

四川高原山区小交通量高速公路断面组成设计探析

王 茂

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610031)

摘 要: 四川高原山区高速公路建设对促进民族团结、维护稳定、脱贫攻坚以及充分发挥应急通道功能意义重大,但因地形地质复杂、气象多变、生态脆弱、工程规模大、经济效益差等因素,建设推进缓慢。结合其交通量小、投资及生态环境控制要求高的特点,对小交通量高速公路进行了界定;分析了影响投资及生态环境控制的关键指标,并对关键指标之一的断面组成进行了探讨;结合小交通量特点提出了针对性控制措施,以实现工程可行性与区域可持续发展的协调一致。

关键词: 高原山区;小交通量;高速公路;断面组成

中图分类号: U412.1;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)02-0143-05

Analysis on Section Composition Design of Expressways with Low Traffic Volume in Mountainous Areas of Sichuan Plateau

WANG Mao

(Sichuan Provincial Communications Survey and Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The construction of expressways in mountainous areas of the Sichuan Plateau is of great significance in promoting the ethnic unity, maintaining the stability, eliminating the poverty and giving full play to the function of emergency channels. However, due to complex terrain and geology, variable weather, fragile ecology, large engineering scale and poor economic benefits, the progress of construction has been slow. Combined with the characteristics of low traffic volume, high investment and ecological environment control requirements, the expressways with the small traffic flow are defined. The key indicators affecting investment and ecological environment control are analyzed, and the sectional composition of one of the key indicators is explored. According to the characteristics of small traffic flow, the targeted control measures are proposed to achieve the coordination and consistency between the engineering feasibility and the regional sustainable development.

Keywords: plateau mountain area; small traffic flow; expressway; sectional composition

0 引 言

四川高原山区高速公路建设对于促进民族团结、维护稳定、助推脱贫攻坚,以及发挥自然灾害和突发事件下的生命救援通道和应急通道功能具有极其重要的作用。

但是,由于四川高原山区地形地质复杂、气象条件多变、生态环境敏感脆弱、工程规模大、经济效益差等原因,高速公路建设推进缓慢。如何结合区域内小交通量高速公路特点,针对关键性问题,合理确定技术标准及设计指标,加速推进项目落地及可持

续发展是四川高原山区小交通量高速公路建设的核心问题。

本文结合炉霍至八美高速公路前期工作情况,对建设投资影响最为显著的高原山区小交通量高速公路断面组成设计进行了探析。

1 四川高原山区小交通量高速公路建设特点

1.1 自然建设条件极其复杂

四川高原山区主要分布于甘孜、阿坝和凉山三州,地处青藏高原向四川盆地的过渡地带。地形以高原、山地和峡谷为主,地形复杂多样,地形切割强烈,高差巨大;岩性复杂多样,昔格达、膨胀土、高液限土、泥沼土等特殊岩土众多;地质活跃,地震、崩塌、泥石流、堆积体、滑坡、危岩等灾害频发;垂直气

收稿日期: 2025-05-27

作者简介: 王茂(1978—),男,硕士,正高级工程师,从事道路勘察设计工作。

候变化显著,冻土、涎流冰、风吹雪等问题突出。

1.2 生态环境极其脆弱

四川高原山区也是中国西南生态保护和生态安全屏障区,具有生物多样性、环境脆弱性和风貌独特性。区域内生态红线分布较广,自然保护区、风景名胜、水源保护区等各类自然保护地密集,管控要求高,且生态环境脆弱,一旦破坏难以恢复。

1.3 社会经济条件较为落后

川西高原地区地广人稀,社会经济发展相对落后,高速公路建设尚未成网,交通量整体水平较低。区域落后的社会经济条件更需要交通作为发展的助推器,高速公路建设的愿望更为迫切。

复杂的自然建设条件及脆弱的生态环境,使得四川高原山区高速公路建设投资规模更高;特殊的社会经济条件决定了区域内的高速公路交通量相对较小,建设投资回报率低,按照常规的技术标准进行设计难以推动高速公路建设落地。如何控制投资规模,探索与自然、生态协调发展的“高速化”公路建设方案成为四川高原山区小交通量高速公路建设的核心问题。

