

文章编号: 1674—8247(2023)01—0102—04

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2023.01.019

芒猴铁路泥石流灾害特征及地质选线研究

贾杰 于振涛 邓睿 杜宇本

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:芒东盆地拟建芒猴铁路必经之地,该盆地构造发育,地层岩性破碎且风化层厚度大,有利的地形和充足的降雨极易诱发泥石流灾害,给铁路选线带来极大的困难。本文借助现场详细勘察和遥感影像对芒东泥石流灾害特征进行了研究,在综合分析影响线路方案的泥石流灾害和其它地质问题的基础上,最终选择设桥通过泥石流堆积区。根据泥石流流量和淤积高度确定了桥梁的高度,并采取拦排结合的工程措施降低了泥石流对铁路工程的影响。研究成果可为类似工程的铁路选线提供参考。

关键词:芒猴铁路;泥石流;灾害特征;地质选线

中图分类号: U212.32

文献标识码: A

A Study on Characteristics of Debris Flow and Geological Conditions-based Route Selection for Mangshi-Houqiao Railway

JIA Jie YU Zhentao DENG Rui DU Yuben

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The proposed Mangshi-Houqiao Railway will inevitably pass through the Mangdong Basin, which has developed structure, crushed rock mass and thick weathered layers. Favorable terrain and sufficient rainfall are easy to induce debris flow disasters, which brings great difficulties to railway route selection. For the purpose of this paper, the characteristics of debris flow along the Mangshi-Houqiao Railway were studied through detailed field investigation and remote sensing image. On the basis of comprehensive analysis of debris flow disasters and other geological conditions affecting the route selection, it was concluded to build a bridge to pass through the debris flow accumulation area. The height of the bridge was determined according to the debris flow rate and siltation height, and blocking and discharging were combined to reduce the impact of debris flow on railway engineering. The study results can provide a reference for similar projects.

Key words: Mangshi-Houqiao Railway; debris flow; disaster characteristics; geological conditions-based route selection

拟建芒猴铁路从大瑞铁路芒市西站发出,经梁河、腾冲,终于猴桥口岸,线路总体为南北走向。芒猴铁路穿越梁河县芒东盆地,该盆地构造发育,地层岩性破碎和斜坡松散物源丰富,在暴雨等外界应力作用下,极易产生泥石流等地质灾害,给铁路选线造成极大的困难。因此,本文对芒东盆地泥石流地质灾害进

行深入研究,分析泥石流对铁路线路的影响,为芒猴铁路的选线提供可行的建议。

1 研究区工程地质条件

1.1 地形地貌

由于受到来自北、东两方向构造的影响,梁河地

收稿日期:2021-11-19

作者简介:贾杰(1989-),男,工程师。

引文格式:贾杰,于振涛,邓睿,等. 芒猴铁路泥石流灾害特征及地质选线研究[J]. 高速铁路技术,2023,14(1):102-105.

JIA Jie, YU Zhentao, DENG Rui, et al. A Study on Characteristics of Debris Flow and Geological Conditions-based Route Selection for Mangshi-Houqiao Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2023,14(1):102-105.

貌呈北东向的长形峡谷地貌。芒东盆地受东西两侧断裂的影响,为地堑式断陷堆积盆地,呈南北向展布,东西向狭窄。流经盆地的河流为杨柳河属于罗卜坝河流域,两侧有阶地和残丘分布。

1.2 地层岩性

梁河盆地位于腾冲—梁河弧形构造与南北向构造带的复合部位,主要受大盈江断裂控制,于燕山末期形成。基底主要由石炭系勐洪群(Cmn)碎屑岩与燕山期($\gamma 5^{3(2)}$)花岗岩构成,渐新世末或中新世初期,地壳经历 N_{1n} 、 N_{2m} 河湖相沉积,玄武岩只在新近纪上新世中期有过喷发活动。

研究区上覆第四系全新统泥石流堆积层(Q_4^{sed}),以中砂、细圆砾土、漂石土为主;冲积层(Q_4^{al})由粉质粘土(软塑)、粉质黏土、粉土、细砂、粗砂、细圆砾土、粗圆砾土、块石土组成;下伏基岩主要为第三系下段(N_{2m}^1)砾岩、砂岩、砂砾岩夹粉砂质泥岩、凝灰岩及煤层,寒武系(ϵ)混合岩、片岩、片麻岩,燕山期侵入岩($\gamma 5^{3(2)}$)(主要为花岗岩)和不明时期侵入(γm)混合花岗岩。

