

山区高墩桥梁施工期稳定性保障措施研究

李 侠

云南交投公路工程养护有限公司 云南 昆明 650228

【摘要】：山区高墩桥梁由于其复杂的地形和特殊的施工技术，使得其施工过程中的稳定控制是该项目的重点和难点。针对山地高墩桥梁地形复杂、地质条件复杂、对临时结构依赖性强等问题，提出保证施工过程中施工过程稳定的重要性。围绕基础—桥墩—临时结构—施工机械等方面，对基坑开挖、桩基施工、模板支撑优化、混凝土控制和预应力控制等关键过程进行深入研究。将为山区高墩桥梁施工期的稳定控制和控制奠定基础，有助于提高该类项目的安全控制能力。

【关键词】：山区；高墩桥梁；稳定性；保障措施

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.020

随着我国云南、贵州等地区山区高速公路的建设，高墩桥梁工程数量显著增多。但是施工过程中的失稳风险却频繁发生，严重阻碍了项目的顺利实施。山区高墩桥梁具有桥墩高度高、地形险峻、地质复杂、气候多变等特点，存在基础不稳定、桥墩开裂和临时结构倾覆等问题，极易导致桥梁结构的安全隐患。保证施工进度稳定是防范风险，保证工程质量的重要条件，它不仅影响着施工人员的生命安全，而且还影响着工程的投资收益和使用年限。因此，从施工基础、墩身、临时结构和设备三个层面，研究相应的保证方法，以期为类似的建设项目的建设提供一定的理论支持和实际参考。

1 山区高墩桥梁的特点以及保障施工期稳定性的重要性

山区高墩桥梁是山地交通运输的关键建筑，其施工条件和构造特征与平原桥梁有较大差异，施工过程中的稳定控制是项目的关键问题。受山区地形、地质和气候等自然因素的限制，该类桥梁表现出明显的工程特点，其施工过程中的稳定问题，将关系到整个工程的安全、质量和效益。

1.1 山区高墩桥梁的特点

山区高墩桥梁的施工地貌和地理环境的复杂性和多样性是其最显著的内核特点。山区多峡谷、陡坡地形，往往需要穿越深沟险涧，桥墩高几十乃至数百米，桥墩长宽比例大，整体刚性较差，抗倾覆和抗变形的先天缺陷。此外，山地地区存在大量的滑坡、崩塌、岩溶、断裂和软粘土等地质灾害，且地下水存在条件较为复杂，极易诱发不均匀沉降和边坡失稳，给工程建设带来安全隐患^[1]。

山区昼夜温差大，强降水、大风、低温冻融等极端天气频繁发生，不但腐蚀了建筑工程中的临时建筑

和主要建筑，而且干扰了混凝土浇筑、张拉等重要环节的的施工品质，进而增加了工程的稳定隐患。

由于施工的空间有限和技术的复杂性，在山地地区，施工材料的运输和机械设备的布置十分困难，临时支撑体系和塔吊等设施的设置和固定受到地势的限制；高耸结构多为中空薄壁结构，模板支撑、高空泵送混凝土和分层浇筑等技术对其施工质量和稳定性提出了很高的要求，若各工序之间的连接不合理，很容易导致结构裂缝和墩身倾斜。

1.2 保障施工期稳定性的重要性

从工程安全性角度看，由于施工过程中的失稳，容易引发墩身倒塌、模板倾覆、边坡滑坡等一系列的安全事件，对作业人员的人身和财产都构成了极大的危害，严重的还会引起项目的停工，引发连锁反应^[2]。在施工过程中产生的沉降、变形和开裂等问题，将对桥梁的整体结构安全性能产生不可逆的作用，从而缩短其承载力和使用年限，并在运行过程中产生潜在的安全风险，并加大了后期维护费用。

从项目收益的角度来看，如果不能很好地控制稳定，就会造成建设进度的拖延和物资的浪费，还会在风险处理上投入更多的人力和物力，使项目的资金费用大大提高。而一个平稳的施工顺序可以保证各工艺过程的有效进行，从而达到对进度和投资的精确控制。另外，作为区域交通干道的枢纽节点，山区高墩桥梁的建设安全和质量不仅影响着山地公路网的连通和运行的稳定，而且对于促进区域经济发展和完善交通基础设施的布局都有着十分重大的意义，同时，确保施工期的稳定也是贯彻安全优先、质量为本的思想的主要表现。

