

干热河谷地区地质特征及选线对策研究

刘帆, 李古一

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要:以玉溪市元江县干热河谷地区高速公路项目选线为研究背景,对干热河谷地区地质特征及其对高速公路路线方案的影响进行了综合论证分析。研究充分分析了地区地质特征,结合地质选线及减灾选线理念,考虑路线走廊内工程地质特点、环境敏感点等影响,通过多方案路线比选,提出了干热河谷地区地质情况下的路线选线原则和选线方法。成果可为同类地区地质研究及类似地质特征条件下高等级公路选线提供依据和参考。

关键词:干热河谷地区;复杂地质;不良地质;断裂带;高速公路选线

中图分类号: U412.24+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0017-04

0 引言

干热河谷属典型的脆弱生态系统,因其特殊地理条件,水土流失严重,地质灾害多发^[1]。姚鑫等对金沙江干热河谷地质灾害进行研究,指出在断裂带长期挤压及亚欧板块的碰撞下,干热河谷地区地质构造环境复杂、多变^[2]。杨献波等通过对岩溶地区高速公路选线进行研究,提出“突出生态选线,坚持地形选线,做到地质选线”的选线原则^[3]。郭阳对山区公路选线的环境影响因素进行深入研究,提出考虑环境影响和地质灾害因素后对路线进行优化可获得良好的综合效益^[4]。众多学者及研究人员对环境脆弱地区的选线理念、方法及指标等方面进行了深入研究。但是,针对干热河谷地区的地质特征及公路选线研究较少。

本文以元江至蔓耗高速公路(玉溪段)为研究背景,通过对干热河谷地区地形地貌、地质特点进行分析,结合项目沿线的主要地质灾害分布及环境敏感点等要素,总结干热河谷地质特征及选线策略。基于该选线原则及方法可为同类区域选线提供参考及依据。

1 工程概况

1.1 主要技术标准

元江至蔓耗高速公路(玉溪段)采用双向4车道,设计速度80 km/h,路基宽度25.5 m(其中整体式路基为25.5 m,分离式路基为12.75 m),设计荷

载采用公路-I级。

1.2 地形地貌、地貌类型

路线总体呈北西—南东向展布,地形相对高差760~1 800 m,地形起伏相对较大,坡度30°~50°^[5]。地貌类型主要为流水地貌及洪积扇地貌,特别是元江县城南侧一带,形成长约7 km、宽约1~3 km的洪积扇裙^[5]。

1.3 气象水文

拟建公路所处区域气候温和,雨量充沛,属亚热带季风气候,处于河谷热坝高温区。降雨时河水猛涨,雨后急落,洪峰多在6、7、8、9月雨季,枯水位主要在11月至次年2月枯季,丰水期河水位易暴涨。拟建公路沿线水系发育。

1.4 地层岩性

工程区出露地层主要有元古界阿龙组上亚组(Pta^b)片麻岩、变粒岩、大理岩,三叠系舍资组(T_{3s})砂岩、页岩,三叠系干海子组(T_{3g})砂岩、粉砂质泥岩,新近系(N)砂砾岩、砾岩、砂质泥岩、泥质砂岩及炭质泥岩,第四系冲积(Q^{al})、洪积(Q^{pl})、残坡积(Q^{cl+dl})。

1.5 区域地质构造与地震

工程区的大地构造位置属扬子准地台上,构造以北西向为主,拟建公路建筑场地位于长期反复活动的红河主干断裂带上,属于欠稳定区,场地地震基本烈度为7度,基本地震动峰值加速度值为0.15g,基本地震动加速度反应谱特征周期为0.45 s。

2 项目工程地质特征

项目区地处典型干热河谷地带,具有“山高谷深沟壑纵横、地质构造复杂断裂发育、地质灾害多发、生态环境敏感脆弱、水土流失严重”等五大地质特征。

收稿日期: 2021-06-22

作者简介: 刘帆(1989—),男,硕士,工程师,主要从事路线总体研究及道路设计工作。

2.1 山高谷深沟壑纵横

项目区地貌主要受云岭余脉形成的南衡山和哀牢山脉南延及河谷切割影响,形成南北纵裂的高山深谷,相对高差 760~1 800 m。路线走廊带具有唯一性。路线多沿现状河道两岸或者既有道路走廊布线。

