

## 泸盐路宜宾至南溪段地质灾害危险性评估\*

康小兵<sup>1</sup>, 潘国耀<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 四川省地质工程勘察院, 成都 610072)

**摘要:** 宜宾市至南溪县公路是省道 S307 中的重要一段, 对公路沿线地质灾害进行现状评估、预测评估, 并在此基础上采取定性、半定量的方法对全线地质灾害进行综合评估, 有针对性的提出相应的防治措施。

**关键词:** 地质灾害危险性; 综合评估; 防治措施

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)01-0216-03

## Risk Evaluation of Geological Disaster for Luyan Road from Yibin to Nanxi

KANG Xiao-bing<sup>1</sup>, PAN Guo-yao<sup>2</sup>

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Sichuan Geological Engineering Survey Institute, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** The road from Yibin to Nanxi is the important section of provincial road 307, the qualitative and semi quantitative methods were adopted to comprehensively evaluate the geological disaster, on the basis of actuality evaluation and forecast evaluation, along the road, then the control measures are proposed for the project.

**Key words:** geological disaster risk; comprehensive evaluation; prevention and control measure

### 1 工程概况

宜宾市至南溪县公路是省道 S307 线泸盐路中的重要一段, 是宜宾市连接各县快速通道的重要组成部分, 同时也是南溪县进出口的重要通道。目前道路全长 48 km, 分两段分别由 1986 年和 1997 年建成, 受各方面因素制约, 该路段平纵面线性较差, 坡陡弯急, 水泥砼路面破损严重, 行车极其困难, 已极不适应社会经济发展和日益增长交通量的需要。因此, 对该路进行改造势在必行。改造后路段起点是宜宾岷江桥头丞相祠(与 S206 平交), 经翠屏区沙坪镇、大冲头、刘家院子、大石包、涪溪口、罗龙、麻母滩至南溪县城, 全路段采用二级公路标准, 全长 40.2 km。

#### 1.1 自然地理条件

工程区属亚热带四川盆地湿润气候区, 季风气候明显, 复杂多样, 四季分明。本区多年降雨量 1 018 mm, 每年 5-10 月为降雨集中期, 占全年的 80%。工程区地处丘陵地段, 其间树枝状沟谷发育呈“U”形或“V”形, 水系复杂, 且沿线多农田水利, 与路线干扰大。改造路线位于宜宾市与南溪县之间, 呈东西走向, 总的趋势是沿长江左岸从上游至下游而延伸, 地貌类型属低山河谷、浅丘和缓丘平坝, 低山区约占全线的 8%, 浅丘区约占整个线路的 70%, 其余路段为缓丘平坝, 地面高程 250~350 m, 相对切割深度 25~40 m。

#### 1.2 地质环境条件

本区出露地层主要有三叠系须家河组砂岩、页岩, 侏罗系蓬莱镇组、遂宁组、沙溪庙组、自流井组砂岩、泥岩、砂质泥岩和白垩系窝头山组砂岩、粉砂岩以及第四系松散堆积层。由于基岩浅埋, 第四系厚度不大, 一般为 0.5~2 m, 主要为残坡积层、洪坡积层和冲积层等。区内地下水类型以基岩裂

隙水为主, 局部丘间谷地内有少量松散层孔隙水, 地下水不丰富, 主要接受大气降水补给, 最终汇集于长江。基岩裂隙水主要分布于区内基岩浅部风化带裂隙和深部层间孔隙、裂隙中, 其中浅部风化带裂隙含水微弱。松散层孔隙水多分布于丘间地势低洼且第四系覆盖层较厚的地带, 由于雨水汇集和周边泉水汇集而使得土体饱水。区内按构造形迹的展布特征划分为新华夏系和华夏式构造, 构造线走向北东-南西, 主要构造有观斗山压性断裂、盐坪坝压性断裂, 龙头山向斜、高峰寺向斜(图 1)。第四纪以来新构造运动强烈, 总体上以间歇性的整体抬升为主, 主要表现为河流下切形成多级阶地、地震等。工程沿线长江边上可见 1-2 级阶地, 其上有厚度不等的砂、卵(砾)石堆积。区内地震活动较多, 但具破坏性的强震尚无记载, 因此区域稳定性相对较好, 适宜高等级道路的工程建设。

