

# 山区高速公路隧道风险隐患分析及施工优化研究

杨正平

云南云岭高速公路工程咨询有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11419

**[摘要]** 近些年来,我国高速公路建设依然保持较高发展水平,尤其是区域性路网完善项目,多是处于复杂山区地形,项目建设中桥隧比相对较高,受地质地形条件影响,隧道风险隐患点较多,对施工技术应用提出更高要求。在施工作业前,需采用合适方法实现对风险隐患的全面评估,并结合施工过程中监测数据变化,分析风险隐患动态变化,并以此为依据采取有效的处置措施,确保施工组织有序推进。本文以师宗至丘北段山区高速公路项目为例,说明山区高速公路隧道风险隐患及对施工的影响,结合实际情况提出隧道风险施工优化措施,并以此为工程项目建设提供参考,为提升项目建设效益和安防起到的促进作用。

**[关键词]** 山区高速公路; 隧道; 风险隐患; 施工

**中图分类号:** U45 **文献标识码:** A

## Analysis and construction optimization of mountain expressway tunnel

Zhengping Yang

Yunnan Yunling Expressway Engineering Consulting Co., LTD.

**[Abstract]** In recent years, China's expressway construction still maintains a high level of development, especially the regional road network improvement projects, mostly for complex mountain terrain, the project construction of the bridge and tunnel ratio is relatively high, affected by geological terrain conditions, tunnel risk hidden points, higher requirements for the application of construction technology. Before the construction operation, it is necessary to adopt appropriate methods to realize the comprehensive assessment of the risks and hidden dangers, and analyze the dynamic changes of the risks and hidden dangers during the construction process, and take effective treatment measures on this basis to ensure the orderly progress of the construction organization. This paper takes the mountain expressway project from Shizong to Qiubei as an example, explains the hidden danger of the mountain expressway tunnel and the influence on the construction, puts forward the optimization measures of tunnel risk construction according to the actual situation, and provide reference for the project construction, and plays a due role in improving the project construction benefit and safety prevention and control.

**[Key words]** mountain highway; tunnel; risk and hidden danger; construction

山区高速公路项目建设中,隧道工程具有施工周期长、地质条件复杂,风险隐患点多等特征,同时受施工作业动态变化影响,极易容易出现坍塌、爆炸、涌水突泥等现象,在技术应用不当情形下,不仅会对施工进度和成本控制产生影响,甚至还会发生不必要的人身伤害事故,因此在施工组织过程中,必须要全面、准确评估风险隐患,明确由此对施工作业产生的影响,以此为基础做好整体施工优化,为项目建设有序推进提供坚实保障。

### 1 工程概况

师丘高速公路项目全长91.237km,共设置互通6处,设计速度为80km/h,路基宽度25.5m。主线设隧道29152m/19座(双幅计

列),其中特长隧道15002m/4座,中隧道3872m/6座,短隧道417.5m/2座,隧道长度占路线长度比例为31.9%,桥隧比为64.957%。工程所处地形以高原为主,穿越的地貌单元有侵蚀构造浅切割中、低山地、峡谷和岩溶地貌。地势整体呈西北高东南低,区域内最高海拔2501.8m,最低海拔737m,一般海拔780~2000m。路线地形起伏较大、岸坡陡峻,工程地形条件较差,隧道施工风险隐患点较多,在施工中需采取有效措施进行优化。

### 2 山区高速公路隧道风险隐患及施工影响

#### 2.1 隧道风险隐患类型

以本工程项目为例,通过对前期勘察和物探资料分析,在隧

道工程建设中,存在多种形式的风险隐患。例如在部分隧道施工段地质呈岩体破碎、富水性强特征,虽在钻探中未揭露到较大溶洞或明显贯通的溶洞存在,但岩体溶蚀现象较为明显;例如在部分隧道施工段区域岩性较为复杂,存在泥岩、砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩等共存现象,岩体节理、裂隙发育,富水性较强,在开挖作业时,极易容易出现冒顶、涌水突泥等风险;例如部分隧道施工段存在有地表溶洞,在周边物探非低阻区段,仍存在溶洞可能性,也会导致施工中风险的发生;例如部分隧道施工段存在有松散层孔隙水、基岩裂隙水、碳酸盐类岩溶水等,会对隧道开挖作业中基础稳定性及支护结构稳定性产生影响。同时,在同类工程项目建设研究中,还提出在降雨量较大的季节施工中,如洞口部位没有采取有效的疏排措施,会导致水毁现象发生,进而对施工进度产生影响<sup>[1]</sup>。

### 2.2 隧道风险隐患评估方法

在高速公路建设水平不断提升,对施工风险隐患控制更加重视的情形下,采用施工风险评估模型,以定性与定量相结合方式实现对不同施工阶段风险隐患的科学分析,已经成为隧道施工风险隐患管控的基本方式,具体实施主要包括如下流程。

