

Discussion on Some Problems in Planning and Construction of Sichuan-Tibet Expressway

Zhiguo HAUNG Xiaohui LIU

Chongqing Traffic Planning Survey and Design Institute, Chongqing, 401121

Abstract

Starting from the problems existing in the national highway G318, the functional orientation of the Sichuan-Tibet expressway and its construction significance are explained. The construction conditions of the Sichuan-Tibet expressway are analyzed. The technical standards, corridor belts and route plan selection of the Sichuan-Tibet expressway are significant. Issues such as site selection and selection of structures, and other issues that require in-depth study.

Key Words

Sichuan-Tibet Expressway, Planning and Construction, Problem Discussion

DOI:10.18686/glgc.v1i2.469

川藏高速公路规划建设若干问题探讨

黄治国 刘小辉

重庆市交通规划勘察设计院, 重庆市, 401121

摘要

从国道 G318 存在的问题谈起, 阐述川藏高速公路的功能定位及其建设意义, 分析川藏高速公路的建设条件, 对川藏高速公路的技术标准、走廊带及路线方案选择、重大构筑物的选址选型等问题进行探讨, 并提出其他需要深入研究的问题。

关键词

川藏高速公路; 规划建设; 问题探讨

1. 概述

随着中央“加快川藏铁路规划建设”决策的落地, 川藏铁路的勘察设计工作已全面开展, 一系列的科研课题正积极推进, 川藏铁路的建成指日可待。作为与川藏铁路功能互补, 相互促进的川藏高速公路, 其全面规划建设, 在不久的将来也必将提上议事日程。笔者拟以川藏高速公路竹巴笼至林芝段为例, 对川藏高速公路规划建设中的若干问题进行探讨, 以期对行业相关工作提供一定的参考。

川藏高速公路在国家高速公路网规划中编号为 G4218, 起于四川雅安, 经泸定、康定、理塘、巴塘、芒康、八宿、林芝、拉萨、日喀则、噶尔, 止于新疆叶城, 主要位于四川、西藏两省区境内。目前, 川藏高速公路四川境内的雅安至康定段已建成通车, 西藏境内的

林芝至拉萨段已基本建成, 拉萨至日喀则段已开工建设, 其余路段尚未开建。规划的川藏高速公路主要沿既有国道 G318 走向前行。国道 G318 西藏境内路段经多次改建, 目前全线总体达到三级公路标准, 基本能够满足当前交通需求, 但仍有不少路段存在各种问题, 形成“卡脖子”路段, 极大的影响通行。国道 G318 竹巴笼至林芝段目前的问题主要有: 路线翻越觉巴山、东达山、业拉山、色季拉山等路段, 路线绕行, 技术标准低, 运行时间长, 冬季存在较长的积雪冰冻路段, 运行安全性差。沿线灾害频发, 滑坡、崩塌、泥石流、水毁、风吹雪、雪崩、冰川、冰湖等广泛分布, 严重威胁人车安全。随着西藏经济、社会的长足发展, 川藏两地的交流日益频繁, 国道 G318 将越来越难以满足川藏两地的交通需求。川藏高速公路作为国家公路规划网的重要组成部分, 是西藏连接内地的交通主通道、经济大动脉、社会

生命线、国防保障线。实施川藏高速公路,对提高公路的抗灾能力与服务水平,改善区域交通条件,促进沿线旅游、经济、社会发展,加强民族团结,巩固国防,提升战略投送能力等方面具有重要意义。

2.建设条件

根据对川藏高速公路竹巴笼至林芝段的研究,笔者认为该路段的建设条件主要有以下几大特点:1)特殊的气候环境:项目区总体呈现少雨、高寒缺氧、日照充足、气候垂直差异大的特点,同时沿项目前进方向的气候差异也较大。八宿及以东地区年平均降雨量多在500毫米以下,八宿以西地区年平均降雨量在650~1000毫米,导致冰川、冰湖多集中分布于波密、林芝地区。2)显著的地形高差:项目位于藏东峡谷地带,峰岭与峡谷并列,山体高大,河川深切。项目纵向跨越金沙江、澜沧江、怒江等大型河流,穿越拉乌山、东达山、安久拉山、色季拉山等大型山体,纵向起伏大,从海拔2500