1.3 区域地质构造

研究区位于腾冲—梁河弧形构造带的顶部,南北断裂和南北—北东向弧形断裂及伴生的横向断裂十分发育,断裂两侧碎裂糜棱岩极为发育。

新构造运动主要表现为地壳抬升、火山和第三系以来断裂活动。区内主要发育湾中—大坪子断裂,该断裂位于朗蒲寨以南,被北西向断裂分割为不连续的三段,南延在芒东盆地由于第四系堆积物掩盖,形迹不明显;北延至潞西幅内,从芒东盆地向南西延伸至龙川盆地之清河街以北,总长约54 km,在腾冲幅内长28 km。该断裂呈北东向,断裂面倾向北西(局部倾向 140°),倾角大致 $60^\circ \sim 80^\circ$ 之间,具明显的压扭性特征。断裂西盘为花岗岩,东盘为下古生代变质岩,两者呈明显断层接触。断裂旁侧变质带的片理、片麻理、沿断裂堆积的新生代沉积物及火山堆积物都平行断裂或沿断裂分布。从活动断裂活动特征和性质等方面来分析,为第四系全新统以来活动性断裂。

2 研究区泥石流灾害特征

新建芒猴铁路在芒东盆地主要穿过章巴泥石流、大树寨泥石流、街子泥石流、那勐小学泥石流等。结合遥感解译和现场实际调查工作,对研究区泥石流灾害特征进行了全面的分析。

2.1 研究区泥石流总体特征

根据芒东盆地的地形、地貌特点,参照泥石流相

关规范^[1],对芒东盆地沿线泥石流类型进行分析:

(1)按诱发成因分类,研究区泥石流均属于暴雨型泥石流。

(2)按物源成因分类,芒东盆地经历多次地震以及构造活动的影响使得岩体破碎、风化层厚度大,泥石流沟谷两岸的崩塌、滑坡等不良地质灾害发育,属坡面侵蚀型+崩滑型混合型泥石流。

(3)按汇水区地貌特征分类,根据实地调查结果分析,研究区泥石流均属于暴雨诱发的沟谷型泥石流。

(4)按流体性质分类,根据实地调查的7条泥石流沟堆积区特征,研究区沿线泥石流大多为稀性泥石流。

2.2 泥石流诱发特征

(1)物源特征:研究区构造发育,岩体呈碎块状,风化层厚度大,泥石流物源主要为主沟形成—流通区的崩滑体、沟谷两侧坡体的松散物源和沟道内的堆积物。物源主要分布于主沟中上游和泥石流沟道,为泥石流的发生提供充足的物源条件。

(2)地形特征:研究区地形陡峻,斜坡崩塌和滑坡等不良地质发育,且陡峻地形也提供了松散物源,泥石流沟纵坡比大为泥石流的爆发提高了良好的势能条件。

(3)水源特征:研究区地处亚热带,低纬高原,受西南季风影响和高黎贡山屏障的阻截作用,形成南亚热带季风气候,四季不分明,干湿季明显,雨量充沛。

由于汇水面积大再加上暴雨作用,地表水迅速汇入泥石流沟道形成山洪,提供了充足的水源条件。

2.3 泥石流危害特征

(1)爆发规模和危害程度差别大

新建芒猴铁路在芒东盆地主要穿越章巴泥石流、大树寨泥石流、街子泥石流、那勐小学泥石流4条泥石流,其中章巴泥石流和大树寨泥石流造成危害最大,其余泥石流主要是沟道里面淤砂,目前未造成大的危害。

(2)高活动性、成灾率高

芒东盆地泥石流由于坡面松散的物源以及崩塌、滑坡等发育,暴雨条件下可能年年爆发,且章巴泥石流和大树寨泥石流近几年多次爆发,成灾率高。

(3)既有防护工程作用几乎丧失

芒东盆地泥石流近几年连续爆发,已建成的导流堤等排导工程已失去防护作用,沟道中的堆积物冲出沟道向两侧淤积,对居民和农田造成淤埋和冲毁危害。

3 地质选线原则

根据芒东盆地泥石流的总体特征,结合类似工程地质条件铁路的地质选线原则^[2-7],芒猴铁路工程地质选线应遵循以下原则:

(1)在对研究区泥石流现场实际勘查的基础上,进一步判定泥石流具体性质及爆发规模,进而确定线路通过泥石流的位置以及准确高度。

(2)线路选线可以在其堆积区设桥通过,根据泥石流流量和淤积高度确定桥梁的高度,使其净空满足铁路设计要求。

(3)结合研究区泥石流灾害特征,采取拦排结合的措施尽可能降低其对铁路的影响;在泥石流上游以拦为主,泥石流堆积区以排为辅。

4 线路方案比选

结合芒猴铁路的实际情况,主要比选从泥石流堆积区前缘通过方案Ⅰ、沿河走方案Ⅱ及避让泥石流方案Ⅲ 3 种方案,如表 1 所示。

由表 1 可知,3 个方案地层岩性及构造相似,各有优缺点:方案Ⅰ尽量避绕了高地温隧道及(Q2)砂层隧道,但需通过泥石流堆积区,受泥石流影响大;方案Ⅱ和方案Ⅲ虽然避绕了芒东泥石流,但是活动断裂附近隧道高地温风险高,梁河段穿越(Q2)砂层隧道段落较长。

