

哀牢山工程地质问题及对策

刘 伟

(中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司, 云南 昆明 650200)

摘 要: 哀牢山地区工程地质及水文地质条件十分复杂: 构造运动、斜坡地形、水文地质条件、地层岩性及高地热异常、高地应力的作用等“两高”、“四复杂”, 使哀牢山地区的工程地质条件十分困难。对工程方案及工程措施提出改进建议, 确保穿越哀牢山区铁路等线状工程方案合理、措施得当。

关键词: 复杂地质条件; 构造运动; 高地应力作用; 工程地质难点; 云南哀牢山地区

中图分类号: P642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2010)04-463-04

云岭南延支脉哀牢山, 北始于大理州南部弥渡附近, 南止于红河州南部金平一带, 包括南涧、景东、墨江、元江、元阳、金平等县。既是元江与阿墨江分水岭、云贵高原和横断山脉两大地貌区的分界线, 又为云贵高原气候的分界。

哀牢山作为一道天然屏障横亘于云南中部与西南部之间, 阻隔作用明显。2003年底元磨(元江至磨黑)高速公路通车之前, 穿过哀牢山的公路国道323线、省道214线和省道218线, 都以路基工程为主沿沟槽或展线通过哀牢山。而元磨高速公路则修建了大风垭口隧道(L—4100)及元江特大桥(L—768)等重点工程穿越哀牢山。拟建的玉磨铁路(玉溪至磨憨)速度不低于160km/h, 坡度13‰~24‰, 过哀牢山将出现10km~30km的特长隧道。

1 哀牢山地理地质条件

1.1 地形地貌

哀牢山地处云贵高原西部, 属高中山地貌区, N35°~65°W 延展, 长约500km, 宽10km~50km, 北向南东逐渐变宽, 呈一“帚”状。地形起伏大, 海拔600m~3166m以上。最低点为元江峡谷, 3000m以上山峰有9座, 最高点为大雪锅山主峰。自然坡度一般20°~50°。哀牢山东部沿红河断裂带下切较陡, 相对高差大; 西坡则较平缓。

哀牢山形成于燕山期。喜马拉雅期地面大规模抬升, 河流急剧下切, 形成深切切割的山地地貌, 地势险峻, 山高谷深。气候垂直分带明显, 从下至上依次为南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、温带、寒温带立体气候。受哀牢山阻挡, 哀牢山以西、以南降水多于东部, 气温较同纬度、同海拔的东部高, 冬季寒潮入侵次数也较东部少。联合国在此建立“人与生物圈”定位观察点, 国家级自然保护区认为是世界同纬度生物多样性、同类型植物群落保留最完整的地区。

1.2 地层岩性

哀牢山为一典型的陆内造山带, 从北东至南西划分为造山带的内带、外带及前陆盆地三大部分, 之间均被大型韧性剪切带所分割。

哀牢山群主体地层, 是哀牢山造山内带主要组成部分, 由一套变质程度达低角闪岩相—高角闪岩相的变质岩组成, 沿哀牢山中部及东部分布, 岩石组合为黑云母斜长片麻岩、斜长片麻岩、石英黑云母片麻岩、混合斜长片麻岩、角闪岩及混合岩等。哀牢山造山内带的西侧为大河边岩组, 黑云母斜长变粒岩、斜长浅粒岩、黑云母石英片岩、千枚岩及少量斜长角闪岩。哀牢山西坡则以沉积岩为主, 为志留系、泥盆系、二叠系、三叠系及侏罗系等以碎屑岩为主夹灰岩、泥灰岩的地层, 局部夹片岩、板岩及千枚岩等变质

收稿日期: 2010-06-08

作者简介: 刘伟(1967~), 男, 云南玉溪人, 高级工程师, 国家注册岩土工程师, 从事铁路、公路工程地质工作。

岩,沿哀牢山西坡坡脚元江河谷局部发育了以砾岩、砂岩为主,夹煤层的新近系。

火成岩以脉状、带状沿构造线及层间侵入哀牢山群变质岩带中及沉积岩层中,主要为燕山期花岗岩、石英斑岩及超基性侵入岩,少量华力西期基性岩。

1.3 地质构造及造山运动

哀牢山处于印支地块北东侧边缘,为扬子地块与印支地块的接触地带。强烈的造山活动始于晚二叠世的扬子陆块被动边缘裂谷环境,印支期经过陆内俯冲、主期碰撞造山,后又遭受喜马拉雅期造山作用的叠加发展,形成四次构造世代叠加构造变形。发育一系列北西向深大逆冲断裂和褶皱为主的构造格架,以红河断裂带、哀牢山断裂带及阿墨江断裂带为代表。

