

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

张博, 傅荣华, 傅小兵

(成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 以西藏阿里地区巴尔至札达公路改建工程为例, 在进行了现状评估、预测评估的基础上, 论述了地质灾害危险性综合评估的原则、依据和方法, 有针对性的提出了该工程地质灾害的防治措施。

关键词: 札达; 地质灾害; 综合评估; 防治措施

中图分类号: P694; U412

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0187-04

Evaluation of the Risk of Geological Disaster for Construction Item and Control Measure of Baer to Zhada Road in Ali Area of Tibet

ZHANG Bo, FU Rong-hua, FU Xiao-bing

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The evaluation of the risk of geological disaster was conducted with the example of construction of Baer to Zhada road in Ali area of Tibet. The principle and method of evaluation were discussed and the control measures for the project were proposed on the basis of actuality evaluation and forecast evaluation.

Key words: Zhada; geological disaster; evaluation; control measure

巴尔至札达公路是通往阿里西部边境地区的重要通县公路之一。本文在对公路沿线地质灾害进行了现状评估、预测评估的基础上, 采取定性、半定量的方法对全线地质灾害进行了综合评估, 并提出了相应的防治措施。

1 工程概况

西藏阿里地区巴尔至札达公路位于我国西南边疆西藏自治区西部的阿里地区境内。路线起自国道219线上的巴尔, 经隆嘎拉山、嘎尔格、偏误、加崢、扎来至毛子沟口, 再沿毛子沟顺沟而下至札达县城, 按三级公路标准进行设计, 全长145.9 km。

1.1 自然地理条件

工程区为典型的高原亚寒带干旱气候区。总的气候特征是空气稀薄、气温低、水汽含量少、降水稀少、太阳辐射强、日照丰富、气温年、日温差均较大, 雨暖同季, 干冷季与温暖季变化分明, 前者较长(10月至翌年5月), 而后者较短(6~9月), 有降雨集中、风大风频, 冰雹多、霜期长等特点。工程区内多年平均降雨量为200 mm, 降雨主要集中在每年的7~8月, 日照时数为每年约3 000 h。

区内水系主要为象泉河及噶尔藏布, 均为外流水系。象泉河发源于拉昂错所在的内陆湖盆之西, 纵坡比降2%~10%, 河流下蚀能力强, 支流发育, 把新生代平坦的湖盆切割成沟壑纵横的地貌, 札达县城附近的土林地貌为其典型代表。噶尔藏布具有一定的侧蚀和下蚀能力, 谷底宽阔平坦, 纵

比降约2%, 多汉道, 曲流发育。

1.2 地质环境条件

纵观区内总体地势, 从南到北, 高原面依次递升, 各大山系的主脊线相对高差逐渐降低。线路所涉及的地貌主要有河谷平原地貌、构造剥蚀极高山地貌、高原河谷地貌、高原缓倾斜坡台地地貌、构造侵蚀峡谷地貌、高原河谷盆地地貌。

评估区内地层岩性主要有石炭系上统修康群(C₂dc)的板岩、砂岩、石英砂岩, 三叠系上统修康群(T₃xk)的砂岩、板岩, 上第三系札达组(N₂z)的砂岩、粉砂岩以及第四系坡积、残坡积的碎石土等, 第四纪以来新构造运动强烈, 岩体较为破碎。岩土体类型除出露从第三系至石炭系的砂岩、泥岩、板岩、片岩等基岩外, 主要为第四系松散堆积的粉土、细砂、含砾细砂、角砾质粉土、角砾质细砂、砾卵石土、角砾土、碎石角砾土等。

区内地下水不发育, 按其赋存条件及水动力特征基本可分为松散堆积层孔隙潜水、基岩裂隙水和分布于构造断裂的承压水三种基本类型, 主要受河水、大气降水和高山雪融水所补给, 通过缓坡向附近细沟和湿地排泄。

