

## 山区公路路线设计思路及选线方法研究

田永强

西藏交通勘察设计院有限公司, 西藏 拉萨 850000

[摘要]山区公路路线设计需充分考虑地形起伏大、地质条件复杂、生态环境脆弱等特殊情况,实施时面临路线选线难、工程建设成本高、安全风险大等现实问题,系统分析地形地貌特征、水文气候条件、土地利用现状,将交通工程设计技术和生态保护原则有机结合起来,就能形成因地制宜的路线布局方案,有效提高公路通行的安全性和经济性,这项研究要在保护生态环境的基础上使交通效能达到最大,为山区公路工程设计提供科学的理论指导和技术支撑。

[关键词]山区公路;路线设计;选线方法;地形分析;生态保护

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17246

中图分类号: U491.5

文献标识码: A

### Research on Route Design Ideas and Selection Methods for Mountainous Highways

TIAN Yongqiang

Xizang Communications Survey Design and Research Institute Co., Ltd., Lasa, Xizang, 850000, China

**Abstract:** The design of mountainous highway routes needs to fully consider special situations such as large terrain undulations, complex geological conditions, and fragile ecological environment. During implementation, it faces practical problems such as difficult route selection, high construction costs, and high safety risks. By systematically analyzing the terrain and landform characteristics, hydrological and climatic conditions, and land use status, and organically combining transportation engineering design technology with ecological protection principles, a tailored route layout plan can be formed, effectively improving the safety and economy of highway traffic. This research aims to maximize transportation efficiency on the basis of protecting the ecological environment, and provide scientific theoretical guidance and technical support for the design of mountainous highway projects.

**Keywords:** mountain roads; route design; line selection method; terrain analysis; ecological protection

### 引言

山区交通网络是连接城乡、推动资源开发、促进区域协调发展的关键基础设施,其建设水平直接影响山区经济发展质量和居民生活福祉,山区地形地貌复杂多变且生态环境敏感度高,公路路线设计在工程可行性论证、施工安全保障、生态环境保护等方面起决定性作用,当前国内外在山区公路选线方法、技术应用等领域有了一定研究成果,但存在对复杂地形适应性不足、生态协调性设计欠缺等问题,梳理典型工程案例与技术路径并结合山区公路建设实践经验来探索科学的路线设计思路与选线方法,对提升山区公路建设质量、优化区域交通效能很有现实意义。

#### 1 山区公路路线设计的基本原则

山区复杂的自然环境和严苛的工程条件约束着公路路线设计的开展,而路线方案是否合理、工程实施是否可行、运营阶段是否安全高效都直接与设计原则的确立是否科学有关,合理的设计既要满足基本交通功能,又要在安全保障、经济投入和生态保护间寻求动态平衡以推动山区交通系统可持续发展,下面从三个维度深入探讨山区公路路线设计的核心原则。

##### 1.1 安全优先原则

山区特殊的地形地貌使通行风险显著,有急弯陡坡、

悬崖峭壁和复杂地质结构且滑坡、落石、泥石流等地质灾害常发生,严重威胁行车安全,路线设计应把行车安全放在首位。线形设计时要严格控制道路纵坡和曲线半径,规避长大纵坡和连续急弯并保证充足的行车视距,这样能减少驾驶疲劳和事故隐患。在地质灾害高发区优先采用路线避让策略,若避不开则用抗滑桩、挡土墙等工程防护措施系统地降低灾害风险。

##### 1.2 经济适用原则

山区地形复杂,山区公路建设往往会有桥梁、隧道、高填深挖这些成本很高的工程,在要满足通行需求和安全标准的情况下,路线设计得综合考虑工程量、建设周期和运维成本以精确平衡造价和效益,一方面地形选线优化能让工程避开深谷切割带、宽域河流这些难点从而缩小大型桥隧的建设规模且降低施工难度和资金投入,另一方面结合区域交通流量预测和远期发展规划来科学确定道路等级和技术指标可避免因过度设计造成资源浪费,经济适用原则注重全生命周期成本管控。