米到5000米反复变化,绝大部分路段横坡非常陡峻。3)破碎的岩土条件:项目区出露的岩体节理裂隙发育,寒冻物理风化强烈,热液侵蚀作用广泛,岩体总体强度较低。土体成因复杂,变异性大。4)强烈的板块活动:印度洋板块俯冲挤压欧亚板块,内动力地质作用强烈,断裂构造发育,不少断裂为活动断裂。5)活跃的新构造运动:主要表现为高原的隆升、地热显示、活动断裂与地震。沿线温泉出露较多,深埋隧道遭遇高地热的可能性大。沿线活动断裂分布较多,地震频发。6)频发的山地灾害:项目区发育有类型众多、规模巨大、分布广泛的山地灾害,如滑坡、崩塌、泥石流、溜沙坡、水毁、风吹雪、雪崩、冰川、冰湖等,是制约路线方案的主要因素之一。7)脆弱的生态环境:项目区普遍植被较少,水土流失严重,工程活动对环境的扰动大,生态恢复困难。8)复杂的隧道水文地质条件:受地形、地质、气候等条件影响,项目区很多隧道的水文地质条件极其复杂,涌水量大,给工程建设带来太多的不确定性。



图1 东达山东麓地形地貌图



图2 澜沧江路段地形地貌图

3.重点问题探讨

3.1 技术标准探讨

技术标准包括公路等级、设计速度、路基宽度等内容。根据现行《公路工程技术标准》,公路等级的选用应根据路网规划、公路功能,并结合交通量、建设条件等综合确定。本项目是国家公路网规划中的主骨架,提供省际间长距离、大容量、高速度的交通服务,属于主要干线公路,是西藏连接内地的交通主通道、经济大动脉、社会生命线、国防保障线,应首选高速公路。但考虑西藏项目的特殊性,如为国家全额出资,公路不收费;复杂的建设条件,为更灵活地掌握技术标准;拉林路等既有项目均采用一级公路,故本项目宜采用一级公路标准。从交通量来看,川藏高速公路走廊近期各路段在

1300辆至2500辆之间,同时随季节变化极不均衡,但近期交通量更多是受当前的交通状况所制约,一旦川藏高速公路建成通车,诱增和转移的交通量将大幅增加。据初步预测,本项目建成通车20年后,路段交通量将超过1.5万辆。从交通量角度,采用一级公路标准是合适的。作为干线的一级公路,设计速度宜采用100km/h。但考虑项目位于藏东峡谷地带,地形、地质、气候条件复杂,灾害发育,若整体采用100km/h的设计速度,则很难适应地形、地质等条件,将导致工程规模急剧增加,诱发较多的灾害,所以不宜整体采用100km/h的设计速度,而降低一档采用80km/h的设计速度更为合理。在局部地形地质条件较好路段,可采用100km/h的设计速度。本项目隧道占比超过60%,由于隧道对路线平、纵面指标要求较高,特别是纵坡大部分不宜超过2.5%,

在无法调大纵坡的情况下,降低设计速度对路段的改善非常有限,所以采用 60Km/h 的意义不大。同时鉴于项目的重要地位,以及走廊资源的稀缺性,也不宜采用过低的设计速度。