2 地质灾害危险性现状评估和预测评估

2.1 地质灾害危险性现状评估

根据本次调查, 评估区内主要发育崩塌、滑坡、泥石流和冻融。崩塌在区内共有13处, 主要分布于毛子沟内; 滑坡在区内存在7处, 全部位于毛子沟内; 泥石流在区内分布有33

条, 主要位于卡木拉浦沟及毛子沟内, 对公路有影响的16条; 冻融3处, 位于卡木拉浦沟。现状评估认为评估区内地质灾害以崩塌、滑坡、泥石流较为严重, 冻融危害性较小。

2.2 地质灾害危险性预测评估

经预测评估改建工程可能诱发和加剧坡体失稳共13处; 可能诱发和加剧泥石流灾害共11处。可能遭受崩塌危害的11处; 可能遭受滑坡危害的5处; 可能遭受泥石流危害的2处; 工程可能遭受斜边坡失稳危害的10处; 可能遭受冻融危害的3处。

3 地质灾害危险性综合评估

3.1 评估原则

地质灾害危险性综合评估是在地质环境条件、地质灾害危险性现状评估、预测评估的基础上, 结合拟建工程特点, 综合考虑区段地质灾害点的发育密度、致灾程度、工程建设是否会诱发地质灾害等因素, 本着以工程建设为中心的原则, 确保工程建设项目施工、运行的安全。

3.2 评估方法

地质灾害危险性综合评估根据现状评估和预测结果, 采用灾种量化评分, 区段综合分析的方法来确定区段的危险性级别。所采用的方法为:

3.2.1 灾损率(Zs)法

(1) 原理及方法。地质灾害危险性分级采用地质灾害的灾损率(Zs)的大小来表示。首先将现状评估、预测评估所确定的各灾害点危险性等级赋予0.3, 0.2, 0.1的系数(相对应危险性等级大、中、小)。用此系数乘以实地量测和预计灾损长度, 即得灾害点的灾损长度。以0.1, 0.01系数乘以不稳定、较稳定坡体长度, 即得斜(边)坡的灾损长度。将防治措施简单、工程规模小的灾害点的灾损率乘以系数1.0, 而对危险性大、防治措施复杂、工程规模大的灾害点的灾损率乘以2.0, 危险性小的灾害点基本不设防治工程的, 因此其灾损率不再另乘系数计算。沿公路以1.0 km为间距进行分割, 线路两端取整时不足1 km, 并入相邻一个单元, 尔后统计每个分割区间的灾损长度之和, 即灾损率(Zs)单位为m/km。按灾损率(Zs)的大小划分地质灾害危险性综合评估大、中等、小、微小3级, 划分指标如下:

- Zs ≤ 50 m/km 为地质灾害综合评估危险性小的区段;
- 50 < Zs ≤ 100 m/km 为地质灾害综合评估危险性中等的区段;
- Zs > 100 m/km 为地质灾害综合评估危险性大的区段。

每个单元根据地质灾害现状评估和预测评估定性, 定量分析结果, 计算其灾损率, 确定出各部分单元的危险性等级, 对于具体某一单元灾损率具体分析过高或过低以及它的合理性。

分区按照下述原则进行, 综合考虑地质环境, 划分的区段不跨越差异大的两种地貌单元, 定量分区的级别应与野外调查以及综合分析结果基本一致。

每个区段综合评估分值为区段内各个单元分值平均值, 即:

区段综合评估分值 = 区段内剖分单元分值总和 ÷ 区段内剖分单元数。

(2) 评价结果。根据综合评估危险性等级划分标准, 将全线划分为13个区(段), 综合评估危险性大的路段1段, 长10 km, 占路线总长的6.85%, 危险性中等的路段2段, 总长21 km, 占路线总长的14.39%, 危险性小的路段10段, 总长114.

