

隧道施工过程中的风险控制与应对措施

朱海号

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司 新疆 乌鲁木齐 831400

摘要：隧道施工是一项复杂且风险较高的工程，涉及地质、环境、设备等多方面因素。本文详细探讨了隧道施工过程中的主要风险，包括地质风险、施工安全风险、环境风险和设备风险等，并针对这些风险提出了全面且具体的风险控制与应对措施。通过加强地质勘察与监测、优化施工方案与工艺、强化安全管理与培训、加强环境保护措施以及完善设备管理与维护等措施，可以有效降低隧道施工过程中的风险，确保施工顺利进行。

关键词：隧道施工；风险控制；应对措施；地质勘察；安全管理

1 引言

隧道施工是现代交通基础设施建设的重要组成部分，对于促进区域经济发展、改善交通条件具有重要意义。然而，隧道施工由于其特殊性和复杂性，面临着诸多风险。这些风险不仅影响施工进度和质量，更关乎施工人员的生命安全。因此，对隧道施工过程中的风险进行有效控制，并采取相应的应对措施，是确保隧道施工顺利进行的关键。

2 隧道施工过程中的主要风险

2.1 地质风险

隧道施工往往穿越不同的地质层，地质构造的不确定性可能导致一系列问题。例如，软弱地层、断层破碎带、岩溶等不良地质条件，容易引发塌方、突水等地质灾害。这些地质灾害不仅会造成施工进度的延误，增加施工成本，还可能对施工人员和设备造成严重威胁。此外，地下水位的变化也是隧道施工中的一个重要风险因素。水涌入施工现场不仅增加了施工难度，还可能导致设备损坏和工人安全隐患。

2.2 施工安全风险

2.2.1 塌方事故

塌方是隧道施工中最常见的安全事故之一。由于地质条件复杂、支护措施不当或者施工方法选择不合理等因素，容易导致洞体上方的土石失去支撑而发生塌陷。塌方事故不仅会造成机械损毁、人员伤亡，还会破坏施工环境，影响施工进度。

2.2.2 瓦斯爆炸与中毒

在煤层或含有瓦斯气体的地层中开挖时，可能会遇到高浓度的可燃气体。如果通风不良，则可能引发瓦斯聚集，进而导致爆炸事故。同时，工作人员还面临着吸入有害气体的风险，这可能对施工人员的生命健康造成严重危害。

2.2.3 火灾风险

隧道内使用大量的机械设备和电气设备，在操作不当或维护不善的情况下可能发生火灾。隧道内部通风条件较差，一旦起火很难得到有效控制。火灾不仅会造成设备损坏、财产损失，还可能引发人员伤亡等严重后果。

2.2.4 机械伤害

大型工程机械在狭小空间内的频繁作业增加了人员受伤的可能性。例如，挖掘机、装载机等设备的操作失误可能导致碰撞、挤压事故。这些机械伤害事故往往具有突发性，对施工人员的生命安全构成严重威胁。

2.2.5 粉尘污染与职业病

隧道施工过程中会产生大量的粉尘，长期暴露于高浓度粉尘环境中，施工人员容易患上呼吸系统疾病等职业病。这不仅影响施工人员的身体健康，还可能降低其工作效率和劳动积极性。

2.3 环境风险

隧道施工过程可能对周围环境造成影响，诸如噪音、振动、尘埃及废水排放等。这些环境污染问题可能引发周边居民的投诉和环境监管部门的处罚，进而影响施工进度和企业形象。此外，隧道施工还可能对周边的生态环境造成破坏，如破坏植被、影响野生动物栖息地等。

2.4 设备风险

施工过程中使用的设备如果维护不当、操作不规范，可能导致设备故障和事故的发生。设备故障不仅会影响施工进度，还可能对施工人员和设备造成安全隐患。例如，施工机械的突然故障可能导致施工中断，甚至引发安全事故。

3 隧道施工过程中的风险控制与应对措施

3.1 加强地质勘察与监测

3.1.1 全面地质勘察

在施工前，必须进行详细、准确的地质勘察工作，

全面了解隧道所在区域的地质构造、岩石性质、地下水分布等情况。地质勘察应采用多种手段相结合的方法,如地质测绘、钻探、物探等。地质测绘可以初步了解隧道所在区域的地质概况,包括地层岩性、地质构造等;钻探可以获取地下岩芯样本,准确判断岩石的性质和强度;物探则可以利用地震波、电磁波等物理方法探测地下地质情况,如断层、溶洞等的位置和规模。通过全面的地质勘察,能够提前发现潜在的地质风险,如断层、破碎带、岩溶等,并制定相应的应对措施。例如,对于软弱地层,可以采取注浆加固、换填等方法来提高地层的承载能力;对于断层破碎带,可以采用超前支护、短进尺开挖等措施来确保施工安全。