2 四川高原山区小交通量高速公路标准及关键指标

2.1 小交通量高速公路的标准

要控制四川高原山区小交通量高速公路投资规模,建设与自然及生态协调发展的“高速化”公路,首先应明确判定小交通量高速公路的标准。

(1)《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)1.0.3 第一条规定:“四车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量 25 000 ~ 55 000 辆”^[1]。《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)3.1.1 第一条规定:“高速公路的年平均日设计交通量宜在 15 000 辆小客车以上”^[2]。

(2)按照高速公路通行能力最低的设计速度 80 km/h、服务水平三级考虑,一条车道的最大服务交通量为 1 500 pcu/h^[3],高峰小时系数取 0.12,方向不平衡系数取 0.55,则双向双车道的最大服务日交通量为 22 727 pcu/d,即交通量在 23 000 pcu/d 左右,一条车道即可满足三级服务水平的通行要求,断面具备较大的优化空间。

(3)根据炉霍至八美高速公路交通量预测情况,其设计年限末(2048 年)全线平均交通量为 23 581 pcu/d,可作为四川高原山区小交通量高速公

路的交通量水平参考^[4]。

小交通量高速公路仍然是高速公路,总体应符合《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)规定的要求,结合以上服务水平分析、炉霍至八美高速公路交通量数据、特殊的自然和社会建设条件,以交通量 15 000 ~ 25 000 pcu/d 进行标准划分较为合理。

同时,在交通量超过 23 000 pcu/d、方向不平衡系数及高峰小时系数与常规值差异较大的情况下,还应按照一个车道满足三级服务水平的要求进行核算,以便确定是否需要按照小交通量高速公路标准进行断面设计。

2.2 关键指标

技术标准及关键指标主要包括道路等级、车道数及断面宽度、设计速度及平纵面指标等内容。

作为高原山区小交通量高速公路,其等级已经确定,即高速公路;车道数按照《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)3.1.1 中“高速公路单向最少设置两个车道”的要求,采用双向 4 车道即可;由于交通量较小,速度对通行能力的影响问题并不突出,设计速度也可根据地形条件选择。因此,高原山区小交通量高速公路技术标准的核心是断面功能的划分及组成设计、设计速度确定下的平纵面指标控制两个问题。

从断面功能划分及组成设计看:充分考虑小交通量的特点,将部分功能弱化或合并,有效地减小公路断面宽度,是降低高原山区小交通量高速公路投资的关键指标。

从平纵指标控制看:高原山区地形复杂,高差大,连续长、陡下坡路段的平均坡度与连续坡长控制对路线长度及造价规模影响较大;最大纵坡控制、高原对最大纵坡的拆减、隧道内纵坡控制,对高速公路地形适应能力及投资规模控制具有影响,可结合小交通量特点进行适当放宽。

故从降低投资规模及适应地形地质条件考虑,四川高原山区小交通量高速公路的关键指标主要是断面组成及纵面坡度控制,而断面组成设计对造价影响更为显著,应结合小交通量特点对高速公路断面组成设计进行深入分析。

3 四川高原山区小交通量高速公路断面组成设计分析

3.1 中间带

中间带是指在两个不同行驶方向车道之间的地

带,中间带由两条左侧路缘带及中央分隔带组成^[5-6]。

中间带宽度主要受以下因素影响:交通标志、防撞墙、防眩板等交安设施设置要求;管线埋设、绿化要求;桥路过渡与桥梁断面协调要求;公路建筑限界C值要求。

(1)按照弱化功能思路,可将中间带交通标志设置、管线埋设等调整至高速公路两侧设置,避免其对中间带宽度的影响。

(2)考虑高原山区气候恶劣,植物成活较为困难,日常养护成本较高,可取消中间带绿化功能,按照新泽西防撞墙进行考虑。

(3)根据《公路交通安全设施设计规范》(JTG D81—2017),高速公路设计速度为120、100、80 km/h时应采用SSm、SAm级护栏。按SAm、F型护栏考虑,则最小宽度为60.6 cm^[7]。

(4)为避免桥梁过渡带来的中分带宽度变化,中分带处桥梁防撞墙按照SBm级考虑,宽度50 cm。考虑施工宽度,中央分隔带不宜小于1.5 m,极限1 m。

四川省对高速公路明确要求,中央分隔带不设置桥墩,故其取值不考虑相关影响。

结合以上功能调整及宽度设置要求,中央分隔带建议按照一般值1.5 m、最小值1 m考虑,中间带考虑相应的路缘带宽度即可,同时应检算是否满足C值设置要求。

3.2 车道宽度

车道是指专为以纵向排列、安全顺适地通行车辆为目的而设置的公路带状部分。车道宽度由机动车的物理尺寸决定,但随着设计车速的增加,车道宽度也需要加以调整,以允许车辆保持一定范围的侧向运动^[5-6]。