93 km, 占路线总长的78.76%。

3.2.2 风险区划分

(1) 原理及方法。为了分析各种地质灾害以及潜在地质灾害在评估区形成危害的潜在危险性, 我们采用了地质灾害危险性分析的方法, 分析评估区地质灾害危险性构成, 建立地质灾害危险性分析结构模型(图1)。

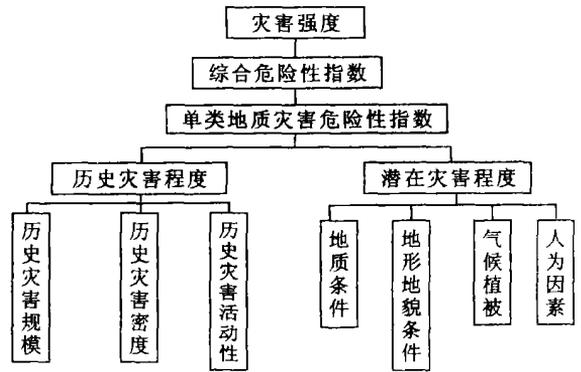


图1 地质灾害危险性评价结构示意图

该方法的分析原理如下:

为了了解公路两侧地质灾害以及潜在地质灾害的发育特征, 每1 km²的范围作为分析单元划分子区, 以每一子区作为研究对象, 首先分析每个子区影响地质灾害潜在活动强度的各种控制条件(影响因素), 在此基础上建立地质灾害危险性指数计算模型。参考前人的分析经验, 采用下式计算地质灾害危险性指数(Z_{wi}):

$$Z_{wi} = Z_i \cdot A_i + Z_q \cdot A_q \quad (1)$$

式中: Z_i、Z_q——该类地质灾害的历史强度和潜在强度; A_i、A_q——历史强度和潜在强度的权重, 分别为0.3和0.7。历史灾害强度按下式计算:

$$Z_i = G \cdot M \cdot P \quad (2)$$

$$Z_w = Z_{wb} \cdot A_b + Z_{wn} \cdot A_n + Z_{wt} \cdot A_t \quad (3)$$

式中: Z_w——多种地质灾害综合危险性指数; Z_{wb}、Z_{wn}、Z_{wt}——崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷危险性指数; A_b、A_n、A_t——上列三类地质灾害危险性权重, 分别为0.41, 0.46, 0.13。

G、M、P——历史灾害的规模、密度和活动性的评判等级分值, 根据三类地质灾害的体积、数量和稳定性取0~10之间的数值。该值是依据工作经验按三类因素分别取值后叠加形成的。潜在地质灾害强度按下式计算:

$$Z_q = K(D \cdot A_d + X \cdot A_x + Q \cdot A_q + R \cdot A_r) \quad (4)$$

式中: D、X、Q、R 分别为控制地质灾害形成与发展的地质条件、地形地貌条件、气候植被条件、人为条件充分程度的标度分值, 评分标准采用张业成等人的研究成果。A_d、A_x、A_q、A_r 为四类地质灾害形成条件的权重(表1)。K——修正系数, 这里取1.0。以上分析中所使用的权重是张业成先生等采用专家问卷调查的方法并对调查结果采用层次分析后获得的, 依据充分, 结果是可信的。

(2) 评价结果。根据上述原则评估区害危险程度进行判别, 判别标准见表2, 判别结果见图2。

表1 各种影响条件对地质灾害强度的作用权值

| 权重值 | 地质条件 | 地形地貌条件 | 气象、植被条件 | 人为因素 |
|--------|------|--------|---------|------|
| 崩塌- 滑坡 | 0.32 | 0.38 | 0.17 | 0.13 |
| 泥石流 | 0.22 | 0.3 | 0.33 | 0.15 |

表2 地质灾害灾变强度等级划分

| 灾害强度等级 | 微度灾害 | 轻度灾害 | 中度灾害 | 重度灾害 | 极重度灾害 |
|---------|------|------|------|------|-------|
| 综合危险性指数 | 0 | 0~2 | 2~4 | 4~6 | > 6 |

