

Study on the problems and design strategies in mountain Highway Design

Yu Fu

Hainan CCCC Expressway Investment and Construction Co., Ltd., Haikou, Hainan, 570000, China

Abstract

With the deepening of China's transportation infrastructure construction, mountain roads are playing an increasingly important role in the regional economic development and the improvement of people's livelihood. However, the special geographical environment and complex natural conditions in mountainous areas make the highway design face many challenges, such as changeable topography, complex geological conditions, significant climate impact and high construction cost. Through systematic analysis of these problems, this paper proposes the targeted strategies such as strengthening terrain adaptability design, implementing fine geological survey, optimizing drainage system design and balancing social and economic benefits, aiming to adopt these design strategies to effectively improve the safety and durability of mountain highway, realize the economy and environmental friendliness of engineering construction, and provide important theoretical guidance and practical reference for mountain highway construction.

Keywords

mountain highway; route design; geological disaster; drainage system; economic benefit

山区公路设计中应注意的问题与设计策略研究

符玉

海南中交高速公路投资建设有限公司, 中国·海南 海口 570000

摘要

随着中国交通基础设施建设的深入推进, 山区公路在区域经济发展和民生改善中发挥着越来越重要的作用。然而, 山区特殊的地理环境和复杂的自然条件, 使得公路设计面临地形地貌多变、地质条件复杂、气候影响显著以及建设成本高等诸多挑战。本文通过系统分析这些问题, 提出了强化地形适应性设计、实施精细化地质勘察、优化排水系统设计以及平衡社会经济效益等针对性策略, 旨在采用这些设计策略可以有效提升山区公路的安全性和耐久性, 同时实现工程建设的经济性和环境友好性, 为山区公路建设提供重要的理论指导和实践参考。

关键词

山区公路; 路线设计; 地质灾害; 排水系统; 经济效益

1 引言

山区公路是连接山区与外界的重要纽带, 是改善山区交通条件、促进区域经济发展的关键基础设施。近年来, 随着国家乡村振兴战略的实施和区域协调发展的推进, 山区公路建设进入了快速发展期。当前山区公路建设仍存在工程造价高、施工难度大、灾害防治复杂等问题, 工程质量和安全风险管控面临重大挑战, 特别是在全球气候变化背景下, 极端天气事件增多, 给山区公路的设计和建设带来了新的考验。因此, 深入研究山区公路设计策略, 对提升工程建设水平具有重要的现实意义。

2 山区公路设计中应注意的问题

2.1 地形复杂性与路线优化选择

山区公路设计的首要挑战在于复杂多变的地形地貌条件, 与平原地区不同, 山区地形以陡峭的山体、深邃的沟谷和起伏的丘陵为主要特征, 这种地形特点给路线选择带来了巨大的技术难度。纵向设计方面, 需要权衡纵坡指标与工程土石方量的关系, 过大的纵坡会影响行车安全, 过小的纵坡则可能导致工程造价剧增。平面设计中, 受地形制约, 往往需要设置多处连续转弯路段, 这不仅增加了驾驶难度, 还容易形成视距不良路段, 特别是在峡谷地区, 受限于地形空间, 常常难以满足最小平曲线半径的要求。此外, 山区地形破碎, 沟壑纵横, 这导致路基填挖交替频繁, 边坡防护难度大。在植被茂密的地区, 还需考虑生态环境保护的要求, 避免过度破坏原有地貌。路线设计还需充分考虑与现有自然水系的关系, 合理设置跨河构造物, 减少对水流的扰动。

【作者简介】符玉 (1989-), 男, 中国海南临高人, 本科, 工程师, 从事道路路线研究。

2.2 地质条件评估与灾害防控

山区地质条件复杂多变，是公路设计中不可忽视的重要因素。首先，山区岩土性质差异显著，从坚硬的花岗岩到松软的页岩，从稳定的基岩到松散的堆积层，不同地质体的工程特性迥异，这给路基设计和支挡结构选型带来了挑战。其次，构造运动的影响在山区尤为明显，断层、褶皱等地质构造普遍发育，部分地层产状陡峭，极易诱发滑坡、崩塌等地质灾害。再次，岩溶发育地区常见溶洞、暗河等特殊地质现象，这些都是潜在的工程安全隐患。在季节性降雨集中的地区，雨水下渗容易导致土体强度弱化，引发边坡失稳。一些潜在的地质灾害点往往在施工期或运营期才逐渐显现，这要求在前期的勘察阶段就要有足够的预见性。再者，地震活动对山区公路的影响也不容忽视，震区路段需要考虑特殊的抗震设防要求。

