公路隧道施工技术难点与安全风险管理研究

李 龙 李 博

延安新悦交通工程有限公司 陕西 延安 716000

摘 要：随着交通建设的快速发展，公路隧道作为重要的交通设施，其建设数量和规模不断增加。公路隧道施工面临诸多技术难点和安全风险，给施工带来巨大挑战。本文通过对公路隧道施工技术难点和安全风险管理的研究，为施工提供科学、合理的解决方案。通过对公路隧道施工特点和技术难点的分析，我们可以更深入地了解施工过程中的关键问题，从而提出有效的应对策略。加强安全风险管理也是确保施工顺利进行的重要保障。因此，本文的研究具有重要的理论和实践意义。

关键词：公路隧道；施工技术难点；安全风险管理

引言：公路隧道施工具有不可预见因素多、地质条件复杂、工程隐蔽性强、施工环境差且存在交叉作业、施工时效性高等特点。技术难点主要集中在地质勘察与预测困难、溶洞施工难题、塌方等安全隐患、隐蔽工程质量难以保证以及施工环境对工程质量的影响等方面。针对这些难点，提出加强地质勘察与预测、溶洞施工技术措施、塌方等安全隐患预防措施、隐蔽工程质量保证措施以及改善施工环境以提高工程质量等应对策略。还探讨公路隧道施工的安全风险管理，包括安全风险识别与评估、安全风险应对措施以及安全风险管理机制的建立。

1 公路隧道施工特点

1.1 不可预见因素多

公路隧道施工面临的首要特点是不可预见因素众多，由于地质勘探技术的局限性，隧道开挖过程中常会遇到未预见的地质异常，如断层、溶洞、软弱夹层等，这些都会给施工带来极大的挑战。地下水位的变化、围岩稳定性的突变等也是难以准确预测的因素。这些因素不仅增加了施工难度，还可能引发安全事故。因此，隧道施工必须做好充分的应急预案，以应对可能出现的各种突发情况，确保施工安全和进度^[1]。

1.2 地质条件复杂

公路隧道施工的地质条件往往极为复杂，不同地区的地质构造、岩石性质、风化程度等差异巨大，这要求施工团队必须具备丰富的地质知识和施工经验。在复杂的地质条件下，隧道开挖需要采取特殊的支护措施，如锚杆、钢架、注浆等，以确保围岩的稳定性。地质条件的复杂性还可能导致施工方案的频繁调整，增加了施工成本和时间成本。

1.3 工程隐蔽性强

公路隧道施工具有很强的隐蔽性，隧道开挖后，其

内部结构和支护情况往往难以直接观察，需要通过专业的检测设备和手段进行监测。这种隐蔽性使得施工过程中的质量控制尤为关键。一旦隧道内部出现质量问题，如衬砌开裂、支护失效等，将直接影响隧道的安全性和使用寿命。因此，隧道施工必须严格按照设计图纸和施工规范进行，确保每一步施工都达到质量要求。

1.4 施工环境差，存在交叉作业

公路隧道施工环境通常较为恶劣，由于隧道内部空间狭小、通风不良、照明不足，施工人员需要长时间在潮湿、阴暗的环境中作业，这对他们的身心健康构成了严重威胁。隧道施工往往存在交叉作业的情况，如开挖、支护、衬砌等多个工序同时进行，这增加了施工的安全风险。为了确保施工人员的安全和健康，必须采取有效的安全防护措施和劳动保护措施，同时加强现场管理和协调，避免交叉作业带来的安全隐患^[2]。

1.5 施工具有时效性

公路隧道施工具有很强的时效性，一方面，隧道施工需要尽快完成以缓解交通压力、促进经济发展；另一方面，隧道开挖后暴露的围岩会随时间逐渐风化、失稳，必须及时采取支护措施。隧道施工还受到天气、季节等自然因素的影响，如雨季可能导致施工进度受阻。因此，隧道施工必须制定合理的施工计划和进度安排，充分考虑各种因素的影响，确保施工能够按时、按质完成。还需要加强施工过程中的监测和预警工作，及时发现并处理潜在的安全隐患和质量问题。

2 公路隧道施工技术难点

2.1 地质勘察与预测困难

地质勘察是隧道施工的基础，但地质条件往往复杂多变，使得勘察与预测变得异常困难。断层、软弱岩土和水文地质等问题都可能对隧道施工造成重大影响。为

了克服这一难点,需要采用先进的勘察技术,如超前地质预报,以及经验丰富的地质工程师进行判断。然而,即使是最先进的勘察技术也无法完全预测所有地质问题,因此,施工过程中的实时监测和调整也至关重要。

