

山区公路桥梁勘察与设计要点

林杨

黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司 黑龙江哈尔滨 150080

【摘要】本文系统阐述了山区高速公路桥梁在勘察设计中的特点与挑战,分析了上部结构与下部结构的主要设计形式,并对高墩设计进行了深入反思。在复杂地形和严苛气候条件下,桥梁设计需考虑地质稳定性、环境保护、抗震抗风性能等多重因素。通过装配式预制主梁和小半径曲线现浇箱梁等技术的应用,结合数字化设计与仿真分析,桥梁结构的整体性与安全性得到进一步提升。

【关键词】山区高速公路桥梁;勘察设计;高墩设计;装配式预制梁

Key points of survey and design

Lin Yang

Heilongjiang Provincial Transportation Planning and Design and Research Institute Group Co., LTD

Harbin city, Heilongjiang Province 150080

【Abstract】This paper systematically expounds the characteristics and challenges of the survey and design of the highway bridge in mountainous areas, analyzes the main design forms of the superstructure and the substructure, and deeply reflects on the design of the high pier. Under the complex terrain and harsh climate conditions, the bridge design needs to consider multiple factors such as geological stability, environmental protection, seismic and wind resistance. Through the application of prefabricated main beam and small radius curve cast-in-place box girder and other technologies, combined with digital design and simulation analysis, the integrity and safety of the bridge structure have been further improved.

【Key words】mountain highway bridge, survey and design, high pier design, prefabricated prefabricated beam

引言

山区高速公路桥梁的设计面临着地形复杂、气候恶劣等多重挑战。与平原地区相比,山区桥梁的设计不仅需要更高的抗震、抗风能力,还要在勘察和施工中解决交通不便、地质条件不稳定等问题。本文将重点探讨山区高速公路桥梁的勘察设计特点、上部与下部结构的设计要点,并对高墩设计进行深入的反思。

1 山区高速公路桥梁的特点与总体设计

1.1 山区高速公路桥梁勘察设计的特点

山区高速公路桥梁的勘察设计面临独特的地形和环境挑战,与平原地区的桥梁设计有显著差异。首先,山区地形复杂,地形起伏大,河谷、山坡、悬崖等地貌形式多样,勘察时需要充分考虑地质条件的多变性。这些地质特点决定了桥梁设计需要较高的稳定性要求,以应对山体滑坡、岩崩等潜在的地质灾害。其次,山区多受气候条件影响,冬季可能有积雪、冰冻,夏季可能出现暴雨洪水,这些都对桥梁结构的防护设计提出了更高的要求,桥梁的耐久性设计也需重点

考虑防冻、防水、防腐蚀等因素。

山区桥梁通常具有较大的跨径和较高的墩台,这要求设计师在桥梁布局和结构形式选择时,优先考虑抗震性能、抗风性能和桥梁结构的整体刚度。悬索桥、斜拉桥等结构形式因其适应大跨径、复杂地形的特点,常被用于山区高速公路桥梁设计。此外,考虑到生态环境的保护需求,桥梁设计时还需特别注意减少对自然景观和野生动植物栖息地的影响,采用环保材料和技术,确保施工过程中对环境的扰动最小化。

1.2 精细化勘察设计要点思考

精细化勘察设计是山区高速公路桥梁工程成败的关键。在设计过程中,首先要注重高精度的地质勘察和数据收集。山区地形变化大,地质条件复杂,通过高分辨率的地质雷达、三维地质建模等技术手段,可以获得更为详细的地下结构信息。这些数据为桥梁基础的选择和结构优化提供了科学依据,减少了设计的盲目性。

精细化设计不仅要在数据获取上做到精准,还要在设计细节上进一步优化。桥梁的跨径布置、桥墩高度、基础类型都应经过多方案比选与优化,确保在满足安全、经济要求的同时,达到最优的结构形式。数字化设计手段的应用,如

BIM(建筑信息模型)技术,可以有效提高桥梁设计的精度,减少施工中的设计变更,提升工程整体效率。

在施工工艺设计上,需结合山区特殊的地质和环境条件,采用适应性强的工法。例如,对于地质较差或滑坡地段的桥梁基础施工,可以考虑桩基础或嵌岩基础等具有更强抗滑性能的方案。墩台结构设计时应考虑山区风力、地震等特殊荷载作用,确保桥梁的长久安全性。此外,精细化设计还需兼顾环保要求,设计过程中要合理控制施工扰动范围,采取生态恢复措施,确保项目完成后对环境的影响最小。

2 山区高速公路桥梁上部结构设计

2.1 主要形式和特点

山区高速公路桥梁的上部结构设计具有独特的要求,因其地形多样、环境条件复杂,桥梁上部结构必须兼具高强度和适应性。常见的上部结构形式包括预应力混凝土箱梁、钢-混凝土组合梁、悬索桥、斜拉桥等。这些结构形式各有特点,适用于不同地形条件下的桥梁设计。例如,预应力混凝土箱梁适合中等跨径的桥梁结构,具有较高的刚度和抗弯能力,适用于较大的活载。而钢-混凝土组合梁则由于其重量较轻和施工便捷性,常用于跨越较大河谷的桥梁设计。