红河断裂是大型走滑断裂带,北西—南东向沿礼社江、元江和红河延伸,全长约1 000km。第三纪以来,经历左旋运动、右旋运动以及局部旋转,北端活动强烈,南段现今则较为平静。哀牢山断裂带为超壳深断裂带,认为是早期板块缝合线。早期俯冲作用可能发生在晚华力西期,而逆冲—推覆作用则在晚三叠世前的印支期。喜马拉雅期再次发生逆冲—推覆作用,最后发生右旋走滑运动,沿断裂带存在一系列大小不等的镁质超镁质岩体组成的岩浆岩带,并对古生代—三叠纪地层具有明显的控制作用。沿红河断裂、哀牢山断裂带发育的下古生界哀牢山群变质强烈,有宽达1km~3km的糜棱岩带分布。阿墨江断裂具有岩石圈断裂性质,北西—南东向展布,全长约350km。断裂带具有叠瓦状逆冲构造特点,破碎带挤压强烈。断裂最近一期强烈活动发生在第三纪末—第四纪初的喜马拉雅期,第四纪活动明显减弱。三条断裂带从元江—墨江一线向北西具有明显的挤压收缩特点,向南东则呈帚状撒开,表明北西段接受北东—南西向的挤压强于南东段。通过对断裂带糜棱岩应变内型的分析,也反映哀牢山断裂带存在着复杂的变形形式和变形历史。

1.4 水文地质条件

哀牢山区地下水以基岩裂隙水为主,少量为岩溶水,赋存于各种岩石的节理、裂隙中,水量与岩性、构造及地形等关系密切,局部地形及构造有利部位形成地下水富集区。地下水主要接受大气降雨量的补给,沿节理、裂隙及构造带下渗、运移后在深切沟槽及低洼地带排泄,在沟槽中及低洼地带多有泉水点出露,流量不大,一般为每秒几升。丰富的降雨有利于地下水补给,深切的沟谷及地形变化有利于地下水的排泄。受岩层走向及构造控制,地下水主要从北西向南东方向运移、排泄,构造有利地带可经深部循环形成热泉。通过多条断裂带与深部相连及活动,导致哀牢山地热异常,是深部构造的浅部表现形式之一。

1.5 地震

本区地震活动受红河断裂及哀牢山断裂控制。红河断裂在喜马拉雅期的活动较强,近代则演变为北强南弱,运动的主要表现形式为块体边界及其内部的微震~强震剧烈活动。红河断裂带两侧地体华南地块和滇西南地块为两个一级构造单元,自公元886年有地震记载以来,两侧活动地块共发生M5地震500余次,地震活动十分强烈。哀牢山北东侧弥渡一带地震动峰值加速度为0.2g(地震基本烈度Ⅷ度),其他地带为0.1g和0.15g(地震基本烈度为Ⅶ度),整个哀牢山地震动反应谱特征周期为0.45s。

2 哀牢山主要工程地质问题

2.1 复杂的构造运动

长期、多次及性质复杂的造山、构造运动使哀牢山岩体遭受了长期的变质、构造作用,整体岩体破碎~较破碎。其中,哀牢山北西段因岩体遭受构造的挤压更为强烈,岩体更为破碎,岩体工程性能较差。沿红河断裂、哀牢山断裂带发育宽达1km~3km的韧性剪切带及糜棱岩带,工程性能更差。

工程穿越哀牢山,不可避免要通过红河断裂带、哀牢山断裂带及阿墨江断裂带。各断裂带第三纪以来均有较强烈的活动,以红河断裂活动最为强烈,直至第四纪仍在活动,每年的运动速率可达7mm,为一条全新世活动断裂。