2.2 溶洞施工难题

溶洞是隧道施工中常见的地质灾害,溶洞的存在可能导致隧道结构不稳定,降低隧道的安全性。在溶洞施工中,需要特别注意溶洞的位置、大小和形状,以及溶洞内填充物的性质。为了应对溶洞施工难题,需要采取特殊的施工方法和材料,如注浆加固、钢支撑等,以确保隧道的稳定性和安全性。

2.3 塌方等安全隐患

塌方是隧道施工中常见的安全隐患,可能导致人员伤亡和设备损毁。塌方的原因可能包括地质条件不稳定、施工方法不当等。为了预防塌方,需要采取一系列的安全措施,如加强支护、控制开挖进度等。施工过程中的实时监测和预警系统也非常重要,以便及时发现并处理潜在的安全隐患。

2.4 隐蔽工程质量难以保证

隧道施工中的隐蔽工程,如防水层、排水系统等,其质量往往难以保证。这些隐蔽工程在后续施工中可能会被覆盖或隐藏,使得质量检查变得困难。为了确保隐蔽工程的质量,需要采用严格的施工规范和检测方法,如定期抽检、无损检测等。加强施工过程中的质量控制和监理也非常重要^[3]。

2.5 施工环境对工程质量的影响

施工环境对隧道工程质量有着重要影响,气候、水文、地质等环境因素都可能影响施工过程和工程质量。例如,高温、高湿的环境可能导致施工材料变质或性能下降;地下水丰富可能导致隧道内部积水或渗漏。为了应对这些挑战,需要采取针对性的施工措施和材料选择,以确保工程质量不受环境因素的影响。加强施工过程中的环境监测和预警也非常重要。

3 公路隧道施工技术难点应对策略

3.1 加强地质勘察与预测

地质条件的复杂性是隧道施工中的一大技术难点,为应对这一问题,要加强地质勘察,通过地质雷达、地震波测试等先进技术对隧道沿线进行详细勘探,获取准确的地质资料。采用超前地质预报方法,如实地地质调查法、超前钻探法和工程物探法等,预测隧道开挖面前方的地质情况,提前识别潜在风险点,如断层、软弱地层等。建立实时监测系统,随时监控地质变化,及时采取应对措施,确保施工安全。

3.2 溶洞施工技术措施

为了确保施工安全和进度,必须首先详细查明溶洞的分布范围和类型。这通常涉及地质勘探和地下水位监测等工作。根据溶洞所在岩层的完整稳定程度、填充物的性质以及地下水的状况,可以采取不同的处理措施。对于规模较小的溶洞,可以采用引流或清除填充物的方法;对于较大或稳定性较差的溶洞,则需考虑采用注浆加固或设置超前导管进行超前支护。开凿泄水洞将水排出洞外也是常用的处理方法,它能有效降低地下水对施工的影响。注浆加固技术则通过向地层中注入特制的浆液,提高地层的整体稳定性和承载能力。在处理溶洞的过程中,必须注重施工工艺和质量控制^[4]。施工团队应严格按照设计要求进行操作,确保各项处理措施达到预期的效果。还应加强现场监测和记录,及时发现并处理任何异常情况,确保隧道施工的安全和顺利进行。

3.3 塌方等安全隐患预防措施

塌方是隧道施工中常见的安全隐患,必须采取有效的预防措施来降低其发生的风险。施工团队应加强进洞施工方案及应急预案的制定和实施,这包括详细的施工计划、风险评估和应对措施等。采用“早进洞,晚出洞”的施工原则,尽量减少对边仰坡的干扰,保持其稳定性。在隧道施工前,应提前做好天沟和排水沟的挖掘与铺设,确保雨水和其他地表水能够迅速排出,避免积水对隧道边坡造成冲刷和软化,从而引发塌方。另外,应定期检查排水系统的畅通性,及时清理堵塞物,保持其有效运行。地质条件是决定隧道施工难度和安全性的关键因素。因此,在选择预加固和预支护方案时,必须充分考虑地质条件。对于软弱地层或断层破碎带,应采用更为稳固的支护结构,如钢架支护、锚杆支护等,以增强隧道的整体稳定性。光面爆破或预裂爆破技术以其短进尺、弱爆破的特点,在隧道施工中得到了广泛应用。这些技术能够减少爆破对围岩的破坏,保持隧道的完整性,从而降低塌方的风险。因此,在隧道施工中,应优先考虑采用这些先进的爆破技术。及时施作衬砌是防止塌方的最后一道防线。衬砌能够增强隧道的承载能力,防止围岩变形和塌落。