山区高速公路桥梁的设计还需重点考虑地形起伏对桥梁跨径和桥墩高度的影响。山区河谷深且狭窄,因此桥梁跨径较大,设计时通常选择连续梁桥、斜拉桥或悬索桥等大跨径结构,以减少桥墩数量,降低施工难度。以斜拉桥为例,其具有自重较轻、跨径大的特点,能有效应对山区复杂的地形条件。同时,在山区强风和地震活动较为频繁的区域,桥梁上部结构需加强抗震、抗风设计,通常会通过使用高强度钢材或特殊抗震支座来提高桥梁的稳定性和耐久性。

根据现行的《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015),桥梁上部结构设计应满足一定的承载能力、刚度和耐久性要求,设计需充分考虑山区气候条件,尤其是风雪、冰冻和洪水等对桥梁上部结构的影响。此外,设计还应符合桥梁全寿命周期的成本效益分析,确保桥梁具备较长的使用寿命。

2.2 装配式预制主梁设计

装配式预制主梁在山区高速公路桥梁上部结构设计中日益得到推广,主要因其在施工速度、质量控制和环保方面的优势。装配式预制梁采用工厂化预制,能够有效减少现场施工时间,提高施工效率,同时减少现场浇筑混凝土对环境的扰动,特别适合山区桥梁建设的环境保护要求。

在装配式预制主梁设计中,预应力技术的应用是关键。通过在梁体中施加预应力,可以显著提高梁的抗裂性能和承载能力,确保主梁能够承受山区桥梁较大的荷载要求。《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)中规定,预制主梁的设计应满足结构整体性和连续性的要求,尤其是在山区复

杂的地形条件下,需要通过合理的跨中接缝和墩顶支座设计,确保梁段之间的稳定性。

此外,装配式预制梁的运输和吊装也需特别关注。山区道路狭窄,运输大型预制构件可能受限,因此预制梁的长度和重量需根据实际情况进行优化设计,通常采用分段预制,分段吊装的方式来应对这一问题。同时,吊装过程中需要严格按照规范进行施工,确保各梁段对接的精度和安全性。

2.3 小半径曲线现浇箱梁支承设计

在山区高速公路桥梁设计中,桥梁经常需要适应小半径曲线的路线设计,这为现浇箱梁的支承设计带来了巨大的挑战。小半径曲线桥梁要求箱梁能够提供足够的抗扭性能,以应对车辆行驶过程中产生的离心力和扭矩。为此,现浇箱梁通常设计成变截面或单箱多室结构,以增加其抗扭刚度。

现浇箱梁的支承设计需要特别考虑桥墩的布置与支座的设计。在小半径曲线条件下,桥墩和支座通常无法按照传统直线桥梁的对称布置进行设计,需要通过合理的偏心布置和特殊支座形式来应对曲线引起的不均匀应力分布。通常采用球形支座或多向活动支座,以适应梁体的多向位移需求,确保梁体在温度变化、地震作用和交通荷载下保持稳定。

《桥梁支座规范》(JT/T 391-2019)明确了现浇箱梁支承设计中的技术要求,支座应具有良好的位移和转动能力,并能够有效传递荷载。在设计中,还需考虑箱梁与支座的相容性,确保箱梁的扭矩能够通过支座合理分配至桥墩。此外,为了提高小半径曲线桥梁的耐久性,支座材料通常选择高耐久性橡胶或球墨铸铁,以确保在山区复杂气候条件下具有较长的使用寿命。

3 山区高速公路桥梁下部结构主要形式与高墩设计策略

3.1 主要形式和特点

山区高速公路桥梁的下部结构设计面临独特的地质和环境挑战,下部结构的形式和特点必须适应复杂的地形条件和不稳定的岩土结构。常见的下部结构形式包括高墩、大直径钻孔桩、承台基础、悬臂式墩台以及重力式桥墩。针对不同的地质条件和桥梁跨径,需要选择不同的基础和墩台形式,以确保桥梁的整体稳定性。

在山区,桥梁的下部结构往往承受更高的地基荷载,且需要应对更大的地震力、风荷载以及水流冲刷影响。因此,在勘察设计中,必须特别关注地质勘探结果,尤其是潜在的地质灾害如滑坡、泥石流和塌陷区域。基础选型时,需要根据地质条件合理选择嵌岩桩或摩擦桩。对于跨越河谷或滑坡地段的桥梁,下部结构的稳定性要求更高,通常会采用深基础,如桩基础,确保桥梁在恶劣环境下的安全性和耐久性。