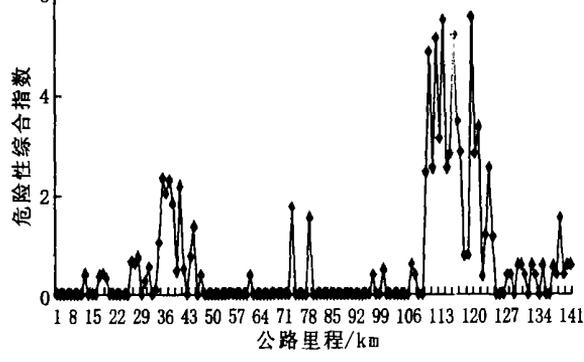


图2 全线地质灾害危险性综合指数

由上图可见,各单元类别一共可分为四类:1类(微度危害),2类(轻度危害),3类(中度危害),4类(重度危害)。1类和2类单元其危害性小,3类单元危害性中等,4类单元危害性大。CK0~CK105基本为1类和2类,仅在CK29~CK40段有四个单元为3类,这主要是由于这些单元发育了多个泥石流、稳定斜坡和冻融地质灾害,且密度较大,使得其危险性提高了。CK105~CK115基本为3类和4类,其地质灾害点非常密集,主要发育有泥石流、滑坡、崩塌、潜在不稳定斜坡,危害性较大。CK115~CK125基本为2类和3类,仅有CK118~CK119单元为3类,这区间地质灾害较密集,主要发育有泥石流、崩塌、潜在不稳定斜坡,危害性中等。CK125~CK129+230、DK0~CK16+700基本为1类和2类。

3.3 地质灾害危险性综合分区评估

根据地质灾害类型、分布特征和特点以及定量计算结果,同时考虑地形地貌、岩性、地质构造和不良地质现象的发育程度,可将整个评估区划分为13个大区:É区~Ï区、Î区~Ñ区、Ô区~Û区属危险性小区;İ区、Ó区属危险性中等区;ò区属危险性大区。

4 建设场地适宜性评估

4.1 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,将建设用地的适宜性按三级划分,分级标准为: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,建设场地适宜性差。

4.2 建设场地适应性分区评估

依据建设场地适宜性分级标准,可以将评估区建设场地适宜性分为适宜的、基本适宜的和适宜性差三级。

(1)建设场地适宜的区段。分布在CK0~CK29、CK40~CK105、CK125~DK16+700,共三段。其中CK0~CK29、CK40~CK105段的地貌多为宽阔的河谷平原—高原缓倾斜坡台地地貌,灾害点分布少;CK21~CK29段属于构造剥蚀高山地貌,泥石流灾害点分布相对较多,但总体危险性属于微小—小,个别地段存在潜在不稳定斜坡、削坡挖方可能不稳定的斜坡地段以及冻融地质灾害,但灾害发育密度低,规模小,对公路危害小,易于处理和防治;CK125~DK16+700段属高原河谷盆地地貌,路线两侧为大片土林,地形开阔平

坦,工程地质条件较好,主要存在潜在不稳定斜坡、削坡挖方可能不稳定的斜坡地段,灾害发育密度低,规模小,对公路危害小,易于处理和防治,建设场地是适宜的。

(2)建设场地基本适宜的区段。分布在CK29~CK40、CK115~CK125,共两段。CK29~CK40区段属卡木拉浦高原河谷地貌,区内只有一条泥石流沟危险性大,其它的地质灾害危害性都为小,但由于其发育密度较大,对公路有一定的影响,建设场地是基本适宜的;CK115~CK125区段前5公里为盆地边缘构造侵蚀峡谷地貌,后5km为高原河谷盆地地貌,区段内发育的地质灾害有泥石流、崩塌和潜在不稳定斜坡,但以上地质灾害规模较小,分布密度不大,易于处理和防治,对公路危害不大,建设场地是基本适宜的。

(3)建设场地适宜性差的区段。分布在CK105~CK115,共一段。该区段的地貌为盆地边缘构造侵蚀峡谷地貌,地形狭窄,山体坡度较陡,岩体结构破碎。区内地质灾害有泥石流、滑坡、崩塌和危岩,灾害发育密度较大,规模较大,以及很多路段在公路建设过程中要进行切方,将会进一步破坏岩土体的结构,可能引发新的地质灾害。总的说来,本区段内的地质灾害对公路影响较大,治理较困难,建设场地适宜性很差。