### 2 地质灾害危险性现状评估

拟改造线路仅起点段观斗山-黄桷坪(AK0+800-AK4+700)位于低山坡脚, 地层走向与公路走向斜交呈 20~60°, 局部形成顺向坡。其余路段地貌类型主要为浅丘和缓丘平坝, 地形起伏缓和, 地层产状平缓, 构造以宽缓的褶皱为主, 少断裂, 且分布较为有限, 地层中第四系松散层厚度小, 基岩裸露范围广, 地质灾害发育程度弱, 经实际调查和收集资料, 评估区内目前主要发育 2 处危岩(崩塌)、2 处滑塌、2 处潜在不稳定斜坡共 6 处地质灾害点和局部路段路基沉降与滑移等不良地质现象, 无泥石流、地裂缝等地质灾害。

#### 2.1 危岩(崩塌)

观斗山危岩, 该点位于拟建公路 AK1+000 m 处公路左侧, 地貌部位位于低山坡前, 坡脚为长江河漫滩, 由于原公路

\* 收稿日期: 2006 11 25

作者简介: 康小兵(1981-), 男, 博士生, 主要从事水文地质工程地质及相关领域研究。

修建时切坡,在公路内侧形成高陡的人工边坡,坡高 25~30 m(图 2)。出露基岩为三叠系上统须家河组地层( $T_{3kj}$ ),为深灰色巨厚层状细砂岩,岩层产状  $323^{\circ} \angle 18^{\circ}$ ,为横向坡,岩体内发育两组裂隙,第一组为  $210^{\circ} \angle 65^{\circ}$ ,张开 2~4 cm,延伸长 10~25 m,发育间距 3 m 左右,裂面平整,贯通性好,倾向坡外;第二组为  $130^{\circ} \angle 68^{\circ}$ ,延伸长 30 m 左右,发育间距 4 m 左右,局部微张,贯通性较好,裂面平整;边坡临空面产状与第一组裂隙面一致。岩体受两组裂隙面及层面的切割,形成直径 3~5 m 的块状结构,形成危岩(崩塌)地质灾害,单次方量一般 50~80  $m^3$ ,规模小,对公路交通形成的危害较小。

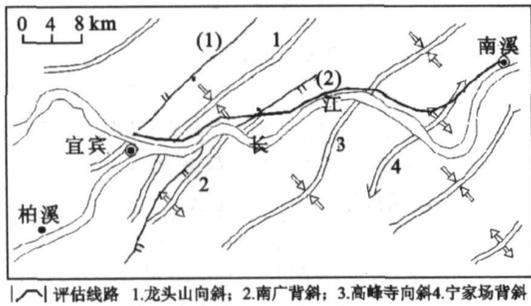


图 1 区内构造行迹图

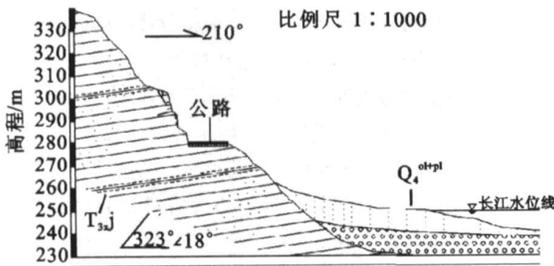


图 2 观斗山危岩剖面示意图

大石包危岩,该点地形为圆缓浅丘,南临长江,形成 2 阶陡坎,拟建公路从顶部阶坎下部通过,阶坎高 20 m 左右,出露的地层为侏罗系中统沙溪庙组上段( $J_2S_2$ )棕红色巨厚层状岩屑长石砂岩,该层底部出露一中厚层状泥岩,地貌上形成一稍平缓的平台,斜坡类型为横向斜坡,节理裂隙结构面对边坡的稳定性起着控制作用。主要的节理裂隙面有 3 组,第 1 组为  $280^{\circ} \angle 62^{\circ}$ ,第 2 组  $176^{\circ} \angle 68^{\circ}$ ,第 3 组  $154^{\circ} \angle 36^{\circ}$ 。由于 3 组裂隙面的共同作用,岩体完整性较差,由于巨厚层砂岩底部为中厚层状泥岩,差异风化造成砂岩层底部悬空,从而发生倾倒式的崩塌,从地面堆积及访问可知该崩塌体方量一般在 100  $m^3$  左右。该崩塌体目前处于不稳定状态,受降雨等因素影响,将继续崩塌,危害坎下行人的安全。

