



公路隧道新奥法施工全过程风险管理分析

姚文胜

(广东冠粤路桥有限公司, 广东 广州 511400)

摘要:为减少影响公路隧道新奥法施工质量的因素,强化新奥法的使用效果,弱化风险事故产生的概率,介绍新奥法施工全过程中的风险因子,结合广东汕湛高速某标段隧道,开展风险评价及控制分析,以便为隧道施工提供理论参考。

关键词:公路隧道;新奥法;风险管理

中图分类号:U455.48 **文献标识码:**A

0 引言

相对于传统的掘进机法和矿山法,新奥法具备以下特点:采取锚喷混凝土作为支护方式;掘进方式为钻爆法,采取多类型地质预报技术开展掌子面前方风险预测,有效规避生命财产安全风险。新奥法施工过程中需要对隧道围岩进行变化趋势的预测,继而调整控制支护,满足技术规范。新奥法施工质量风险因素较多,科学合理地进行隧道全过程施工风险评价,具备重要的社会经济价值。

1 新奥法施工全过程风险分析

1.1 爆破掘进

新奥法爆破施工风险主要归因于炸药爆破导致岩体不稳定分离,主要表现在以下几个方面:雷管、炸药本身稳定性较差,导致突爆;爆破过程中岩石应力不均,围岩稳定性不足,引发坍塌;现场爆破操作失误引发爆破事故;爆破产生瓦斯泄漏,引发火灾、窒息等危害;隧道掘进初期没有采取合理的排水措施,为后续围岩坍塌造成安全隐患。

1.2 初期支护

初期支护造成隧道开挖风险主要归因于混凝土、锚杆等材料施工质量,支护阶段产生的风险主要分为以下几类:围岩暴露时间过长,支护施工和围岩情况不匹配;混凝土水灰比、坍落度等技术指标不合格,锚杆锚固不佳;混凝土喷射中采取的潮喷、干喷工艺造成现场大量粉尘,通风措施不及格则会造成安全隐患;施工中存在高处作业、临时用电等不规范造成生命威胁^[1]。

1.3 预报及量测

隧道预报量测所获取的围岩开挖变形状况、水文地质数据非正常显示代表了施工过程中存在多种不可预料风险,预报测量中出现的风险主要可以分为以下内

容:一是现场监测效率低,在围岩变形较大时没有多频次开展变形监测,导致隧道变形情况没有及时得以改善;二是现场地质超前预报技术应用不合理,采集数据真实性偏低,对于隧道开挖掌子面前方的地质水文信息没有进行及时收集,引发后续安全事故;三是隧道监测中出现的拱顶及地表沉降速率偏大、周边位移过快、围岩内部变形超标、支护衬砌内力及锚杆轴力超出设计标准等情况,都对后续施工造成隐患;四是水压力监测数据非常态化,防排水控制效果不良;五是前方围岩地质突变,存在熔岩、流沙等不利地段;六是隧道施工对既有地形地貌造成较大改变,引发周围构筑物、管线的破坏。

1.4 二次衬砌

隧道衬砌施工主要采取模板台车和混凝土工程组合式工艺,作为隧道洞内的主要承压结构,衬砌有助于装饰隧道最内层。衬砌施工产生的风险主要包括以下内容:一是衬砌混凝土技术指标不合格,如水灰比、坍落度,衬砌承压效果难以充分发挥;二是二次衬砌具备防水堵水效果,水压力过大则会对衬砌造成质量损害;三是衬砌施工没有依据相关技术流程开展,衬砌浇筑厚度不达标,衬砌效果不良;四是衬砌暴露在周围环境中的时间过长,与周围水、地质环境产生复杂的化学腐蚀;五是高处作业多采取模板台车施工,现场技术人员存在衬砌坠落、碰撞、触电等安全事故。

2 工程概况

汕湛高速第11标段起于清远市佛冈县汤塘镇瓦锡田,起点桩号K111+800,至汤塘镇暖水村接第十二标段,终点桩号为K124+000,路线长12.2km。公路设计等级:高速公路双向六车道;设计行车速度:100km/h。高山顶隧道进口位于佛冈县汤塘镇镇江



