

山区高速公路桥梁施工难点

刘燕飞

内蒙古路桥集团有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010051

摘要：山区高速公路建设是我国交通基础设施发展的重要内容，在此过程中桥梁工程起着举足轻重的作用。由于地形复杂、地质条件差、气候恶劣等多种原因，使得山区高速公路桥梁施工遇到很多问题和困难。本文对施工场地情况、桥梁基础施工、高墩高架结构施工、预应力混凝土连续刚构桥施工、隧道桥梁连接部位施工及施工安全等问题进行了详细探讨并提出了对策建议。研究表明，山区桥梁施工难题主要表现为地形受限以及地质条件不稳定，必须采用新技术新工艺进行施工同时加强科学管理和有效监控才是解决问题的根本途径。本论文希望对今后山区高速公路桥梁施工起到一定借鉴意义。

关键词：山区高速公路；桥梁施工；高墩施工；施工难点；技术对策

引言

伴随着我国高速公路网向西部山区、丘陵地区延伸，山区高速公路建设里程日益增长。而山区地形起伏较大、沟壑交错、地质条件复杂，导致桥梁在整个项目中的比重明显提高，在某些路段桥梁占比高达80%以上。桥梁是连接峡谷、跨越障碍的重要建筑物，其质量和安全性直接影响到整个高速公路的运行及使用。但是相比于平原地区的桥梁施工，山区桥梁施工存在诸多问题。施工场地小、大型机械难以进入现场、原材料运输路程长、高空作业危险性高、天气变化无常等众多因素综合作用下使施工难度急剧加大。传统的施工方式在山地环境中很难适用，必须根据实际情况进行改进和完善。因此对山区高速公路桥梁施工存在问题进行总结分析，有利于提高施工速度，保证工程质量，减少安全隐患有着重大实际意义和现实意义。

1 施工场地条件受限的难点

1.1 施工便道修筑困难

山区地势起伏较大，便道需要在山腰处修建，需要进行大量的土石方开挖以及边坡支护工作。由于地形原因，便道较窄、弯道较多、纵坡较大，不能满足大型运输车辆使用要求。雨季时路面容易软化造成车辆打滑或者陷入，高海拔区域冬季降雪结冰，安全性较差。便道维修费用较高，在暴雨之后经常会发生塌方或者路基掏空的现象，需要不断修补。由于运输效率低下导致混凝土、钢筋等材料不能及时到位而影响桥梁连续施工。

1.2 施工场地布置困难

桥梁施工需要建设拌合站、钢筋加工厂、料场等临时设施，但由于山区平坦土地缺乏，在山坡上开挖或者填筑以形成平地，会增加工作量并且容易造成边坡滑

塌。各个施工点之间距离较远，相互之间配合困难。比如钢筋加工厂设在山脚下，但是桥墩在山腰或者山谷，钢筋笼运输是否顺利对工期有很大影响。

1.3 材料运输与供应困难

大多数材料需要从外面长途运输到工地现场，费用较高并且难以保证供应。当地的砂石料品质变化较大，不能达到高性能混凝土的要求，需要进行筛洗等工作。混凝土运输问题严重：运输时间较长会造成混凝土的坍落度下降甚至开始初凝；搅拌运输车在山路上行驶速度较慢，难以控制。高墩、高塔混凝土浇筑要使用泵或者塔吊来进行，高度及距离较大容易出现堵管、离析等问题。

2 桥梁基础施工难点

2.1 桩基施工地质难题

山区地质条件复杂，主要是风化岩层、破碎带、溶洞等地形，一个桥墩下不同位置可能会有非常不一样的地质情况。硬岩打桩效率低、钻头磨损严重；断层破碎地带容易出现坍塌、渗水、卡钻；在岩溶区可能出现钻头落入溶洞、泥浆流失甚至地面沉降等现象^[1]。超大直径桩或者嵌岩桩成孔质量难以把控。处于较陡地形上的桩基础需要清理平地、移除不稳定岩石以及防护，在施工过程中对于边坡进行开挖会造成边坡应力释放从而对成桩造成不利影响。

2.2 扩大基础与明挖基础难点

扩大基础需要大面积开挖斜坡基坑，容易产生边坡失稳。雨季坡面来水流进基坑影响施工并且使基底泡软。基坑弃渣乱倒会造成沟谷阻塞进而发生山洪或者泥石流而带来环境污染以及民事诉讼等。

2.3 承台大体积混凝土施工难点

主墩承台体积庞大，水泥水化生热造成内外温差较

大,容易出现温度裂缝问题。而山地地区日夜温差大以及风力变化无常都给这个问题带来更大困难。需要采用合理的配合比设计、使用低热水泥、设置冷却水管进行降温等方法来解决这个问题,但是在现场施工中往往缺乏稳定的电源供应及完善的监控设备,无法保证冷水能一直循环流动。