3.4 隐蔽工程质量保证措施

隐蔽工程的质量直接关系到隧道工程的安全和耐久性,为保证隐蔽工程的质量,要严格执行隐蔽工程验收制度,每一道工序完成后,必须经过质量检查并验收合格后方可进行下一道工序。验收过程中,应注重细节检查,如钢筋的绑扎、焊接质量,防水层的铺设,混凝土的浇筑质量等。加强材料的质量控制,确保所有使用的

材料符合设计要求和国家标准。对于关键材料,如防水材料、锚杆、注浆材料等,应进行严格的进场检验和抽样检测,确保其性能满足施工要求。加强施工过程中的质量监控,采用先进的检测技术和设备,如无损检测、超声波检测等,对隐蔽工程的内部质量进行实时监测。对于发现的质量问题,应及时进行整改和处理,确保工程质量符合设计要求。还应加强施工人员的质量意识和技术培训,提高施工人员的专业技能和质量控制能力。通过定期的技术交流和培训活动,提升施工队伍的整体素质,确保隐蔽工程的质量得到有效保障。

3.5 改善施工环境,提高工程质量

施工环境对工程质量有着重要影响。为改善施工环境,先要加强通风和照明设施的建设和维护,确保施工现场空气流通、光线充足,为施工人员提供良好的工作环境。加强施工现场的卫生和安全管理,定期进行卫生清理和安全检查,消除卫生死角和安全隐患。加强施工噪音和粉尘的控制,采取降噪、降尘措施,减少对周边环境的污染和干扰。还应注重施工设备的维护和保养,确保设备的正常运转和高效使用。通过定期的设备检查和维修,及时发现和解决设备故障,提高施工效率和质量。

4 公路隧道施工安全风险管控

4.1 风险识别与评估

风险识别是公路隧道施工安全风险管控的基础。在施工前,需要对地质条件、地下水位、施工方法等进行详细分析,识别出潜在的安全风险,如坍塌、地质灾害、火灾、机械伤害等。要对每个识别出的风险进行评估,确定其发生的可能性、严重程度以及影响范围,并据此将风险划分为低风险、中风险和高风险等级。这一过程有助于施工团队明确风险点,为后续的风险控制提供依据^[5]。

4.2 风险控制措施

基于风险评估的结果,施工团队需要制定详细的风险控制计划,明确控制措施、责任人、时间表等。这些措施可能包括改进施工工艺、升级施工设备、加强地质监测等。要确保风险控制计划符合相关法律法规和标准要求,通过实施这些控制措施,可以有效降低风险发生的概率和严重程度,保障施工过程的安全性。

4.3 安全作业规程与培训

制定详细的安全作业规程是确保施工安全的关键。这些规程应明确施工人员的操作程序和注意事项,提供必要的安全防护设施和装备,并确保其正常运行和有效使用。还要加强对施工人员的培训,提高其安全意识和技能水平。通过定期的培训和演练,施工人员可以更加熟悉安全操作规程和应急措施,增强应对突发事件的能力。

4.4 应急预案与演练

制定详细的应急预案是应对突发事件的重要保障。应急预案应明确各种紧急情况下的应对措施,包括事故报警流程、应急救援措施、疏散逃生指引等。要定期组织应急演练,提高施工人员的应急反应能力和处置能力。通过演练,可以检验应急预案的可行性和有效性,及时发现并改进存在的问题,确保在真正发生突发事件时能够迅速、有效地进行应对。

结束语

综上所述,公路隧道施工技术难点和安全风险管理是施工过程中的重要问题。通过加强地质勘察与预测、溶洞施工技术措施、塌方等安全隐患预防措施、隐蔽工程质量保证措施以及改善施工环境以提高工程质量等应对策略的实施,可以有效解决施工过程中的技术难点。建立科学、完善的安全风险管理机制,对于保障施工安全、提高施工效率具有重要意义。随着科技的进步和施工技术的不断创新,需要继续深入研究公路隧道施工技术难点和安全风险管理,为施工提供更加科学、合理的解决方案。

参考文献

- [1]杨永奇.分析道路桥梁隧道工程施工中的难点和技术对策[J].居舍,2020,000(031):P.45-45.
- [2]提竹逸.探究道路桥梁隧道工程施工中的难点和技术对策[J].城市建设理论研究(电子版),2020,000(021):1946-1947.
- [3]刘宏.公路隧道施工安全风险管控措施研究[J].四川水泥,2019(01):33.
- [4]贺传宇.公路隧道施工安全风险与施工管理[J].黑龙江交通科技,2021,41(08):178-179.
- [5]颜丰茂.公路隧道施工安全风险评价与安全管理探讨[J].四川水泥,2021(05):23.