

# Research on key technology and practice of highway bridge design in mountainous areas

Rui Li

Hami Ruizhong Highway Engineering Co., Ltd., Hami, Xinjiang, 839000, China

## Abstract

This paper focuses on the design of mountain road bridges, delving into a series of complex issues that arise during the design process. It outlines the research background, significance, objectives, and content, and provides a detailed analysis of the characteristics, design requirements, and challenges faced by mountain road bridges. The paper emphasizes key technologies such as bridge selection and layout, structural design, and material selection, and uses the actual case of the Tianshan South Slope Township Connection Line in Hami City to validate these findings. Finally, it summarizes the research findings and suggests future directions for research, aiming to provide a scientific basis for the design of mountain road bridges and to promote continuous technological advancements in this field.

## Keywords

mountain road; bridge design; key technology; sustainable development

## 山区公路桥梁设计关键技术与实践研究

李瑞

哈密市瑞忠公路工程有限公司, 中国·新疆哈密 839000

## 摘要

本文围绕山区公路桥梁设计, 深入剖析设计过程中出现的一系列复杂问题。在阐述研究背景、意义、目的及内容的基础上, 详细剖析山区公路桥梁的特点、设计要求与面临的挑战。着重对桥梁选型与布置、结构设计与材料选择等关键技术进行研究, 并结合哈密市天山南坡乡镇连接线建设实际案例展开验证分析。最后总结研究成果, 对未来研究方向提出建议, 旨在为山区公路桥梁设计提供科学依据, 推动该领域技术不断进步。

## 关键词

山区公路; 桥梁设计; 关键技术; 可持续发展

## 1 引言

### 1.1 研究背景与意义

在全球化浪潮奔涌向前的时代, 交通基础设施建设已成为驱动国家经济发展的核心动力。公路凭借高效快捷的运输优势, 在区域经济一体化进程中发挥着不可替代的作用, 不仅提升了物流运输效率, 还激活了旅游业的发展潜能, 显著提升居民生活质量。然而, 山区独特的地理环境给公路建设带来巨大挑战——复杂的地形地貌、多变的地质条件、恶劣的气候环境及脆弱的生态系统, 致使山区公路桥梁建设困难重重。桥梁工程作为山区公路的核心组成部分, 其设计、施工与维护质量直接关乎整个项目成败。山区公路桥梁需承受复杂地形的特殊力学荷载, 抵御多变气候和地质灾害威胁。因此, 深入研究山区公路桥梁设计, 对完善桥梁工程理

论、指导工程实践、保障交通安全以及推动山区经济可持续发展具有重要的理论与实践意义。

### 1.2 研究目的与内容

本文旨在系统地剖析山区公路桥梁设计中的关键技术问题, 通过理论分析、实例研究与现场调查, 提出适应山区特殊环境的设计方案与技术措施, 以提升桥梁安全性与耐久性, 降低维护成本, 支撑山区经济的可持续发展。具体研究内容包括: 一是山区桥梁设计特性分析, 基于地形、地质、水文条件, 归纳特殊环境下的设计要求与挑战, 提出针对性设计原则与方法。二是桥梁选型与布置研究, 分析不同类型桥梁的适用性, 结合案例总结设计要点与施工经验。三是结构设计与材料优化, 评估不同结构形式的性能表现, 分析材料优缺点与应用前景, 提出改进方案与建议。四是山区工程设计经验总结, 以哈密市桥梁项目为案例, 分析经验教训, 提出技术改进措施。