3 高墩与高架结构施工难点

3.1 高墩施工技术与管理问题

墩高超过50米甚至达到200米以上,主要问题是竖向精度及施工过程中稳定性问题。采用翻模法虽然简单但是速度慢、需要大量脚手架;而采用爬模法速度快但是设备费用昂贵并且要求同步性良好;滑模可以连续施工但是对混凝土初凝时间和滑模速度有较高要求,难以调节其垂直度,在施工过程中由于高墩处于悬臂或者高耸状态,峡谷风速大且变化剧烈,容易发生涡激振动或抖振,应做风洞试验以及风振计算。

3.2 高墩钢筋与预应力施工难点

高空钢筋绑扎定位、间距把控困难,一般使用劲性骨架来协助,但是劲性骨架制作精度影响钢筋位置。高空连接施工不便、安全隐患大^[2]。预应力混凝土高墩中,管道定位精度要求较高,容易出现堵塞、漏浆等现象;竖向预应力张拉及压浆都在墩顶完成,精度以及密实度对结构受力有较大影响。

3.3 盖梁与横系梁施工难点

盖梁、横系梁一般采用托架法或抱箍法进行高空作业。托架需要大量高空电焊以及螺栓拼接而成,托架刚度不足易造成底面标高偏差或者出现裂缝问题,在桥下净空较大情况下使用悬空模板体系,对于起吊设备要求较高并且大件起吊受到风力影响较大。

4 预应力混凝土连续刚构桥施工难点

4.1 挂篮悬臂浇筑施工难点

挂篮须分节段运输到现场后在空中拼接而成,过轻会导致刚度过低。行走时各个支撑点必须同时进行,否则出现偏差会引起倾覆或者梁体损坏,在悬臂施工过程中由于混凝土方量控制不当以及挂篮移动不同步等都会造成不平衡弯矩产生,如果不加以处理就会导致墩顶偏位或者箱梁裂缝。

4.2 合龙段施工难点

合龙段施工面临温度变化引起的梁体伸缩、收缩徐变导致的高程偏差及劲性骨架安装精度控制。宜在一天中温度最低且稳定的时段进行,但山区昼夜温差大,合龙窗口期短暂。两侧梁段高程、轴线若有偏差,需通过配重或顶推调整,计算复杂且需精密测量配合。

4.3 预应力体系施工难点

长束预应力筋(超100米)穿束与张拉困难,管道摩阻大、延伸量校核难。真空辅助压浆需保证管道密封性,山区条件下接头与锚垫板密封处理常不理想。压浆质量是耐久性关键,山区潮湿环境加剧锈蚀风险,若压浆不饱满锈蚀会迅速发展。锚固区混凝土承受巨大局部压力,锚下螺旋钢筋定位或锚垫板角度稍有偏差即可导致混凝土劈裂。

5 施工安全管理难点

5.1 高空作业安全风险

山区桥梁高墩、高塔、挂篮等工作位置均为高处,在高空作业过程中存在较大危险性。虽然设置有临边防护栏杆、安全网、防坠器等措施,但由于山区大风天气较多,导致上述防护设施容易损坏或者失效。长期处于狭小的空间内工作,易使工作人员产生紧张情绪以及身体疲惫感,稍有不慎即可能发生意外事故。上下高墩一般使用附着式爬梯或施工电梯:爬梯受到风吹作用而产生摇晃,施工电梯在峡谷风中运行的安全性也需要进行专门研究。发生突发事件时的应急疏散通道及方案不足。

5.2 地质灾害风险

山区施工场区附近存在诸多地质灾害风险。施工也会诱发或者加剧滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害:重型机械振动、基坑开挖卸载、爆破施工以及弃土堆放都会影响到边坡应力分布情况。而雨季时,雨水入渗使得岩土体抗剪强度下降,边坡稳定性急剧恶化^[3]。因此,在山区进行桥梁建设过程中需要做好地质灾害防范工作,在施工现场布置一定数量的位移监测点、雨量计等仪器设备。但由于经费及技术水平有限,有的工程监测覆盖率不高,报警标准设定不合理,难以起到及时警报作用。

5.3 火工品与爆破作业安全

山区桥梁桩基开挖、基坑开挖、便道修建过程中常有爆破作业。爆破器材的运输、储存及使用在山区中更易发生危险。爆破振动对面邻近桥梁基础、隧道围岩及边坡影响必须加以限制。部分项目爆破作业管理不到位,比如未按要求进行覆盖防护、警戒距离不够等,都加大了危险性。