5 地质灾害的防治措施

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。

地质灾害的防治主要有两方面,一是阻止地质灾害作用与受灾对象相遇,即避让;二是致灾地质作用的防治。评估区内致灾地质作用主要有:1) 工程施工开挖边坡;2) 崩塌的掩埋作用和危岩产生的滚石;3) 滑坡掩埋、破坏路基作用;4) 泥石流的冲毁、淤埋作用等。

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。

5.1 崩塌的防治措施

B₁为路基受水流冲刷引起的崩塌,对公路的危害较大,需要在路侧水流冲刷处设置护坡挡墙,同时设置好隔水、排水措施。B₂~B₁₁崩塌位于毛子沟内,岩体结构比较破碎,其防治措施应以锚固为主,其中B₄、B₆、B₇、B₈、B₁₀、B₁₁崩塌危险性中等,对公路有较大的危害,需采用框架,即格构锚治理, B₉崩塌危险性大,对公路危害大,需格构锚治理,同时设置一定高度的挡墙。B₁₂、B₁₃崩塌位于土林地帯,其岩性比较软,喷锚挂网效果不佳,可进行削坡,并在下部修建一定高度的挡墙,路线可绕避。W₁危岩可能发生掉块,但对公路无大的影响因此只需简单防护,加强监测,设置警示标志即可。

5.2 滑坡的防治措施

H₃、H₆、H₇滑坡都为小型滑坡,处于稳定~基本稳定状态,改建公路对滑坡的影响较小,可在滑坡后缘修建截水沟,防治地表水进入滑坡体内。

H₁、H₂为小型滑坡, H₄滑坡为中型滑坡,公路在滑坡前缘平台上通过,滑坡前缘有明显的变形,前缘坡脚受河水长期冲刷掏蚀,处于不稳定状态,对拟建公路危害大,建议在修建公路前先对该滑坡进行抗滑锚固治理,同时在滑坡前缘的河岸修筑防洪堤,防治河水对滑坡坡脚的冲刷掏蚀,在后缘修筑截水沟,防治地表水进入滑坡体内。

H₅滑坡为小型岩质滑坡,现滑坡处于基本稳定状态。公路在滑坡前缘削坡通过,最高挖方高度达10m,这样就减少了滑

坡抗滑段的阻力,公路施工有诱发滑坡复活的可能性,对公路的影响较大,建议在修建公路前先对该滑坡进行抗滑措施,例如在滑坡中前部修筑抗滑桩,同时在后缘修筑截水沟。

5.3 泥石流的防治措施

主要措施有:一般的修建急流槽和涵洞的疏导;对于流通区和堆积区纵坡降较大,治理难度大宜采用格栏坝(同一沟不少于两座)进行拦挡和排导治理。对于以细颗粒物质为主的泥石流,格栏坝效果不佳,应以排导为主,设置排导槽、导流堤等措施,除以上排导和拦挡措施之外,还应配合相应的生物工程措施才能更好的防治泥石流灾害。

5.4 边坡失稳的防治措施

首先应清除崩塌、危岩,再进行削坡减载,削坡比例可以按1:1至1:0.75放坡。为防治坡面水流冲刷,可做挡墙防护并配合生物防治措施以达到护坡、固坡目的。特别严重的岩质边坡,采用挂网喷浆法进行治理。削坡路段的挖方高度超过10m处,建议削方挖坡时放坡比例按1:1.05设计,必要时在下部设置挡墙,注意排水,对于挖方量大的路段,可进行多台阶式开挖,以减少挖方量。

5.5 其它地质灾害的防治措施

参考文献:

- [1] 重庆交通学院工程设计所. 西藏阿里地区国道219线至扎达公路改建工程可行性研究报告[R]. 2003.
- [2] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [3] 刘希林,唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [4] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学文献技术出版社,1992.
- [5] 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.

