

文章编号:1006-2106(2007)10-0006-06

滇藏铁路重大工程地质问题及线路走向研究*

卿三惠^{1**} 黄润秋² 杨英¹ 孟文力¹

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031; 2. 成都理工大学, 成都 610059)

摘要:研究目的:在复杂地质山区条件下,选择滇藏铁路线路走向方案。

研究方法:基于对滇藏铁路重大工程地质问题的研究与认识,首先采用地质选线方法初选线路走向,然后再结合线路技术条件、经济据点与吸引范围、国土资源开发等方面综合论证比选最佳线路方案。

研究结论:滇藏铁路地处我国西南部新构造运动最强烈地区,沿线地质灾害突出,主要有活动断裂与地震、高地应力、地温(热)、有害气体、崩塌、滑坡、泥石流、冰川、雪崩、岩溶、软土、冻土、膨胀岩(土)、冰碛层、风沙、砂土液化、放射性等工程地质问题,可谓“世界地质博物馆”。滇藏铁路的工程地质条件远比已建成的宝成、成昆、南昆、青藏铁路更为复杂,生态环境更为脆弱,工程更为艰巨,勘察设计与施工的难度更大,堪称“世界铁路艰险工程之最”。滇藏铁路的线路走向,建议采用“大理-丽江-德钦-林芝-郎县-拉萨”方案,建设时序可先建东、西两段,后建中段,以缓解国家一次投入巨大工程投资的负担。

关键词:滇藏铁路;工程地质问题;线路走向研究;建议

中图分类号:P642;U212.32 **文献标识码:**A

Research on the Major Engineering Geological Problems and Route Strike Scheme of Yunnan - Tibet Railway

QING San-hui¹, HUANG Run-qiu², YANG Ying¹, MENG Wen-li¹

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd, Chengdu, Sichuan 610031, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract; Research purposes: To select the railway route strike scheme for the Yunnan - Tibet Railway in the mountainous area with complex geological conditions.

Research methods: Based on the study and understanding of the major engineering geological problems of the Yunnan - Tibet Railway, firstly the geological route selection method is adopted to confirm the preliminary route strike. Afterward, comprehensive argumentation and selection will be carried out by combining the technical conditions, important economic locations and its catchment areas, development of natural resource etc. to select the best route scheme.

Research conclusions: The Yunnan - Tibet Railway is located in the area of the most intensive new tectonic movement in Southwest China, where geological hazards are active along the Line. The major engineering geological problems include active faults and earthquake, high stress, earth heat (geothermy), hazardous gas, collapse, landslide, mudflow, glacial action, snowslide, karst, soft soil, frozen soil, swelling rock (soil), drift sheet, sand storm, sand soil liquefaction, radioactivity etc., and therefore the area may be called "The World Geological Museum". Compared to the completed Baoji - Chengdu Railway, Chengdu - Kunming Railway, Nanning - Kunming Railway and Qinghai - Tibet Railway, the Yunnan - Tibet Railway will be of far more complex engineering geological conditions, far more difficult in

* 收稿日期:2007-09-12

** 作者简介:卿三惠,1956年出生,男,教授级高级工程师。

reconnaissance, design and construction; therefore, it is named "The Toughest Railway Project Worldwide". To solve the problem of the route strike of the Yunnan - Tibet Railway, the "Dali - Lijiang - Deqin - Linzhi - Langxian - Lhasa" scheme is recommended. As for the construction time sequence, the east and west sections will be constructed before the middle section, so as to reduce the state's heavy burden on investment in the project.

Key words: Yunnan - Tibet Railway; engineering geological problem; research on route strike; recommendation

1 概述

我国中长期路网规划建设的滇藏铁路,东起云南省大理州,西至西藏自治区拉萨市,全长1 700多km。目前除大理—丽江160 km已开工建设外,其余地段尚处于前期预可性研究阶段。全线地形地质条件异常复杂,生态环境脆弱,工程浩大艰巨,堪称“世界铁路艰险工程之最”。滇藏铁路的建设,对我国政治、经济、国防、民族团结等方面具有重大意义。

