

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2022.06.004

基于 AHP- 模糊综合评判的 岩溶隧道施工风险性评价

何 文¹, 刘 冬¹, 罗 睿², 祝方才²

(1. 中铁北京工程局集团第二工程有限公司, 湖南 长沙 410116; 2. 湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 岩溶隧道施工受岩体质量、地下水和开挖方法等多种因素影响。为评价岩溶区隧道施工风险, 将影响因素分成3个类别和10个因子, 并基于层次分析法和模糊数学建立了二级综合评判模型。通过选取梯形分布的隶属函数确定各种因素在不同风险等级中的隶属度, 并以四川省某特长隧道为计算实例, 计算分析出该工程的施工风险性。与超前预报结果进行对比分析发现, 评估结果较为一致, 表明该评价结果可以为施工作业提供一定的依据。

关键词: 层次分析法; 岩溶隧道; 模糊综合评判; 风险性评价

中图分类号: U453.6+1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2022)06-0022-07

引文格式: 何 文, 刘 冬, 罗 睿, 等. 基于 AHP- 模糊综合评判的岩溶隧道施工风险性评价 [J]. 湖南工业大学学报, 2022, 36(6): 22-28.

Construction Risk Evaluation of Karst Tunnels Based on AHP-Fuzzy Comprehensive Assessment

HE Wen¹, LIU Dong¹, LUO Rui², ZHU Fangcai²

(1. 2nd Engineering Co. Ltd., China Railway Beijing Group Engineering Co. Ltd., Changsha 410116, China;

2. College of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The construction of Karst tunnel is affected by such factors as rock mass quality, groundwater and excavation method. In order to study the risk of tunnel construction in karst area, the influencing factors are divided into three categories and ten factors, and a two-level comprehensive evaluation model is established based on analytic hierarchy process and fuzzy mathematics. By selecting the membership function of trapezoidal distribution, the membership degree of various factors in different risk levels is determined. Taking a super-long tunnel in Sichuan Province as an example, the construction risk of the project is calculated and analyzed, and compared with the results of advanced prediction. It is found that the evaluation results are consistent, which shows that the evaluation results can provide a certain basis for construction operations.

Keywords: analytic hierarchy process (AHP); Karst tunnel; fuzzy comprehensive assessment; risk evaluation

收稿日期: 2022-01-13

基金项目: 湖南省自然科学基金株洲联合基金资助项目 (2018JJ4007)

作者简介: 何 文 (1984-), 男, 四川蓬溪人, 中铁北京局二公司工程师, 主要研究方向为公路工程施工管理,

E-mail: 499936195@qq.com

通信作者: 祝方才 (1972-), 男, 湖北公安人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要研究方向为边坡稳定和隧道施工,

E-mail: zhufangcai@hut.edu.cn

0 引言

随着我国公路建设的发展,公路隧道的总长度已经超过 15 000 km。并以每年 1 000 km 的速度增长^[1]。我国南部地区的隧道施工过程中,往往会遇到岩溶地貌,因此对这些地区的施工作业进行危险性评价非常重要。关于岩溶隧道的风险评估已经有了很多的方法,刘敦文等^[2]针对富水岩溶隧道涌水灾害因素的不确定性和随机性,提出了基于云模型的模糊综合评判方法;杨卓等^[3]通过运用 BP 神经网络法进行预报,发现预报与实际工程施工情况较为一致,并结合超前预报制定了隧道合理的支护方案;朱珍等^[4]采用加权平均数法在地质因素上对岩溶隧道涌水情况进行了风险评估;贺玉龙等^[5]建立了 BP 神经网络模型对岩溶地区的岩溶塌陷问题进行了预测;V. M. Koutepov 等^[6]利用 GIS 技术和各种数据相结合,对俄罗斯捷尔任斯克地区内潜在重力塌陷和饱和塌陷区进行了圈定。然而,岩溶地区的地质情况较为复杂,存在许多对施工风险造成影响的不良因素,给风险性评估带来较大困难。很多工程实例中引入了模糊数学^[7-8]方法进行分析评价,但仍然存在不足,在确定判断矩阵时存在个人主观因素有影响、影响因素考虑不够全面、没构造影响因素隶属函数的表达式等缺陷。在前人工作基础上,本文拟通过构造隶属函数,运用层次分析法与两级模糊综合评判相结合,对隧道

