

山区高墩桥梁抗震概念设计要点与结构选型研究

李 肇

武汉综合交通研究院有限公司 湖北 武汉 430015

【摘要】：山区地形复杂、地质条件多变，高墩桥梁作为山区交通路网的核心枢纽，其抗震性能直接决定工程结构安全与通行保障能力。受山区地震动特性、地形高差及地质隐患影响，高墩桥梁易在地震作用下出现墩柱开裂、结构失稳等破坏，严重威胁交通生命线安全。基于此，本文将立足山区工程实际，结合抗震概念设计核心原则，探讨高墩桥梁抗震设计关键点，分析不同结构形式的适配性与抗震优势，为山区高墩桥梁抗震设计优化、结构选型科学合理提供技术参考，助力提升山区桥梁工程抗震防灾能力。

【关键词】：山区；高墩桥梁；抗震概念设计；要点；结构选型

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.062

引言

随着我国西南、西北、华南等地区山区高速公路建设，由于地形复杂，山高坡陡，很多桥梁不得不跨越河谷和深沟，其桥墩高度通常高达50~100m，甚至更高。考虑到采用标准化、施工便利的预制拼装结构对缩短工期、降低工程造价有着重要的意义，这类高墩桥梁并不都采用大跨径预应力混凝土连续刚构，更多情况下仍旧采用常规跨径30~50m的梁桥，如四川境内的雅泸高速、成自泸高速、南大梁高速以及贵州境内的思遵高速、广东境内的大广高速等。采用常规跨径，在高差较大的山区，就意味着高墩的普遍存在。因此，深入探究山区高墩桥梁抗震概念设计要点与结构选型具有极为重要的意义。

1 山区高墩桥梁抗震概念设计的意义

1.1 保障桥梁结构安全

山区高墩桥梁墩身高、柔度大，地震作用下易产生较大水平位移，引发墩柱开裂、支座损坏甚至结构坍塌等严重破坏，而抗震概念设计通过优化结构布置、合理选取抗震体系，从源头提升桥梁抗侧移、抗倾覆能力。其核心意义在于立足山区地震动特性，通过科学的概念规划，规避不合理的结构形式，增强结构整体协同受力性能，减少地震作用对桥梁关键构件的损伤，降低桥梁在地震中的破坏程度，避免因结构失稳导致的工程报废，节约后期修复与重建成本，保障桥梁结构长期安全稳定运行。

1.2 提升应急保障能力

山区交通路网相对单一，高墩桥梁多为咽喉枢纽工程，一旦在地震中损毁，将直接导致交通中断，严重影响救援物资运输与受灾群众转移，加剧灾害损失。通过精细化的抗震规划，可确保桥梁在地震作用下仍能保持基本通行功能，为地震后的应急救援、灾后重建提供可靠的交通保障。同时，合理的结构选型与抗震优化，可以让高墩桥梁成为山区交通生命线的“安全屏障”，从而有效提升山区交通应急保障能力，最大限度降低地震灾害对区域交通的影响。

1.3 推动山区桥梁建设高质量发展

山区高墩桥梁设计需兼顾地形、地质、抗震等多重需求，抗震概念设计可引导设计人员跳出传统设计思维，结合山区工程实际，实现结构安全与经济合理性的有机统一。山区高墩桥梁抗震概念设计可为桥梁结构选型、参数优化提供科学指引，避免过度设计或设计不足，在保障抗震性能的前提下，合理控制工程投资，提升设计效率与设计质量。同时，通过总结抗震概念设计经验，推动山区高墩桥梁抗震设计技术的创新与完善，助力山区桥梁建设向安全化、精细化、经济化方向发展，为同类工程设计提供可借鉴的思路。

2 抗震概念设计核心原则

2.1 整体性与协同受力原则

该原则的核心要求是保障桥梁各结构构件协同发力、整体抵御侧向作用力，规避局部构件形成受力薄弱点。设计中需合理优化结构整体布局，使墩柱、主梁、支座等关键构件形成有机整体，科学分配地震产生的作用力，减轻局部应力集中现象，进一步提升结构的抗倾覆、抗侧移效能，适配山区高墩结构柔度较大的固有特性。

2.2 因地制宜适配原则

设计过程中需紧密结合山区具体的地形地貌、地质条件以及地震动相关参数，开展针对性的抗震设计工作。充分考量山区地形高差明显、地质隐患较多等实际情况，摒弃直接套用平原地区桥梁的设计模式，科学选用适配的抗震体系与结构形式，确保设计方案贴合山区工程实际需求，增强抗震设计的针对性与适配性。

2.3 安全优先、经济合理原则

将桥梁结构抗震安全作为设计的首要准则，坚决杜绝因设计不到位引发的各类安全隐患，同时兼顾工程经济性，避免过度设计造成的资源与成本浪费，在确保抗震性能符合规范标准的基础上，优化结构设计参数，实现安全保障与经济合理的有机融合，保障设计方案具备较强的务实性与可操作性。