2.2 复杂的斜坡地质问题

哀牢山脉地形起伏大、冲沟发育、构造复杂、岩体破碎。区内降雨量丰富,尤以东坡下切最深、坡面最陡、地形变化最大、流向元江的侵蚀沟槽较多,因此各种斜坡地质问题比较突出,滑坡、崩塌、泥石流最为发育。

滑坡多为小型滑坡,重大或特大型滑坡少,以堆积体型、残坡积层型、风化层型为主,集中发育于 $20^{\circ}\sim 43^{\circ}$ 坡面。崩塌、滑坡多形成于雨季,并极易转化为坡面及沟槽型泥石流。2002年8月14日云南省新平彝族傣族自治县水塘、戛洒两镇所处的哀牢山上,有3 100多处泥石流,百年不遇。线路经过的哀牢山坡麓地带展线,特别是东坡斜坡地带,极易遭受滑坡、崩塌及泥石流的危害,进一步加剧、诱发斜坡不良地质灾害,容易造成路基被毁埋、桥涵净空被淤积、隧道进出口被破坏。对路基工程、桥涵工程及隧道进出口危害均很大。

2.3 复杂的水文地质条件

哀牢山区水文地质条件较为复杂。断裂及褶皱的发育,岩体节理裂隙十分发育,各断裂带、褶皱及节理裂隙均成为地下水富集和运移的良好通道。断裂带可能成为地下水富集的有利地带,成为沟通哀牢山北西—南东向地下水的通道。地形起伏大、深切沟槽发育,有利于地下水排泄,局部构造、岩性有利部位易形成地下水的富水地带,给工程带来影响。元磨高速公路大风垭口特长公路隧道,在通过哀牢山断裂带的施工中曾发生过特大涌水、土石流,形成连通至地表的坍塌区,对施工造成了极大危害。

2.4 复杂的地层岩性

沿哀牢山既有以片麻岩、混合岩、片岩、变粒岩、糜棱岩等为主的变质岩,又有以碎屑岩为主夹灰岩、泥灰岩的沉积岩,也有以燕山期侵入的花岗岩、超基性岩为主的火成岩。不同岩性表现出不同工程性能。在可溶岩分布带及可溶岩与非可溶岩的接触带不良地质现象和岩溶发育;变质岩带岩石质软、成份复杂,原生及次生节理、片理等发育,工程性能较差,特别是沿断裂带分布的糜棱岩带性能更差;火成岩分布规律性差,侵入接触关系复杂,具有蚀变带,工程性质也较差。

2.5 高地热异常影响

地热作为深部构造活动的地表表现形式之一,间接反映构造活动和地下水的运动状态。哀牢山发育多条深大断裂,并一直处于活动之中,存在多个地热异常区,易成为深部地热的活动通道,地下水在由北西向南东运移、循环过程中,在构造及地下水补、径、排条件合适的地带易形成地热出露点(区),其中以哀牢山中段和南段温泉分布明显较多,地热异常比较突出。地热作为一种工程上的不良地质,对长大隧道的施工及运营等都不利,施工风险大,甚至无法施工,高温地热的存在将直接影响到方案的选择和成立。

2.6 高地应力作用

地应力由自重、构造、地温及地球自转等造成。哀牢山处于扬子地块与印支地块的接触地带,经历了多期次构造运动,成为区域地应力集中地带。特别是在元江一带形成巨大环形构造,中心地带应为地应力的集中区。构造应力的主应力方向为北东—南西向,与工程线路走向基本一致,比较有利。但在地应力的作用下,容易造成软质岩大变形、硬质岩岩爆,施工难度及风险较大,尤对深埋长大隧道影响最大。

3 工程方案建议

3.1 工程地质评价

哀牢山北西段、中段及南东段具有不同的工程地质条件。

北西段地形起伏最大、构造挤压最强烈、地应力最集中,岩体受强烈挤压破碎,斜坡不良地质问题突出,该段工程地质条件最差。但该段是哀牢山最窄地段,工程可以最短长度通过哀牢山。

