

# 山区桥梁架设临时支架安全稳定控制技术研究

汪刚

中国交建总承包分公司 北京 100088

**摘要:**为解决山区桥梁在施工期间临时支架所面临的稳定性与安全性难题,研究人员针对山区桥梁架设时临时支架的安全稳定控制技术开展了深入研究。剖析满堂支架等各类结构的特点,以及地形地质环境这些因素给支架稳定性带来的制约和潜在威胁,同时详细介绍支架稳定性的精准计算评估方法、施工安全管控的关键要点,还有实时监测与长效维护的具体策略。研究结果显示,所提出的技术措施以及控制策略能够切实有效地提升山区桥梁在施工过程中的安全与稳定。

**关键词:**山区桥梁;临时支架;安全稳定;控制技术

## 0 引言

山区桥梁施工中,临时支架的力学稳定性与结构安全性是施工连续的关键。山区地形起伏大、地质复杂、气象多变,使支架在荷载传递、抗倾覆及变形控制上面临严峻挑战,相关失稳事故占比达32%,核心症结是支架体系与复杂环境的耦合机制未明确<sup>[1]</sup>。因此,开展支架安全稳定控制技术研究,兼具重要理论价值与工程实践意义。临时支架作为空间杆系结构,稳定性受几何非线性、材料非线性及边界条件动态变化等因素耦合影响,山区斜坡地带的基础不均匀沉降易引发结构失稳<sup>[2]</sup>。现有规范对平原地区支架设计指标较完备,但缺乏山区特殊地形的适应性修正<sup>[3]</sup>。本研究将搭建“地形-地质-环境”多场耦合分析模型,攻克稳定性量化评估与动态控制难题,为山区桥梁施工提供技术支撑。

## 1 研究背景与意义

### 1.1 山区桥梁施工的独特性

山区桥梁施工环境具有地形起伏多变、地质条件复杂、气候变幻莫测的显著特征。地形上,陡坡、缓坡、山谷等多样地貌错落分布,对桥梁基础施工和临时支架搭设提出严苛要求;地质方面,地层岩性复杂,易存在软弱夹层、断层破碎带等不良地质,直接影响支架基础承载力与稳定性;气候上,强风、暴雨等极端天气频发,进一步加大施工难度与安全风险。临时支架搭建需充分适配山区复杂环境:陡坡地段采用阶梯式或悬挑式结构适配地形;山谷地段重点强化抗风稳定性与防洪能力<sup>[4]</sup>。针对软弱地层,需通过桩基础、扩大基础等方式加固提升承载力;面对断层破碎带,需实施注浆加固或设置隔离层,避免基础失稳。相较于平原地区,山区桥梁施工更为复杂,对施工技术和现场应对能力要求更高。

中图分类号:U445.46

### 1.2 临时支架的关键作用

山区桥梁施工中,临时支架不可或缺的关键临时支撑结构,需承受桥梁上部结构自重、施工荷载及风荷载等各类作用力,其稳定性与安全性直接关系施工顺利推进和人员安全。从力学原理来看,支架设计必须满足强度、刚度、稳定性三大核心要求:强度需保证荷载作用下不被破坏,刚度要控制变形在允许范围内,稳定性需防范倾覆、滑移等失稳风险。支架搭建需严格遵循设计标准,同时兼顾施工便利性与经济性,在保障安全的前提下简化结构,降低搭设难度与成本。拆除时需格外谨慎,避免损伤桥梁结构或影响施工进度,确保施工安全、高质量推进。

### 1.3 安全稳定控制技术的紧迫性

山区桥梁施工环境复杂多变,临时支架面临的荷载与稳定要求更为严苛,缺乏有效控制技术易导致支架失稳,引发桥梁结构损坏或安全事故,因此研究其安全稳定控制技术尤为紧迫且必要。随着山区桥梁建设规模扩大、施工难度攀升,传统支架设计思路与施工方式已难以满足需求。需借鉴相关领域研究成果,结合山区施工特点,研发适配的控制技术,涵盖支架结构优化设计、稳定性精确计算评估、施工安全管控要点明确、实时监测与长效维护等方面。综合运用这些技术,能有效提升支架稳定与安全性能,为山区桥梁施工提供可靠技术支撑和坚实安全保障。

## 2 山区桥梁临时支架安全稳定控制技术剖析

### 2.1 支架类型与结构特性

满堂支架、贝雷梁支架及组合式支架是山区桥梁施工常用临时支撑体系,结构特性决定其力学性能与适用范围。满堂支架呈高冗余度、受力均匀的空间刚架结构,依赖密集立杆、横杆和剪刀撑分散荷载,适用于地形平