施工风险性进行评价,并对上述不足做出改正与完善。

1 工程概况

某山岭高速公路隧道区域位于四川省南部,该地区气候属于亚热带暖湿润型季风气候,四季分明,秋冬季节霜期较短,冬冷夏热,在夏秋季节的雨季时降水量非常充足,而在冬季时降水量相对较少且干燥,春夏交替时常出现冰雹天气。隧道位于沉积岩区,平均年降雨量为 1 142 mm,最大年降雨量为 1 515.9 mm。根据地下水的类型将隧道作为一个整体计算涌水量。为了初步估算出隧道涌水量,分别采用大气降水入渗法、地下径流模数法以及古德曼经验公式对隧道进行涌水量计算,综合计算结果,并结合隧址区地层岩性、地质构造、水文地质条件,推测该隧道的最大涌水量为 25 379.27 m³/d,隧道正常涌水量为 18 316.67 m³/d;该地区的地下水的 pH 值呈弱酸性,并且混凝土结构和钢筋混凝土结构中的钢筋都存在微腐蚀性现象。

该工程区域位于四川盆地的地盆周围西南边缘山地区和南部低矮丘陵区域,其中隧道线路走廊带的地质构造和岩体结构的岩性明显受到了该地区的地形地貌控制。可以将该地区的地貌类型分为两种,分别是侵蚀构造地貌和构造岩溶地貌。隧道地质纵剖面图如图 1 所示。

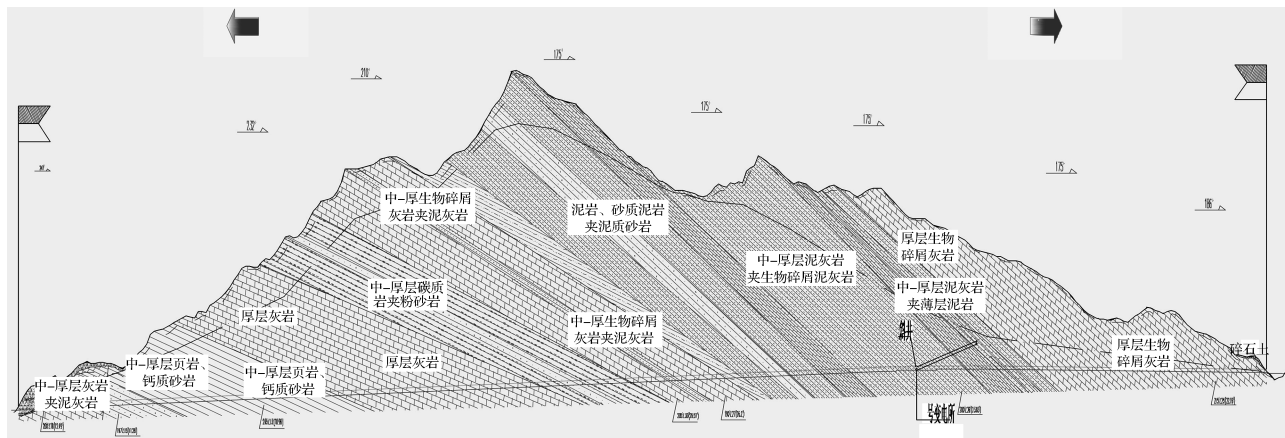


图 1 隧道地质纵剖面图

Fig.1 Tunnel geological longitudinal profile

2 建立模糊综合评判模型

2.1 影响因素和风险等级的确定

影响岩溶隧道的施工风险是由多种因素共同作用的。通过对前人的研究成果^[9-12]进行总结与分析,将岩溶隧道施工风险影响的因素分成3个类别和10

个因子,这3个类别分别是岩层、地下水和施工因素^[13]。并且将施工风险性划分为4个等级,其评判集为 $I=\{v_1(\text{风险小}), v_2(\text{风险较小}), v_3(\text{风险较大}), v_4(\text{风险大})\}$

