

水利监理中矿山法隧洞施工的安全风险评估与应对策略

马起栋 王俊珊

广州新珠工程监理有限公司 广东 广州 510610

摘要: 在水利工程领域, 矿山法隧洞施工凭借其独特的优势, 成为众多地下工程建设的常用方式。本文阐述了矿山法隧洞施工特点, 分析了地质条件复杂、施工环境恶劣及工艺复杂精细等特点。识别了地质风险、施工风险和环境影响三大类安全风险, 并介绍了风险识别、分析与评估方法。明确了水利监理在安全风险应对中的责任, 提出了针对不同安全风险应对策略, 包括地质条件、施工过程、人员与设备管理、环境影响等方面。最后探讨了信息化手段在安全风险应对中的应用, 如大数据分析、BIM技术和智能监控设备, 旨在为水利监理工作提供科学依据, 保障矿山法隧洞施工安全。

关键词: 水利监理; 矿山法隧洞施工; 安全风险评估; 应对策略

引言: 矿山法隧洞施工过程面临地质条件复杂多变、施工环境极端恶劣以及施工工艺复杂精细等诸多挑战, 使得安全风险如影随形。这些安全风险不仅威胁着施工人员的生命安全, 还可能影响工程进度和质量, 造成巨大的经济损失。水利监理作为保障水利工程安全、质量的重要力量, 在矿山法隧洞施工中承担着识别、评估和应对安全风险的关键职责。

1 矿山法隧洞施工特点

矿山法隧洞施工作为水利工程中一种传统且应用广泛的地下工程开挖方式, 其施工过程面临诸多独特挑战, 以下这些特点深刻影响着施工的安全、效率与质量。(1) 地质条件复杂多变。矿山法隧洞施工往往穿越复杂多变的地质环境, 包括岩溶发育区、断层破碎带以及软土地层等。岩溶地区可能存在大量溶洞、暗河, 增加了坍塌和突水突泥的风险; 断层破碎带则因岩体破碎、节理裂隙发育, 导致围岩自稳能力差, 施工时易发生坍塌和变形; 软土地层则因其承载力低、变形大, 对支护结构提出了更高要求。(2) 施工环境极端恶劣。隧洞内部施工环境通常极为恶劣, 高地应力、大跨度以及斜井施工等条件进一步加剧了施工难度。高地应力环境下, 围岩易发生岩爆等动力灾害, 对人员和设备安全构成严重威胁; 大跨度隧洞施工则要求支护结构具有更高的承载能力和稳定性; 斜井施工则因坡度大、排水困难, 增加了施工组织和安全管理的难度。(3) 施工工艺复杂精细。矿山法隧洞施工涉及钻爆法开挖、超前支护、衬砌施工等多个复杂工艺环节^[1]。钻爆法开挖需精确控制爆破参数, 以减少对围岩的扰动; 超前支护则需根据围岩条件选择合适的支护形式, 如超前锚杆、超前小导管等, 以确保开挖面的稳定; 衬砌施工则需保证混

土质量, 防止渗漏和开裂。

2 矿山法隧洞施工的安全风险类型

矿山法隧洞施工因其地质条件复杂、施工环境恶劣及工艺要求高等特点, 面临诸多安全风险。这些风险主要可分为地质风险、施工风险和环境影响三大类, 对施工安全与进度构成严重威胁。(1) 地质风险。岩溶塌陷是常见地质灾害, 溶洞、暗河的存在易导致开挖面突然失稳, 引发大规模坍塌。断层错动则因岩层断裂活动, 使隧洞结构承受异常应力, 造成支护结构失效或隧洞变形。高地应力环境则可能诱发岩爆, 岩体在高压下突然崩解, 对人员和设备造成直接伤害。(2) 施工风险。坍塌风险贯穿于隧洞开挖全周期, 若支护不及时或支护强度不足, 极易导致围岩失稳。涌水风险在地下水位较高或裂隙发育区尤为突出, 大量地下水涌入隧洞不仅影响施工进度, 还可能淹没设备、危及人员安全。岩爆风险与高地应力紧密相关, 其突发性和破坏性要求施工单位在施工过程中采取有效的应力释放措施。机械故障也是不可忽视的施工风险, 机械设备老化、维护不当或操作失误均可能引发安全事故。(3) 环境风险。噪声污染源于爆破作业和机械设备运行, 长期暴露于高噪声环境会对施工人员听力造成损害^[2]。粉尘污染则因钻爆、出渣等工序产生, 长期吸入粉尘易引发职业病。废水污染则包括施工废水和生活污水排放, 若处理不当将污染地下水和地表水体。

3 矿山法隧洞施工安全风险评估方法

3.1 风险识别方法

风险识别是安全风险评估的基础, 其目的是全面、系统地找出施工过程中可能存在的各种风险因素。在矿山法隧洞施工中, 可采用以下几种风险识别方法: (1)