坳村,附近为毛细坪村,离隧道进口约3000m;隧道出口位于佛冈县汤塘镇上迳石场西侧,距石场约300m。隧道总体走向呈近东西向,在出口段向北呈弧形。隧道穿过丘陵地貌区,地形起伏大,地面标高64~332m,最大相对高差约230m。山体植被较茂密。隧道出口端西南侧100m外存在采石场。高山顶隧道惠州端左、右线洞门均采用削竹式,左线里程为ZK116+666,明暗分界设在ZK116+697,明洞长31m;右线里程为K116+659,明暗分界设在K116+683,明洞长24m。左、右线洞口段均采用12m长管棚超前支护,保证安全进洞。高山顶隧道清远端左、右线洞门均采用端墙式,左线里程为ZK118+193,右线里程为K118+180。左、右线洞口段均采用5m双层短管棚超前支护,保证安全进洞。隧道建筑限界净宽:0.75(左侧检修道)+0.25(余宽)+0.5(左侧向宽度)+3×3.75(车道宽度)+1.0(右侧向宽度)+1.0(右侧检修道)=14.75m;隧道建筑限界净高:5.0m。隧道右线围岩分级分段如表1所示^[2]。

3 隧道施工风险评价

3.1 风险等级

通过现场数据调查及相关施工技术规范,本文以

一级指标下的二级指标为例,如表2所示,构建评分标准参考值,获取指标风险等级,如表3所示。施工单位依据风险等级可以采取有效的风险管控措施,其中,五级风险这是不可接受的,此时需要进行全面停止作业;四级风险则为重大风险,此时需要对实际施工情况进行综合分析,并且采取有效措施;三级风险为较大风险,此时需要加强重视并且制定专项措施;二级风险则表示可接受该风险,需要动态监控;一级风险则不需要加以处理。

表3 风险等级

等级	一级	二级	三级	四级	五级
风险值	>0.901	0.762~0.901	0.654~0.762	0.511~0.654	<0.511

3.2 评价矩阵

本文采取BP神经网络评价模型进行单元段集合评价矩阵的导入,获取右线隧道相应区段的风险等级,定量指标数据的获取则需要依据地勘报告,匹配专业人员的打分评定,计算风险评价指标的评价向量,向量构成的评价矩阵作为模型输入数据;在此基础上,采取MATLAB软件,获取评价矩阵模型导入后的模糊综合评价(FCE)真实值、风险评估输出值,如表4所示。

表1 隧道右线围岩分级分段划分

里程范围		围岩长度/m	围岩级别	工程地质水文地质特征及评价
右线				
K117+537	K117+892	355	Ⅱ	主要由微风化花岗岩组成,裂隙一般发育,岩体较完整,岩质较硬~坚硬,应预防掉块、楔形坍塌问题。雨季潮湿或滴水
K117+892	K118+075	183	Ⅲ	围岩主要由中~微风化花岗岩组成,岩体完整,岩石节理一般发育,岩质较硬,局部或有绿泥石化现象,应预防掉块、楔形坍塌问题。雨季潮湿或滴水
K118+075	K118+130	55	Ⅳ	围岩主要由中~微风化花岗岩组成,岩体完整,受断裂构造影响,岩石节理发育,岩质较硬,局部或有绿泥石化现象,应预防掉块、楔形坍塌问题。雨季潮湿或滴水
K118+130	K118+180	50	V	洞口浅埋段,围岩主要由素填土、燕山期强~微风化花岗岩组成,素填土、强风化花岗岩强度低,遇水易软化崩解,中~微风化花岗岩岩体破碎。受汤塘断裂构造影响,F16断层经过,洞口岩体很破碎,应及时加强喷锚支护,预防坍塌冒顶问题。雨季潮湿或滴水

表2 指标体系分类标准参考

类别		风险等级				
		一	二	三	四	五
爆破掘进	基本特征	安全程度很高	安全程度适宜	安全程度一般	安全程度偏低	安全程度较差
	参考值	>90	90~80	80~70	70~60	<60
初期支护	基本特征	支护及时科学	支护时机较好	支护时机一般	时机较差	时机错误
	参考值	>90	90~80	80~70	70~60	<60
预报量测	基本特征	规范频率	次数达标	频率反映情况	频率不重视	频率不达标
	参考值	>95	95~85	85~80	80~76	<75
二次衬砌	基本特征	洞体线形误差极小	洞体线形误差小	存在可控误差	误差较大	误差悬殊
	误差值/cm	0~±10	±10~±15	±15~±20	±20~±30	±30~±40



表4 评价结果分析

区段	V	IV	III	II
BP评价价值	0.8	0.812	0.846	0.851
FCE真实值	0.8	0.83	0.844	0.842

3.3 结果分析

表4结果表明,项目采取的BP神经网络模型能够较为准确地模拟专家评分经验,且相较于模糊综合评价,较为简洁,能够实现对隧道不同危险单元段开展风险评估,和模糊综合评价的误差控制在(0.01—0.015)之间,具备良好的评估精度,不同样本输出误差分析如图1所示。