2 区域地质环境

2.1 地形地貌

滇藏铁路地处云贵高原西北部及青藏高原东南部,地势西北高、东南低,海拔高程2 000~6 000 m。新生代全区大幅隆升,河谷强烈深切,山岭与河谷相对高差2 000 m以上。沿线主要山脉、河流受滇藏地区弧型构造控制,由近南北向渐变为东西向展布。线路穿过“七大山脉”(云岭山、玉龙雪山、碧罗雪山、他念他翁山、念青唐古拉山、岗底斯山和喜马拉雅山),跨越“五大江河”(金沙江、澜沧江、怒江、迫隆藏布江、雅鲁藏布江)。全线可划分为“三大地貌单元”(滇西北横断山脉高山峡谷区、藏东南高山峡谷区、藏南谷地区),各单元间垂直气候分带明显,主要表现为气压、气温、降雨量及植被发育程度差异较大,显示南强北弱、南高北低的特点。

2.1.1 滇西北横断山脉高山峡谷区(大理—德钦段)

位于滇西北和“三江”(金沙江、澜沧江、怒江)并流地带,山脉、河流呈南北向平行分布,山岭海拔3 000~5 000 m,谷地与高山相对高差2 000~3 000 m。气候湿润多雨,森林植被发育。

2.1.2 藏东南高山峡谷区(德钦—林芝段)

位于贡山以北,色齐拉山以东。东侧与滇西北横断山脉高山峡谷区相邻。山脉、河谷走向由近南北向渐变为近东西向展布,山高谷深、山势陡峻,峰岭海拔多在5 000 m以上。迫隆藏布至雅鲁藏布江大拐弯之间,地势尤为高耸,许多山峰在6 000 m以上,谷底与山顶相对高差2 000~3 000 m。其中然乌附近、松

宗—索通段,迫隆藏布河谷较宽,有零星的一级阶地分布;波密—古乡段,河谷较开阔,河面和漫滩平缓,一级阶地较发育。线路两侧海拔4 800 m以上为冰峰雪山所环绕,现代冰川、雪崩、泥石流很发育。迫隆藏布上游然乌至松宗、下游古乡至通麦及拉月曲下游的河谷狭窄、河床坡陡、水势汹涌、滩滩不断。气候温湿多雨,海拔3 500 m以下森林植被发育。

2.1.3 藏南谷地区(林芝—拉萨段)

系指念青唐古拉山与喜马拉雅山之间地带,包括雅鲁藏布江及拉萨河海拔4 000 m以下地区。雅鲁藏布江自曲水至林芝段,除加查至桑日为高山峡谷区外,其余多为宽谷,有宽坦的河漫滩和一级阶地,河谷水流呈梳辫状。两岸山峦起伏,谷坡北岸多长大支流。由于印度洋暖湿气流西进受桑加峡谷的阻挡,桑日以西地区植被稀疏,河谷多风沙,雅鲁藏布江两岸一级阶地及河漫滩上多被垦为草滩牧场和农田,部分河段种植有防护林。桑日以东气候温湿,海拔3 500 m以下森林植被较发育。

2.2 地层岩性

滇藏铁路沿线古生代~中生代的三大岩类(如沉积岩类的砂岩、泥岩、页岩、石灰岩,岩浆岩类的花岗岩、闪长岩,变质岩类的片麻岩、板岩、千枚岩等)出露齐全,软质岩分布广泛,线路约有70%的地段经过软质岩地区。各类岩体受多期地质构造作用强烈,风化破碎严重,岩体完整性及边坡稳定性较差。如滇藏公路沿线,软质岩边坡滑塌灾害尤为突出,对道路畅通和行车安全影响较大。

2.3 地质构造与地震

如图1所示,滇藏铁路穿行于印尼滇缅歹字型构造体系中的“三大地质构造带”,即唐古拉—三江(金沙江、澜沧江、怒江)断褶带、拉萨—波密构造带、雅鲁藏布江缝合带。沿线三大地貌与五大水系(金沙江、澜沧江、怒江、迫隆藏布江、雅鲁藏布江)都沿其走向发育展布,显示了区域地质构造控制地貌与水系的一般规律。由于区域受多期地质构造运动复合作用强烈,致使区域岩体破碎,谷坡稳定性较差,对工程影响较大。