## 2.2 滑塌

杨湾滑塌,该点位于拟建公路 AK1+400 左侧路边,地貌部位为低山坡前,由于人工切坡形成高约 10 m 的陡坎,该点出露的地层为侏罗系下至中段自流井组地层( $J_{1-2z}$ ),岩性为中厚层灰白色长石英砂岩与薄层碳质页岩、泥岩的互层,岩层产状  $135^{\circ} \angle 27^{\circ}$ ,砂岩岩体内发育垂向于层面的细密节理,公路走向  $70^{\circ}$ ,与岩层走向形成约  $25^{\circ}$  的交角,在该处形成顺向坡(图 3)。

该滑塌体平面形态呈三角形,滑体纵轴方向不对称,沿走向方向厚度增大,滑体呈楔形体状,长约 8 m,高约 7 m,厚

1~3 m,方量 150  $m^3$  左右,该点斜坡类型为有  $15^{\circ}$  左右交角的顺向斜坡,地层倾角  $27^{\circ}$ ,小于地形坡度,坡体沿岩层内软弱层面滑动变形,岩体内砂岩沿层间节理断开,从而形成该滑塌体,由于该滑体滑动面顺岩层走向往坡体内部延伸,受临空面影响深度的制约,该滑塌体规模小,对公路交通造成局部阻塞,对路面造成一定破坏,危害性小。

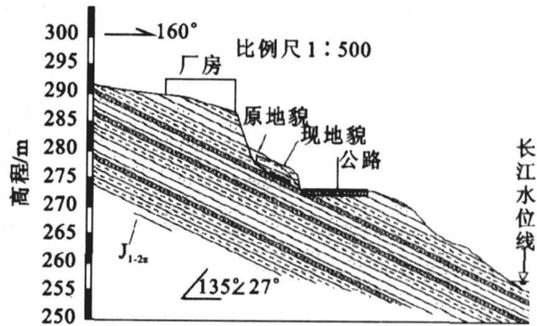


图 3 杨湾滑塌剖面示意图

三城门滑塌,该点位于拟建公路 AK3+150-AK4+700 段左侧路边,地貌部位为低山坡前,由于人工切坡形成长约 1.5 km,高约 30 m 的斜坡,坡面角度基本与岩层产状一致,  $45^{\circ}$  左右,该段出露的地层为侏罗系中统沙溪庙组上段( $J_2s$ )地层,岩性为中厚层状泥岩夹灰白色中厚层、薄层状长石石英砂岩,个别地段呈互层状,岩层产状  $130^{\circ} \angle 46^{\circ}$ ,砂岩岩体发育多组节理、裂隙,裂隙面受层面控制,多切层,岩体稳定性较差,公路走向约  $65^{\circ}$ ,与岩层走向形成约  $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$  的交角,在该处形成顺向坡。该路段发育 3 个小规模的滑塌体,滑塌体的形成机理一致。滑塌体沿层面滑动于坡脚剪出,由于岩层走向与公路走向有一定的交角,故滑体在往侧向延伸时受临空面影响深度的制约,故规模较小。由该路段出露的地层岩性软弱,故易发生层间滑动,并能从坡脚剪出。滑塌体平面形态多呈三角形,滑体呈纵轴方向不对称的楔形体状,方量一般 150~300  $m^3$ ,该路段发生的滑塌体规模小,对公路交通造成局部阻塞,对路面造成一定破坏,危害性小,地质灾害危险性小。

## 2.3 潜在不稳定斜坡

观斗山潜在不稳定斜坡,该潜在不稳定斜坡主要堆积第四系全新统崩积层,成份以黏土砾石为主,夹块石。堆积体形成的斜坡自然坡度约  $25^{\circ}$ ,在坡脚开挖公路至下伏基岩,形成坡脚临空的人工边坡,存在潜在不稳定因素。但由于可能发生的滑坡规模小,地质灾害危险性也小。另一个不稳定斜坡位于罗龙场,从长江二级阶地通过,形成第四系松散堆积的人工边坡,目前出现多处垮塌,但规模均较小,方量一般为 50~100  $m^3$ ,危害性小。