由于隧道高地温风险难控、砂层隧道施工难度大,避绕芒东泥石流的方案Ⅱ和方案Ⅲ可行性较低,因此芒东泥石流对方案Ⅰ的影响程度将决定该段线路方案的走向。根据上述泥石流选线原则,选择在泥石流堆积区设桥通过,采取拦排结合、减少桥墩数量、采用实体桥墩增强其抗冲击和抗冲刷能力、增加桥涵高度、净空等工程措施降低泥石流对铁路的危害。泥石流在进入堆积区后开始淤积,其厚度可根据泥石流的容重、淤积坡度和泥石流流体的屈服应力计算^[11],如式(1)所示。

$$h = \tau_d / (\gamma_c g \sin \theta)$$

(1)

式中: h ——泥石流最大淤积厚度(m);

τ_d ——泥石流流体动屈服应力(Pa);

θ ——泥石流的淤积坡度(°);

g ——重力加速度(9.81 m/s²);

γ_c ——为泥石流容重(kg/m³);

泥石流流体的屈服应力表征泥石流的粘性强度,可用式(2)计算。

表 1 芒东泥石流段主要工程地质问题综合对比表

项目	泥石流堆积区前缘方案Ⅰ	沿河方案Ⅱ	避让泥石流方案Ⅲ
研究区内线路概况	线路从勐养站出站,向北经芒东东侧泥石流堆积区,于梁河县城以东设梁河站,线路长 31.58 km	线路从勐养站出站,向北经芒东西侧沿罗坝河行走,于梁河县南跨过大盈江,至芒杏村设梁河站,线路长 30.6 km	线路从勐养站出站,向西北经芒东镇东南跨过罗坝河,经下茂福跨过大盈江折向梁河县河西乡设梁河站,线路长 53.50 km
地质概况	(1)3 个方案通过地层岩性基本相同,以喜山期花岗岩(γ)为主,局部为第三系(N_2m^2)玄武岩、粘土岩夹煤层(N_2m^1)及梁河两岸高阶地砂层地层(Q_2) (2)3 个方案通过地质构造基本相同,发育大盈江活断裂(Q_4) (3)段内水热活动强烈,出露龙窝温泉(97℃)、大坪子温泉(87℃)等温泉 (4)梁河两岸(Q_2)高阶地中密砂层厚度大,路基挖方边坡稳定性差,隧道围岩稳定性差,施工难度大 (5)沿线不良地质主要为活动断裂(Q_4)、高地温、泥石流、滑坡、高地应力等		
主要优点	(1)沿线隧道有一定高地温风险 (2)穿越(Q_2)砂层隧道段落较短	(1)线路以大角度跨越大盈江活断裂(Q_4) (2)线路避绕芒东泥石流	
主要缺点	(1)梁河附近局部段落与大盈江活断裂(Q_4)近似平行 (2)穿越芒东泥石流堆积区	(1)受龙窝温泉及大盈江活动断裂影响,断裂附近隧道地热风险高 (2)穿越(Q_2)砂层隧道段落较长。	(1)受龙窝温泉及大盈江活动断裂影响,断裂附近隧道地热风险高 (2)芒东镇附近线路穿越含煤地层(N),局部隧道洞身存在小型煤矿采空区 (3)穿越(Q_2)砂层隧道段落较长

$$\begin{cases} \tau_d = 10^{6.66(\gamma_s - 1.233)^{-1}} & (\text{稀性泥石流}) \\ \tau_d = 10^{6.41(\gamma_s - 1.281)^{-1}} & (\text{粘性泥石流}) \end{cases}$$

(2)

式中: γ_s ——为泥石流固体颗粒重度(kg/m³);

上述参数均由实验室试验和经验取值得到。针对研究区各泥石流,计算得出百年一遇泥石流堆积厚度,由桥梁的设计高度远大于淤积厚度来满足泥石流通通过能力,最终降低泥石流对铁路桥梁的危害。各沟泥石流对通过桥梁工程影响评价如表 2 所示。