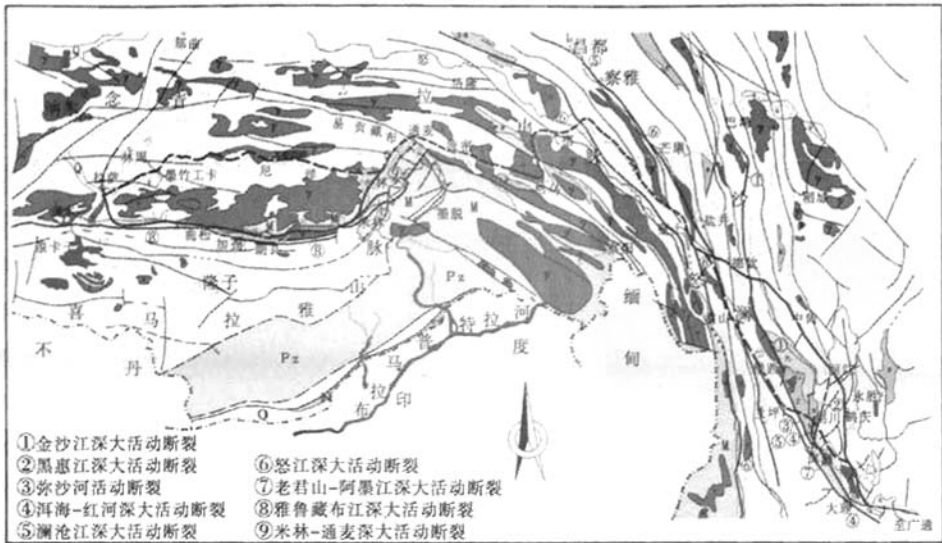


图1 滇藏铁路工程地质略图

注: [Q] 第四系; [N] 上第三系; [E] 下第三系; [] 古生界中生界沉积岩; [] 花岗岩; [] 闪长岩、石英闪长岩;
[M.P.] 古生界片麻岩; [] 断层; [] 河流; [] 湖泊; [] 温泉; [] 公路; [] 滇藏铁路; [] 既有铁路; [] 国界

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001图 A1 图 B1),滇藏铁路经过区域均属高烈度地震区,对铁路工程的安全威胁较大。初步统计铁路沿线通过地震动峰值加速度 $0.1 \sim 0.15g$ (地震基本烈度 VII 度) 的地段长约 871 km, $0.2 \sim 3g$ (VIII 度) 的地段长约 670 km, 大于等于 $0.4g$ (IX 度) 的地段长约 130 km。

3 重大工程地质问题

滇藏地区是我国大陆新构造运动最为强烈的地区,由于印度板块向欧亚板块的强烈推挤,使区域地壳强烈隆升,形成了地势陡峭的高山峡谷地貌、活动断裂纵横交错、岩浆侵入、火山喷发、地震活动频繁等特点,以致铁路沿线生态环境脆弱,地质灾害繁多,工程地质问题突出,既控制前期线路方案的选择十分困难,也影响后期勘察设计与施工的难度较大。

3.1 活动断裂与地震

由于滇藏地区高山峡谷地形条件的限制,滇藏铁路不得不穿越“六大活动断裂带”(即金沙江、澜沧江、怒江、易贡藏布—波密、米林—通麦、雅鲁藏布江断裂带),成为控制沿线区域稳定性和地质灾害的主要因素,主要表现为“三大地震带”(大理—剑川—丽江地震带、班公湖—怒江地震带、喜马拉雅地震带)频繁的破坏性地震及大规模的崩塌、滑坡、泥石流等次生地质灾害发育,制定与确定铁路工程防灾减灾对策的技术难度较大。

3.2 高地应力、地温(热)、有害气体

滇西北和藏东南是我国地应力变化复杂和高地应

力集中的地区,尤其是雅鲁藏布江大拐弯地区的地应力更高。一些长大深埋隧道开挖中可能会遇到软弱围岩大变形和硬质围岩岩爆问题。沿线也有一些地热异常带,地温梯度高于正常值。如怒江、雅鲁藏布江干支流河谷及米拉山等地均有温泉、热泉、沸泉和气孔等地热显示,米拉山的高温泉点成圈出露,通麦附近的常青泉喷气温度高达 95.5°C ,经过这些地区的隧道施工中可能会遇到高地温、温泉、热泉、沸泉等地下热害问题。此外,沿线局部地段有煤系地层分布,隧道掘进中可能发生瓦斯突出、爆炸、燃烧等地质灾害问题。