2 山区高墩桥梁施工期稳定性保障措施

2.1 地基施工期间稳定性保障

2.1.1 基坑开挖稳定性保障

山区高墩桥梁深基坑稳定的关键是适应复杂的地貌环境，达到“挖固同步，防控与监测”的协同。施工队要根据斜坡坡度、岩土体的物理力学指标和地下水的分布情况，确定分层的施工方法，如斜坡、破碎地层等，基坑的坡度为1:1.2-1:1.5，分层布置的平台宽度不得低于1.5m，防止一次施工造成的边坡应力集中。还要有目的地选择相应的防护措施，对于软土和淤泥质的地层，应采取边坡与锚喷支护相结合的方法，喷浆混凝土的强度应达到C20以上，锚固为Φ22的螺旋钢筋，其间距为1.0—1.5m，打入稳固地层1.5m以上；在浅水处或有大量地下水的条件下，可选择钢板桩作为围堰，钢板桩的型式应视基坑的深浅而定，埋入的厚度要满足抗倾覆和抗滑移的要求，并在围堰的内侧安装一套支撑系统，以避免钢板桩的变形^[3]。建立“集水井+环状排沟”的排水体系，该体系宽30cm，深50cm，竖井15—20m，埋深1m，并配置大功率水泵实时排水，防止地下水浸泡基坑基底，防止岩土体软化引发坍塌。

2.1.2 桩基础施工稳定性保障

桩基是山区高墩桥梁的主要结构型式，其施工控制的关键是孔壁的稳定性 and 混凝土的灌注质量。在进行钻探之前，要精确地确定好位置，对钻机的底座进行加强，利用水准仪对其进行水准校正，同时对钻具的倾角进行实时监控，使其误差小于1%。针对不同的地层，对钻井液的密度进行适当的调节，将粘土地层的钻井液密度控制为1.1-1.2，对砂砾层采用1.2-1.4的方法，利用泥浆的流动将钻井液输送到地层中，并在其表面生成一层泥壳，以防止塌孔和缩径。当钻孔达到设计高程后，利用超声探头对其进行检查，发现有缺陷的地方应立即扩大。在施工中，将导管的管径定为250-300mm，在灌注之前先对其进行水压测试，并将其与孔口的距离控制在30-50cm之间，每一次的灌注都要保证导管的埋设深度达到1.2m以上，同时，在浇筑时，匀速提升导管，埋深始终保持在2~6m，杜绝导管脱节或埋深不足导致断桩。

2.2 高墩桥梁墩身施工期间稳定性保障

2.2.1 优化模板与支撑体系

高墩模板及支架系统作为施工过程中的关键受力构件，其强度、刚度和整体稳定要求均需满足。模板选择高强度的复合式胶合板或者钢板作为模板，钢板

的厚度在6mm以上。通过模块化组装的方式，将两块板之间的接头用螺钉固定，然后在接缝处贴上密封胶，这样可以有效地避免渗漏和加强节点的整体性。采用的是圆盘式的支架，它的立杆之间的距离不超过1.5m，横杆的步距不超过1.2m，与桥墩的高度相联系，对荷载进行计算，包括模板重量、混凝土重量、施工荷载和风力荷载，其中的安全系数不低于1.3。在支架的下方安装垫块和清扫棒，清扫棒离地不大于20cm。设置可以和桥墩紧密相连的连墙件，它的垂直距离不大于3m，保证了它和主体的共同工作。在施工过程中，每天对其进行模板和支架系统的检测，主要是对螺栓松动、立柱下沉、剪刀撑变形等进行检测。

2.2.2 混凝土施工稳定性管控

山区高强度混凝土的浇筑要求适应高空浇筑和温差大的特性，从拌和浇筑到养护全过程控制其稳定性。通过优选P.O42.5普通硅酸盐水泥和多羧酸型高性能超塑化剂和膨胀剂，降低水剂用量按流动性要求为0.8%—1.2%，膨胀剂用量占全部胶凝材料8%—10%，提高混凝土的抗裂和流动性能，保证其顺利地泵送，适配山区长距离、大落差的要求^[4]。在施工过程中，为了防止弯曲角过大，将泵管沿着脚手架固定，并采取分层的方式，将各层的厚度控制在50cm左右，并通过插入振动棒进行振捣，振捣持续20—30秒，直到混凝土的表层不再下沉，没有气泡溢出，振捣的间隔不得大于振捣器作用半径的1.5倍，杜绝漏振、过振导致混凝土密实度不足。由于山区白天和夜晚的温度差异较大，所以在施工结束后2个小时之内，要进行保温保湿的综合养护，即在混凝土浇筑后2个小时之内，将其进行覆膜，在墩身外面搭建保温室，并通过喷水装置定期浇水，使其表面始终处于潮湿状态，养护期至少要14天。

2.2.3 预应力稳定性控制

预应力施工质量直接影响高墩结构整体性与稳定性，需严格执行“双控法”管控。具体见表1。

表1 高墩桥梁预应力稳定性控制

施工环节	核心保障措施	关键参数控制
预应力张拉	1.遵循设计张拉顺序，采用对称分步张拉工艺；2.分级张拉并持荷观察；3.双控法管控张拉质量，超出差值及时停工排查	1.张拉顺序：从墩身中间向两侧分步张拉；2.分级应力：设计应力的10%、20%、50%、100%，每级持荷2分钟；3.差值控制：实际与理论伸长量差值≤±6%，排查孔道摩阻、设备精度等问题