3.1.2 实时地质监测

在施工过程中,要加强地质监测工作,实时掌握地质条件的变化情况。利用先进的监测技术和设备,如地质雷达、声波检测仪、位移监测仪等,对隧道围岩的稳定性进行监测。地质雷达可以探测隧道前方的地质情况,提前发现不良地质体;声波检测仪可以检测围岩的完整性,判断其是否存在裂缝或松动;位移监测仪可以实时监测围岩的变形情况,当变形超过预警值时及时发出警报。通过监测围岩的变形、位移等参数,及时发现异常情况,并采取相应的支护措施来确保施工安全^[1]。例如,当监测到围岩变形过大时,可以及时调整支护参数或采取加固措施来防止塌方事故的发生。

3.2 优化施工方案与工艺

3.2.1 合理选择施工方法

根据地质条件和施工要求,合理选择施工方法。在软弱地层中可以采用台阶法、CD法等分部开挖方法,这些方法可以将大断面隧道分成若干个小断面进行开挖,减少围岩的扰动和变形。台阶法是将隧道断面分成上下两个台阶进行开挖,上台阶开挖后及时进行支护,再开挖下台阶;CD法是将隧道断面分成左右两侧导坑进行开挖,先开挖一侧导坑并进行支护,再开挖另一侧导坑。在硬岩地层中可以采用钻爆法、掘进机法等快速施工方法,钻爆法是通过钻孔、装药、爆破来破碎岩石,掘进机法则是利用掘进机直接切割岩石。同时,要根据施工进度要求,合理安排施工工序和作业时间,确保施工顺利进行。

3.2.2 加强支护与衬砌施工

支护与衬砌是保障隧道结构稳定和施工安全的重要手段。在隧道施工过程中,要根据地质条件和施工方法,合理选择支护方式和衬砌结构。初期支护要及时、有效,能够在围岩变形初期提供足够的支撑力,防止围岩坍塌。常见的初期支护方式有锚杆支护、喷射混凝土

支护、钢支撑支护等。锚杆可以将围岩与支护结构连接在一起,提高围岩的稳定性;喷射混凝土可以迅速覆盖围岩表面,防止其风化和剥落;钢支撑可以提供较强的支撑力,增强支护结构的整体稳定性。在支护和衬砌施工过程中,要严格控制施工质量,确保支护和衬砌结构的强度、刚度和稳定性符合设计要求。例如,可以采用模筑混凝土衬砌或预制块衬砌等结构形式来提高隧道的承载能力和耐久性。模筑混凝土衬砌是在现场浇筑混凝土形成衬砌结构,其整体性好、防水性能强;预制块衬砌则是在工厂预制好混凝土块,然后在现场进行拼装,施工速度快、质量容易控制。

3.2.3 采用新技术、新工艺

随着科技的不断发展,新技术、新工艺在隧道施工中的应用越来越广泛。可以引入信息化管理系统,实时记录施工进度与人员、设备的使用情况,便于及时调整施工计划。信息化管理系统可以对施工过程中的各种数据进行采集、分析和处理,为施工管理提供决策依据。采用超前地质预报技术,提前发现地质异常情况,为施工提供决策依据。超前地质预报技术可以通过地震波反射法、地质雷达探测等方法,对隧道前方的地质情况进行预测,提前发现断层、溶洞等不良地质体^[2]。采用机械化施工设备,提高施工效率和安全性。例如,使用盾构机进行隧道掘进,可以实现自动化施工,减少人工操作,提高施工效率和安全性。

3.3 强化安全管理与培训

3.3.1 建立健全安全管理制度

建立健全的安全管理制度是确保隧道施工安全的重要保障。施工单位要制定完善的安全生产责任制、安全操作规程、安全检查制度等规章制度,明确各级管理人员和施工人员的安全职责和权限。安全生产责任制要将安全责任落实到每个岗位和每个人,确保安全管理工作有人抓、有人管。安全操作规程要详细规定各种施工设备和作业的安全操作方法,施工人员必须严格按照操作规程进行操作。安全检查制度要定期对施工现场进行安全检查,及时发现和消除安全隐患。同时,要加强安全监督检查工作,定期对施工现场进行安全检查,对违反安全规定的行为要严肃处理。

3.3.2 加强安全培训与教育

施工人员是隧道施工的主体,其安全意识和操作技能直接影响到施工安全。因此,要加强施工人员的安全培训与教育工作。培训内容应包括安全操作规程、应急处置方法、个人防护知识等方面。通过培训,使施工人员熟悉施工流程和安全规范,提高其安全意识和自我保

护能力。例如,对施工人员进行安全操作规程培训,让他们了解各种施工设备和作业的安全操作方法;进行应急处置方法培训,让他们掌握在发生安全事故时的应急处理措施;进行个人防护知识培训,让他们知道如何正确佩戴和使用个人防护装备。同时,要定期开展安全演练活动,提高施工人员在紧急情况下的应急反应能力和自救互救能力。安全演练可以模拟各种安全事故场景,让施工人员在实践中提高应急处理能力。