3.3 冰川、雪崩

滇藏铁路沿线冰川分布广,数量多,大多为季节性冰川,冰雪补给源充沛。其中西藏境内迫隆藏布河谷两岸和支沟冰川较为密集,然乌—东久段线路通过上游有冰川的支沟 40 余条,大型的如长饮冰川、则普冰川、培龙支冰川、卡贡弄巴冰川等;云南境内澜沧江、金沙江两岸高山也有少量冰川分布,如梅里雪山、玉龙雪峰顶的冰川已成为“香格里拉”的主要景观之一。由于冰川离线路较远,且大都处于消融退缩周期,对铁路的直接危害不大,但冰川活动也是冰湖溃决和泥石流产生的主要条件。

本线雪害以雪崩为主,积雪危害较轻。雪崩有常年雪崩和季节雪崩。常年雪崩一般发生在 4800 m 以上永久积雪或冰川周围的山坡上,离线路较远。季节性雪崩大多发生在初春融雪开始时期,迫隆藏布上游然乌—波密之间,雪崩对线路影响较大。如川藏公路 $80 \sim 84$ 道班一段,雪崩经常造成公路断道危害。

3.4 崩塌、滑坡、泥石流

滇藏铁路沿线地质构造复杂,断裂河谷深切,地震活动频繁,岩体破碎,岩坡陡峻,雨量充沛,崩塌、滑坡、泥石流或岩屑裙等分布多,规模大,成为进藏铁路的主要地质灾害。如既有滇藏公路桑日—曲松—加查—郎县(230 km)、龙门巴—通麦(14 km)、波密县境阿西—然乌(50 km)、芒康县境红拉山—澜沧江(60 km)4段总计454 km路段,沿深山峡谷陡坡(岸)行进,地形地质条件险恶,公路上方高陡边坡崩塌、落石、滑坡、泥石流、冰川雪崩等地质灾害繁多,规模较大,尤其是雨季常发生突发性灾害,严重影响交通安全和道路畅通。如通麦附近102道班前后的滑坡群和拉月乡的大塌方,造成多次交通事故;2003年7月20日发生于红拉山—澜沧江间角龙坝沟谷的暴雨泥石流,造成车毁,死亡16人的特大交通事故;特别是川藏公路瓦达至雪齐拉长310 km地段,有泥石流沟150多条,其中卡贡能巴和迫龙沟都发生过特大型泥石流。一般说来,特大型泥石流的形成条件比较特殊,如著名的古乡特大泥石流,携带固体物约1 000万 m^3 ,形成4.5 km^2 的扇形石海。沿线对铁路影响较大的泥石流,主要是雨水和冰雪消融水形成的中小型泥石流,冰崩、雪崩、冰湖溃决形成的泥石流较少。

既有滇藏公路遭受崩塌、滑坡、泥石流危害较大,主要原因是公路技术标准低、工程防护弱,桥涵设计孔径偏小或桥涵设置过少等。滇藏铁路选线设计中应充分吸取川藏公路的经验教训,尽量绕避崩塌、滑坡、泥石流,难以绕避地段须加强工程防护措施,如以隧道下穿通过,加强路基支挡防护、桥涵设计孔径“宁宽勿窄,留足净空”等,保障铁路安全与畅通。

3.5 岩溶

大理—西邑、丽江—小中甸、香格里拉—德钦等地,碳酸盐岩分布广泛,溶洞、漏斗、落水洞、暗河、岩溶

洼地等岩溶形态发育,施工中可能存在岩溶塌陷及隧道涌水突泥等问题。

3.6 特殊岩土

3.6.1 软土与季节性冻土

洱海、丽江、鹤庆断陷盆地、雅鲁藏布江河谷等地有软土分布,3个断陷盆地的软土深度达100 m以上,尽管线路已靠山绕避,仍存在局部深层软土处理困难问题。全线3 500~4 400 m以上地区有季节性冻土(厚30~50 cm),对工程有一定危害。