## 2.4 路基沉降与滑移

现有公路所经过的路段地貌多以浅丘和槽谷为主,线路填方土厚度较大,一般 6~8 m,加之地表排水不畅,易于积水,在流水长期浸润作用下,形成软弱土,其物理力学性质差,常引起路基过量沉降或路堤滑移,路基应根据不同情况进行必要的工程处理。据调查该路段因地质灾害造成的诸如人员伤亡、直接经济损失万元以上的大危害和较大危害在多年历史中没有发生过。

### 3 地质灾害危险性的预测评估

#### 3.1 工程建设诱发、加剧地质灾害可能性

拟建公路对区内地质环境条件的改变主要表现为：路基开挖、填方、桥涵建设及弃土。

(1) 路基开挖、填方对地质环境条件的改变和影响。评估区地处低山河谷、浅丘及平坝区，地形起伏，拟建路穿越山岭，跨越沟谷，裁弯取直、加宽路面，不可避免将进行路基开挖、填筑土石方，因而形成人工开挖变坡和填方路段，根据拟建公路的可行性研究报告，工程建设中可能形成 9 处高陡人工边坡和 22 处高填方段，从而改变了边坡和路基的地质环境条件和稳定性。(2) 桥梁、涵洞建设对地质环境条件的改变和影响。项目经过地区为缓丘、浅丘地形，区内沟溪纵横、水网发育，因此沿线桥梁、涵洞较多，共新建大桥 1 座、中桥 2 座、小桥 1 座、加宽大桥 1 座、中桥 2 座，涵洞 3 640 m/185 座，桥梁本身对地质环境的影响很小，但在建设中应详细查明岩土的风化程度及桥基的工程地质条件，选择适宜的持力层和基础型式。(3) 弃土对地质环境条件的改变和影响。本项目路基土石方数量较大，扣除用做路面及路基回填的部分，全线还有部分路基废方约  $176 \times 10^3 \text{ m}^3$  需处理，由于路线沿线地势狭窄，地表横坡较陡，很容易造成水土流失。

#### 3.2 工程建设可能遭受地质灾害危险性预测

评估线路的开始路段地貌类型为低山河谷地貌，线路基本沿原来路基改建，局部裁弯取直，有少量的填方和切坡；其余路段地貌类型多以浅丘宽谷为主，并且多沿原路基改扩建，故可能诱发和加剧地质灾害的可能性小；在一些改线、越岭路段，地形多呈深切窄谷状，呈鸡爪形，路线建设多高挖深填，诱发和加剧地质灾害的可能性大。

从大冲头—大桂林山段道路为新建，该段道路所经过区域地形起伏较大，槽谷狭窄，丘坡高陡，道路所经过之处切坡频繁，高度 10~40 m，多数为横向坡，其中有两段为顺向斜坡，横向边坡的稳定性较好，但由于切坡高度大，砂岩内节理裂隙发育，受差异风化作用，发生崩塌的可能性大，规模一般小—中等，地质灾害危险性中等，在顺向坡路段边坡的稳定性差，发生岩质顺层滑坡的可能性大，规模一般中等—大，地质灾害危险性大。

填方路段及洼地、冲沟地段的路基沉降、挤出及滑移，将直接影响公路营运并危及交通安全，这是该公路运营初期可能遭受的最主要的地质灾害和不良地质现象，其危险性小—中等。涵洞如设计不合理，则可能造成涵壅水，甚至导致涵洞垮塌、路基滑移等不良地质现象，其危险性较小。

### 4 地质灾害危险性的综合评估

#### 4.1 地质灾害危险性分区(段)

综合评估依据现状评估和预测评估的情况，采取定性、半定量的方法综合评价地质灾害的危险程度。评价的定量指标见表 1。

依据地质灾害危险性分级标准，结合征地区内建设工程的展布和受威胁程度，以及已经发生的灾害的危害程度和可能发生灾害或出现地质环境问题的危险性大小进行分段综合评估。现状评估无地质灾害点或地质灾害点危险性大(中等、小)的路段，在工程施工过程中该路段无挖方和填方，则

综合评估等级与现状评估等级一致；预测评估对地质环境将发生改变的挖方和填方路段，综合评估等级与预测评估等级一致；综合评估叠加了现状评估和预测评估的结果，此次评估区地质灾害危险性小的地段有 4 处，地质灾害危险性中等的地段有 4 处，地质灾害危险性大的地段有 2 处。