【作者简介】李瑞(1989-), 男, 回族, 中国新疆哈密人, 本科, 工程师, 从事道路桥梁设计与规划研究。

## 2 山区公路桥梁设计概述

### 2.1 山区公路桥梁的特点

山区公路桥梁建设的独特挑战源于复杂的地形、地质和水文条件。

(1) 地形复杂。地势起伏大,需跨越深谷、陡坡,跨度与垂直落差显著,对结构形式和施工技术要求严格,需精准适配地形以确保结构稳定安全。

(2) 地质多变。岩石风化不均,滑坡、泥石流等灾害频发,需综合评估地质条件,合理选择基础形式并采取抗滑桩、锚固等加固措施。

(3) 水文条件恶劣。河流水位骤变,暴雨洪水冲刷严重,需强化排水系统与桥墩防护,采用高桩承台等结构减少水流侵蚀。

(4) 生态敏感。山区生态脆弱,需采用低扰动施工技术及生态修复措施,减少植被破坏与水土流失。

综上,山区桥梁设计需统筹地形适配、地质加固、水文防护及生态保护,实现安全、经济与可持续发展的平衡。

### 2.2 设计要求与挑战

山区公路桥梁设计需满足基本承载力与安全性,同时契合复杂环境条件,对各环节提出更高标准。

结构设计方面,桥梁需具备足够强度与刚度,承受车辆荷载及地震、风力等作用,优先选用高强度、高耐久性材料,通过精准计算与优化设计保障稳定性。

基础设计方面,在山区公路桥梁设计里占据关键地位,必须考量地质条件,合理选择桩基础、沉井基础或扩大基础,优化施工方法以抵抗不利地质作用。

施工设计方面,需权衡山区施工条件局限,选定适配的施工方法与设备,保障施工安全与质量(如大型设备进场困难、场地有限等问题)。

维护设计方面,应选择便于检查维护的结构形式与材料,降低后期成本,确保桥梁长期可维护性。

## 3 山区公路桥梁设计的关键技术

### 3.1 桥梁选型与布置

桥梁选型与布置是山区公路桥梁设计的重要环节,直接关系到安全性、经济性以及与环境协调性。

桥梁类型的确定,需综合地形地貌、地质、水文、施工条件及经济成本。常见桥梁类型包括梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等,每种类型都有其特定的适用条件和优缺点[1]。梁桥结构简洁、施工便捷,适用于中小跨度;拱桥结构稳定、承载能力强,适用于大跨度;斜拉桥跨越能力强、结构新颖,适用于大跨度工程;悬索桥跨越能力最大,但结构复杂、施工难度高,适用于超大跨度。

桥梁布局时,需契合地形,审慎选择桥位与轴线走向。桥位应综合地质、水流及道路衔接因素,确保基础稳定、减少冲刷;轴线需结合地形、路线走向与景观要求,兼顾美观

与环保,减少对自然景观的破坏。

### 3.2 结构设计 with 材料选择

山区公路桥梁结构设计时,要考量环境因素、和施工可操作性及经济性。

在选定结构形式时,要考量桥梁跨度、荷载情况、地形特征以及地质条件等因素。混凝土结构、钢结构与组合结构均为常见结构形式。混凝土结构材料来源广泛、施工方便,适用于各种跨度的桥梁;钢结构强度高、跨越能力强,适用于大跨度;组合结构融合混凝土与钢结构优势,力学性能优良、经济效益高。

材料选择对桥梁的耐久性与环保性起着决定性作用。需选用兼具高强度、高耐久性的环保型材料。常见的桥梁材料包括混凝土、钢材和复合材料。混凝土类型多样,包括普通、高性能、自密实混凝土,依工程需求选用;钢材涵盖碳素结构钢、低合金结构钢、高强度钢材,适配不同结构部位;复合材料如玻璃纤维增强塑料、碳纤维增强塑料和玄武岩纤维增强塑料等,具轻质、高强、耐腐蚀优点,应用逐渐增多。

另外,在结构设计当中,美观性和经济性也是重要考虑因素。通过优化结构造型和材料选择,使桥梁满足结构功能要求,同时与环境相协调,并降低建设成本。

## 4 山区公路桥梁施工技术的探讨

### 4.1 高墩施工技术的应用

在山区公路桥梁建设里,高墩施工属于关键环节,其施工技术优劣,直接影响桥梁整体稳固性以及施工安全。鉴于山区地形落差大,为实现跨越深谷、河流等复杂地形,往往需要修筑高墩[2]。

高墩施工中选择合适的模板系统非常重要,在施工中,翻模、滑模和爬模尤为常见。翻模是传统施工方法,成本低、适用于低矮桥墩;滑模施工速度快,适用于高墩;爬模是现代施工方法,施工效率高,适用于超高桥墩。在实际施工中,应综合考虑后选择模板系统。

与此同时,合理的混凝土浇筑方式也非常重要。常见浇筑方法包含分层浇筑、连续浇筑以及泵送浇筑。分层浇筑多用于低矮桥墩施工,操作时需逐层振捣密实;连续浇筑适用于高墩,可有效减少施工缝,提升整体性;泵送浇筑适用于超高桥墩,它借助混凝土泵将混凝土高效输送。

此外,在高墩施工过程中,对施工安全与环境保护的重视也不可或缺。施工时要完善安全防护措施,加强施工人员培训。在施工进程中,还需落有效的环保举措,降低施工对环境的影响。

### 4.2 混凝土施工工艺控制

混凝土施工是山区公路桥梁建设的重中之重,其质量优劣对桥梁结构的安全性 with 使用寿命有决定性作用。

混凝土配制是保障混凝土质量的根基,合理选定材料比例至关重要。混凝土主要由水泥、砂子、石子和水构成,

各材料的比例及质量对混凝土性能影响深远。水泥需依工程特性与环境选择，砂、石需坚硬、颗粒均匀、含泥量低，水需洁净。

在混凝土搅拌作业时，需精准选定适配的搅拌设备，采用恰当搅拌工艺，以此保障混凝土的均匀性与流动性。严格遵循配合比规定精准配料，精准把控搅拌时长与搅拌速率，确保混凝土质量稳定可靠。