构建的岩溶隧道风险性评价因素及其分级指标^[14-15]如表1所示。

表 1 岩溶隧道风险性评价因素及分级指标

Table 1 Risk evaluation factors and classification indexes of Karst tunnels

类 别	指 标	风险级别			
		风险小 v_1	风险较小 v_2	风险较大 v_3	风险大 v_4
岩层 (U_1)	岩体完整性系数 K_v (u_1)	>0.75	0.75~0.5	0.5~0.25	<0.25
	岩石抗压强度 R_c (u_2) /MPa	>55	55~25	25~10	<10
	岩溶发育程度 (u_3)	弱	较弱	较强	强
	围岩等级 (u_4)	I, II	III	IV	V
地下水 (U_2)	地下水涌水量 (u_5) /(m ³ ·d ⁻¹)	<5 000	5 000~9 000	9 000~13 000	>13 000
	地下水位 (u_6) /m	$H<0$	$0 \leq H<30$	$30 \leq H<60$	$H \geq 60$
	地下水侵蚀性 (u_7)	无侵蚀性	微侵蚀性	弱侵蚀性	强侵蚀性
施工因素 (U_3)	开挖方法 (u_8)	适宜	较适宜	较不适宜	不适宜
	支护措施 (u_9)	适宜	较适宜	较不适宜	不适宜
	爆破振动 (u_{10})	微振动	弱振动	中等振动	强振动

2.2 AHP-模糊综合评判的数学原理

找出影响评判的因素集, 称其为二级因素集, 并将其表示为

$$U=\{u_1, u_2, u_3, u_4\}。$$

根据因素集里的 n 个因素将其分成 k 类, 称其为一级因素集, 因此又可以将因素集表示为

$$U=\{U_1, U_2, U_3, U_4\}。$$

将不同的评判结果组成集合, 用 V 表示:

$$V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}。$$

根据隶属度函数计算出第 p 类一级因素中的第 i 个二级因素在评判集 V 中第 j 个评价的隶属度 r_{ij} , 把第 p 类的各个二级因素的评价隶属度集用模糊矩阵表示为

$$R_p = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{im} \end{bmatrix}。$$

利用一级因素中各二级因素的判断矩阵得到其相对应的权重系数 ω_i ($i=1, 2, \cdots, n$)。其中第 p 类一级因素中的二级因素的权重集为

$$W_p=\{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}。 \quad (1)$$

再利用一级因素的判断矩阵计算得到其权重系数, 并将一级因素的权重集表示为

$$W=\{q_1, q_2, q_3, q_4\}。 \quad (2)$$

然后对第 p 类一级因素作出综合评价, 可以得到第 p 类一级因素的二级因素评价集

$$B_p=W_p \circ R_p。 \quad (3)$$

k 个二级因素评价集组合成模糊评价矩阵:

$$R=\{B_1, B_2, B_3, B_4\}^T。 \quad (4)$$

最后, 将一级因素的权重集与模糊评价矩阵进行模糊运算, 得到二级模糊综合评价的指标:

$$W=D \circ R。 \quad (5)$$

2.3 判断矩阵的构造与权重系数的确定

对同一级因素的各二级因素在该档中某一二级因素的重要程度, 在两两之间进行比较, 并采用表 2 所示的“1~9 标度法”构造判断矩阵 $A=(a_{ij})$, 然后根据公式计算出各二级因素的权重系数, 再根据表 3 的随机一致性指标 R 检验权向量的一致性。