2.2 地质构造复杂断裂发育

项目穿越红河深大断裂、水塘-元江断裂两条断裂带,平行于南昏-那炳断裂、上丙羽断裂展布。断裂带内先后发生过大于 4.7 级地震 36 次。道路线位走向、路线方案选择、沿线构筑物的设置受地震及断裂板块活动制约较大。

2.3 地质灾害多发

复杂的地质构造及强烈的板块活动造就了项目沿线不良地质灾害分布广、点位密,灾害形式多样,极易形成链生灾害等特点,尤其以滑坡、崩塌两类地质灾害最为显著。

2.4 生态环境敏感脆弱

项目位于元江国家级自然保护区内,且平行展布于哀牢山国家自然保护区,形成了生态环境敏感点多、环境脆弱及生态系统欠稳定的特点。

2.5 水土流失严重

由于降水量小,蒸发量大,土壤水分易缺失,大多成为稀树草坡,植被覆盖度小,强降雨条件下水土流失成为一个主要的生态问题。

3 干热河谷地区选线原则

依据项目区工程地质特征,道路选线充分运用防灾减灾理念,坚持首先采用综合勘察方法,查明路线走廊内断裂构造分布走向,不良地质分布、规模及性质,做到绕有根据、治有办法。确定如下选线原则:

(1)针对项目沿线活动断裂,路线应予以避让。路线难以避让时,应尽量选择大角度、低路基的形式穿越。

(2)针对深层中型-巨型滑坡,路线应避让;针对中小型滑坡,路线应采取在滑坡下部以低填方或其上以浅挖方通过。同时,工程上应采取安全可靠的工程治理措施,确保施工和运营安全。

(3)针对项目难以进行防护的崩塌地段,路线应予以避让,难以避让时,避免大填大挖;针对小型崩塌及零星落石路段,可沿路线采取清理、支撑、锚固结合 SNS 柔性防护网等措施予以综合防护。

(4)针对生态环境敏感、脆弱地段,在路线满足规范要求的前提下,应合理避让环境敏感点,同时灵

活采用线形指标,使路线尽量与自然地形相适应,或者采取以桥代路、以隧代路的方式,最大限度降低对生态环境和自然环境的破坏。

(5)针对水土流失重点防治区和重点治理区,道路选线时应当避让,对于无法避让的地段,路线应采用灵活设计指标和较高的防护标准,减小地表扰动和植被破坏范围,有效控制可能造成水土流失。

4 典型路段选线案例分析

4.1 浪洒滑坡段路线方案比选

该段路线走廊带范围沿元红二级公路两侧滑坡发育,南侧山体发育有三处滑坡。依据钻孔揭示^[5],滑体由残坡积碎块石及砂砾岩碎块石组成,下伏新近系砂砾岩。现状条件下滑坡稳定性差,若遇连续性降雨或地震,可能再次滑动。滑坡(H25、H69、H70)主要特征见表 1。

表 1 滑坡(H25、H69、H70)主要特征

编号	位置	滑坡发育特征	通过方式
H25	线路上	巨型中、深层牵引式滑坡,呈圈椅状。主滑方向 37°,原始坡度约 35°~45°,主滑方向 42°,滑体长约 320 m,宽约 120 m,厚度 5.0~30.0 m,体积 131.6 万 m ³	路基
H69	线路上	中型中层牵引式现代滑坡,主滑方向 88°,原始坡度约 35°,呈圈椅状,滑体总长约 75 m,宽约 70~80 m,厚度 10.0~18.0 m	桥梁
H70	线路上	中型中层牵引式滑坡,主滑方向 33°,原始坡度约 32°,滑坡形态明显,呈圈椅状,滑体总长约 160 m,宽约 60 m,厚度 11.4~17.2 m	路基

路线走廊处于红河断裂带的影响范围,在区内呈北西 45°方向延伸,主要倾向北东,倾角 60°~70°。活动断裂。拟建公路与该断裂近平行展布,距离最远约 0.75 km,一般距离在 0.05~0.4 km 之间。

工可线位局部线位与红河断裂带重合,线位于巨型中、深层牵引式滑坡(H25)下缘以桥梁方式通过,滑坡体极其不稳定,施工扰动或遇连续降雨时,易造成滑坡再次滑动,且滑坡治理难度大。综合考虑滑坡、断裂带、潜在不稳定边坡、环境敏感点及水土流失,结合研究区地形地貌、岩体组成等因素,对工可线位进行优化,形成桥梁+路基的 K 线方案^[6](见图 1)。