混凝土运输至关重要，需依实际选定适配运输设备与方式，保证运输中混凝土始终维持良好拌合状态。运输车运输时，务必匀速行驶，避免出现离析。

混凝土的浇筑与养护是工程的核心步骤。在浇筑阶段，必须依据不同的结构部位特点以及施工实际条件，挑选适宜的浇筑设备与方法。例如，用插入式振捣机作业，确保混凝土内部密实，无空隙、无缺陷，为后续结构的强度与稳定性筑牢基础。养护过程中，严格按照规范标准采取洒水养护、覆盖养护等措施，保持混凝土表面湿润，防止早期裂缝出现。

## 5 实际案例分析

### 5.1 哈密市天山南坡乡镇连接线桥梁设计案例

哈密市天山南坡乡镇连接线作为连接哈密市与天山南坡各乡镇的重要交通干线，途经山区，桥梁设计面临诸多挑战。

桥梁选型与布置方面，在跨越深谷和河流的地段，采用大跨度斜拉桥，利用其跨越能力强的优势确保稳定安全。

结构设计方面，高墩施工选用具备出色的抗渗、抗冻性能的高性能混凝土和具备强度高、施工进度快优势的钢结构，提升了桥梁强度与耐久性。

施工设计方面，高墩施工采用灵活性高的爬模和可保障混凝土整体性的泵送浇筑技术，提升质量与安全性。

维护设计方面，采用防腐涂层和防水材料，有效延长了桥梁使用寿命，减少了维护成本，保障了桥梁在长期使用过程中的稳定性与安全性。

### 5.2 天山南坡 G575 桥梁建设实践

在该地区，桥梁建设需要克服复杂的地质与地形条件方面的困难。

在桥梁选型与布置上，根据当地的地形和地质特点，在跨越深谷和河流时采用大跨度拱桥和梁桥。拱桥利用其结构稳定、承载能力强的特点，适应地形条件；梁桥则因其结构简单、施工方便，降低了施工难度，保障了桥梁的稳定性与安全性。

在结构设计上，高墩施工采用高性能混凝土和钢结构。这种材料组合提高了桥墩的强度和耐久性，使其能承受山区

复杂的地质和气候条件。

在施工设计上，高墩施工采用翻模和连续浇筑技术。翻模施工灵活性高，适用于山区复杂的施工场地；连续浇筑技术凭借其不间断作业的特性，能有效确保混凝土各部分紧密融合、形成完整且连贯的整体，大幅提升施工质量。

在维护设计上，采用防腐涂层和防水材料。这些举措切实延长桥梁使用寿命，降低维护成本，保障桥梁长期稳定安全。

## 6 结论

### 6.1 研究成果总结

本研究系统地探讨了山区公路桥梁设计关键技术，通过理论分析、实例研究与现场调查，取得了以下成果：分析山区公路桥梁的特点与设计难点，提出了适应山区环境的设计策略与技术措施；研究桥梁选型与布置，总结出了设计要点与施工经验；探讨结构与材料选择，分析了不同材料与结构形式的性能表现与应用前景，提出了改进措施与应用建议；通过案例分析，总结了设计与施工的成功经验与教训，为类似工程提供了重要参考。

### 6.2 未来研究方向与建议

未来，山区公路桥梁设计机遇与挑战并存。为促进行业发展，建议从以下几方面展开研究：

一是加强新型桥梁材料与结构设计的研究，探索高性能混凝土、复合材料等在桥梁工程中的应用，增强桥梁耐久性与环保性。

二是探索高效经济的桥梁施工方法与技术，引入智能化施工技术与设备，提高施工效率，降低施工成本和安全风险。

三是强化桥梁维护与管理技术的研究，开发智能监测与维护系统，利用物联网和大数据技术，实时监测桥梁结构状态，及时发现和处理潜在安全隐患，提高桥梁的运营效率与安全性。

四是重视桥梁设计与环境保护的协调发展，研究桥梁建设对生态环境的影响与对策，加强生态保护措施和水土保持技术的应用，降低对自然生态的破坏，达成桥梁建设与生态环境的和谐共处 [3]。

### 参考文献

- [1] 赵强, 刘辉. 山区桥梁选型的影响因素及选型方法研究[J]. 公路交通科技, 2019(05): 85-92.
- [2] 陈刚, 周伟. 山区高速公路高墩施工技术研究[J]. 施工技术, 2020(11): 78-82.
- [3] 吴悦, 郑鑫. 山区桥梁建设中的生态保护设计研究[J]. 环境科学与管理, 2021(07): 155-160.