表 2 “1~9 标度法”取值

Table 2 “1~9 scale method” value list

i 比 j	相同	稍强	强	很强	绝对强	稍弱	弱	很弱	绝对弱
a_{ij}	1	3	5	7	9	1/3	1/5	1/7	1/9

在两个相同到绝对强之间每个等级之间依次用 2, 4, 6, 8 将其量化。

第一步: 先将判断矩阵 A 的每一列归一化处理, 得到矩阵 $C=(c_{ij})$, 然后按照 C 的行求和, 即

$$\omega_i = \sum_{j=1}^n c_{ij}, \quad i=1, 2, \cdots, n。 \quad (6)$$

式中:

$$c_{ij} = a_i / \sum_{k=1}^n a_{kj}, \quad i, j=1, 2, \cdots, n。 \quad (7)$$

第二步: 将权重归一化处理得到权重集 $W_p=\{\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_i\}$ 。

第三步: 计算判断矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{\max}$,

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{\omega_i}。 \quad (8)$$

式中 $(AW)_i$ 为 AW 的第 i 个分量。

第四步: 一致性检验, 即

$$C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, \quad (9)$$

$$C_R = C / R。 \quad (10)$$

当 $C_R < 0.1$ 时, 可以认为判断矩阵具有满意的一致性, 否则需要对判断矩阵进一步调整。

表3 随机一致性指标

Table 3 Random consistency index

n	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

构造判断矩阵:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1/5 & 3 \\ 3 & 5 & 1 & 6 \\ 1/4 & 1/3 & 1/6 & 1 \end{bmatrix},$$

$$U_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 2 \\ 3 & 1 & 7 \\ 1/2 & 1/7 & 1 \end{bmatrix},$$

$$U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 5 \\ 2 & 1 & 6 \\ 1/5 & 1/6 & 1 \end{bmatrix}.$$

利用式(1)求出3类二级因素的各个权向量 W_1 、 W_2 、 W_3 和一级因素的权向量 W :

$$W_1 = (0.233, 0.139, 0.562, 0.066),$$

$$W_2 = (0.216, 0.681, 0.103),$$

$$W_3 = (0.520, 0.320, 0.160),$$

$$W = (0.343, 0.575, 0.082).$$

然后根据式(9)~(11)分别求出这些因素的一致性比例,且都满足 $C_R < 0.1$,见表4。

表4 一致性比例

Table 4 Concordance ratio

判断矩阵	U_1	U_2	U_3	U
C_R	0.032 00	0.000 85	0.004 60	0.014 00

2.4 隶属度函数的确立

隶属程度是模糊数学的基本思想,隶属函数是确定元素在不同评价下的隶属程度的重要方法之一。通过查阅资料,对于定量作用的影响因素选取梯形分布的隶属函数来确定其在各个评价下的隶属程度,其中评价等级边界值的隶属度为1/2,界限中间1/2长度的范围隶属度为1。隶属度函数图像如图2所示。

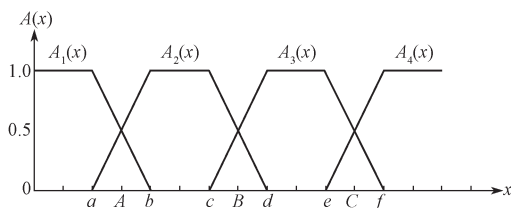


图2 隶属度函数图像

Fig.2 Membership function graph

隶属度函数如下:

$$A_1(x) = \begin{cases} 1, & x < a; \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 0, & x > b. \end{cases} \quad (11)$$

$$A_2(x) = \begin{cases} 0, & x < a, x > d; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d; \\ 1, & b \leq x \leq c. \end{cases} \quad (12)$$

$$A_3(x) = \begin{cases} 0, & x < c, x > f; \\ \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d; \\ \frac{f-x}{f-e}, & e \leq x \leq f; \\ 1, & d \leq x \leq e. \end{cases} \quad (13)$$

$$A_4(x) = \begin{cases} 0, & x < e; \\ \frac{x-e}{f-e}, & e \leq x \leq f; \\ 1, & x > f. \end{cases} \quad (14)$$