K 线方案设置 1 680 m 桥梁跨越浪洒河、红河断裂带及滑坡(H69)后,路线布于浪洒山坡前缘,以浅挖路基形式从滑坡(H25)顶部穿越,然后设置 200 m 桥梁跨越冲沟,局部路设置半路半桥穿过滑坡

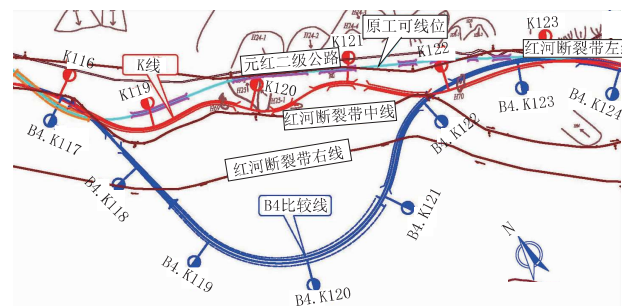


图1 浪洒滑坡段路线方案布置图

(H70),路线长 6.675 km。为减小红河断裂带及滑坡对路线的影响,提出 B4 线方案。路线在红河断裂带北侧 120~300 m 处采用 2 420 m 长隧道穿越浪洒山,设置桥梁跨越沟谷后,局部段落采用桥梁跨过冲沟,路线长 8.05 km。主要工程规模对比见表 2。

表2 主要工程规模对比

项目	K 线	比较线 B4	K- B4
路线长度 /km	6.675	8.05	-1.375
挖方量 /m ³	384 160	452 690	-68 530
填方量 /m ³	55 885	147 990	-92 105
防护工程 /m ²	52 360	45 150	7 210
排水工程 /km	6.029	4.5	1.529
特大桥、大桥	3 988 m/8 座	3 480 m/5 座	508 m/3 座
隧道	—	2 420 m/1 座	-2 420 m/-1 座
总建安费 / 万元	73 068.22	104 248.15	-31 179.93

该段线位位于那塘新村附近,周边地形沟道狭窄,坡度较大,地质较差,滑坡、红河断裂带等不良地质发育。K 线方案最大限度降低了研究区不良地质的影响,路线更短,避让了滑坡及断裂带,以浅挖路基及桥梁形式穿越不良地质区,工程实施难度小,对环境破坏小,工程规模及经济性优于 B4 线,推荐桥梁+路基 K 线方案为初步阶段推荐线。

4.2 大塘子滑坡段路线方案比选

该段路线全长约 5 km,路线北侧山体发育有一处长度约为 1.9 km 的滑坡带(H34),南侧山体发育有两处滑坡(H38、H46)、一处矿山洞口和红河断裂带。钻孔揭示^[5],滑体主要由表层残坡积碎块石及砂砾岩碎块石组成,下伏新近系砂砾岩。现状条件下滑坡稳定性差,若遇连续性降雨或地震,可能再次滑动。滑坡(H34、H38、H46)主要特征见表 3。

工可线位(B6 线)以桥梁、路基形式沿既有二级公路南侧布线,线位与红河断裂平行,且线位位于滑坡(H34)下缘,滑坡对路线构成较大威胁,且滑坡治理难度大。滑坡(H38、H46)位于路线隧道上方,一旦滑体受到扰动,对路线造成较大影响。综合考虑滑坡、断裂带、潜在不稳定边坡、环境敏感点及水土流

表3 滑坡(H34、H38、H46)主要特征

编号	位置	滑坡发育特征	通过方式
H34	线路北	中型中层牵引式滑坡,呈圈椅状。主滑方向 35°,原始坡度约 36°,滑体长约 1 920 m,宽约 586 m,厚度 8.0~30.0 m,总体积 206.6 万 m ³ 。	路基 桥梁
H38	线路上	中型中层牵引式滑坡,主滑方向 78°,原始坡度约 37°,呈圈椅状,滑体总长约 277 m,宽约 135 m,厚度 13.0~25.0 m	隧道
H46	线路上	小型中层牵引式滑坡,平面形态呈圈椅状。主滑方向 93°,原始坡度约 25°,滑体长约 65 m,宽约 60 m,厚 8.0~12.0 m	隧道