3.6.2 冰碛层

沿线冰碛层可划分为古冰碛层、现代冰川冰碛层2种类型。古冰碛层零星分布于河谷地带,多以冰水沉积、泥石流及冲洪积物共同构成一至四级阶地,其物质组成主要由碎石、角砾、块石、砂及少量黏土组成,松散—中密,透水性良好,厚度由数米至百米不等,其力学性质和斜坡稳定性有一定特殊性,是冰川泥石流的主要物质来源。

3.6.3 风沙、砂土液化、放射性、膨胀岩(土)

雅鲁藏布江河谷拉萨至郎县一带存在风沙、砂土液化;岩浆岩、变质岩地区隧道存在放射性;局部软质岩隧道存在膨胀性。

4 滇藏铁路主要线路走向方案比选研究

4.1 大理—德钦段丽江方案和维西方案的比选

滇藏铁路大理—德钦段主要有2个走向的线路方案(见图1),即大理—丽江—德钦方案(简称丽江方案)、大理—维西—德钦方案(简称维西方案)。

4.1.1 工程地质条件比较

经表1对比分析可见,滇藏铁路大理—德钦段丽江方案的工程地质条件优于维西方案,推荐采用丽江方案。

表1 滇藏铁路大理至德钦段线路方案工程地质条件比较

比较内容	丽江方案(551 km)	维西方案(484 km)
地形地貌	主要为大理洱海冲洪积断陷盆地、北衙—松桂、鹤庆、丽江、拉什等山间盆地、金沙江河流阶地及中甸河、金沙江、澜沧江高山峡谷地貌	主要为大理、洱海冲洪积断陷盆地、洱源溶蚀断陷盆地、澜沧江河流阶地、老君山丘陵地貌及澜沧江高山峡谷地貌
地层岩性	第四系广泛分布于山间盆地地带,基岩为灰岩、砂岩、白云岩、玄武岩、板岩、砾岩、片岩、大理岩夹石膏、泥、页岩夹煤线及岩浆岩等	第四系分布于山间盆地、河流阶地;基岩为灰岩、砂岩、白云岩、砾岩、玄武岩、板岩、片岩、泥、页岩夹煤线、大理岩夹石膏及岩浆岩等
地质构造	线路位于唐古拉—三江断褶带,主要分布于洱海—红河、金沙江、澜沧江等深大断裂带,岩体破碎;线路以横跨江河为主,沿河线路较短	线路位于唐古拉—三江断褶带,主要分布于洱海—红河、老君山—阿墨江、黑惠江、澜沧江等深大断裂带,构造活动强烈,岩体破碎;大部分线路沿澜沧江河谷而上,高陡岸坡岩体卸荷裂隙发育,对线路安全威胁较大
线路与地质构造线的关系	大部分线路距主断层较远,局部大角度与断裂相交,对线路工程影响相对较小	大部分线路距主断层较近,且与断裂走向平行或小角度相交,对工程影响较大

表1 滇藏铁路大理至德钦段线路方案工程地质条件比较

比较内容	丽江方案(551 km)	维西方案(484 km)
主要工程地质问题	主要工程地质问题有崩塌、岩堆、错落、滑坡、危岩落石及泥石流、岩溶等;在洱海东岸、北衙、丽江盆地、前卡—中甸分布的碳酸盐岩中岩溶较发育;洱海东岸及鹤庆、丽江盆地中有软土分布;沿线地震动峰值加速度为0.1g~0.3g;长大深埋隧道施工中可能遇到高地应力、地温、有害气体等问题	主要工程地质问题有崩塌、岩堆、错落、滑坡、危岩落石、泥石流、岩溶等;龙门箐隧道通过岩溶发育区,施工中可能遇到较大溶洞和岩溶水;洱海东岸沿线有软土分布;沿线地震动峰值加速度为0.1g~0.3g;长大深埋隧道施工中可能遇到高地应力、地温、有害气体等问题
工程地质条件评价	工程地质条件相对较好	工程地质条件相对较差,尤其是澜沧江断裂河谷高陡岸坡岩体稳定性差,对沿河线路的安全威胁较大

4.1.2 线路技术条件与旅游资源比较

丽江方案较维西方案线路长约67 km,但经过大理、丽江、中甸(香格里拉)等著名旅游风景区,对旅游资源开发非常有利。维西方案只经过大理旅游风景区,对滇西北地区丰富的旅游资源开发不利。推荐采用丽江方案。