根据前人的经验,对于定性作用的因素在1~4之间赋值,其中,赋值越大,表示在施工过程中的风险越高。并且采用相邻评价隶属度减半的方法来计算隶属度^[11]:

$$U_{Si}(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^{|x_i - x|}, \quad i=1, 2, 3, 4. \quad (15)$$

3 结果分析与评价

以桩号 ZK8+740~ZK8+950 为例,该段围岩为中风化灰岩夹泥灰岩的较软岩,岩体破碎,上覆崩积层碎石土,地下水受季节影响,主要为松散层孔隙水及基岩风化层裂隙水,受岩土性质影响,拱部及两侧壁易产生坍塌和掉块。隧道轴向与岩层倾向呈大角度相交,围岩稳定性一般,岩溶发育,地下水以渗水或滴水状为主,该段的地下水位与隧道底板的高差平均为46.7 m。其中围岩等级为IV级,岩体完整性系数 $K_v=0.25$,岩石抗压强度 $R_c=60$ 。隧道开挖爆破应采用光面爆破技术,特殊条件下应设置减振孔,减小对围岩的扰动。分离式隧道洞口段、V级围岩浅埋段 Va 衬砌采用环形开挖预留核心土法施工;V级围岩深埋段 Vb 衬砌采用环形开挖预留核心土法施工,V级围岩断层破碎带段 Vc 衬砌采用单侧壁导坑法施工;IV级围岩地段采用上下台阶法施工;III级围岩地段型衬砌采用全断面法施工。

根据上述影响因素, 带入隶属函数中可以得出隶属矩阵为

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.25 & 0.5 & 1 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.25 & 0.25 & 1 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.125 & 0.25 & 0.5 & 1 \\ 0.125 & 0.25 & 0.5 & 1 \end{bmatrix}.$$

利用式 (3) 求出各类一级因素的评判集:

$$B_1 = W_1 \circ R_1 = (0.250, 0.500, 0.562, 0.500),$$

$$B_2 = W_2 \circ R_2 = (0.103, 0.103, 0.681, 0.216),$$

$$B_3 = W_3 \circ R_3 = (0.25, 0.50, 0.52, 0.50).$$

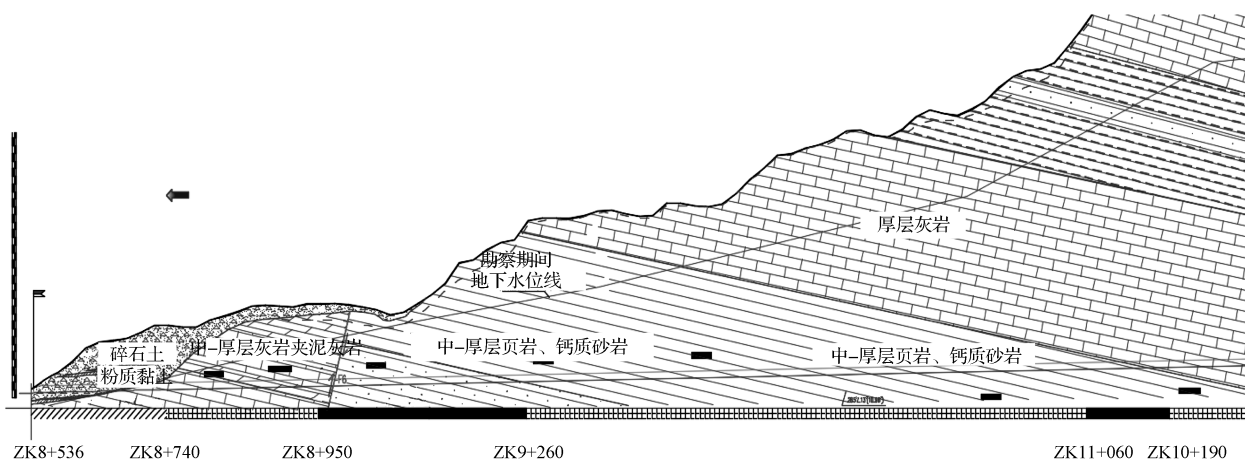
再用式 (5) 求出二级模糊综合评价:

$$D = W \circ R = W \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = (0.250, 0.343, 0.575, 0.343).$$