3.3.3 设立安全警示标识

在施工区域设置明显的安全警示标识是提醒施工人员注意周围安全风险的有效措施。安全警示标识应包括禁止通行的区域、高风险区域和应急通道等。禁止通行的区域要设置明显的禁行标志,防止无关人员进入;高风险区域要设置警示标志,提醒施工人员注意安全;应急通道要设置指示标志,确保在紧急情况下施工人员能够迅速疏散^[3]。通过设立安全警示标识,可以提升施工人员的安全意识,减少违章作业和事故的发生。

3.4 加强环境保护措施

3.4.1 减少施工噪音和振动

隧道施工过程中会产生较大的噪音和振动,对周边居民的生活和工作环境造成影响。为了减少施工噪音和振动,可以采取以下措施:选用低噪音、低振动的施工设备和机械,如采用静音型的通风机、低噪音的挖掘机等;合理安排施工时间,避免在夜间或居民休息时间进行施工,如将高噪音的作业安排在白天进行;在施工现场设置隔音屏障或采取其他降噪措施,如设置吸音板、隔音墙等。

3.4.2 控制粉尘污染

隧道施工过程中会产生大量的粉尘,对施工人员和周边环境造成污染。为了控制粉尘污染,可以采取以下措施:采用湿式凿岩、喷雾降尘等方法减少粉尘的产生和飞扬。湿式凿岩是在凿岩过程中向钻孔内注水,使岩石在湿润状态下被破碎,从而减少粉尘的产生;喷雾降尘是在施工现场设置喷雾装置,定期喷水降尘。定期对施工现场进行洒水降尘作业,保持施工现场的湿度,减少粉尘的飞扬。为施工人员配备防尘口罩等个人防护装备,防止施工人员吸入粉尘。

3.4.3 废水处理和排放

隧道施工过程中会产生大量的废水,如果直接排放会对周边环境造成污染。因此,要加强废水处理和排放工作。废水处理可以采用中和处理、沉淀处理等方法去除废水中的有害物质和杂质。中和处理是向废水中加入酸碱中和剂,调节废水的酸碱度;沉淀处理是使废水中的悬浮物沉淀下来,达到净化废水的目的。处理后的废水可以循环利用或作为项目路基及施工便道等施工洒水

抑尘使用,不外排。

3.4.4 生态保护措施

隧道施工还可能对周边的生态环境造成破坏,如破坏植被、影响野生动物栖息地等。为了保护生态环境,可以采取以下措施:合理规划施工区域的面积及布局,严格控制施工扰动范围,避免过度破坏植被和生态环境^[4]。加强施工期生态监理与监测工作,及时发现和处理对生态环境造成破坏的行为。项目施工结束后尽快补种一定数量的乡土乔木并减少人为活动的痕迹,恢复周边的生态环境。

3.5 完善设备管理与维护

施工单位要制定设备管理制度,明确设备的使用、维护、保养等规定。设备使用人员要严格按照操作规程使用设备,不得违规操作;设备维护人员要定期对设备进行检查、保养和维修,确保设备的性能良好。同时,要加强设备管理人员的培训和教育工作,提高其设备管理和维护水平。设备管理人员要定期对设备进行检查,包括设备的外观、性能、安全装置等方面。对于发现的问题要及时进行处理,如更换磨损的零部件、调整设备的参数等。对于关键设备和易损件,要建立备品备件库,确保在设备出现故障时能够及时更换和维修。要加强设备操作人员的培训和教育工作,提高其操作技能和安全意识。设备操作人员要熟悉设备的性能、操作规程和安全注意事项,严格按照操作规程进行操作,避免违章作业和事故的发生。同时,要定期对设备操作人员进行考核,确保其具备相应的操作技能和安全意识。

结语

隧道施工过程中的风险控制与应对措施是确保施工安全、提高施工质量和效率的关键。通过加强地质勘察与监测、优化施工方案与工艺、强化安全管理与培训、加强环境保护措施以及完善设备管理与维护等措施,可以有效降低隧道施工过程中的风险。在隧道施工过程中,要全面考虑各种风险因素,制定科学合理的风险控制与应对措施,并严格执行。同时,要不断总结经验教训,持续改进风险控制与应对措施,确保隧道施工顺利进行并达到预期目标,为交通基础设施建设和经济发展做出贡献。

参考文献

- [1]刘吉祥.隧道施工技术风险评估及风险控制措施研究[J].绿色环保建材,2021,(07):133-134.
- [2]石立帅.铁路隧道施工中的主要风险及措施[J].工程建设与设计,2025,(04):233-235.
- [3]彭志敏.隧道施工安全管理与风险预警技术研究[J].工程建设与设计,2024,(24):220-222.
- [4]唐康.公路工程隧道施工安全风险识别与防控措施研究[J].汽车周刊,2024,(09):217-219.