资料收集与分析法。收集与施工相关的各种资料,包括地质勘察报告、设计文件、施工方案、类似工程经验等,通过对这些资料的分析,识别出可能存在的风险因素。通过地质勘察报告可以了解隧洞所处区域的地质构造、岩性、地下水等情况,从而识别出岩溶塌陷、断层错动、高地应力等地质风险。(2)现场勘查法。组织专业人员对施工现场进行实地勘查,观察地形地貌、地质条件、施工环境等,了解施工过程中的实际情况,发现潜在的风险因素。在现场勘查中可能发现围岩破碎、地下水丰富等情况,从而识别出坍塌、涌水等施工风险。

(3)专家调查法。邀请相关领域的专家,通过会议、访谈等方式,利用专家的知识 and 经验,对施工过程中的风险因素进行识别。专家可以根据自己的实践经验和对类似工程的了解,提出可能存在的风险因素,并对其可能性和影响程度进行初步判断。(4)核对表法。根据以往类似工程的经验和相关规范标准,制定风险因素核对表,逐一核对施工过程中可能存在的风险因素。核对表可以包括地质风险、施工风险、环境风险等多个方面,通过核对可以全面、系统地识别出各种风险因素。

3.2 风险分析与评估方法

在识别出风险因素后,需要对其进行深入分析和评估,以确定风险的可能性和影响程度。常用的风险分析与评估方法有以下几种:(1)定性评估方法。风险矩阵法:将风险的可能性和影响程度分别划分为不同的等级,形成一个风险矩阵,通过确定风险因素在矩阵中的位置,来评估风险的等级。例如,将风险的可能性划分为很低、低、中等、高、很高五个等级,将影响程度划分为轻微、一般、严重、灾难性四个等级,然后根据风险因素的可能性和影响程度在矩阵中确定其等级。专家打分法:邀请专家对风险因素进行打分,根据专家的打分结果来评估风险的等级。专家可以根据自己的经验和判断,对每个风险因素的可能性和影响程度进行打分,然后计算平均分,根据平均分确定风险的等级。(2)定量评估方法。概率风险评估法:通过分析风险因素发生的概率和可能造成的损失,来计算风险的大小。对于坍塌风险,可以分析围岩的稳定性、支护结构的可靠性等因素,确定坍塌发生的概率,然后根据坍塌可能造成的损失(如人员伤亡、设备损坏、工期延误等),计算坍塌风险的大小。蒙特卡罗模拟法:利用计算机模拟技术,对风险因素进行多次模拟,根据模拟结果来评估风险的分布和可能值。对于涌水风险,可以模拟不同的地下水水位、渗透系数等参数,计算涌水量的分布情况,从而评估涌水风险的大小。(3)综合评估方法。将定性

评估方法和定量评估方法相结合,综合考虑风险因素的可能性和影响程度,以及各种不确定因素,对风险进行全面、系统的评估^[3]。可以先采用风险矩阵法对风险因素进行初步评估,确定风险的等级范围,然后采用概率风险评估法或蒙特卡罗模拟法对高风险因素进行深入分析,计算其风险大小,最后综合各种评估结果,确定风险的最终等级。

4 水利监理中矿山法隧洞施工的安全风险应对策略

4.1 水利监理在安全风险应对中的责任

在矿山法隧洞施工这一复杂且高风险的工程领域中,水利监理肩负着重大且不可推卸的责任。以下将详细阐述水利监理在安全风险应对中的两大核心责任。

(1)明确责任机制。水利监理机构需建立清晰的责任机制,明确各级监理人员的安全职责。从总监理工程师到现场监理员,每个人都应清楚自己在安全监理工作中的任务和权限。总监理工程师对工程整体安全监理工作负责,制定安全监理规划和实施细则;专业监理工程师负责本专业的安全监理工作,对施工单位的安全技术措施进行审查;监理员则负责现场的日常安全巡查,及时发现并报告安全隐患。(2)强化制度建设。完善的安全监理制度是保障安全监理工作有效开展的基础。监理机构应建立健全安全监理制度,包括安全监理工作制度、安全检查制度、安全事故处理制度等。这些制度应明确安全监理的工作流程、检查内容、处理程序等,确保安全监理工作有章可循。