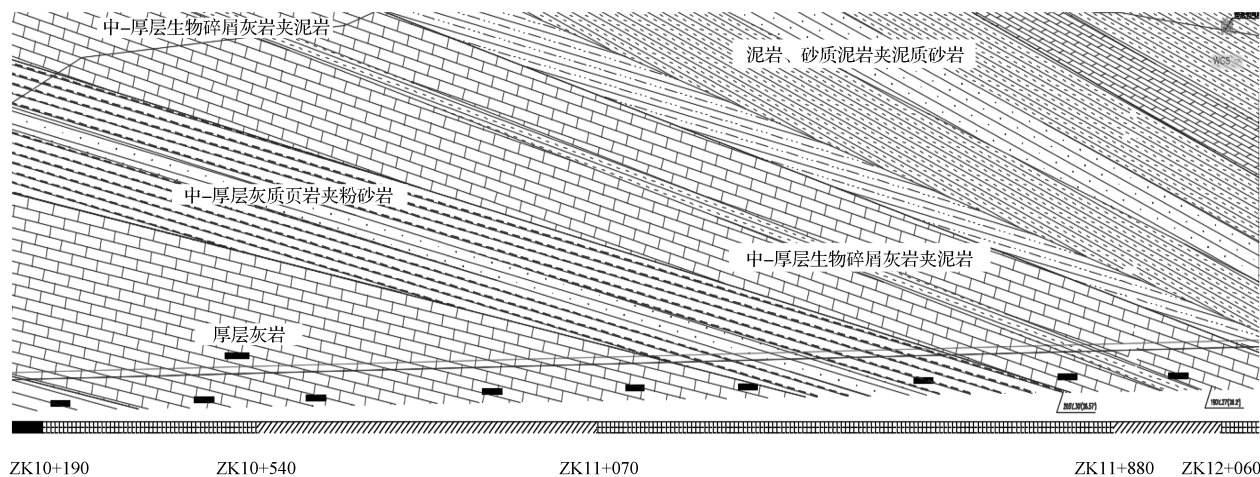
采用最大隶属度原则进行判断, 该段隧道施工风险较大, 需要高度重视, 并做好施工安全措施和施工安全性监督。

同理, 利用上述方法对隧道全段进行风险性评价, 其中 ZK8+536 至 ZK8+740, ZK10+540 至 ZK11+070, ZK11+880 至 ZK12+060 的施工风险性较小; ZK8+740 至 ZK8+950, ZK9+260 至 ZK10+060, ZK10+190 至 ZK10+540, ZK11+070 至 ZK11+880, ZK12+060 至 ZK13+320, ZK13+550 至 ZK14+660 的施工风险性较大; ZK8+950 至 ZK9+260, ZK10+060 至 ZK10+190, ZK13+320 至 ZK13+550, ZK14+660 至 ZK14+820 的施工风险性大。