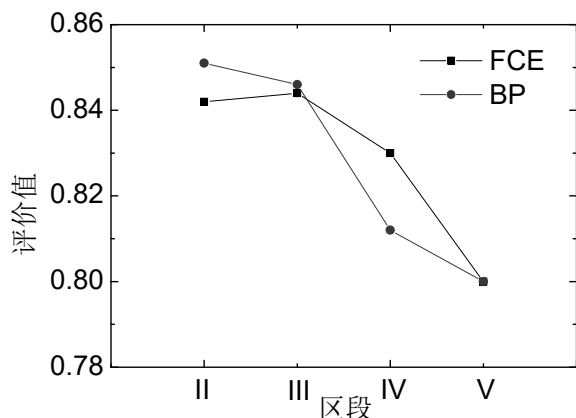


图1 区段评价输出

该公路隧道右线施工阶段,经过现场相关技术人员、管理人员的合理管控,多数情况的区段风险控制在二级风险区内,这表明施工过程中对施工组织、安全、质量的把关都有较好的水平,实际施工中后期也并没有出现质量安全事故,项目顺利验收完工。表4结果中,隧道右线洞口段存在较大的施工风险,且普遍高于其他区段,这主要是入口段存在较低的地势,地表水较为丰富,施工阶段也存在较多的水侵蚀病害,易引发隧道施工的不稳定;其余区段的地势相对偏高,水压较小,造成的总体稳定性偏高^[3]。

4 隧道施工风险应对与控制

新奥法开展该隧道洞口段施工中,地下水较为丰富,且存在断层、不稳定破碎带、节理发育、偏压等不利情况,洞口段产生的危害主要表现为形变和坍塌。针对以上施工风险,本文采取以下风险控制措施:

4.1 坍塌应对

隧道洞口段施工前期主要采取小导管超前支护措施,且施工工艺需要遵循短进尺、强支护、早封闭、勤量测、早衬砌的原则,现场施工需要严格依照相关技术设计规范先后顺序开展,风险防范措施包括以下内容:一是现场对仰坡、边坡开展及时防护,并且对周围山坡进行稳定性、强度的检查、监测,现场如果遇见地下水环境复杂的情况,则要采取超前探孔预报

技术,对前方的围岩情况进行真实数据采集,并且以此调整设计相关参数;二是洞口段施工需要强化监测频率,确保各项施工技术指标满足规范允许范围;三是严格控制施工掌子面、二次衬砌、仰拱等不同工序之间的步距,现场尽快完成二次衬砌;四是洞口浅埋段的纵横断面需要进行测量绘制,对浅埋情况进行及时确认,对洞顶岩土层覆盖厚度及时判断掌握,对于既有支护参数、施工作业工序进行优化调整;五是施工中需要制定严格的作业章程,强化一体式的安全宣传和工作交底。

4.2 大变形应对

该公路隧道洞口段的大变形情况风险,则需要采取现场主动控制措施,需要遵循加固围岩、改善变形、先柔后刚、先放后抗、变形留够、底部加强的原则,尤其在浅埋暗挖段,需要强化围岩自身承载强度,以抵抗变形风险,主要包括以下措施:一是对于洞口初期支护进行允许变形量的设置,充分缓和围岩能量的释放;二是二次衬砌、初期支护之间需要构建充足的变形量;三是围岩变形程度较大时,需要及时加筋二次衬砌的方式来优化围岩承载强度;四是隧道底部结构施工质量需要加强重视;五是现场施工加密、加长锚杆,以便传递荷载至基岩处;六是掌子面紧邻仰拱,尽快封闭成环初期支护;七是洞口开挖后则要及时进行洞体初喷封闭,控制围岩环境暴露时间,及时施工锚喷支护、拱架;八是初期支护施工结束后,则需要现场检查喷射混凝土裂缝病害、混凝土表面是否脱落、锚杆垂直度、结构是否剪切损伤、钢支撑是否变形等不良状况^[4]。

5 结语

总而言之,本文针对特定工程项目采取BP神经网络模型进行风险评估,项目隧道右线不同区段的风险评估和实际施工情况较为吻合。其中,隧道洞口段开挖需要做好坍塌、大变形控制措施,其余区段的风险等级较好,现场需要做好动态跟踪,完善施工组织,控制施工质量,确保项目的顺利完工。

参考文献:

- [1]陈正清.基于特长隧道围岩稳定性分析的施工开挖方法[J].智能建筑与智慧城市,2020(4):4-9.
- [2]顾博渊.特殊地质条件下特长公路隧道设计阶段安全风险评估技术研究[D].西安:长安大学,2014.
- [3]杨应祥.公路隧道新奥法施工全过程风险管理研究[J].中国建材,2020(1):31-36.
- [4]艾磊.高速公路隧道新奥法施工技术应用[J].交通世界,2020(21):21-29.

作者简介:姚文胜(1973-),男,汉族,广东雷州人,本科,路桥工程师,从事路桥施工管理工作