4.1.3 经济据点与吸引范围比较

丽江方案经过大理、丽江、中甸等地、州政府所在地,有利于城市化发展及增加客货流量吸引范围,有利于国土开发和整治,符合国家西部大开发战略政策。维西方案仅经过大理州及维西县,政治经济据点较少,吸引范围较小,对于国土开发和整治相对不利。丽江方案优于维西方案。

2个方案比较,推荐采用经丽江方案(即大理—丽江—德钦方案),线路长551 km。

4.2 德钦—林芝段线路方案

滇藏铁路德钦—林芝段地形地质条件较复杂,但经济据点及人烟稀少,制约因素相对简单,线路走向较为稳定,线路长658 km。

4.3 林芝—拉萨段雅鲁藏布江方案与尼洋河方案比选

滇藏铁路林芝—拉萨段主要有2个走向的线路方案(图1),即沿雅鲁藏布江走向方案(简称雅鲁藏布江方案)和沿尼洋河走向方案(简称尼洋河方案)。

4.3.1 工程地质条件比较

表2 滇藏铁路林芝—拉萨段线路方案工程地质条件比较

比较内容	雅鲁藏布江方案(462 km)	尼洋河方案(395 km)	
自然地理地貌	线路经由雅鲁藏布江河谷地区,地势较低,气候东部暖湿,西部干燥;沿线大宽谷与大峡谷相间分布;宽谷段谷宽水浅,漫滩、阶地发育;峡谷段山高谷深流急,崩塌、岩堆发育;宽窄过渡段河型弯曲,阶地发育,河岸冲刷较严重;谷坡稳定性一般较好	线路经由冈底斯山—念青唐古拉山脉地区,地势较高,气候东部温湿,西部干燥;沿线为山原河谷区;山原周围的宽平顺直冰川槽谷发育,河谷多呈上、下游宽畅,中部狭窄的形态;阶地断续分布,以基座型为主,堆积型次之;主要为侵蚀—堆积、重力剥蚀、寒冻风化、冰川、泥石流等地貌形态;谷坡稳定性较差	
区域地质特征	大地构造	雅鲁藏布江缝合带	西藏地槽褶皱系的拉萨—波密褶皱带
	构造活动	雅鲁藏布江深大断裂强烈活动区,以大幅度差异性升降运动为特点	一般断裂构造区,是活动构造区中的相对稳定带
	沉积特征	主要为中生界三迭系及新生界侏罗系、白垩系地层构成的地槽型(或过度型)沉积	主要为古生界、中生界、新生界地层构成的地台型陆相沉积
	岩浆活动	主要以花岗岩、花岗闪长岩侵入和线状基性、超基性岩浆喷发成岩作用为主	以花岗岩侵入岩和火山碎屑岩沉积为主
	变质作用	变质作用东深西弱,地层越老变质越深	自西向东变质加深,主干断裂两侧地层多具蚀变
	岩性差异	南北两侧,不同地段岩性软硬差异较大	以坚硬、半坚硬岩性为主,线路两侧岩性差异不大
主要工程地质问题	断裂破碎带	以雅鲁藏布江深大断裂为主,次级断裂较多,破碎带宽达数百米,破碎程度较为严重	多为次一级压性断裂为主,破碎带宽一般只有数米,破碎程度稍轻
	有害气体	沿线未见煤系地层出露,无有害气体问题	米拉山以西有煤系地层,隧道工程可能遇到瓦斯危害
	地热和放射性	位于雅鲁藏布江中游水热活动带,是西藏地区水热活动最微弱的地区;地表水热显示点少数、温度低,未发现放射性元素危害造成的地方病态	位于冈底斯山—念青唐古拉山水热强烈活动带(与羊八井是一个系统),米拉山越岭地区地表热显示(高温沸泉)点成圈出露,越岭隧道地温较高,并含有氡、镭、铀等放射性元素,温泉附近居民多出现畸形病态
	风沙危害	泽当至拉萨、郎县至米林有一定风沙危害	无风沙危害问题
重大工程地质问题	桑加峡谷花岗岩中的长大深埋隧道群可能出现岩爆问题;朗县金东至加查藏木段傍河隧道临近主干断裂,岩体破碎,有塌方、偏压问题;跨雅鲁藏布江的大桥、特大桥基础较深,地震烈度高,抗震设防难度大	米拉山长大深埋越岭隧道可能遇到高地温(热)、高地应力等问题,部分隧道可能遇瓦斯、放射性等问题;尼洋河沿岸泥石流活动频繁,整治困难;章多乡拉萨河特大桥基础深,地震烈度高,抗震设防难度大	
工程地质条件评价	工程地质条件相对较好	工程地质条件相对较差,特别是尼洋河沿岸的冰川泥石流及米拉山长大越岭隧道的高温热泉地热难以处治	