对于路基宽度,考虑项目隧道占比高,分离式路基多且分散,而分离式路基左侧路肩宽度不能减窄,所以中分带宽度减窄对于本项目意义不大,故宜维持整体式路基中分带宽度 2m。对于右侧硬路肩宽度,规范规定:正常情况下应采用“一般值”即 3m,以通行小客车为主时可采用 2.5m,受地形、地物等条件限制路段可论证采用最小值 1.5m。本项目当前交通量小客车占比约 80%,远景年限预测小客车占比约 60%,并不是以通行小客车为主,故不宜采用 2.5m。规范也不主张大范围采用最小值 1.5m,若要采用 1.5m,必须每 500m 左右设置一处紧急停车带。从实际情况来看,本项目隧道占比达 60%,基本为桥隧相连,隧道间桥梁长多为 200~400m,考虑紧急停车带间距不超过 500m,且便于桥梁检修,则宜在较长的桥梁上设置紧急停车带,而紧急停车带的有效长度加渐变段总长约 200m,则导致 200~400m 长的桥梁有一半左右的范围都为变宽段,这导致桥梁很难实施。从经济角度比较,由于隧道路段都不设置右侧硬路肩,差距仅在明线路段。据测算,本项目右侧硬路肩采用 3m 与 1.5m 的造价差约为总建安费的 3%,采用 3m 与 2.5m 的造价差为总建安费的 0.5%~1%。本项目走廊通道内既有道路极少,且受条件限制互通设置很少,一旦出现事故,本项目交通流难以转移到其他公路上,为增强事故发生时的应急处理能力,其右侧硬路肩宽度宜按规范的“一般值”3m 取用。同时本项目地形地质复杂,后期拓宽改造难度极大,在造价增加不多的情况下,右侧硬路肩直接采用 3m 更为合理。因此,建议本项目整体式路基宽度采用 25.5m,中分带宽度采用 2m,分离式路基宽度采用 12.5m。

3.2 走廊带及路线方案探讨

经研究,笔者认为本项目的走廊带及路线方案选择应遵循以下原则:1) 应分清功能主次,优先解决项目主要功能,再统筹兼顾其他功能。2) 必须确保工程自身安全与运营安全,处理好与沿线灾害的关系,对重大灾害应采取“绕避为主,避重就轻”的原则。3) 应确保不触碰环保红线,减少与宗教场所、风情名胜区的干扰;4) 在确保功能、安全、环保的前提下,应尽量减短路

线,缩短运营里程,降低工程规模,控制投资。5) 应考虑高速公路与既有国道 G318 的相互应急救援问题。6) 应妥善处理本项目与规划的滇藏铁路、重要电网、既有道路的干扰问题。7) 路线应服从控制性桥梁、隧道的选址。8) 应考虑阴阳坡问题,路线尽可能布置在阳坡一侧。9) 原则上应少做隧道,多走明线,增强行车舒适性。10) 应控制合理纵坡,原则上路段越长,平均纵坡越缓;隧道越长,纵坡越缓;海拔越高,纵坡越缓;明线纵坡取大,隧道纵坡取小。

根据以上原则,走廊方案的选择,应从功能服务、建设条件、环境保护、工程规模、可实施性、运营安全性、地方意见等多角度综合比选,择优推荐。鉴于本项目里程长,规模大,拟选取芒康至左贡路段作为代表,对项目走廊方案进行比选论证。

芒康至左贡路段需穿越拉乌山、东达山,跨越澜沧江,地形横坡陡峻,纵向起伏大,从芒康县城至澜沧江高差达 880 米,从澜沧江至东达山高差达 1200 米,从东达山至左贡高差达 460 米。芒康至左贡段存在红拉山滇金丝猴国家级自然保护区,该保护区位于国道 G318、国道 G214 和澜沧江围成的区域之内。受此限制,国道 G318 以南的澜沧江河段均不能布置澜沧江桥位,这导致本项目线位在拉乌山西侧只能布设于国道 G318 以北,利用有利地形向北展线下坡至澜沧江岸,再设桥跨江。在澜沧江西岸距江 2~10 公里分布有两条大致平行于澜沧江的活动断裂带,并伴生很多小型断裂形成缝合带,宽度在 3~5 公里,对路线布设影响极大。基于以上条件,芒康至左贡段在澜沧江东岸的方案较为单一,都是沿国道 318 北侧展线下坡至澜沧江。在跨越澜沧江之后,主要存在两个大的走廊方案,一个为沿江向南展线升坡穿越东达山,称为南走廊方案;一个为沿江向北展线升坡穿越东达山,称为北走廊方案。南走廊的澜沧江桥位在北走廊桥位下游 4 公里处,澜沧江桥位的不同主要考虑路线的顺适性,同时均选择河道较为狭窄,地形、地质条件适宜桥梁布设的位置。现对两方案具体比选论证。