(上接第145页)

- [5] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem health: New goal for environmental management[M]. Washington DC: Island Press, 1992.
- [6] Dobson, Andy P, et al. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation ecology[J]. Science, 1997, 277: 515-524.
- [7] Norton S B, Rodier D J, Gentile J H, et al. A framework for ecological risk assessment at the EPA[J]. Environ Toxicol Chem, 1992, 11: 1663- 1672.
- [8] EPA. Framework for ecological risk assessment[R]. EPA 630/R- 92/001, Risk Assessment Forum, Washington DC., 1992.
- [9] Kaly U, Pratt C. Environmental vulnerability indices[R]. SOPAC Technical Report 306, Suva, Fiji, 2000.
- [10] Kong H- M, Zhao J- Z, Ji L- Z, et al. On the method of ecological health assessment[J]. Chin J Appl Ecol, 2002, 13(4): 486- 490.
- [11] Barnthouse LW. The role of models in ecological risk assessment[J]. Environ Toxicol Chem, 1992, 11: 1751- 1760.
- [12] Kwak S J, Yoo S H, Shin C O. A multi-attribute indices for assessing environmental impacts of regional development projects: A case study of Korea[J]. Environ Mana, 2002, 29(2): 301- 309.
- [13] Tran L T, Knight C G, O'neil R V, et al. Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the Mid-Atlantic region[J]. Environ Mana, 2002, 29(6): 845- 859.
- [14] 董瑞琨,许兆义,杨成永. 青藏高原线型工程及其生态环境研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2000, 11(4): 283- 286.
- [15] 刘淑珍,周麟,仇崇善,等. 西藏自治区那曲地区草地退化沙化研究[M]. 拉萨:西藏人民出版社,1999. 39- 69.
- [16] 董光荣,董玉祥,李森,等. 西藏“一江两河”中部流域土地沙漠化防治规划研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996. 2- 5.
- [17] 张建平,陈学华,邹学勇,等. 西藏自治区生态环境问题及对策[J]. 山地学报,2001, 19(1): 81- 86.
- [18] 刘庆. 青藏高原东部(川西)生态脆弱带恢复与重建研究进展[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 81- 86.
- [19] 成升魁,沉镭. 青藏高原人口、资源、环境与发展互动关系探讨[J]. 自然资源学报, 2000, 15(4): 297- 304.
- [20] 钱海滨,薛永森,田彦军. 土地资源合理利用评价研究综述[J]. 中国土地科学, 2001, 15(2): 14- 19.
- [21] 张增祥,等. 西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究[M]. 北京:宇航出版社,1998.
- [22] 赵延治,程宏,王贵勇,等. 高寒地区土地利用与覆盖变化初步研究——以西藏自治区拉孜县为例[J]. 北京师范大学学报, 2003, 39(2): 261- 267.

本区发育三段冻融地质灾害路段,主要为季节性冻土,冻土多由粉土、含砾亚黏土等细颗粒土组成,毛细作用强烈,地下水埋深较浅,会发生冻胀热融作用,破坏路基,可采用粗颗粒土进行换填,保证一定的路基填方高度,设置良好的隔水、排水设施。

6 结 语

本次综合评估分别运用灾损率法和风险区划法评价了评估区的地质灾害危险性,两种方法的结果基本吻合。在分区时还考虑地形地貌、岩性、地质构造和不良地质现象的发育程度,将整个公路改建线路分为13个大区,结果表明定量评价与定性评价基本吻合。比如Ⅰ~Ⅲ区定性评价为地质灾害危险性小区,而在采用风险区划法分析评价时,主要为危险性小;Ⅳ区定性评价为地质灾害危险性大区,而在采用风险区划法分析评价时,主要为危险性大,仅个别单元危险性为小—中等。这些评价结果与实际基本相符。

根据综合评估结果,建设场地适宜性基本可划分为三类:CK0~CK29、CK40~CK105、CK125~DK16+700为适宜;CK29~CK40、CK115~CK125为基本适宜;CK105~CK115为适宜性差。