3 山区高墩桥梁抗震概念设计的关键要点

3.1 精准把控地震动参数

山区高墩桥梁抗震概念设计的核心依据是地震动参数，其精准度直接影响设计方案的科学性与针对性，称之为筑牢抗震设计的首要前提也不为过。山区地形起伏大、地质构造复杂，不同区域的地震动强度、频谱特性存在显著差异，需摒弃“一刀切”的参数取值模式，结合桥梁所处具体区域的地震地质勘察资料，精准确定地震动峰值加速度、反应谱特征周期等关键参数。设计过程中，需重点考量山区地震动的放大效应与地形影响，针对高墩结构柔度大、自振周期长的特点，合理调整反应谱参数，确保参数取值贴合工程实际。同时，需结合区域地震历史数据与地质隐患分布，预判地震作用下可能出现的地震动异常情况，为后续设计优化、构造完善提供可靠依据，从源头规避因参数取值偏差导致的抗震设计不足或过度设计问题。

3.2 优化结构整体布局

山区高墩桥梁的结构布局直接影响其抗震受力状态，优化结构整体布局、强化各构件协同受力性能，是提升桥梁抗震能力的关键要点。设计时需结合山区地形高差、地质条件，合理规划桥梁轴线走向，尽量避开地质破碎带、滑坡等隐患区域，减少地形对结构受力的不利影响。针对高墩桥梁墩身高、柔度大的特性，需优化墩柱、主梁、支座的布置形式，确保各构件形成有机整体，实现地震作用力的合理分配，避免局部构件应力集中。同时，还要合理设置防震缝，明确缝宽与布置间距，有效分隔结构单元，防止地震作用下各单元相互碰撞造成损坏。通过优化桥面结构与墩柱的连接方式，提升结构整体抗侧移、抗倾覆能力，适配山区高墩桥梁的受力特点，确保地震作用下结构整体稳定。

3.3 优化高墩构件设计

高墩作为山区高墩桥梁的核心受力构件，其设计合理性直接决定桥梁的抗侧移、抗地震能力，是抗震概念设计的核心要点之一。设计时需结合山区地形、地质条件及桥梁跨度，针对性优化高墩构件设计，摒弃不合理的构件参数设置。针对山区高墩柔度大、易产生水平位移的问题，合理优化墩柱截面尺寸与壁厚，增强墩柱的抗弯、抗剪能力，提升构件自身的抗震性能。同时，注重墩柱与基础的衔接设计，强化基础的承载能力与抗倾覆性能，确保墩柱在地震作用下不发生开裂、失稳，为桥梁结构安全提供坚实保障，全程规避任何结构选型相关内容。

3.4 合理选用支座与耗能装置

支座与耗能装置是山区高墩桥梁抗震设计的重要组成部分，其选型合理性直接影响桥梁的抗震耗能性能，是缓解地震作用、保护主体结构的关键。设计时需结合桥梁结构形式、高墩高度及地震动参数，合理选用适配的支座类型，优先选用具

有抗震、减震功能的支座，有效传递上部结构荷载，减少地震作用下的水平位移与振动传递。同时，可在桥梁关键部位设置合理的耗能装置，通过耗能装置的塑性变形吸收、耗散地震能量，减轻地震作用对墩柱、主梁等核心构件的损伤，降低结构破坏风险。另外，需注重支座与耗能装置的协同配合，确保其在地震作用下能够正常发挥作用，避免因支座损坏、耗能失效导致结构受力失衡，进一步提升桥梁的抗震防护能力。

3.5 强化构造细节设计

构造细节设计是山区高墩桥梁抗震概念设计的重要补充，也是规避局部薄弱环节、提升结构抗震可靠性的关键要点。山区高墩桥梁在地震作用下，局部构造薄弱环节易率先发生破坏，进而引发整体结构失稳，因此需强化各关键部位的构造细节设计。设计时需重点优化墩柱箍筋布置，加密墩柱塑性区箍筋，提升墩柱的延性与抗剪能力，避免墩柱出现剪切破坏。同时，需优化主梁与墩柱的连接构造，增强连接部位的刚度与整体性，防止连接部位开裂、脱落。另外，还要注重基础与地基的衔接构造，针对山区地质不均匀的特点，优化基础配筋与尺寸，提升基础的抗沉降、抗倾覆能力，并加强桥面附属结构与主体结构的连接，避免地震作用下附属结构脱落造成二次伤害，确保桥梁结构整体抗震性能达标。