##### 1.3 生态环境保护原则

山区是生态系统的关键载体,森林资源、水源涵养地、生物栖息地等重要生态功能往往由山区承载,公路选线若缺乏生态考量就极易出现山体破坏、水源污染、生物通道

阻断等问题,设计全程得贯穿生态保护,选线时要严格避让自然保护区、水源地等生态红线区域,设计中遵循“最小干预”理念、减少高填深挖并采用顺应地形的布线方案,对于无法绕行的生态敏感区则用隧道穿越、生态廊道架设等技术手段把生态影响降到最低限度,设计方案要纳入水土保持、噪音控制、废弃物资源化利用等环保措施让工程建设和生态保护协同推进,生态环境保护原则既是政策法规的硬性要求也是山区公路可持续发展的必然选择。

## 2 山区公路路线设计中的关键影响因素

山区公路路线设计是个复杂的系统工程,自然环境和人文条件在其中相互作用,选线时得统筹地形地貌、气候水文、生态环境以及土地利用等多个维度的要素并精准识别关键影响因子,才能保障路线方案科学、工程可行、运营安全,下面从地形地貌、气候水文、土地利用与生态敏感区这三个维度深入分析。

### 2.1 地形地貌特征分析

山区地形起伏大、坡度陡、地貌类型多样,这对公路路线方案有着决定性的影响,一方面山体坡度与道路纵坡设计、工程实施难度以及行车安全直接相关,在陡坡处强行规划路线,容易产生大规模的高填深挖工程,甚至得架桥或者开凿隧道,这会大大增加建设成本,另一方面河谷常被当作天然的选线通道,可它存在河流改道、洪水冲刷等潜在风险,得通过水动力分析来科学规划线路走向,还有断层、破碎带、滑坡体等特殊地质构造,不但威胁施工安全,而且影响道路运营的稳定性,在设计之前,要结合地质勘查数据,优先避开不良地质区域,或者采取加固措施消除隐患,保证线路长期稳定。

### 2.2 气候与水文条件

山区气候复杂多变,强降雨、冻融循环、浓雾等极端气象频繁出现,这对公路的通行性能与耐久性影响显著,其中强降雨引发的滑坡、泥石流等地质灾害严重威胁路线安全,选线时得系统评估年降水量、暴雨强度、雨季周期等气候数据,避开高风险区域或者设置排水系统、涵洞、抗滑支挡结构以降低灾害影响,在水文设计上要构建完善的排水体系,保证路面、路基和边坡排水顺畅,避免积水渗透破坏结构,沿河路段更要根据洪水位科学确定净空高度,配备防护设施,增强道路抵御水毁的能力,延长其使用寿命。

### 2.3 土地利用与生态敏感区分布

山区的路线规划直接受到土地利用格局的约束,像林地、耕地、居民区等用地类型关乎生态保护、民生保障以及征地补偿需谨慎对待,选线时要严格避让国家级保护林地且尽量减少高产耕地的占用以减少社会矛盾、降低建设阻力,而对于自然保护区、湿地、水源涵养区等生态敏感区域,按照法规要求要么避让要么采用生态友好型设计,借助 GIS 空间分析技术精准识别敏感区分布来动态优化

选线方案以保护生物迁徙通道和生态廊道的完整性提升项目的生态可持续性。

## 3 山区公路线形设计思路探讨

山区公路要实现安全高效通行,线形设计是关键环节,需遵循“因地制宜、系统协调”原则,在符合规范的条件充分利用自然条件、优化路线走向与断面结构以提高交通适应性与工程可行性,具体从下面三方面开展设计优化工作。

### 3.1 综合利用地形优势

山地环境里,路线设计充分契合自然地形走势,能让工程建设难度和成本显著降低且施工效率和道路运行稳定性得以提升,具体得秉持“依山就势、顺势而为”理念,优先沿山脊线、山腰线或者自然坡脚规划线路而别穿越地势险峻的高陡山体和深切山谷以减少大规模高填深挖工程,而且借助自然山谷、支沟、台地等天然地貌条件来布设路线,可有效利用已有地形通道和缓坡资源以减轻车辆爬坡难度并最大程度减少对周边生态环境的扰动,保障路线连贯性时,要结合实际地形特征,灵活用迂回、错位等调整策略,让技术标准、建设成本和生态保护达成有机平衡,真正做到因地制宜,在不影响道路功能的基础上实现降本增效。