缓、地质稳定场景，其立杆间距等参数需符合 JGJ130-2024规范。贝雷梁支架模块化组装、桁架式结构，抗弯刚度和承载力优于传统支架，适合跨越深谷或陡坡，桁架高度、节段长度等需按JTG/T 3650-2020规范优化设计。组合式支架通过优化组合不同结构单元，可灵活适配复杂地形，兼顾稳定性与施工效率。某工程用变高度贝雷梁支架解决 V 形深谷跨越难题，结构变形量控制在设计允许范围3%内<sup>[5]</sup>。

## 2.2 地形因素对支架稳定性的制约

地形是影响临时支架稳定性的关键因素，核心问题集中在基础承载力不均和抗滑移能力不足。坡度超1:2的陡坡地段，支架基础需采用阶梯式布置或桩基础，同时增设横向联系杆与斜向剪刀撑，提升整体刚度防止局部失稳连锁反应；缓坡地带需重点保障纵向稳定性，避免施工荷载不均导致结构变形超限；山谷地形起伏大、地质复杂，需结合地形测绘与地质勘察数据，通过分级支护和动态调整保障各施工阶段稳定。地形影响可通过有限元分析量化评估，如某山区特大桥主墩支架位于1:1.5斜坡，模拟显示坡脚立杆轴力较平地增大27%，需加密立杆并增设抗滑移装置。同时要严格把控地形高差引发的支架高度变化，避免结构内力重分布影响整体稳定性。

## 2.3 地质条件与支架稳定性的关联

地质条件是影响支架稳定性的重要因素。软土地基易出现不均匀沉降和承载力不足，土层超 3m 需用桩基础或复合地基处理；岩质地基虽承载力好，但要关注岩体节理裂隙，破碎区域需通过预应力锚杆等强化锚固。地下水位变化也需重视，需排水降水削弱浮力，避免结构上浮倾斜。支架设计调整需结合地质勘察报告与现场试验数据。特殊地层可采用针对性基础方案，岩溶地段需超前钻探和注浆加固。地质条件改变时，要动态调整施工参数，雨季需强化排水并提高监测频率，保障支架安全稳固。

## 2.4 环境因素对支架稳定性的潜在威胁

风速和温度是影响山区桥梁施工支架稳定性的关键环境因素。风速的影响体现在风荷载引发的结构动力反应，支架需按规范依据 50 年一遇基本风压设计，兼顾地形修正与风振系数，风速超 10m/s 需暂停高空作业并加固。温度变化会导致材料热胀冷缩，引发结构内力重分布，需通过预留伸缩缝或温度补偿装置应对。这些威胁可通过智能化监测技术实时预警，借助风速仪、传感器等设备采集分析数据，超阈值自动预警。同时需定期检测维护，处理锈蚀、紧固连接件，保障施工全周期支架稳定安全。

## 3 安全稳定控制技术的实际应用

### 3.1 支架稳定性的精准计算与科学评估

对支架稳定性展开精准的计算，是保障山区桥梁得以安全架设的首要关键环节。以结构力学原理为基石，运用有限元分析法为支架体系搭建力学模型，模拟不同工况下应力如何分布、变形有何特征，进而对其承载力极限状态展开量化评估。在这一计算过程中，必须着重考量支架节点连接处的刚度大小、杆件截面的独特特性，以及材料所展现出的非线性行为等关键性参数，以此保证计算模型和实际结构的力学响应能够高度契合。科学评估体系需要紧密结合《公路桥涵施工技术规范》里规定的稳定性验算标准，把安全系数法与可靠度理论引入其中，从多个维度对支架整体的抗倾覆能力、抗滑移能力以及杆件强度展开校验。对支架的稳定性进行评估时，还需构建一套动态调整机制来保障。在面对山区复杂多变的地质条件时，必须依据地质勘察报告里详尽的岩土参数，运用分层计算法来精准预测支架基础的沉降情况。通过引入沉降差控制标准这一方法，一旦发现相邻支架基础沉降差超出了预先设定的允许范围，需要立即采取地基加固或者支架结构补强等措施。