2.3 气候适应性设计与排水系统优化

山区气温变化剧烈，昼夜温差大，且存在明显的垂直地带性，这对路面材料的耐久性提出了更高要求。山区降雨特点突出，不仅年降雨量大，而且降雨强度高，易形成山洪暴发。地形起伏导致汇水面积大，汇流时间短，雨水容易在短时间内形成强大的冲击力。在高山地区，还需要考虑积雪、结冰等低温天气对路面的影响，特别是在连续降雨期间，路基含水量升高，易导致路基强度下降，影响路基稳定性^[1]。同时，山区的小气候现象显著，如山谷风、雾区等，这些都是影响行车安全的重要因素。在一些特殊地区，还需要考虑风蚀、冻融等气候因素对路基和路面的破坏作用。

2.4 交通需求分析与经济效益评估

山区人口分布往往呈现分散性特点，这导致公路服务范围广但交通需求相对分散。山区经济发展水平参差不齐，不同区域的交通生成量差异显著，这增加了交通量预测的难度，特别是在旅游资源丰富的地区，季节性交通波动明显，假期与平日的交通量可能相差数倍。货运方面，山区特色农产品、矿产资源的运输往往具有明显的季节性和方向性，这要求在确定路面结构时充分考虑重载交通的影响。此外，山区公路建设投资普遍较高，隧道、桥梁等大型构造物比例大，后期养护成本也相对较高。同时，由于地形限制，改扩建难度大，这要求在初期设计时就要充分考虑远期发展需求。公路等级的确定需要统筹考虑建设成本与使用效益，避免过高标准造成投资浪费，或过低标准导致使用功能不足。

3 针对山区公路设计问题的策略研究

3.1 强化地形地貌适应性设计

地形地貌适应性设计是山区公路建设的核心理念，其本质是在充分尊重自然地理条件的基础上，实现公路工程与地形地貌的和谐统一。这一理念要求设计人员深入理解山区地形的成因和演化规律，准确把握地貌单元的空间分布特征和发展趋势^[2]。通过建立地形形态与路线设计参数之间的关

联性分析，可以有效提高路线设计的科学性和合理性。同时，这种适应性设计思路也有助于降低工程建设对自然环境的扰动，实现生态效益与工程效益的统一。

在具体实践中，应采用高精度三维激光扫描等先进测绘手段，构建精确的数字地形模型（DTM）。结合 BIM 技术和参数化设计方法，对复杂地形条件下的路线方案进行多方案比选和优化。在连续转弯路段，采用变截面超高设计和渐变坡度转换，提高行车舒适性。对于陡峭山体，可采用错层式路基设计，通过台阶状挖方减少边坡高度。在跨越深沟地段，优先考虑采用高架桥方案，避免大填方工程。针对易发生落石的地段，设置防落石棚架或明洞等防护设施。在路线设计中充分利用地形有利条件，如顺应等高线走向布线，利用山体凹凸形态设置错车道和避险车道^[3]。在土石方工程中，采用台阶式开挖和生态护坡技术，确保边坡稳定性的同时实现植被恢复，特别是在环境敏感区域，可采用半明半暗的洞身结构或下沉式路基形式，降低对景观的影响。通过这些具体措施的综合运用，有效提升山区公路与地形地貌的适应性。

3.2 实施精细化地质勘察与灾害预防

精细化地质勘察是山区公路建设的重要基础工作，其核心在于系统性和预见性。通过建立多层次、全方位的勘察体系，可以有效识别潜在地质隐患，为工程设计提供可靠依据。现代地质勘察已经从传统的静态描述向动态监测预警转变，这种转变使得地质灾害防治工作更具前瞻性和主动性^[4]。结合地理信息系统（GIS）和遥感技术，可以实现对区域地质环境的宏观把握和微观刻画，从而为灾害预防提供科学依据。在此基础上建立的地质灾害风险评估体系，能够有效指导工程设计和施工组织。

在具体实施过程中，可以运用地质雷达、电法勘探等物探手段，结合钻探、槽探等传统勘察方法，形成多维度的地质信息采集网络。对于复杂地质地段，采用三维地质建模技术，准确刻画地层结构和含水层分布。在滑坡易发区，布设深部位移监测设备和地下水位监测系统，建立实时监控预警平台。针对岩溶发育区域，采用微重力和高密度电法探测相结合的方式，精确探测地下溶洞和暗河。在软土地基段落，通过静力触探和动力触探相结合，准确评估地基承载能力，特别是在断层破碎带，采用声波测井和跨孔 CT 等先进技术，掌握岩体完整性。根据勘察成果，建立分区分级的地质灾害防治体系，对高风险区域采取工程与生物措施相结合的综合防治方案^[5]。在关键部位设置智能监测设备，实现灾害早期预警。通过这种精细化的勘察和动态监测体系，可以有效提升山区公路的地质安全保障水平。