一是确定施工风险隐患关键指标,通常采用改进的专家调查法进行处理,先基于信心指数确定专家权重,利用调查问卷获取指标重要性等数据,采用归一化、组合计算等方式对施工风险评估风险概率得分和风险后果得分进行处理,二是将各种类型风险发生概率分为很可能、可能、偶然、不太可能、很不可能等五个等级标准。依照相关规范要求将风险发生后果分为轻微、较严重、严重、很严重、灾难性等五个等级标准<sup>[2]</sup>。三是利用主观赋权和动态赋权法确定指标初始权重,并根据状态变权理论对指标权重进行动态分析,得出变权评估模型,四是利用改进的和谐度方程评价方法对风险程度进行分析,并结合优劣解距离法对评价结果进行验证。

### 2.3 隧道风险隐患类型及影响

利用这种方法对本工程项目隧道工程进行风险隐患分析,重点存在如下几种类型风险:(1)洞口失稳风险,如施工前没有对坡面进行支护加固处理,岩层破碎、松散,且风化程度较为显著,稳定性不足,极易导致支护结构稳定性产生影响;同时在洞口段植被破坏严重的情形下,也会导致显著的环境问题。(2)塌方安全风险,主要是受不良地质、地形地貌因素、地下水因素、施工方案和措施应用不当、工序失衡、现场监测不到位,都会导致塌方风险产生,且带来较大经济损失和人身伤害事故。(3)岩爆安全风险,是指围岩体中集聚的弹性变形能在突然释放时产生的爆裂及弹射现象,具有极大破坏力。这类灾害通常具有偶发性特征,且受人为施工因素影响显著。(4)涌水突泥风险,这是本工程项目中最为显著的风险类型,在复杂地质结构尤其是溶洞分布较为散乱情形下,隧道掘进施工会对岩土体的含水层结构造成破坏,如地下水通道被挖出,会诱发水流及泥流等突然涌入隧道,这类地质灾害的发生,不仅对施工进度有较大影响,同时也会危及现场施工安全,带来较大经济损失和人员伤亡。(5)

大变形安全风险,主要集中在软岩地段,在隧道开挖后受较高围岩应力作用,导致支护结构出现膨胀挤出、隧道围岩塑性流动挤出等破坏形式,甚至造成塌方等严重事故。

## 3 山区高速公路隧道风险施工优化措施

### 3.1 洞口失稳风险控制

从隧道工程项目地形地貌及地形岩性等工程地质条件出发,在准确分析洞口失稳风险及施工风险源后,结合实际情况做好优化和控制,以确保施工作业安全有序推进。以本工程项目为例,施工期降雨较为频繁,需在施工前采取必要的加固支护措施及排水措施,在降雨量增大时采取有效的疏排措施,避免洞口有积水现象。同时应遵循“先加固、再开挖”和“早进洞、晚出洞”原则组织施工,有效避免失稳及水毁事故发生,在施工中全面做好工程地质和水文地质勘察,避免勘察不深入,对现场地质条件把握不精准而导致事故发生<sup>[3]</sup>。如监测到隧道出口段有偏压现象,需依照技术规范要求做好抗偏压控制措施。在施工中必须要加强监控量测和超前地质预报告,提前掌握地质结构特征,如发现异常需及时停止施工并上报处理,待得出切实可行的处理方案后再组织施工。对部分受力较为复杂的洞口段,应在洞口段上方原地面布设沉降观测点,加强监测频率,加强支护措施,并提前采取二衬支护处理,消除安全风险隐患。

### 3.2 塌方风险控制

隧道工程施工中,塌方风险需从整体入手,做好各个细节层面的有效控制,有针对性的做好施工优化,降低施工风险发生概率。一是要做好必要的防排水设计,避免开挖时隧道掌子面有积水现象,施工前需全面做好地质调查,并依据调查结果进行超前地质预测。二是分段进行针对性的现场超前地质预报和监控量测,确保围岩预报及监控数据及时准确,利用合适技术实现对监测数据的高效处理,并尽量在现场反馈,为现场施工作业提供必要指导。三是对不良地段需及时采取必要的支护措施,并加强对支护质量的有效控制。四是针对应力分布较为复杂的通道、预留洞室及隧道交接部位,应当采取加强支护措施。针对施工中已经出现的大型塌方现象,需暂停清渣作业,应在采用止浆墙、管棚等措施进行整体加固后,再采用分步、短进尺方式进行作业。