6 技术对策与优化建议

6.1 优化施工组织与平面布置

根据山区场地狭小的特点,应采取集中与分散相结合的方式总体施工平面布置,在桥位附近选择较为空旷地方建一个材料加工场,然后用专门运输道路送到各个工作面上。混凝土拌合站可以考虑做成可移动式预制构件形式,随着不同墩位施工进度而变化位置。钢筋

笼实行工厂化生产、分段运输、在现场拼装的方法以节省施工现场占地面积。施工便道要考虑到远期和近期的关系,在满足一定要求下尽量提高其等级,增设错车位置以及排水等措施。对于高海拔或者冬季结冰时间较长的地方,研究使用保温路面或者安装融冰设备等措施。

6.2 强化地质勘察与基础施工控制

施工前应增加地质勘察钻孔数量,在岩溶发育地带、断层破碎带等地质复杂地段利用综合物探测明地下情况。桩基施工过程中依据不同的钻进情况及时判断地质条件,及时调整钻进方法以及泥浆性能。大直径嵌岩桩可使用旋挖钻机加筒钻、捞砂斗等进行施工以加快硬岩中的钻进速度^[4]。大体积混凝土施工时需建立温度场有限元计算模型,合理设置冷却管及测温点,进行动态温控。配合比设计上可添加一些优质的粉煤灰或者矿渣粉来减少其水化热最大值。浇筑时间尽量选择在温度较低的时间段内,如果有必要还可以对原材料进行预冷。

6.3 创新高墩施工技术体系

高墩施工应根据墩高、截面形状以及工期等因素进行比较选择施工方法。一般情况下,在墩高不超过80m情况下,使用液压爬模经济效益较好;而墩高在150m以上时,则可以采用智能爬升平台系统,集模板、钢筋、混凝土、养护于一体。大力推广高墩垂直度激光或者GPS在线检测技术,及时发现及纠偏。高墩钢筋施工使用钢筋定位胎架与辅助机械手,提高钢筋位置准确性和降低人工成本。竖向预应力管道采用高密度聚乙烯波纹管,增强其刚性和防水性。压浆施工使用循环式自动化压浆机,对压浆压力与流量进行双重控制,保证管道充实度。

6.4 提升悬臂施工技术水平

挂篮设计应尽可能减轻重量同时提高其刚度,在保证安全的前提下尽量使用高强度钢并合理设置杆件断面尺寸使挂篮系数控制在0.3~0.4范围内。挂篮走行宜采用油缸同步方式,并配有位移计以达到各个支点同步情况及时反馈的目的。对于第一次使用的挂篮需做荷载试验,测出非弹性变形以及弹性变形量。合龙前要对两边梁体高程、中线及里程进行不少于48小时连续观测,了

解温差影响下位移变化趋势。合龙时合龙劲性骨架要在预定合龙温度内迅速固定,劲性钢构件焊接或栓接必须满足要求。合龙段混凝土建议加入适量微膨胀剂以起到补偿收缩作用降低早期开裂可能性。

6.5 构建双重预防安全管理体系

山区桥梁施工需建立健全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制。结合桥梁高度、地形地貌及气象等因素确定主要危险源并编制相应的施工方案以及应急预案。加强每日班前安全生产教育培训工作和作业票管理,严格把控高空作业、爆破作业、大件起吊等重点环节现场旁站。地质灾害防御坚持“以测为主、主动防范”。安装GNSS位移监测仪、深层位移计、雨量计等设备,搭建自动化的监控报警系统。对于判定为严重威胁的边坡,在雨季增加巡查次数,规划好紧急疏散通道以及安置点等。

结语

山区高速公路桥梁施工面临地形约束、复杂地质、高墩大跨高空作业及气候多变四大难点,且相互叠加,须审慎应对。通过优化施工组织、强化前期地质勘察、因地制宜选择工艺、引入信息化监测及完善安全管理体系,可有效化解上述挑战。需强调的是,山区桥梁条件差异显著,不存在通用方案,施工决策必须紧密结合实际、充分论证。未来,随着BIM、无人机勘测、智能监测及自动化施工等技术的发展,施工将向智能化、信息化、机械化演进,难点应对将从被动适应条件转向主动技术创新,为我国山区交通建设提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]李远.山区高速公路桥梁施工难点和施工管理策略研究[J].交通世界,2022,(35):176-178.
- [2]蒋维,许勤.山区复杂地形条件下桥梁施工技术难点与应对方案[J].工程技术研究,2026,11(7):169-171.
- [3]葛全福.山区复杂地形下桥梁施工的技术难点与对策研究[J].科技资讯,2025,23(16):172-174.
- [4]李裕良,黎兴铨,文海珍.试论山区公路桥梁施工技术难点及解决方案[J].时代汽车,2025,(16):160-162.