桥墩高度是山区桥梁下部结构的一个显著特点。由于地形高差较大,桥墩高度通常较高,这使得桥墩的刚度、稳定

性和抗震性能成为设计中的关键考量。《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63-2007)中规定,桥墩基础的设计必须满足承载能力和变形要求,尤其是在高墩设计中,需要结合风载、地震荷载和桥梁自重进行综合考虑。

3.2 高墩设计与计算的反思

在高墩设计中,常采用变截面墩、空心墩以及钢-混凝土组合墩等形式。变截面墩通过在墩身高度方向上调整截面尺寸,优化了材料利用率,同时减轻了墩身自重,适用于高度变化较大的山区桥梁。空心墩通过减少混凝土用量降低了结构自重,但由于空心结构抗震性能较弱,因此在设计时需加强配筋并引入减震装置,确保在地震发生时能够有效抵抗水平力。《桥梁抗震设计规范》(JTG/T B02-01-2008)明确了高墩的抗震设计要求,特别是对高度超过50米的桥墩,要求采用多级抗震设计措施,以确保结构在大震下不倒塌。

在高墩设计计算中,设计师需充分考虑非线性分析方法,特别是在高墩的抗震和抗风设计中,必须进行精确的动力分析。传统的静力分析方法难以准确模拟高墩在复杂外部荷载作用下的真实受力情况,因此,现代设计中越来越多地应用有限元分析技术,通过对墩身、基础和周围土体的耦合分析,获得更加精确的力学响应结果。

4 案例分析

4.1 项目背景

该项目位于某西南山区的高速公路主线上,该路段海拔较高,冬季有较长时间积雪,夏季暴雨多发,桥位区地质较为复杂,存在滑坡和崩塌的潜在风险。因此,桥梁设计不仅需要考虑地形的制约,还需应对复杂的气候和地质条件。

4.2 设计方案

经过多轮比选,最终选择了大跨径斜拉桥方案。斜拉桥凭借其轻质、强度高和抗风抗震能力强等优点,成为该项目的理想选择。该斜拉桥全长780米,主跨460米,采用双塔双索面设计,主塔采用A字型结构,索塔高度160米,桥面采用钢-混凝土组合梁结构。整个桥梁系统采用多级抗震设计,并考虑了风荷载和桥面车流的动荷载影响。

4.3 结构设计要点

4.3.1 主塔设计

主塔作为斜拉桥的核心承重结构,设计高度达160米,采用钢筋混凝土A字型塔设计。A字型塔不仅能增加塔身的稳定性,还能减少因风荷载产生的侧向力。主塔基础采用嵌岩桩基础,桩长80米,以穿透地表滑动层并锚固于坚硬岩层内,确保塔身的稳定性。

4.3.2 拉索系统

拉索系统采用密索设计,共布置86根钢索,单根索的最大承重为7000吨。索体采用抗腐蚀高强度钢材,并涂有防冰涂层,确保其在冬季积雪和冰冻条件下的长期耐久性。拉索的预应力通过智能张拉系统控制,以确保索力的稳定性和桥面平整度。

4.3.3 桥面结构

桥面采用钢-混凝土组合梁设计,梁高3.5米,宽度为35米。组合梁不仅降低了结构自重,还增强了桥面的抗扭刚度,能够有效应对车辆行驶过程中的离心力和动荷载。根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015),桥面设计时还考虑了桥面防滑、防冻和排水系统,确保在极端天气下的安全性。

4.4 施工工艺

该桥采用顶推施工法与悬臂拼装法结合的方式进行施工。考虑到山区运输条件限制,钢梁分段在工厂预制后,通过运输车辆分批运至现场,采用大型吊装设备进行拼装。拉索的张拉采用了智能监控系统,实时监测每根索的张拉力,确保整个桥梁结构在施工过程中达到设计要求。

5 结语

山区高速公路桥梁设计的发展代表了现代桥梁技术的前沿。在面临复杂地质和严峻环境条件的挑战下,创新的设计理念与技术手段为桥梁工程提供了新的解决方案。未来的桥梁设计不仅要在技术层面进一步优化结构形式,还需加强数字化设计和施工技术的应用,提高桥梁全生命周期的管理与维护水平。通过对高墩设计与小半径曲线箱梁支承设计的反思与优化,山区桥梁的安全性、经济性和环境友好性将得到显著提升。

参考文献

- [1]李波.山区公路桥梁勘察设计分析[J].科技创新导报,2020,17(02):18-19.
- [2]左祥红.山区高速公路桥梁勘察设计技术分析[J].工程建设与设计,2019,(15):123-124.
- [3]曾密林,赖德芳.山区公路桥梁勘察与设计[J].交通世界,2018,(34):118-119.
- [4]李胜兰.山区公路桥梁勘察设计的探究[J].建材与装饰,2017,(32):269.
- [5]冯玉祥.关于山区高速公路桥梁勘察设计技术的思考[J].科学中国人,2015,(12):15.
- [6]姚爱平.试论山区公路桥梁特征及其设计对策[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(09):274-276.