表 1 地质灾害评价定量指标

危险性分级	地质灾害发育程度	地质灾害危害程度
危险性大	强	危害大
中等	中等	中等
小	弱发育	小

#### 4.2 土地适宜性评估

建设场地适宜性分级标准：在现状评估、预测评估和综合评估的基础上，将建设用地适宜性按三级划分地质灾害危险性小，防治工程小的地段，适宜工程建设；地质灾害危险性中等，防治工程简单的，基本适宜工程建设；地质灾害危险性大，防治工程复杂的，建设用地适宜性差。

通过地质灾害的现状评估认为，目前存在的 2 处危岩(崩塌)，2 处滑塌和 2 处潜在不稳定斜坡，其规模小，危险性小，易于处理。通过本次对建设用地区进行预测评及综合评估认为，工程建设中两段新建道路，即大冲头—涪溪口、芦稿坡—南溪县将有大量的挖填方，其中有 2 处顺向边坡，可能诱发和加剧的地质灾害类型为崩塌、滑坡、路基沉降、路堤滑移，其规模一般小—中等，地质灾害危险性一般小—中等，2 处顺向边坡地质灾害危险性大，采取一般的放坡、护坡、抗滑手段易于防治。拟改造公路为重山岭重丘区二级公路，以路面工程为主，征地区内的地基土在丘岭区为基岩，在平坝区以残坡积粉质黏土、粉土为主，局部为含有机质软弱粉质黏土，厚度小，路基基础条件好。

依据建设场地适宜性分级标准，评估区工程建设用地适宜性级别为适宜—基本适宜，其中 AK18+900—AK19+300，AK19+630—AK20+450 段的适宜性为基本适宜，其余路段均为适宜。

#### 4.3 防治措施建议

地质灾害的防治应本着“以防为主、避让与防治相结合”的原则，掌握时机，及早治理，目标是减少地质灾害的发生，把灾害损失减少到最低水平，保证拟建公路安全。评估区地质灾害和工程建设影响或遭受的地质灾害和现象主要包括滑(坡)塌、危岩(崩塌)、潜在不稳定斜坡、高填方路基的变形和滑移等。针对工程的特征、地质灾害的类型及其致灾地质作用，分别采取不同的防治措施。

针对滑(坡)塌地质灾害可采用顺岩层倾角放坡的手段有效的控制该灾害发生的规模，并且在路基开挖过程中尽量避免放炮干扰其岩层稳定，深入勘察和设计，有必要时可设置抗滑桩或锚索等进行治理，并注意监测。

针对危岩(崩塌)地质灾害，由于已有灾害规模小，可采用定期清除的方法进行治理，对施工过程中的挖方边坡可根据自然边坡的稳定情况，石质边坡采用 1:0.5~1:0.75，边坡高度 8~10 m 设置碎落平台的办法进行防治。

针对潜在不稳定斜坡地质灾害可根据自然边坡的稳定情况对边坡进行削坡，土质边坡采用 1:0.75~1:1 放坡，

表 2 土壤含水量为 14% 以上的灌溉制度优化结果对比

方法	计划灌溉定额/ ( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	不同生育期优化灌溉定额/ ( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )					全生育期优化灌溉 定额/ ( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	最优值 $Y_a/Y_m$
		d1	d2	d3	d4	d5		
DPSA	2625	0	600	675	675	675	2625	0.8847
MSCOA	2625	845.5349	427.7081	400.2101	129.2390	818.7379	2621.4300	0.8900
DPSA	3000	0	900	750	675	675	3000	0.9276
MSCOA	3000	900.6071	639.5644	388.7965	194.1158	876.9162	3000	0.9240
DPSA	3375	0	900	750	675	1050	3375	0.9600
MSCOA	3375	885.1906	601.7422	474.8312	250.5051	1162.7309	3375	0.9536
DPSA	3750	0	900	1200	900	750	3750	0.9727
MSCOA	3750	763.1283	794.6237	373.8719	365.7790	1424.5112	3721.9141	0.9768
DPSA	4125	0	900	1200	900	900	3900	0.9727
MSCOA	4125	892.6319	843.0139	443.4647	460.1664	1424.4790	4063.7559	0.9935