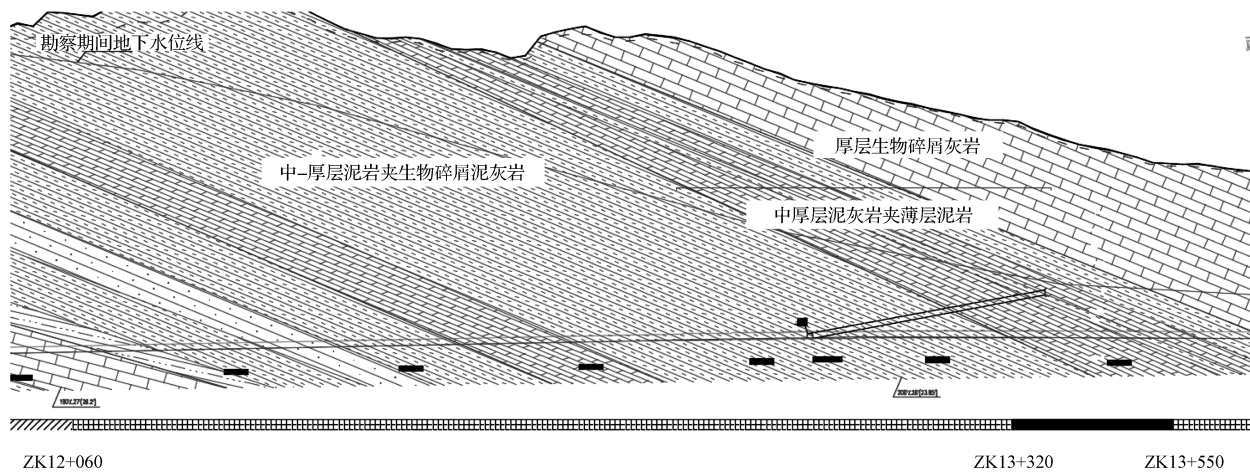
在地质纵剖面图下方, 用白色表示风险性小, 斜线色表示风险性较小, 网格表示风险性较大, 黑色表示风险性大。隧道风险性评价图如图 3 所示。



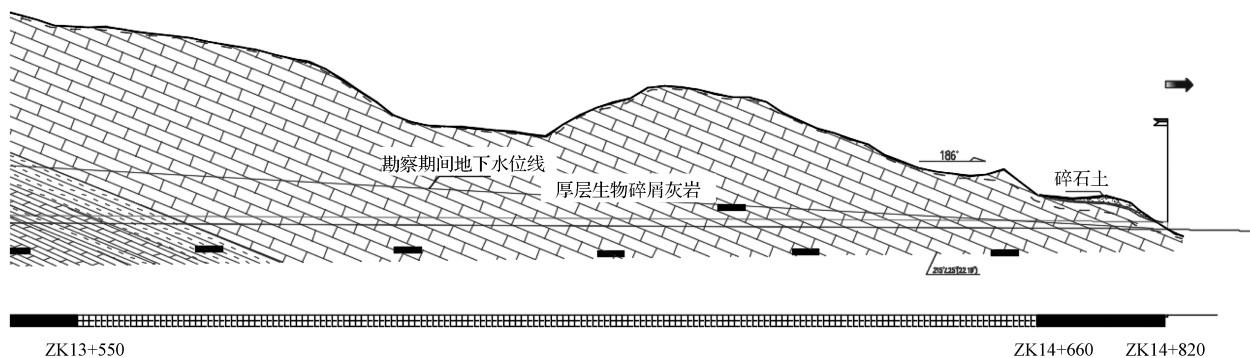
a) 图 1



b) 图 2



c) 图3



d) 图4

图3 隧道风险性评价表示图

Fig. 3 Tunnel risk assessment diagram

4 结语

通过研究分析,影响隧道施工的风险性因素包括:岩体完整性系数 K_v 、岩石抗压强度 R_c 、岩溶发育程度、围岩等级、地下水涌水量、地下水位、地下水侵蚀性、开挖方法、支护措施、爆破振动。

经过综合分析,对于定量作业的因素选取梯形分布的隶属函数,对于定性作用的因素采用相邻评价隶属度减半的方法来计算隶属度。

以层次分析法为基础,并运用二级模糊综合评判的方法对隧道施工风险性等级进行综合评价,为隧道施工过程中风险的提前防治提供了重要依据。

参考文献:

- [1] 王成. 隧道工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009: 30-50.
WANG Cheng. Tunnel Engineering[M]. Beijing: China Communications Press, 2009: 30-50.
- [2] 刘敦文, 曹敏, 唐宇, 等. 基于云模型的富水岩

溶隧道涌水风险评价[J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(1): 109-115.