中段地形起伏较大,地应力集中。特别在元江一带,因处于环形构造及多组构造的交汇区,地应力最集中,并为地热异常区,斜坡不良地质发育。深部地下水运移地段,水文地质条件复杂。该段工程地质条件较差,应选择合适的位置才能通过哀牢山。

南东段地形起伏相对较小,为哀牢山最宽地带。该段地应力相对较小,岩体相对较完整,但地热异常点较多,穿过的构造线较多,且为地下水排泄地带,水文地质条件复杂,斜坡不良地质发育一般。虽工程地质条件相对较好,但也存在不少工程地质问题,需选择合理通道通过。

3.2 工程方案及措施建议

从哀牢山区“两高”、“四复杂”的地质条件可看出区内复杂的地质条件。穿越哀牢山脉不仅应选择合适的位置、合理的工程方案,还应针对性的采取有效的工程措施,才能确保工程可行及工程安全。

(1) 根据哀牢山工程地质及水文地质条件,穿越哀牢山宜选择在元江至墨江一线以南的哀牢山中段

及偏南的地段通过。穿越哀牢山应尽量避免采用深埋长隧道,宜在地形、地质有利地带适当展线或出气,采用中短隧道群通过哀牢山,可大大降低施工难度和风险。隧道应避开地热异常区及地应力集中区。

(2) 穿越各断裂带,特别是活动断裂带,应以路基工程为主。在无法采用路基工程时,应以隧道工程为主。从汶川大震震害调查情况来看,地震工程对隧道的破坏相对较小,避免以桥梁工程穿越活动断裂带。

(3) 哀牢山东坡坡面较陡、冲沟发育,各种斜坡不良地质作用突出。线路宜避免在东坡上大段展线通过。隧道进口避免从沟边进洞,桥涵净空应加大,路基应加强坡面防护及排水措施。

(4) 地热对长大隧道影响很大。隧道如穿越地热异常区,将造成施工条件差、措施费用高、甚至目前技术条件难以施工的情况,可直接影响到方案的成立。因此隧道工程需寻找低温地带通过哀牢山。

(5) 如果工程以越岭深埋长隧道穿越哀牢山,地应力对隧道工程的影响比较大。该区以软质岩为主,高地应力易造成岩体大变形,使施工开挖困难、衬砌开裂变形、洞壁侵限、工程措施费用大大增加等。应将长隧道选择在地应力值相对较小、变化不大、相对稳定的“安全岛”地段通过。隧道方向应选择在最大水平主应力方向上,并选择合适的断面形式及合理的施工程序。

参 考 文 献

- [1] 方向池. 元磨高速公路工程地质条件与路线方案 [J]. 云南交通科技, 2000, 16 (4) 11~12.
- [2] 方维萱, 胡瑞忠, 谢桂青, 苏文超. 云南哀牢山地区构造岩石地层单元及其构造演化 [J]. 大地构造与成矿学, 2002, 26 (1): 28.
- [3] 张志斌, 刘发刚, 包佳凤. 哀牢山造山带构造演化 [J]. 云南地质, 2005, 24 (2): 137~141.
- [4] 朱俊江, 詹文欢, 唐 诚, 丘学林, 孙宗勋. 红河断裂带活动性研究 [J]. 华南地震, 2003, 23 (2): 13~17.
- [5] 胥颐, 刘建华, 刘福田, 宋海斌, 郝天珧, 江为为. 红河—哀牢山断裂带——喜山期陆内大型左行走滑剪切带 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (12): 1201~1207.

The Problem and Policy of Engineering Geology of Ailaoshan Mt

LIU Wei

(Company (Ltd) of Kunming Institute of Exploration & Design, Kunming 650200)

Abstract: The engineering geology and hydrogeologic conditions are very complicated in Ailaoshan Mt area. The structure movement, slope geology, hydrogeologic condition, lithological character, high geothermal anomaly and high Earth stress cause the engineering geology conditions in Ailaoshan area to be very difficult. We have put forward the improved suggestion of engineering scheme and measures in order to make sure that engineering scheme and measures of railway passing through Ailaoshan Mt area are rational and correct.

Key Words: Complicated Geological Condition; Structure Movement; High Earth Stress; Difficulty of Engineering Geology; Ailaoshan Mt Area;