一个车道的宽度=标准车辆宽度+动态净空,速度与动态净空的关系见表1。

表1 设计速度与动态净空的关系^[8]

车速/ (km·h ⁻¹)	最小动态净空/m	车速/ (km·h ⁻¹)	最小动态净空/m
≥80	1.25	40	0.75
60	1.00	<40	0.50

公路设计速度大于等于80 km/h,侧向净空1.25 m;设计车辆小客车宽度1.8 m,铰接客车与载重汽车宽度2.5 m,大型客车及铰接列车宽度2.55 m,对应的3种车型的车道宽度分别为3.05 m、3.75 m及3.8 m。

综合以上数据,车道宽度一般采用3.75 m,对于

通行小客车为主的车道可采用3.5 m。

3.3 硬路肩

硬路肩是路肩中靠近行车道用加固材料处理的、具有一定强度的结构部分,可承受偶然的车辆荷载。硬路肩的作用主要是供车辆临时行驶、停放和慢行交通使用,作为底基层、基层和面层的横向支撑,保障路面排水、视线诱导,保障通行能力并增加行车的舒适感和安全感,分担侧向余宽功能,提供视距冗余^[5-6]。

考虑四川高原山区高速公路交通量整体较小,一个车道即可满足服务水平要求,车辆基本处于自由流,故可不考虑车辆临时行驶、保障通行能力并增加行车舒适感和安全感等功能;高速公路为封闭通行,不考虑慢行交通使用;对于视距冗余,也可通过局部点特殊处理解决。故从硬路肩功能看,最小宽度取值要求见表2。

表2 硬路肩功能宽度表^[8]

功能	最小宽度/m	功能	最小宽度/m
路面结构支撑	0.5	小车停靠	2.5
侧向余宽	0.75/1.00	大车停靠	3.0
保障路面排水	1.00		

从通行能力需求看,四川高原山区小交通量高速公路单车道即可满足要求,外侧车道可提供路面排水功能,车辆紧急停靠可考虑由紧急停车带解决。

《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)要求,右侧硬路肩最小宽度为1.5 m,主要根据行车安全及发挥基本功能确定。由于小交通量高速公路外侧车道可提供部分右侧硬路肩功能,可进一步减小断面宽度,降低投资规模,硬路肩满足安全功能——路面支撑、侧向余宽即可。

由于右侧车辆车速相对较低,即便小车行驶速度较快,但其车体宽度较窄,仍能保证余宽需求,故右硬路肩考虑侧向余宽后可按0.75 m取值;由于左侧行车速度较快,故维持规范取值不变。运营过程应通过分车道或分车型限速进一步确保安全。

以上为硬路肩最小宽度取值,如存在养护、除冰、停雪等要求,应根据需求合理确定宽度。

3.4 土路肩

土路肩位于路基边缘,是具有一定宽度的带状结构。土路肩主要为路基提供宽度损失补偿,保护路面,并作为路面横向支撑之用,同时也为护栏等交通安全设施提供设置场地^[5-6]。

从提供宽度损失补偿、保护路面和横向支撑作

用看,土路肩0.2~0.3 m宽度即可满足要求。

从路侧护栏安装要求看,除去护栏本身宽度外,还需要在路肩外侧设置不小于0.25 m的护栏基础保护宽度。以SA级路侧护栏为例,护栏本身宽度为0.38 m,考虑0.25 m的保护宽度,则最小宽度为0.61 m。

故土路肩宽度一般值取0.75 m,如路侧护栏采用独立混凝土基础、连续混凝土基础或缩短立柱间距等方式进行处理,土路肩最小宽度可取0.5 m。

3.5 紧急停车带设置

紧急停车带是在高速公路及一级公路行车道右侧,当硬路肩宽度小于2.5 m时,为保障故障车辆紧急停车而将硬路肩加宽的地段^[5-6]。

(1) 紧急停车带宽度

从设计车辆看,小客车宽度1.8 m,铰接客车与载重汽车宽度2.5 m,大型客车及铰接列车宽度2.55 m。考虑与右侧行车道间0.5 m路缘带宽度,与路侧护栏间0.25 m路缘带宽度,设计为:以小车为主的紧急停车带最小宽度可取2.55 m,取整为3.0 m;有大车通行需求的紧急停车带最小宽度可取3.3 m,取整为3.5 m。