1) 建设条件比较:地形条件方面,两方案都是纵向起伏大,横坡陡峻,路基难以成型,大多只能以桥梁、隧道形式通过。地质条件方面,两方案均需穿越澜沧江缝合带,南走廊穿越路段较短,近乎垂直穿越,北走廊穿越路段较长,并有近 20 公里在缝合带内平行断裂前行。两方案穿越的地层基本相当,只是控制性的东达山

隧道差异较大,南走廊为花岗岩,围岩等级高,北走廊为砂岩、砾岩,围岩等级低。两方案隧道均存在高地应力,南走廊可能存在岩爆,北走廊可能存在软岩大变形。综合看,南走廊地质条件优势明显。施工条件方面,两

方案沿澜沧江路段均无既有路,新建施工便道的代价极大。其他路段除北走廊的东达山隧道进口段无既有路外,其余路段均有既有路,只是南走廊距离等级公路国道 G318 更近,北走廊远离国道 G318,进场道路仅为机耕道。综合建设条件看,南走廊方案优势明显。

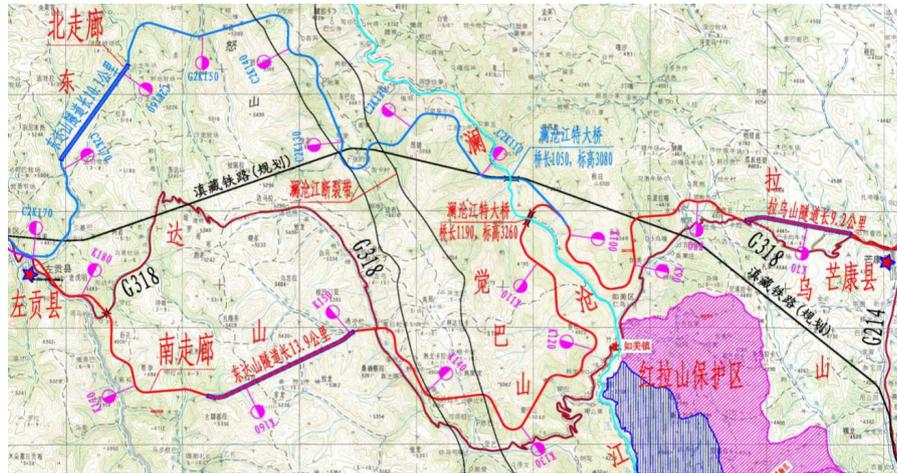


图 3 南北走廊方案比较图

2)工程规模及造价比较:南走廊方案全长 89 公里,桥隧比 94%,隧道占比 81%;北走廊方案全长 83.5 公里,桥隧比 89%,隧道占比 78%。南走廊比北走廊里程多 5.5 公里,桥梁多 1.9 公里,隧道多 7.4 公里,建安费高 13.9 亿元。

3)运营里程及运营成本比较:南走廊比北走廊运营里程多 5.5 公里,隧道多 7.4 公里,北走廊稍占优,但差距不大。

4)澜沧江大桥比较:南走廊桥位标高 3260m,桥高 590m,桥梁全长 1190m,主桥采用悬索桥,主跨 1120m;北走廊桥位标高 3080m,桥高 390m,桥梁全长 1050m,主桥采用悬索桥,主跨 880m。北走廊桥位位于南走廊桥位上游 4 公里。两桥位附近均无既有路,需从下游沿澜沧江修建便道连接国道 G318,南走廊桥