5 结论

(1)芒东盆地为拟建芒猴铁路必经之地,该盆地构造发育,地层岩性破碎、斜坡体松散物质丰富,有利的地形和充足的降雨极易诱发泥石流灾害,给铁路选线造成极大的困难。

(2)研究区泥石流属于大中型 - 中频稀性泥石流。现场调查表明,泥石流是由暴雨诱发,为暴雨型泥石流,存在大规模发生的可能性。

表 2 芒东泥石流桥梁工程影响评价表

名称	通过形式	泥石流流域特征	百年淤积厚度 /m	桥梁设计高度 /m	影响评价
章巴泥石流	桥梁	泥石流沟流域面积3.6 km ² ,主沟整体走向为北西-南东向,与杨柳河近似垂直。主沟沟道长4.17 km,沟口堆积扇前缘高程1 075 m,最高峰1 280 m,相对高差达205 m,流域平均纵坡降49‰	6.58	24.8	对桥梁工程影响较小
大树寨泥石流	桥梁	泥石流流域面积2.09 km ² ,主沟整体走向为北西-南东向,与杨柳河近似垂直。主沟沟道长4.68 km,沟口堆积扇前缘高程1 055 m,最高峰1 580 m,相对高差达525 m,流域平均纵坡降112‰	5.27	23.8	对桥梁工程影响较小
那勘小学泥石流	桥梁	泥石流沟流域面积约0.8 km ² ,主沟长约2.2 km,流域最低点高程为1 047 m,流域最高点高程为1 180 m,相对高差为133 m,纵坡率60.4‰	3.23	17.0	对桥梁工程影响较小
街子泥石流	桥梁	泥石流沟流域面积约6.11 km ² ,主沟长约6.8 km,流域最低点高程为1 046 m,流域最高点高程为1 830 m,相对高差为784 m,纵坡率115‰	6.65	22.0	对桥梁工程影响较小

(3) 拟建芒猴铁路在穿越芒东盆地应遵循的原则为:①在对研究区泥石流现场详细勘查的基础上,进一步判定泥石流具体性质及爆发规模,进而确定线路通过泥石流的位置和准确高度;②通过方案比选选择桥梁通过泥石流堆积区,根据泥石流流量和淤积高度确定桥梁的高度;③采取拦排结合的措施降低泥石流对铁路的影响;在泥石流上游以拦为主,泥石流堆积区以排为辅。

(4) 在有修建排导槽的条件下,宜优先考虑排导槽工程为主、拦截坝为辅的综合治理措施;对已建好的排导槽工程应增加其高度,提高排导能力,以便于流体顺利通过工程区。在无排泄通道的条件下,可在

沟谷上中下游修建重力拦挡坝,减少泥石流中的块石等固体物质,降低泥石流流量和冲击力,减弱其对铁路工程的冲击、淤埋等危害。

参考文献:

[1] DZ/T 0220-2006 泥石流灾害防治工程勘查规范[S].
DZ/T 0220-2006 Specification of Geological Investigation for Debris Flow Stabilization [S].

[2] 宋章,韩世华,杜宇本,等. 汶九高速 A5 标泥石流灾害特征及地质选线研究[J]. 铁道工程学报, 2015, 32(10): 12-16.
SONG Zhang, HAN Shihua, DU Yuben, et al. Research on the Characteristic of Debris Flow Disaster and Geological Alignment for the 5th Section of Wunchuan-Jiuzhaigou Expressway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(10): 12-16.

[3] 宋章,张广泽,蒋良文,等. 川藏铁路工程地质特征及地质选线原则[J]. 铁道建筑, 2017(2): 142-145.
SONG Zhang, ZHANG Guangze, JIANG Liangwen, et al. Engineering Geological Features and Geological Route Selection Principle of Sichuan-Tibet Railway [J]. Railway Engineering, 2017, 57(2): 142-145.

[4] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建铁路成都至兰州线泥石流灾害专题研究报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2010.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Thematic Study Report on Debris Flow along the New Chengdu-Lanzhou Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2010.

[5] 杜宇本,蒋良文. 大瑞铁路大保段主要工程地质问题及地质选线[J]. 铁道工程学报, 2010, 27(4): 23-28.
DU Yuben, JIANG Liangwen. Main Problems in Engineering Geology and Alignment in Dali-Baoshan Section of Dali-Ruili Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2010, 27(4): 23-28.

[6] 周小彬. 泥石流对桥梁工程的危害及其防治[D]. 上海: 同济大学, 2006.
ZHOU Xiaobin. The Damage of Mud-rock Flow to Bridge Engineering and its Prevention and Cure [D]. Shanghai: Tongji University, 2006.

[7] 李明清. 成兰铁路泥石流防治措施[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(2): 90-93.
LI Mingqing, Prevention and Contrd Measures for Debris Flow on Chengdu-Lanzhou Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(2): 90-93.