### 3.3 岩爆风险控制

在隧道工程施工中,需严格依照技术规范要求做好地层岩性等方面分析,准确评估岩爆可能发生施工段的精准评估,并做好结构图设计,加强支护结构设计,对岩层结构较为复杂,岩爆概率较高的施工段,还需采取有效的辅助技术措施。在采取围岩超前钻孔技术进行减压处理前,需合理设定钻进深度,注入适量水,或是使用少量炸药进行弱爆破,将围岩震裂以有效消除隐患<sup>[4]</sup>。在施工作业时,可以采用短施工进尺、多循环方式改善复杂地质因素的影响;在采用光面爆破方式时,需做好装药量计算并优化相关参数,确保原岩应力能够稳步得以释放,有效规避爆破震动对围岩极限强度状态造成的破坏,降低二次施工安全风险。在施工图设计环节,就必须完善优化岩爆概率较大地段

的结构设计,并在施工过程中根据超前地质预报和现场情况,有针对性做好变更设计,以确保施工安全有效推进。

### 3.4 涌水突泥风险控制

山区高速公路隧道工程施工中,涌水突泥风险发生概率较高,且受人为因素影响显著,因此在施工过程中必须要做好这方面的针对性优化。首先是依据前期勘察及设计方案,明确地质超前预报的重点地段和环节,根据测得数据采取有效的地层加固处理措施,尽量消除涌水突泥灾害隐患。在地下水分布较多,涌水突泥风险隐患较大的地段,应采取有效的疏排处理措施,加强超前支护,严格控制超前支护质量,以有效规避安全事故发生。在施工现场必须要采取有效的监测措施,根据监测数据及时精准评估风险发生概率,以有效提升施工安全水平<sup>[5]</sup>。例如在流量计进行渗水流量监测时,如探水孔出水流量超出设定安全阈值,可根据技术规范要求采取局部注浆堵水或全断面预注浆堵水方式进行处理,同时结合加密环向排水管方式做局部集中引排,以有效提升风险防控水平,避免安全事故发生。

### 3.5 大变形风险控制

针对围岩结构较为复杂,大变形风险发生概率较高的施工段,在前期就应当做好有效支护,尽快将支护结构形成闭环,提升整体支护效果。岩性较差的围岩段,需采取有效的监控量测措施,并适当增加预留变形量,在施工中加强技术指导,随时根据围岩揭露情况调整优化施工方案和参数,及时做好超前地质预报,确保现场人员能够准确掌握地质结构变动,有效应对突发事件。在常规性支护结构条件下施工作业时,需合理控制开挖施工进尺,及时将临时仰拱闭合,对拱脚位置采取加强处理措施<sup>[6]</sup>。在掌子面采取喷射混凝土、超前注浆和超前锚杆等措施,有效提升整体稳定性。通过采取综合性的处理措施,有效避免施工过程中可能出现的大变形现象,有效提升施工安全水平。

## 4 山区高速公路隧道施工风险防控原则

针对山区高速公路隧道工程施工风险隐患类型复杂、隐患点较多、突发性强、控制难度大等特征,在制定风险防控措施时,

必须要坚持预防为主原则,利用新型技术加强勘察、监测和评估,实现对潜在安全风险的精准识别和有效防范;应当坚持动态优化原则,根据地质条件变化特征、环境因素及施工作业影响所产生的新情况,及时精准识别新的风险点,以实现具体措施动态调整优化;应当坚持全面参与原则,要求管理层面、施工人员、安全监督人员等都能够明确自身职责,严格依照施工规范参与到风险防控中来,以全员参与形成全面覆盖、全流程贯穿的风险防控网络,有效提升整体防控水平,有效规避安全事故发生可能带来的损失,确保工程项目建设有序推进。

## 5 结束语

山区高速公路隧道风险隐患分析与控制,是工程项目建设应当关注的重点问题,对现场管理人员而言,必须要切实转变传统理念,在做好风险隐患分析基础上,有针对性的做好施工优化,积极采用新型技术做好监测,优化支护、爆破、防排水等技术措施应用方式,以此才能够实现对风险隐患的有效控制,提升施工安全和施工进度控制水平。

### [参考文献]

- [1]徐君芹.TYP高速公路隧道项目施工安全风险研究[D].贵州大学,2024.
- [2]邵斐豪.高速公路隧道工程施工风险分析与控制研究[D].华东交通大学,2023.
- [3]梁力健.乐西高速公路项目隧道施工风险分析与控制[J].价值工程,2023,42(12):40-42.
- [4]王子源.武九高速公路高楼山隧道施工安全风险评价研究[D].兰州交通大学,2023.
- [5]刘攀.贵黔高速公路龙井沟隧道施工风险评估与控制研究[D].武汉理工大学,2022.
- [6]林泳良.怀阳高速公路马咀隧道施工风险评估研究[D].武汉理工大学,2022.

### 作者简介:

杨正平(1990--),男,汉族,云南禄丰人,中级,本科,研究方向:交通运输工程。