如不考虑车辆与路侧护栏间路缘带宽度设置,则紧急停车带极限值可按以小车通行为主2.5 m、大车通行3.0 m进行取值。

(2) 紧急停车带间距

紧急停车带间距与车辆发生故障后能滑行的距离相关。研究表明,车辆出现故障多为轮胎问题,其次是发动机问题。出现故障后,车辆滑行的距离为速度的2次方,人能推行小车的距离为200~500 m,大车的推行距离更近。按照80~100 km/h速度,车辆可滑行484~729 m,再考虑最不利情况,即推行大车一段距离,紧急停车带间距应按700 m控制为宜,最大不应超过1 000 m^[9]。

考虑小交通量高速公路一个车道可保障车辆通行及服务水平要求,那么:视距不良时,紧急停车带间距应按照低值或进一步缩小间距控制;视距较好时,可按照大值或适当加大间距控制,适当利用外侧车道兼顾应急停车功能。

3.6 爬坡车道设置

爬坡车道是设置在上坡路段、供慢速上坡车辆行驶的专用车道,其作用是将慢速车从主线分离,提高主线的行车安全性和通行能力^[5-6]。

由于小交通量高速公路车流量较小,故慢行

对通行能力影响较小;由于高速公路纵坡指标要求相对较高,在采用分车道分车型限速、加强交通安全设施等措施后,可进一步解决速度差带来的安全问题。因此,小交通量高速公路一般可不设置爬坡车道,但此时要注意紧急停车带应尽量按小间距控制,以提高行车安全冗余。

4 炉霍至八美高速公路应用情况

4.1 项目概况

炉霍至八美高速公路是《四川省高速公路网规划(2022—2035年)》规划的9条纵线之一,也是G4217成都至昌都高速和G0615德令哈至康定高速的联络线。项目的建设对于提高川藏通道交通通行能力与运营安全,实现川藏铁路沿线快速交通转换,增强应急保障能力,保障国家安全,巩固边疆国防具有十分重要的意义。图1为炉霍至八美高速公路地理位置图。



图1 炉霍至八美高速公路地理位置图

全线采用设计速度80 km/h、路基宽度22.5 m/25.5 m的双向4车道高速公路标准建设。

4.2 交通量及交通组成

根据炉霍至八美高速公路前期工作研究成果,其交通量预测及车型预测情况见表3、表4。

表3 预测交通量

单位:pcu/d

路段	2029年	2035年	2040年	2048年
炉霍—斯木	6 978	11 330	16 009	23 153
斯木—仁达	6 902	11 230	15 700	22 742
仁达—麻孜	6 908	11 218	15 896	22 901
麻孜—道孚	7 193	11 554	16 316	23 939
道孚—葛卡	7 343	11 947	16 943	24 151
葛卡—龙灯	7 357	11 819	16 673	23 893
龙灯—八美	7 485	11 957	17 021	24 289
炉霍至八美段平均	7 167	11 579	16 365	23 581

从交通量预测情况看,炉霍至八美高速公路设计年限末日交通量为23 581 pcu/d,符合小交通量高速公路要求。

从车型组成看,客车比例高于货车,充分反应了该地区地广人稀的特点,区域货车出行强度不高。

表 4 车辆构成

年度	小货	中货	大货	汽列	小客	大客
2029	4.84%	5.74%	9.92%	10.45%	67.13%	1.93%
2030	4.85%	5.66%	9.85%	10.47%	67.20%	1.95%
2040	4.88%	5.46%	9.78%	10.58%	67.21%	2.08%
2048	4.91%	4.90%	9.65%	10.70%	67.68%	2.17%