孔道压浆及锚头处理	1.张拉完成后及时压浆; 2.选用指定压浆材料并掺入阻锈剂; 3.控制压浆压力, 确保充盈; 4.及时封堵锚头防腐	1.压浆时限:张拉完成后24小时内; 2.材料参数:水泥浆水胶比0.4~0.45, 掺入阻锈剂; 3.压浆压力:0.5~0.7MPa; 4.锚头处理:压浆后及时封堵, 防止预应力筋锈蚀
-----------	---	---

注: 续表 1。

张拉前, 对预应力筋、锚具、夹具等进行进场检查, 保证预应力筋的拉伸强度和锚固性能指标符合设计标准。张拉顺序按设计要求进行, 由墩中部向左右逐级张拉, 每次张拉后保持 2min, 观测预应力筋的受力状况, 通过“双控”方法, 以应力控制为主要手段, 以延伸率检验为辅助, 张拉质量的“双控”方法, 将实测的伸长量与实测的伸长量之差控制在±6%之内, 如有偏差, 则及时中止张拉, 并进行孔道摩阻、设备精度等方面的检查, 并进行修正。

2.3 临时结构与施工机械稳定性保障

2.3.1 临时结构管控

山区桥梁临时建筑(脚手架、塔吊和施工平台)受地形和强风等因素的强烈作用, 需要加强特殊的设计和全程控制。针对山地大风(最大风力可超过 8 级)、地形坡度等因素, 对其进行荷载试验, 包括自重、施工荷载、风荷载和地震荷载, 并通过相关的专业人员进行验证。在施工之前, 要对现场进行清扫, 保证基础平整, 压实, 承载力符合规定, 施工时要按照设计的间隔和连接方法进行, 不能随便改变竖杆和横杆的布置^[5]。塔式起重机的基础需要建立在稳固的地层或者是经过加强的地基上。在安装完成之后, 要对其进行垂直度检查, 使其误差不超过 4‰。另外, 还需要增加一个抗风缆索, 使其与地表之间的角度保持 30~45°, 固定点可以选择一些稳固的永久性建筑物或

者是特殊的锚。在施工过程前进行专门的检查, 主要是对节点的连接、承载力和防翻等进行检查, 通过后才能进行施工; 对建筑进行常规的维修和加固。

2.3.2 对建筑机械作业的控制

工程机械作业标准化对保证建筑工程的稳定具有十分关键的作用, 需要从安装、运行和维护三个方面对其进行控制。在进行机器的安装和拆除之前, 要做好专门的计划, 在远离不良地质地区、边坡危险地段和高压电线等障碍物的同时, 在进行塔吊、混凝土泵车等大型机器的装配过程中, 还需要使用专门的设备来进行配合, 以保证其安装的准确性。在拆除过程中, 要遵循“从上到下, 逐步拆解”的原理, 禁止违章作业^[6]。施工人员需要持有相关的证书, 并且要经过专门的岗位训练, 要对装备的使用规则和山地建设的危险点都非常了解, 在工作的过程中, 要按照一定的标准去做。在使用起重机的時候, 要对吊装的速度和范围进行一定的控制, 要避免在人流比较多的地方进行作业; 钻机及泵车作业时, 应将机体固定好, 避免由于地面的倾斜而造成机器翻倒。制定机器的日常维护系统, 在每天工作之前都要对其进行例行的检测, 对制动系统、液压系统、传动系统等重要部分进行检查, 每个星期都要进行一次专门的维修。

3 结语

山区高墩桥梁施工期的稳定保证需要从基础、墩身、临时结构到施工机具等各个阶段进行系统的工作。通过对施工过程中各个环节的安全控制进行分析, 提出了多维控制思想, 可以对施工过程中各种稳定风险进行有效防范。受研究范畴限制, 针对极端气候条件下的防治对策的优选尚有扩展的余地。在此基础上, 深入开展计量适应性研究, 并将智能监控手段应用于实际项目中, 以提升安全保障系统的可靠性。

参考文献:

[1] 周南.山区高墩桥梁模板支撑体系变形监测技术[J].企业科技与发展,2025,(07):121-124.
 [2] 张春风.高烈度复杂山区环境高墩桥梁结构抗震设计研究[J].工程技术研究,2025,10(09):180-182.
 [3] 韩星煜.翻模技术在山区桥梁高墩施工中的运用[J].广东建材,2024,40(08):164-167.
 [4] 宁朝阳,葛健,蒲春,等.基于无人机精细航线规划的山区高墩桥梁三维建模研究[J].公路,2024,69(05):147-152.
 [5] 范时梟,周述美,阴光华,等.桥梁高墩集成式造墩机设计与结构分析[J].工程技术研究,2023,8(23):163-165.
 [6] 田英侠,张墨.近场地震动作用下墩高差对高墩桥梁的影响分析[J].西安工业大学学报,2023,43(01):15-22.