4.2 针对不同安全风险应对策略

矿山法隧洞施工因其工程特性,面临着多种复杂且多样的安全风险。不同类型的安全风险具有各自的特点和潜在危害,需要采取以下针对性的应对策略:(1)地质条件复杂带来的风险应对策略。矿山法隧洞施工常面临复杂的地质条件,如断层、破碎带、岩溶等,这些地质问题可能导致塌方、涌水等安全事故。水利监理应要求施工单位在施工前进行详细的地质勘查,了解隧洞沿线的地质情况。在施工过程中,加强对地质情况的监测和分析,采用超前地质预报技术,如地质雷达、TSP(隧道地震波探测)等,提前发现地质异常情况。一旦发现地质问题,及时要求施工单位采取相应的处理措施,如加强支护、注浆加固等,确保施工安全。(2)施工过程风险应对。开挖与支护:隧洞开挖过程中,要严格控制开挖进尺和爆破参数,避免超挖和欠挖。采用合理的开挖方法,如台阶法、环形开挖预留核心土法等,减少对围岩的扰动。加强初期支护的施工质量,确保锚杆、喷射混凝土等支护措施及时、有效地实施。监理人员要对

开挖和支护过程进行全程监督,检查支护材料的规格、质量,监督施工工艺的执行情况。衬砌施工:衬砌施工是隧洞施工的重要环节,其质量直接关系到隧洞的安全。监理要严格审查衬砌施工方案,确保衬砌结构的设计和施工符合规范要求。在施工过程中,检查模板的安装质量、混凝土的配合比、浇筑工艺等,保证衬砌混凝土的强度和密实性。通风与排水:良好的通风和排水系统是保障隧洞施工安全的重要条件。监理要监督施工单位按照设计要求设置通风和排水设施,确保通风良好,降低洞内有害气体浓度;及时排除洞内积水,防止因积水导致围岩软化、坍塌等事故。(3)人员与设备管理风险应对策略。人员管理:加强施工人员的安全培训和教育,提高其安全意识和操作技能。监理要检查施工单位的安全培训记录,确保施工人员熟悉安全操作规程。加强对特种作业人员的管理,如爆破工、电工等,确保其持证上岗。在施工过程中,监理人员要加强对现场人员的监督,制止违章作业行为。设备管理:定期对施工设备进行检查和维护,确保设备性能良好。监理要检查设备的维护保养记录,监督设备的操作人员严格按照操作规程进行操作。对于老化、损坏的设备,要及时要求施工单位进行更换或维修,防止因设备故障引发安全事故。(4)环境影响风险应对策略。矿山法隧洞施工可能对周边环境造成一定的影响,如地表沉降、地下水污染等。水利监理要监督施工单位采取有效的环境保护措施,减少施工对环境的影响。在施工过程中,加强对地表沉降的监测,采取合理的施工方法和支护措施,控制地表沉降量;对施工废水进行处理,达标后排放,防止地下水污染。

4.3 信息化手段在安全风险应对中的应用

随着科技的飞速发展,信息化手段的应用为安全风险应对带来了新的机遇和变革。信息化手段凭借其高效、精准、全面的特点,能够极大地提升安全风险应对的能力和水平,为隧洞施工安全提供更加坚实的保障。以下将详细阐述大数据分析、BIM 技术以及智能监控设

备在安全风险应对中的具体应用。(1)大数据分析。利用大数据技术对施工过程中的各种数据进行分析,如地质数据、监测数据、施工参数等。通过对这些数据的分析,可以及时发现潜在的安全风险,为监理决策提供科学依据。例如,通过对监测数据的分析,可以预测隧洞围岩的变形趋势,提前采取相应的支护措施。(2)BIM 技术。BIM(建筑信息模型)技术可以将隧洞工程的设计、施工等信息进行集成,建立三维模型。监理人员可以通过BIM模型直观地了解工程的结构和施工情况,提前发现设计中的问题和施工中的安全隐患。BIM技术还可以进行施工模拟,优化施工方案,提高施工效率,降低安全风险。(3)智能监控设备。采用智能监控设备,如视频监控系统、传感器等,对隧洞施工现场进行实时监控^[4]。视频监控系统可以实时记录施工现场的情况,监理人员可以通过远程监控及时发现施工中的违规行为和安全隐患。传感器可以实时监测隧洞内的环境参数,如温度、湿度、有害气体浓度等,当参数超过安全范围时,及时发出警报,提醒施工人员采取相应的措施。

结束语:通过对施工特点、安全风险类型的深入分析,以及科学合理的风险评估方法应用,能够全面、准确地识别和评估施工过程中的安全风险。明确水利监理的责任,制定针对性的应对策略,并借助信息化手段提升安全风险应对能力,为矿山法隧洞施工安全提供了有力保障。

参考文献

- [1]惠新洲,李海峰,代俊杰.浅析矿山工程施工安全管理[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(9):0017-0019.
- [2]余海苑.矿山工程施工安全管理存在的问题及应对策略分析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(5):20-23.
- [3]梁朝晖.水利水电工程中存在的风险与应对策略分析[J].科技与创新,2014,(12):70-71.
- [4]娄井义.水利工程监理安全管理风险分析与应对措施[J].装饰装修天地,2019,(19):393-394.