经表2对比分析可知,林芝—拉萨段雅鲁藏布江方案的地质条件优于尼洋河方案,推荐采用雅鲁藏布江方案。

4.3.2 线路技术条件比较

尼洋河方案线路虽短67 km,但米拉山越岭海拔高达4 771 m,线路有约100 km走行在海拔4 000 m以上,并有127 km的加力坡(24‰),全段需采用双机牵引,运营成本较高。雅鲁藏布江方案除加查—桑日约40 km高山峡谷区采用长隧道通过外,其余地段大多位于雅鲁藏布江宽缓平坦的河谷阶地上,工程相对简单,同时线路纵坡较小(12‰),单机牵引即可,运营成本较低。雅鲁藏布江方案明显优于尼洋河方案。

4.3.3 经济据点与吸引范围比较

雅鲁藏布江方案经过林芝地区的林芝、米林、朗县,山南地区的加查、曲松、桑日、乃东、扎囊、贡嘎以及拉萨市,总计10个市、县,经济据点及人口较多,客货流量吸引范围较大。尼洋河方案经过林芝地区的林芝、工布江达以及拉萨市的墨竹工卡、达孜及拉萨,共计5个市、县,经济据点及人口相对较少,客货流量吸引范围较小。雅鲁藏布江方案优于尼洋河方案。

2个方案比较,推荐采用雅鲁藏布江方案(即林芝—郎县—拉萨方案),线路长462 km。

综上所述,推荐采用“大理—丽江—德钦—林芝—郎县—拉萨”线路走向方案,全长1 671 km(其中海拔高程小于3 000 m的地段约813 km,3 000~4 000 m的地段约810 km,大于4 000 m的地段约48 km)。主要工程约有桥梁431座/124 km,隧道约460座/607 km,桥隧总长731 km,桥隧占线路总长的44%,估算建设投资超过700亿元,是我国举世瞩目的浩大铁路工程。

5 结论

(1) 滇藏铁路地处我国西南部新构造运动最强烈

地区,沿线地质灾害突出,主要有活动断裂与地震、高地应力、地温(热)、有害气体、崩塌、滑坡、泥石流、冰川、雪崩、岩溶、软土、冻土、膨胀岩(土)、冰碛层、风沙、砂土液化、放射性等工程地质问题,可谓“世界地质博物馆”。滇藏铁路的工程地质条件远比已建成的宝成、成昆、南昆、青藏铁路更为复杂,生态环境更为脆弱,工程更为艰巨,勘察设计与施工的难度更大,堪称“世界铁路艰险工程之最”。

(2) 滇藏铁路的建设,对我国政治、经济、国防、民族团结等意义重大,应及早修建。建议采用“大理—丽江—德钦—林芝—郎县—拉萨”线路走向方案,贯彻“总体布局、分段勘察、分段设计、分段施工”的方针,加强工程防护,预防地质灾害,保护生态环境。建设时序可先建东、西两段,后建中段,以缓解国家一次投入巨大工程投资的负担。

(3) 滇藏铁路勘察设计中,建议有关部门超前开展遥感地质解译、区域活动断裂鉴定、地震安全性评价、建设项目环境影响评价、地质灾害防治等重大科研课题研究,以指导工程设计与施工,推进铁路科技进步,提高铁路建设的安全可靠性及投资效益。

参考文献:

- [1] 铁道第二勘察设计院. 滇藏线预可行性研究报告[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,1998.
- [2] 铁道第二勘察设计院. 滇藏线林芝至拉萨段预可行性研究报告[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2002.
- [3] 铁道第二勘察设计院. 滇藏线大理至德钦段预可行性研究报告[R]. 成都:铁道第二勘察设计院,2002.

(编辑 马丽 赵立兰)