失等情况,结合研究区地形地貌、岩体组成等因素,消除滑坡及断裂带对道路的影响,对工可线位(B6 线)进行优化,形成桥梁+隧道的 K 线方案^[6]。路线方案布置见图 2。

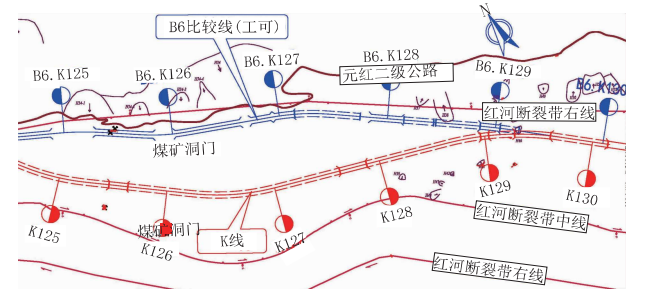


图2 大塘子滑坡段路线方案布置图

K 线方案完全避让滑坡(H34、H38)、断裂带和矿洞,路线以桥、隧形式穿过大塘子村后山体及沟谷,路线长 5.42 km。滑坡(H46)规模较小,采用清方形式消除其对路线的影响。主要工程规模对比见表 4。

表4 主要工程规模对比

项目	K 线	比较线 B6	K- B6
路线长度 /km	5.42	5.32	0.10
挖方量 /m ³	486 057	942 350	-456 293
填方量 /m ³	150 081	353 600	-203 519
防护工程 /m ²	23 400	76 460	-53 060
排水工程 /km	0.29	2.40	-2.11
路面 /m ²	3 080	25 366	-22 286
特大桥、大桥	2 310 m/5 座	4 172 m/9 座	-1 862 m/-4 座
隧道	5 000 m/5 座	2 025 m/5 座	2 975 m/0 座
总建安费 / 万元	95 478	89 773	15 705

该段线位周边地形沟道狭窄,山坡坡度陡峭,地质较差。K 线方案最大限度避让了研究区不良地质的影响,对山体的开挖较少,避让了滑坡、断裂带及矿洞,以桥、隧形式穿越山体及沟谷,对环境破坏小。虽工程造价较高,考虑道路安全运营及后期养护,推荐 K 线方案为初步阶段推荐线。

5 结 语

典型的干热河谷地区具有山高谷深沟壑纵横、地质构造复杂断裂发育、地质灾害多发、生态环境敏感脆弱、水土流失严重等五大地质特征。在路线选定过程中,通过对典型路段方案的比选研究,得出如下结论:

(1)坚持“地质选线”为首要原则。道路选线应充分运用防灾减灾理念,坚持采用综合勘察方法,做到路线绕有根据、治有办法,保证公路运营与养护安全。

(2)注重路线方案与环境保护相协调的原则。干热河谷地带沿线生态环境脆弱、环境敏感点多。灵活采用线形指标,或者采取以桥代路、以隧代路的方式,最大限度减少水土流失,降低公路对生态环境和自然环境的破坏。

(3)遵循工程经济、节约造价的原则。充分运用

“多角度、多因素、多目标”选线理念,合理侧重,使工程设计与客观实际相符合,合理确定工程规模,控制工程投资。

参考文献:

- [1] 聂太广.近四十年来西南地区干热河谷灾变研究综述[J].牡丹江大学学报,2014,23(1): 48-50.
- [2] 姚鑫,戴福初,陈剑.金沙江干热河谷地区地质灾害遥感研究[J].长江流域资源与环境,2007,16(5): 655-660.
- [3] 杨献波,温善振,杨春晖,等.岩溶地区高速公路总体设计探讨与实践[J].公路,2012,16(5):16-20.
- [4] 郭阳.基于环境影响的山区高速公路选线研究[D].西安:长安大学,2011.
- [5] 中交第一公路勘察设计研究有限公司.元江至蔓耗高速公路(玉溪段)详细工程地质勘察报告[R].西安:中交第一公路勘察设计研究有限公司,2017.
- [6] 中交第一公路勘察设计研究有限公司.元江至蔓耗高速公路(玉溪段)初步设计文件[R].西安:中交第一公路勘察设计研究有限公司,2017.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com