位需新建 14 公里便道,北走廊需新建 18 公里便道。由于沿江地形、地质条件复杂,便道修建难度较大,代价较高。两桥位处河道基本顺直,桥位地形都是下陡上缓,北走廊桥塔处坡面 27~34 度,南走廊东岸桥塔为一独立台地,西岸桥塔坡面 25 度,桥塔与锚地地形较缓,适宜布设。两桥位附近均有平缓地带,可用作施工场地。两桥位区附近无断裂,两岸基岩裸露,局部有少量崩坡积,基岩岩性为英安岩,岩体完整程度为破碎~较破碎,岩体强度较高,无规律性岩层层面,地震烈度为 8 度。桥位区整体基本稳定,适宜桥梁设置。综上,两方案地形、地质条件均适宜桥梁设置,施工进场条件均较差,差异不大。主要差异体现在桥梁规模上,北走廊占有一定优势。

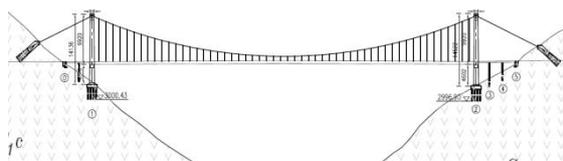


图 4 北走廊澜沧江大桥桥型图



图 5 南走廊澜沧江大桥桥型图

5)东达山隧道比较:两方案的东达山隧道设计标高都在 4300m 左右,基本都在冬季积雪线以下。北走

廊方案隧道长 10.1 公里,南走廊隧道长 13.9 公里,北走廊隧道设置 1 座斜井可满足通风需求,南走廊需设置

2 座斜井。隧道地质条件方面, 两方案断层均不发育, 仅存在个别非活动断层, 隧道均为大角度横穿断层。隧道穿越的地层, 南走廊为花岗岩, 围岩等级高, 北走廊为砂岩、砾岩, 围岩等级低。两方案隧道均存在高地应力, 南走廊可能存在岩爆, 北走廊可能存在软岩大变形。隧道施工条件比较, 南走廊进、出口均有既有路, 且距离等级公路(进口为国道 G318, 出口为左贡至扎玉公路 S203) 较近, 进场条件较好。北走廊隧道进口无既有路, 需新建便道 15 公里以上, 出口有既有路, 隧道进、出口均远离等级公路, 施工条件较差。综上, 东达山隧道比较, 北走廊工程规模占优, 南走廊建设条件占优。

6) 环保比较: 两方案都不经过保护区、风景名胜等。南走廊桥隧比稍高, 路基少 4 公里, 开挖破坏少, 但南走廊隧道多出 7.4 公里, 隧道出渣多出约 150 万方。从环保比较, 两方案相当。

7) 道路运营安全性比较: 连续纵坡方面, 北走廊上东达山段 2.2%/56km, 下东达山段 -2.5%/19.9km; 南走廊上东达山段 2.3%/48.3km, 下东达山段 -1.6%/34.2km。上山段北走廊坡度稍缓, 连续坡段则稍长, 下山段则反之。两方案连续长、陡下坡路段的平均坡度与连续坡长均满足规范要求, 从连续纵坡对安全性的影响来看, 两方案差距不大。两方案最大设计标高均控制在 4300m 左右, 受冰雪影响较小。从阴阳坡看, 南走廊基本都为阳坡, 北走廊有 20 公里为阴坡, 隧道进出口及明线路段受冰雪影响大, 南走廊优势明显。两方案的东达山隧道设计标高接近, 长度都在 10 公里级, 虽然南走廊隧道长出 3.8 公里, 但在设置 2 座斜井后能够满足通风需求, 隧道长度差异对通风影响有限。从东达山隧道运行时间看, 北走廊约 8 分钟, 南走廊约 10 分钟, 北走廊稍占优。综上, 从运营安全性比较, 北走廊因存在较长的阴坡路段而处于劣势。