### 3.2 优化纵横断面设计

山区公路纵断面设计直接关系到道路爬坡性能、车辆运行效率和能耗状况,长大纵坡段的设计把控相当关键,设计时要合理确定纵坡坡度与坡长,严格按规范来,尽量避免出现连续大纵坡路段,实在避免不了就得科学设置爬坡车道、停车带或者缓坡过渡段以保证车辆安全通行。横断面设计重点要保证排水系统顺畅和路面防滑性能,在曲线段、交叉口和高填路基等特殊路段,路拱、边坡和加宽部分要精细设计以满足排水和通行的双重需求。桥隧工程要精准规划纵断线走向,减少桥隧交替频率,有效降低工程建设成本和后期维护压力。

### 3.3 提升交通适应性设计

要提升山区公路交通的适应性需从道路线形的细节设计入手以全面兼顾行车舒适性、安全性和视距要求,弯道设计时要根据设计车速、路段功能、交通流量等因素合理确定弯道半径并用平缓曲线过渡来防止急弯影响车辆操作稳定性,曲线路段的超高值和超高过渡段要科学设计以提高车辆转弯时的侧向稳定性,视距设计上在急弯、坡道交汇等关键路段要给不同类型车辆提供足够的停车视距和超车视距以满足紧急情况下反应和制动的需要。

## 4 山区公路选线方法及技术路径

山区公路设计的核心是路线选择,它直接决定工程规模、投资成本、生态效应和运营效能,且选线方法是否科学更是项目成败的关键,山区地形地貌复杂且自然条件多

变,因此要综合运用多种技术手段和评估方法以保证路线方案全面且可行,下面从多方案比选、空间信息技术辅助、现场踏勘与专家评审这三个方面深入剖析。

#### 4.1 多方案比选法

山区公路选线时,多方案比选是常用且基础的决策手段,制定多个可行的路线走向方案后,需从工程投资、技术难度、环境保护、交通服务水平、社会影响等多维度对其进行系统评估以筛选出综合效益最优的路线。具体做的时候,先根据地形条件、交通需求和规划要求初步拟定一些路线方案,再构建包含路线长度、桥隧比、占地面积、工程造价、穿越敏感区数量等指标且给各指标赋予权重的评价体系,接着用综合评分法、层次分析法或者模糊评价法把各方案量化分析,依据评价结果确定推荐方案,该方法关键在于全面考量和数据支撑,能有效防止因决策片面使路线选择不符合实际需求的情况发生。

#### 4.2 GIS 与遥感辅助选线

信息技术飞速发展,GIS(地理信息系统)和遥感技术在山区公路选线里的应用日益增多,GIS可集成地形图、土地利用图、水文分布图、生态敏感区图等多源空间数据,经多层信息叠加分析后能为路线方案初筛提供直观的空间可视化依据,遥感技术凭借高分辨率影像可快速获取区域地貌形态、植被覆盖、居民点分布等信息从而在初步选线阶段显著提升工作效率,二者一起使用在宏观上能够快速锁定合适的路线走廊以缩小现场踏勘范围进而节省选线周期和人力成本。

#### 4.3 现场踏勘与专家评审法

信息化技术在路线选线中作用虽大,但现场踏勘也必不可少,山区地貌复杂且隐蔽性强,遥感影像或地图难以识别部分不良地质体、滑坡体、水源点等,必须实地走访、地质调查、环境监测才能拿到一手数据,组建公路、地质、环保等领域专家的评审团队,综合评估路线方案的技术可行性、环境协调性、施工安全性,专家评审从专业角度能发现方案潜在问题,且依据区域经验给出优化建议和防范措施,这种方法重实践验证和专业判断,是保证路线设计质量和科学性的关键,对地形复杂、敏感区域多的山区公路项目尤其适用。

### 5 典型山区公路案例分析与经验总结

#### 5.1 案例介绍:贵州省江口至玉屏(大龙)高速公路项目

贵州省江口至玉屏(大龙)高速公路是《贵州省高速公路网规划(加密规划)》中的新增重要组成部分,也是“十三五”期间贵州省综合交通布局中承担衔接城市群高速网络、助推县域交通均衡发展的重点工程。该项目路线总长约61.78公里,起于江口县怒溪镇,止于玉屏县大龙镇,穿越黔东南武陵山余脉地区,地形复杂、生态敏感、地质条件多变,兼具通道功能与扶贫开发作用,是连接黔东南