4.3 建设条件

炉霍至八美高速公路沿鲜水河、庆大河河谷展布,地形复杂,沿线为构造剥蚀中高山、河流侵蚀堆积阶地、山麓斜坡及冰水堆积地貌。

项目区域属青藏高原亚湿润气候区及寒温带大陆性季风气候区,年均最低气温-24.0~-14.0℃。

路线沿鲜水河活动断裂布设,地质构造作用强烈,地层岩性复杂,岩浆岩、沉积岩、变质岩均有分布,地震基本烈度为Ⅷ度。

主要不良地质及特殊性岩土有:滑坡及不稳定斜坡、崩塌及危岩、泥石流、砂土液化、积雪及涎流冰、强震、黄土、软土、人工填土、冻土等。

4.4 断面组成设计及造价

结合四川省高原山区交通量少、建设难度大、经济效益差的特点,考虑仁达一道孚段人烟稀少,沿途旅游资源较少,桥梁及路基明线段较为集中,明线占比达 80.5%,缩窄断面节约造价的作用明显,故该路段断面组成按照本文思路进行设计。

仁达一道孚段 K27+620~K72+700 桥梁、路基占比为 80.5%,桥梁总里程为 10.6 km,路基总里程为 25.3 km。

中分带按最小值 2 m 取值,行车道 3.5 m,硬路肩分别取值 1.5 m 和 0.75 m 进行宽度测算,土路肩 0.75 m,总宽 22.5 m/21 m,其造价情况如下:

(1)22.5 m 路基断面较 25.5 m 路基断面,其造价每公里优化约 600 万元,路基造价共优化约 1.53 亿元;22.5 m 桥梁断面较 25.5 m 桥梁断面,其造价每公里优化约 1 800 万元,桥梁造价共优化约 1.90 亿元。总造价优化约 3.43 亿元。

(2)21 m 路基断面较 25.5 m 路基断面,其造价每公里优化约 900 万元,路基造价共优化约 2.28 亿元;21 m 桥梁断面较 25.5 m 桥梁断面,其造价每公里优化约 2 700 万元,桥梁总造价优化约 2.86 亿元。总造价优化约 5.14 亿元。

4.5 断面综合比选

仁达一道孚段采用 21 m、22.5 m 路基,较 25.5 m 路基的造价分别节约 5.14 亿元和 3.43 亿元,21 m 路基宽度造价优势最大。

21 m 与 22.5 m 路基断面组成设计的差异主要是硬路肩宽度不同,分别采用 0.75 m 和 1.5 m。

由于项目区域存在积雪冰冻及风吹雪等问题,为了有利于积雪冰冻作业并提供停雪空间,最终采用硬路肩宽度 1.5 m 的 22.5 m 路基宽度方案。图 2 为路基标准横断面示意图。

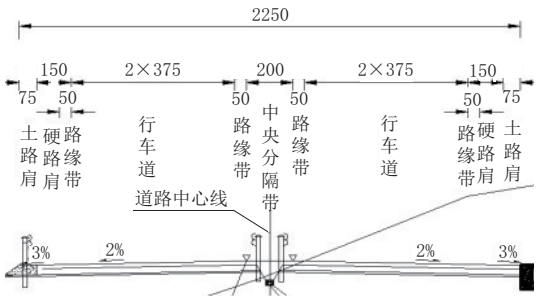


图 2 路基标准横断面示意图 (单位: mm)

5 结 语

根据四川高原山区高速公路复杂的自然条件和生态保护要求,结合其交通量少、投资控制要求高的特点,通过对公路断面的功能分析和设计,可有效降低自然环境破坏和工程规模投资,推进四川高原山区小交通量高速公路建设落地,实现工程可行性与区域可持续发展的协调一致。

参考文献:

[1] JTG B0—2003 公路工程技术标准[S].
[2] JTG B01—2014 公路工程技术标准[S].
[3] JTG D20—2017 公路路线设计规范[S].
[4] 柳苑新,孙超,岳智勇,等.炉霍至道孚八美高速公路总体方案设计[R].成都:四川省交通勘察设计研究院有限公司,2024.
[5] 交通部公路局.新理念公路设计指南[M].北京:人民交通出版社,2005.
[6] 孙家驹.公路勘测设计[M].重庆:重庆大学出版社,1995.
[7] JTG D81—2017 公路交通安全设施设计规范[S].
[8] 交通部公路局.降低造价公路设计指南[M].北京:人民交通出版社,2005.
[9] 王茂,张富军,秦建宁,等.洞口至新宁高速公路初步设计[R].成都:中铁二院工程集团有限责任公司,2009.