- LIU Dunwen, CAO Min, TANG Yu, et al. Risk Evaluation of Water Inrush in Water-Rich Karst Tunnel Based on Cloud Model[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2021, 17(1): 109-115.
- [3] 杨卓, 马超. 基于BP神经网络方法的岩溶隧道突涌水风险预测[J]. 隧道建设, 2016, 36(11): 1337-1342.
YANG Zhuo, MA Chao. Risk Prediction of Water Inrush of Karst Tunnels Based on BP Neural Network[J]. Tunnel Construction, 2016, 36(11): 1337-1342.
- [4] 朱珍, 王旭春, 袁永才, 等. 基于加权平均法的岩溶隧道突涌水风险评估[J]. 公路工程, 2015, 40(6): 51-54.
ZHU Zhen, WANG Xuchun, YUAN Yongcai, et al. Risk Assessment of Water Inrush in Karst Tunnels Based on Weighted Average Method[J]. Highway Engineering, 2015, 40(6): 51-54.
- [5] 贺玉龙, 杨立中, 黄涛. 人工神经网络在岩溶塌陷预测中的应用研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,

- 1999, 10(4): 86–90, 79.
- HE Yulong, YANG Lizhong, HUANG Tao. Research on Application of Artificial Neural Network in the Prediction of Karst Collapse[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1999, 10(4): 86–90, 79.
- [6] KOUTEPOV V M, MIRONOV O K, TOLMACHEV V V. Assessment of Suffosion-Related Hazards in Karst Areas Using GIS Technology[J]. Environmental Geology, 2008, 54(5): 957–962.
- [7] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006: 190–215.
- XIE Jijian, LIU Chengping. Fuzzy Mathematics Method and Its Application[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2006: 190–215.
- [8] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1983: 196–229.
- HE Zhongxiong. Fuzzy Mathematics and Its Applications[M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 1983: 196–229.
- [9] 武运泊, 王运生, 曹文正. 基于 AHP-模糊综合评判的岩溶塌陷危险性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2015, 26(1): 43–48.
- WU Yunbo, WANG Yunsheng, CAO Wenzheng. Risk Evaluation of Karst Collapse Based on AHP & Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2015, 26(1): 43–48.
- [10] 许振浩, 李术才, 李利平, 等. 基于层次分析法的岩溶隧道突水突泥风险评估[J]. 岩土力学, 2011, 32(6): 1757–1766.
- XU Zhenhao, LI Shucai, LI Liping, et al. Risk Assessment of Water or Mud Inrush of Karst Tunnels Based on Analytic Hierarchy Process[J]. Rock and Soil Mechanics, 2011, 32(6): 1757–1766.
- [11] 陈晓广. AHP 及模糊综合评判在隧道岩溶灾害危险度评价中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 2015, 26(1): 81–86.
- CHEN Xiaoguang. Evaluating Karst-Tunnel Hazard Risk Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Methods[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2015, 26(1): 81–86.
- [12] 于杰绪. 岩溶隧道突水涌泥风险评估及围岩稳定性的影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2018.
- YU Jiexu. Risk Assessment of Water Inrush and Mud in Karst Tunnel and Influence of Surrounding Rock Stability[D]. Xi'an: Changan University, 2018.
- [13] 何书, 王家鼎, 朱忠, 等. 基于模糊贴近度的岩溶塌陷易发性研究[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(1): 8–13.
- HE Shu, WANG Jiading, ZHU Zhong, et al. Fuzzy Approach Degree-Based Research on Occurrence of Karstic Collapse[J]. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(1): 8–13.
- [14] ZHU JIANQUN, LI TIANZHENG. Catastrophe Theory-Based Risk Evaluation Model for Water and Mud Inrush and Its Application in Karst Tunnels[J]. Journal of Central South University, 2020, 27(5): 1587–1598.
- [15] 汪黎黎, 黄梦昌. 岩溶隧道施工全过程风险管控措施[J]. 西部交通科技, 2021(2): 111–114.
- WANG Lili, HUANG Mengchang. Risk Control Measures for the Whole Process of Karst Tunnel Construction[J]. Western China Communications Science and Technology, 2021(2): 111–114.

(责任编辑: 申 剑)