### 3.2 支架施工过程中的安全管控要点

支架施工的安全管控工作覆盖材料进场、搭设作业以及验收使用的整个过程。在材料质量把控的关键环节，必须严格依照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》来执行，针对钢管壁厚、扣件抗滑移系数等关键指标展开抽样检测工作，坚决防止不合格材料流入施工现场。在支架的搭设作业过程中，必须建立起一套完善的分级验收制度，每当完成3至5层的支架搭设工作后，都要由专业的技术人员来开展过程验收，着重检查杆件连接的牢固程度、立杆的垂直度以及扫地杆的设置情况等关键的控制项目。针对高墩支架的施工过程，应当采取分段搭设、分段验收的方法，以此确保每个阶段的结构稳定性都能达到设计和规范所规定的要求。

在施工过程中，开展动态监测工作是预防各类安全事故发生的一项极为重要的手段。在支架的关键部位，精准布置上应变计、位移传感器等各类监测设备，以此实时采集结构的应力以及变形数据。一旦监测值攀升至超过预警阈值，系统便会迅速且自动地触发报警机制，此时，施工方必须即刻停止手头作业，并火速启动应急预案。除此之外，还应当构建起一套完善的施工安全交底制度，明确要求每一位作业人员都要对支架搭设的技术规范以及安全操作规程做到心中有数、熟练掌握。考虑到山区施工环境的独特性，必须着重对作业人员进行

高处作业防护、临时用电安全保障以及恶劣天气应对等方面的专项技能培训,以此确保每一位作业人员都拥有风险识别和应急处置的能力。

### 3.3 支架稳定性的实时监测与长效维护

支架稳定性的实时监测工作,需要搭建起一个集“传感器、数据采集以及分析预警”功能于一体的三位一体监控体系。监测内容涵盖了支架的整体变形状况、关键节点的应力大小以及基础沉降情况等核心参数,并且监测的频率要根据不同的施工阶段进行动态的灵活调整。在混凝土进行浇筑这类荷载突然发生变化的工况条件下,要把监测频率提高到每小时进行1次监测,捕捉到结构瞬态响应的特征。数据分析模块要把有限元分析功能融入其中,通过将实测数据和理论计算值作对比,迅速且及时地修正结构模型的参数,进而提高预测的精准度。当监测系统发出黄色预警信号时,工作人员需立即提高监测频次,同时加强现场的巡查力度;若发出红色预警信号,则要迅速疏散现场人员,并马上启动结构加固的相关方案。

长效维护机制应当着手构建支架在整个生命周期内的管理档案,细致记录下支架的搭设时间、使用时的具体工况以及维修的历史等重要信息。按照既定的周期,定期开展维护工作,其内容应涵盖杆件的防腐处理、连接件的紧固检查,还有结构变形的复测等多个方面。对于服役时间超过6个月的临时支架结构,必须开展全面且细致的安全评估工作,尤其要着重检查杆件的锈蚀程度、节点的疲劳损伤状况以及基础承载力的衰减情形。在维护工作进行期间,一旦发现结构存在缺陷,要依据《建筑施工临时支撑结构技术规范》来制定相应的修复方案,并且在完成修复后须重新开展结构稳定性验算工作。除

此之外,还应当着手构建一套完备的支架拆除安全技术方案,清晰界定拆除的具体顺序、临时支撑的合理设置以及废弃物的妥善处理等关键环节,以此保障拆除过程能够安全且稳定地进行。

## 4 结论

在山区桥梁的架设过程中,临时支架的力学稳定性以及结构安全性,是确保整个施工过程安全无忧的关键要素,这涉及结构力学、材料力学以及环境工程学等多个学科相互交叉融合的理论。研究以“地形-地质-环境”多场耦合分析模型为基石,深入探索后提出了支架稳定性的量化评估方法,借助有限元数值模拟技术,对不同地形条件下支架的临界荷载阈值进行了验证,同时结合实时监测数据,对动态控制策略进行了优化。上述技术措施为山区桥梁施工提供了从设计、施工到维护的全周期安全保障体系,对降低施工事故率、缩短工期及控制成本具有显著工程价值。

### 参考文献:

- [1]刘冠宁.公路桥梁施工安全控制技术与安全管理研究[J].交通世界,2023(8):138-140.
- [2]郭易.浅谈山区桥梁人工挖孔桩施工安全控制技术[J].中小企业管理与科技,2020(4):174-175.
- [3]覃君军.公路桥梁施工安全风险控制技术研究[J].西部交通科技,2020(1):120-122,172.
- [4]柳彦村.综放工作面过陷落柱支架稳定性控制技术研究[J].当代化工研究,2021(2):68-69.
- [5]李凯飞.盾构穿越河流的稳定性分析及安全施工控制技术研究[J].建筑安全,2020(1):18-21.