为,提高施工安全风险管理的水平。

3.3 持续改进与优化

持续改进和优化是施工安全风险管理工作的重要原则。在施工过程中,需要不断总结经验教训,根据实施效果和反馈意见进行调整和改进。持续改进和优化的具体方法可能包括完善安全管理制度、加强安全培训、引进新技术和新设备等。通过完善安全管理制度,可以进一步规范施工行为,提高施工过程中的安全性;通过加强安全培训,可以提高施工人员的安全意识和操作技能;通过引进新技术和新设备,可以提高施工过程的自动化和智能化水平,降低人为因素导致的安全风险。在实施持续改进和优化的过程中,要注重数据的收集和分析。通过收集施工过程中的各种数据,如事故发生率、安全隐患数量、施工人员培训情况等,可以对施工安全风险管理的实施效果进行量化分析。还需要注重反馈意见的收集和处理,及时了解施工人员对安全风险管理的看法和建议,为持续改进和优化提供有力的支持。

结束语

公路隧道施工技术难点与安全风险管理工作是确保隧道施工顺利进行的关键。通过深入分析施工技术难点,提出相应的安全风险管理工作策略,并加强实施与监督,可以有效降低施工过程中的安全风险,提高施工效率和质量。未来,随着技术的不断进步和创新,公路隧道施工的安全风险管理工作将更加智能化、精细化。

参考文献

- [1]樊庆文.公路隧道施工安全风险管理工作思路构建[J].中华建设,2022(8):59-60.
- [2]张帆,黄海波.山区高速公路隧道机械化施工技术分析[J].四川水泥,2022,(02):218-220.
- [3]郝晓鹏.高速公路隧道工程中的安全风险及施工管理工作措施[J].工程技术研究,2021(21):157-158.
- [4]马宏霖.高速公路黄土隧道施工质量控制关键技术研究与应用[J].科学技术创新,2025,(04):131-134.