4 山区高墩桥梁抗震概念设计的结构选型

4.1 结合山区地形地质，适配选型基础条件

山区高墩桥梁结构选型，需紧密结合工程所处的地形地质条件，确保选型方案与场地环境高度适配，从源头提升结构抗震可靠性。相关部门需全面梳理场地地形高差、地质构造、地层分布及地下水情况，结合区域地震动参数，针对性开展结构选型。地形高差显著的区域，选型时需兼顾结构受力均衡与施工可行性，避免因地形适配性不足导致结构受力集中，加剧地震作用下的破坏风险；地质条件复杂、存在地质隐患的区域，需优先选用对地质适应性强、抗倾覆能力突出的结构形式，强化结构与地基的协同作用，减少地质因素对结构抗震性能的不利影响。另外，还需结合山区施工场地受限、运输不便的特点，选型时兼顾结构施工便捷性，避免选用施工工艺过于复杂的结构形式，确保选型方案既符合抗震要求，又适配山区工程实际条件。

4.2 立足抗震核心需求，优化主体结构选型

主体结构选型直接决定山区高墩桥梁的抗震效能，实施过程中需立足抗震核心需求，围绕结构刚度、延性与抗侧移能力，优化主体结构形式选择。高墩桥梁墩身高、柔度大、地震作用下水平位移明显的特点，选型时需优先选用抗侧移性能优良、延性较好的主体结构形式，合理平衡结构刚度与延性，避免结构过于刚硬导致地震作用力集中，或过于柔缓导致位移过大。相关部门需结合桥梁跨度、高墩高度，优化主体结构的受力体

系,确保结构各构件协同受力,合理分配地震作用力,减少局部构件应力集中现象。同时,注重主体结构 with 抗震构造的协同适配,选型时充分考虑后续抗震构造的优化空间,确保主体结构能够与耗能装置、支座等协同发挥抗震作用,进一步提升结构整体抗震性能,规避地震作用下的结构失稳风险。

4.3 兼顾受力合理性,优化高墩结构选型

高墩作为山区高墩桥梁的核心受力构件,其结构选型是抗震概念设计的关键,实施过程中需兼顾受力合理性与抗震可靠性,针对性优化高墩结构形式。结构选型时,需结合高墩高度、受力特点及地震动参数,合理选择高墩结构形式,优先选用能够有效分散受力、提升抗侧移能力的结构类型,优化高墩截面形式与尺寸设计,增强高墩的抗弯、抗剪能力与延性。针对高度较大的高墩,选型时需注重结构自重与刚度的平衡,在减轻结构自重的同时,确保结构具备足够的抗侧移、抗倾覆能力,避免高墩在地震作用下出现开裂、屈曲或失稳。同时,需强化高墩与基础、主梁的衔接选型,确保衔接部位结构可靠、受力顺畅,减少衔接处的应力集中,提升高墩结构的整体抗震性能,为桥梁整体安全提供保障。

4.4 协同配套结构选型,完善整体抗震体系

山区高墩桥梁的抗震性能依赖整体结构体系的协同作用,实施过程中需注重主体结构与配套结构的选型协同,完善整体

抗震体系,提升结构整体抗震能力。实施时,需结合主体结构选型,合理选用适配的支座、耗能装置、防震缝等配套结构,确保配套结构与主体结构协同发挥抗震作用。支座选型需优先选用具备抗震、减震功能的类型,可以有效传递荷载、限制水平位移,减少地震作用下的振动传递;耗能装置选型需结合结构受力特点,合理布置在关键受力部位,通过塑性变形吸收、耗散地震能量,减轻主体结构损伤。同时,合理设计防震缝的布置形式与间距,选型时兼顾结构单元的分隔效果与抗震协同性,防止地震作用下各结构单元相互碰撞造成损坏,确保配套结构与主体结构形成有机整体,构建完善的抗震体系,全面提升山区高墩桥梁的抗震防护能力。

总而言之,山区高墩桥梁抗震概念设计要点与结构选型,是保障山区桥梁抗震安全、推动山区桥梁工程高质量发展的核心支撑,二者紧密关联、协同发力,共同决定着桥梁结构的抗震性能、受力合理性与长期稳定运行能力。山区高墩桥梁设计面临地形条件复杂、抗震防护要求高的双重挑战,只有精准把控抗震概念设计各项关键点,科学优化结构选型方案,兼顾场地适配性、结构安全性与工程经济性,强化各设计环节的协同管控,才能有效规避地震作用下的各类安全风险,全面提升桥梁抗震防灾能力,进一步完善山区桥梁抗震设计体系,切实守护山区交通生命线安全,推动山区桥梁建设向安全化、精细化、可持续化方向稳步前行。

参考文献:

- [1] 许延祺,赵洁.山区高墩桥梁上部结构选型讨论[J].公路交通技术,2025,41(01):110-117.
- [2] 宣秀珍.山区高墩桥梁抗震设计[J].建材与装饰,2024,(40):272-273.
- [3] 梁余定.山区高速公路深谷地形桥梁选型设计研究[J].工程与建设,2024,30(05):625-628.
- [4] 王岩.山区高墩桥梁抗震概念设计探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2024,9(11):373-375.
- [5] 刘文华,黎立新.山区高墩桥梁抗震设计[J].公路,2023,(07):67-72.