8) 与国道 G318 的相互应急救援比较: 北走廊方案远离国道 G318, 难以实现相互应急救援。南走廊方案总体距离国道 G318 较近, 易于实现与国道 G318 的相互应急救援。

9) 与铁路、电网、既有道路的干扰比较: 南走廊与规划的滇藏铁路无干扰, 北走廊与滇藏铁路交叉 4 次, 但相互影响不大。北走廊内无重要电网, 无重要的

既有道路与规划道路。南走廊内有已建好的川藏与藏中电网联网工程(500 千伏) 和国道 G318, 路线能够绕避电网, 两次上跨 G318, 相互影响不大。

10) 对地方发展的带动性及地方政府意见比较: 两方案所经区域均远离乡镇, 项目难以直接覆盖乡镇。相对来说, 南走廊距离既有的国道 G318 走廊更近, 辐射的人口更多, 经济带动作用更好。地方政府对两方案都能接受。

综上, 北走廊的优势在于工程规模与造价, 总里程短 5.5 公里, 建安费低 13.9 亿元。北走廊的劣势在于有 20 公里处于缝合带内, 且平行于断裂前行, 地质条件极差, 建设实施难度与代价难以估计, 甚至有可能影响项目的可行性。同时北走廊有 20 公里的阴坡路段, 运营安全风险较大。南走廊的优势在于地质条件较好, 施工条件较好, 与既有路国道 G318 可实现应急救援互补, 路线都处在阳坡, 运营安全性好。南走廊的劣势在于工程规模比北走廊大, 造价比北走廊高。综合比选, 南走廊虽然工程规模比北走廊大, 造价比北走廊高, 但总里程相差不超过 5.5 公里, 仅占路段总长的 6%, 控制性的桥梁主跨都在 1000 米级左右, 隧道都在 10 公里级, 建安费差距也在 7% 左右, 相对北走廊可能影响可行性的极差的地质条件, 以及建成后一直存在的较大的运营安全风险, 南走廊在建设阶段多花 7% 的费用, 能够确保项目的可实施性, 避免留下运营安全风险, 无疑是值得的。所以, 建议推荐南走廊方案。

3.3 重大构筑物的选址、选型探讨

穿越控制性河流、山脉时, 路线应服从桥梁、隧道的选址, 并对桥梁、隧道进行多位置、多结构形式的比选。大型构筑物的选址, 应首先从区域地质上选择条件更好、更稳定的区域, 再细化选择地形、地质条件适宜布设结构物的位置, 在保证方案可行、可实施的前提下, 对不同位置、不同设计标高、不同结构形式进行比选。由于本项目多数路段为越岭线, 控制性河流、隧道的设计标高显著影响着工程规模和造价, 故应拟定不同的设计标高的方案, 并从工程规模、造价、运营里程、运营安全、可实施性等方面进行比选, 推荐综合最优的方案。大型结构物, 特别是桥梁的选型, 应综合考虑可实施性、经济性、耐久性、地域适应性、便于养护等因素多方案比选, 择优推荐。下面以控制性的东达山隧道的选址为例, 作比选论证。



图 6 东达山隧址方案比较图

根据本文前面的论述, 经过大的走廊带比选, 东达山路段推荐了南走廊。在南走廊基础上, 现又根据东达山隧道的不同位置、不同设计标高拟定了几个局部方案进行比选, 平面位置上从北往南三个方案分别称为北线、中线、南线方案。现对三个方案作比选。

1) 建设条件比较: 三方案距离较近, 地形上都是纵向起伏大, 横坡陡峻。地质方面, 三方案均垂直穿越澜沧江缝合带, 三方案穿越的地层一致, 东达山隧道围岩都以花岗岩为主, 围岩等级高, 都存在高地应力, 可

能存在岩爆, 其他不良地质不发育。施工条件方面, 三方案均靠近既有路, 进场条件好, 南线东达山隧道进口无既有路, 需新建几公里便道。从建设条件比较, 三方案差距不大。