3.3 优化排水系统与提升路面性能

排水系统优化与路面性能提升是一个系统工程，两者相辅相成、互为依托。山区公路排水设计需要立足于流域水文特征，建立完整的“截、排、蓄、渗”体系，实现对地表

水和地下水的协同控制。通过水文模型模拟和数值分析,可以准确预测极端降雨条件下的径流特征,为排水设施的布置和规模确定提供科学依据^[6]。路面结构的耐久性很大程度上取决于排水系统的有效性,因此需要在路面结构设计中充分考虑排水因素,构建整体防排水体系。

在工程实践中,采用分布式水文模型,对公路沿线汇水区域进行精细化划分,科学确定各级排水设施的设计流量。针对急流陡坡路段,设置多级能量消散设施,如消力池和跌水井等,有效降低水流冲击力。在路基排水设计中,采用渗沟与盲沟相结合的方式,加强对地下水的疏导。对于特殊地质地段,如岩溶发育区,设置防渗导流层,避免地下水对路基的侵蚀。路面结构层面,采用改性沥青材料提高路面的水稳定性,同时在基层中掺入纤维材料增强抗裂性能,特别是在冰冻地区,通过设置毛细阻断层和导热系统,有效控制冻胀危害。在桥头路段等特殊部位,采用装配式快速排水系统,确保雨水迅速排出。通过建立智能监测系统,实时掌握排水设施运行状态,适时进行维护清理,保证排水系统的长期有效性。这些措施的综合运用,不仅提高了排水系统的可靠性,也显著延长了路面使用寿命。

3.4 综合考量交通需求与经济效益

山区公路的交通需求评估和经济效益分析需要建立在系统化思维基础上,充分考虑区域经济发展规律和产业布局特点。传统的交通需求预测方法往往难以准确反映山区交通的特殊性,需要构建包含社会经济、资源禀赋、产业结构等多维度指标的综合评估体系。在新型城镇化背景下,山区交通需求呈现出显著的非线性增长特征,这要求在经济效益评估中充分考虑潜在的发展机遇和衍生效益^[7]。同时,基于全寿命周期的成本效益分析方法,可以更加科学地评估项目的长期经济可行性。

在具体实践中,可以运用大数据分析技术,对区域交通特征进行精准画像,构建差异化的交通需求预测模型。通过引入季节性系数和弹性系数,提高对旅游客流和货运需求的预测准确性。在路网规划层面,采用多目标优化算法,权衡技术标准与投资规模的关系,实现分阶段建设与近远期结合。针对特殊路段,如旅游景区连接线,设置可变车道系统,提高道路服务能力的灵活性。在投资控制方面,采用限额设

计理念,通过优化设计方案降低工程造价,如采用装配式建筑技术减少现场施工成本,选用高性能材料延长使用寿命。同时,积极探索多元化投融资模式,如将服务区、观景台等附属设施的经营收益纳入项目收益评估。在养护策略上,建立预防性养护体系,运用科学的维护决策降低全寿命周期成本^[8]。通过运用智能交通系统,提高道路通行效率,实现经济效益的最大化,最终有效平衡建设投入与使用效益的关系。

4 结语

通过对山区公路设计问题的深入分析和策略研究,本文有望构建一个涵盖地形适应、地质灾害防控、排水系统优化和效益平衡的系统设计框架。未来,随着新材料、新工艺和智能化技术的发展,山区公路设计将向着更加安全、经济、环保的方向发展。建议进一步加强智能监测预警、生态环

参考文献

- [1] 马洪江.论山区高速路线设计影响因素[J].交通科技与管理,2024,5(07):43-45.
- [2] 孟颖茹.山区公路项目路线平纵线形组合设计[J].交通世界,2024(27):86-89.
- [3] 游贤俊.山区高速公路路基排水技术研究[J].交通世界,2024(21):102-104.
- [4] 李格格,陈子含.基于安全的山区高速公路路线设计研究[J].交通科技与管理,2024,5(09):31-33.
- [5] 柳登,程轩.山区高速公路线路优化与设计探讨[J].工程技术研究,2024,9(02):187-189.
- [6] 郑志明.山区复杂条件下公路线形设计的要点分析[J].交通科技与管理,2023,4(21):32-34.
- [7] 孟颖茹.山区公路路线设计原则及要点分析[J].交通世界,2023(31):61-63.
- [8] 梁飞.山区高速公路设计优化的思路和方法[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(23):68-70.
- [9] 张海峰,李振军,滕光亮,等. SDDC法结合强夯法处理回填砂岩碎屑及湿陷性黄土浸水试验研究 [J/OL]. 地震工程学报,1-10[2025-01-21].