表 1 和表 2 说明, 除个别结果外混沌算法所得优化值普遍优于动态规划法。这主要是由于动态规划法将状态变量离散为有限个值, 然后进行优化组合寻出最优值, 这样必然导致只能在有限范围内寻优, 而使得更优值的缺失。混沌算法由于其遍历性, 只要时间足够长, 可使寻优轨迹无限接近区间内的所有点, 这样就避免了状态变量离散造成的寻优范围限制, 而使优化值接近全局最优。综合比较, 混沌算法比动态规划法具有更好的全局搜索优越性, 更接近最优解。

表 1 和表 2 对比, 发现在相同的灌溉定额下, 土壤最低含水量限制标准较低者所得优化值优于较高者, 如在计划灌溉定额为 3 000, 3 375, 3 750, 4 125  $m^3/hm^2$  时, 土壤最低含水量 16% 所对应的优化值分别为 0.910 9, 0.939 2, 0.968 8, 0.986 8, 而土壤最低含水量 14% 所对应的优化值分别为 0.924 0, 0.953 6, 0.976 8, 0.993 5。当土壤最低含水量限制标准较低时, 则可供作物利用水量范围大, 即作物可利用更多的土壤水, 有利于作物的生长, 优化值也会较高, 因此所得结果是符合实际情况的。

### 3 结论建议

改进的变尺度混沌算法通过一些关键参数的选取方法和原则, 能进一步改善算法的效能, 提高算法的寻优速度和精确性。另外, 该方法采用混沌变量进行搜索, 搜索过程按照混沌运动自身的规律进行, 迭代公式简单易懂, 编程十分

方便。由于混沌变量固有的遍历性, 使得该方法只要时间足够长便绝对能得到真实的最佳解<sup>[4]</sup>。

综上所述, 将混沌优化算法运用到灌溉制度优化设计中, 可以提高优化结果的精度, 减少运算时间<sup>[5]</sup>。它以其自身搜索的性质方便快捷地得到优化结果, 比其他算法有自身的优越性, 且比较适用于实际情况, 对节水灌溉制度优化的设计是一种较新且实用的方法。

#### 参考文献:

- [1] 张彤, 王宏伟, 王子才. 变尺度混沌优化方法及其应用 [J]. 控制与决策, 1999, 14(3): 285-288.
- [2] 由懋正, 王会肖. 农田土壤水资源评价 [M]. 北京: 气象出版社, 1996: 99-114.
- [3] 张火明, 杨建民. 变尺度混沌优化方法的改进及应用 [J]. 华东船舶工业学院学报: 自然科学版, 2004, 18(4): 21-26.
- [4] CHEN L, AIHARA K. Global search ability of chaotic neural networks [J]. IEEE Transactions on Circuit & Systems Fundamental Theory & Applications, 1999, 46(8): 974-993.
- [5] 段春青, 邱林, 陈晓楠, 等. 混沌算法在节水灌溉制度优化设计中的应用 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(9): 133-136.

(上接第 218 页)

并加强边坡的绿化。

针对路基变形和滑移不良地质现象可采用沙砾石盲沟、塑料排水板等手段加强排水; 用换填等手段加强地基土的力学性质; 设置挡土墙、抗滑桩、坡脚防护墙等手段进行防护。

### 5 结论

本次工作评估的对象是线状工程项目(公路工程), 工程区地质环境条件简单, 地质灾害不发育, 现有地质灾害类型较单一, 主要为危岩(崩塌)、滑塌、潜在不稳定斜坡和路基沉降与滑移等地质现象, 灾害发育程度弱, 对工程建设的危害性小。根据区内已有地质灾害的规模、稳定状态、危害对象、潜在发展趋势及损失情况, 综合评估其地质灾害危险性的现

状为危险性小等级。这些评价结果与实际基本相符。根据综合评估结果, 建设用地适宜性级别为适宜-基本适宜, AK18+900- AK19+300, AK19+630- AK20+450 段的适宜性为基本适宜, 其余路段均为适宜。

#### 参考文献:

- [1] 张梁, 张业成, 等. 地质灾害评估理论与实践 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [2] 张博, 傅荣华, 傅小兵. 西藏阿里地区巴尔至札达公路改建工程地质灾害危险性综合评估及防治对策 [J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 187-190.
- [3] 唐立梅, 李波, 陈一洲. 石林锁龙公路地质灾害评估 [J]. 防灾科技学院学报, 2006, 8(3): 102-104.