2) 工程规模及造价比较: 从表 1 可以看出, 北线虽然里程长出约 3~4 公里, 但其桥隧比更低, 控制性的东达山隧道短 2~3 公里, 需要设置的斜井也少 1 座, 所以实际工程规模相近, 从造价上看三个方案相差也不大。

表 1 东达山隧址方案比较表

	北线	中线	南线
路线长(km)	41.935	37	38.6
连续坡段(%/km)(按东达山整个上山、下山路段算)	2.3/48.3 -1.5/33	2.4/44.5 -1.5/33	2.2/48.6 -1.5/33
桥梁(km/座)	2.963/15	2.714/9	2.825/12
隧道(km/座)	37.04/13	33.069/9	34.694/10
桥隧比 (%)	95.4	96.7	97.2
东达山隧道长度(km)	13.912	16.025	17.161
东达山隧道标高(进口)/(出口) (m)	4370/4350	4200/4350	4200/4350
东达山隧道斜井 (座)	2	3	3
建安费(亿元)	101.1	99.6	101.9

2) 东达山隧道比较: 隧道工程规模上, 北线最短, 比中线和南线分别短 2、3 公里。北线需设 1 座斜井, 中线与南线需设 2 座斜井。北线隧道轴线与既有沟谷较近, 斜井较短且便于实施, 中线与南线隧道轴线位于较

厚山体下方, 斜井布置困难, 工程量巨大。从隧道标高看, 各隧道进出口标高基本都在冬季积雪线以下, 差别不大。三个方案的隧道均为入字坡, 施工排水能力相当。北线和南线的隧道纵坡都在 1.3%以下, 中线进口端纵

坡达到 2%，其通风能力劣势明显。北线隧道短了 2~3 公里，其通风效果相对中线与南线也有一定优势。建设条件上，三方案穿越的地层一致，围岩等级均较高；施工条件总体较好，南线隧道进口略差。综合看，北线东达山隧道优势明显。

4) 运营安全比较：从连续纵坡看（详见表 1），三方案连续纵坡均符合规范要求，且均为坡长越长纵坡越缓，三方案连续纵坡对安全性的影响差距不大。从阴阳坡看，三方案基本都为阳坡，差距不大。各方案最大设计标高基本都在冬季积雪线以下，冰雪影响差距不大。从东达山隧道运营看，北线隧道最短，且纵坡平缓，在运营安全上有一定优势。

综上，北线、中线、南线三方案综合工程规模及造价差距不大，建设条件差距不大，东达山隧道方面北线优势明显，运营安全方面北线有一定优势。综合考虑，建议推荐东达山隧道最短的北线方案。

4. 结束语

川藏高速公路在全国乃至全世界都是最复杂、最困难的工程之一，笔者仅就几个重点问题作了探讨，需要

进一步探索、解决的问题还非常多，如：1) 全线隧道占比高，隧道出渣量大，在地形困难、生态脆弱的条件下，隧道洞渣的综合利用与弃置需要深入研究；2) 高海拔地区超特长隧道及隧道群的运营安全、应急救援问题突出，需加强研究；3) 连续长下坡路段多，高差大，需开展营运安全专题研究；4) 本项目约有 360 公里与规划的川藏、滇藏铁路同处大的走廊带，共建、共享问题需进一步研究。5) 鉴于项目复杂、艰巨、所需资金量极大等特点，其建设时机需进一步深入研究。希望本文能对各位同行起到抛砖引玉的作用，引起更多的同行对川藏高速公路的兴趣，共同参与其建设中来。川藏高速公路全线的成功建设，必会将我国的基础设施建设能力提升到一个崭新的高度。

参考文献

- [1]美国交通部联邦公路管理局.公路灵活性设计指南.人民交通出版社, 2006.8
- [2]交通部公路司.新理念公路设计指南.人民交通出版社, 2005.10
- [3]霍明.山区高速公路勘察设计指南.人民交通出版社, 2003.06