北向出省通道的重要组成段。

本项目途经多个少数民族聚居区和生态红线区域,路线选线中必须统筹安全稳定与生态保护。在路线方案确定过程中,设计单位首次全面引入“山区域高速公路数字化集成设计技术”与“公路三维虚拟仿真与分析技术”,实现了从三维地形建模、遥感数据解译、生态敏感区避让,到仿真动态飞行校核的全过程技术应用,为选线避险和生态友好提供了技术保障。

#### 5.2 路线设计过程解析

在前期勘察设计阶段,该项目面临穿越高差起伏大、地质灾害隐患多(如滑坡、崩塌)、桥隧比高等典型山区公路难题。设计团队以多方案比选为基础,结合地形地貌条件、交通衔接需求与环境保护目标,提出“桥隧结合、分段优化、生态避让”的综合设计思路。

为确保设计科学性与可实施性,技术人员采用无人机航测+数字地形模型(DTM)+地质雷达扫描等多源数据技术进行高精度地形分析,并结合公路三维仿真平台进行动态可视化校核,识别多个高填深挖、特殊地基与高边坡敏感段落,合理布设桥梁和隧道组合段,全线共设置桥梁55座、隧道7座,桥隧比接近80%。重点控制性工程包括大桥(最长桥梁超过500m)、特长隧道、互通立交等结构,部分段落采用抗滑桩、锚杆挡墙与复合边坡绿化协同支护,实现工程稳定性与环境协调共建。

#### 5.3 经验教训与启示

江口至玉屏(大龙)高速公路的规划与设计实践为今后类似山区复杂地貌条件下的高速公路工程提供了诸多有益启示:

一是融合三维数字化设计技术、虚拟仿真评估体系等新型手段,可有效提高路线选线科学性和可视化沟通效率,显著提升路线方案的精准避让与生态协调能力。

二是桥隧结构的组合应用依旧是高原山地交通的重要策略,在合理设置中长隧道和高架桥基础上,优先选择“避让+跨越”的方式,比“剥山填谷”更具生态效益与施工经济性。

三是全生命周期的勘察-设计-运维思路逐步显现价值,前期勘测设计过程中虽然投入较大、人力物力集中,但为工程后续施工便捷性、环境保护与后期运营成本降低提供了可靠保障。

四是智能化测绘与交叉学科融合趋势凸显,如公路与遥感、GIS、地质、生态、水文等领域的技术交汇,为山区公路建设提供 stronger 的科技支撑。

不过该项目也暴露出类似问题,如:勘察工期长、数字化系统对设备与人才依赖性高、部分特长隧道后期运维需定制化方案等。这提示未来山区高速公路建设应同步推动数字孪生管理平台、智能监测系统与全生命周期资产管理理念落地,以提升公路运行的长期安全性和经

济效益。

## 6 结语

山区公路路线设计是个融合自然环境特性和多元技术要素的系统工程,科学选线在项目全生命周期都有体现且对工程投资控制、安全运营保障和生态环境保护起着决定性作用,确立安全优先、经济适用、生态保护的设计原则,精准识别地形地貌、气候水文、生态敏感区等关键影响因素,灵活运用多方案比选、空间信息技术辅助等技术手段并充分借鉴典型工程案例经验能让路线设计更科学、工程更好实施,山区交通建设不断推进需进一步深化 GIS、遥感等信息技术的集成应用,强化实地勘察和专家论证的协同并完善多方案比选评价体系,促使山区公路选线工作朝着精细化、智能化发展从而为山区交通基础设施建设的可持续发展提供坚实保障。

## 【参考文献】

- [1]王文国.公路路线设计思路及选线方法研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(8):44-45.
  - [2]王天龙.公路路线设计思路及选线方法研究[J].运输经理世界,2022(30):13-15.
  - [3]孙策.山区公路路线设计思路及选线方法研究[J].交通世界,2023(11):80-82.
  - [4]莫延红.高速公路路线设计的基本思路及选线方法分析[J].工程建设与设计,2025(4):52-54.
  - [5]林小程.山区公路路线设计思路及选线方法研究[J].重庆市大数据和人工智能产业协会,2025(1):701-705.
- 作者简介:田永强(1991.10—),男,毕业院校:兰州理工大学;所学专业:土木工程,当前就职单位:西藏交通勘察设计研究院有限公司,工程师。