山区公路桥梁桩基施工关键技术与质量控制研究

徐述伟

湖北交投远大交通实业有限公司 湖北 武汉 430014

【摘　要】：山区公路桥梁地形崎岖，地质条件特殊，存在场地受限、岩体松散、岩层渗水、溶洞发育等施工难题。桩基承载桥梁主体核心荷载，施工质量与安全把控桥梁整体稳定性与服役年限。本文依托山区高速峡谷桥梁工程，梳理人工挖孔桩、钻孔灌注桩桩基施工工艺，介绍钢筋笼与声测管安装关键技术。成孔清孔、钢筋安装、混凝土灌注环节明确质量标准，结合山区多雨与复杂地质，总结挖孔钻孔作业安全管控及病害处置方式。研究依托工程实例分析施工常见质量安全问题，提炼适配山区工况的施工防控技术，可为同类山区桥梁桩基施工提供参考。

【关键词】：山区公路；桥梁桩基；施工技术；质量控制；病害防控

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.026

引言

山区交通基建不断推进，公路桥梁建设范围持续扩大，桩基施工质量是山区桥梁建设的核心内容。山地地势起伏较大，大型设备进场不便，地层存在软硬交错、孤石、隐伏溶洞与集中渗水等问题，桩基施工难度高于平原地段。施工易出现塌孔、沉渣超标、桩体破损等问题，影响桥梁承载性能与施工进度。工程聚焦山区桩基施工难点，规避作业隐患，提升工程建设质量。文章结合多项山区桥梁施工实践，总结桩基核心施工工艺，细化各工序质控标准，梳理安全管控要点与地质病害处置方案，构建适配山区工况的桩基施工技术体系，助力山区桥梁工程提质建设。

1 山区公路桥梁桩基核心施工技术

（1）人工挖孔桩施工技术：人工挖孔桩适配山区窄小场地与设备受限工况，承台与承台梁可平衡桩基受力，造价低廉且抗震效果良好[1]。山区高速桥梁群桩发生集中渗水时，施工对单孔抽水作业，其余孔位保持原有水位，抽水孔收尾浇筑水下混凝土，消除塌孔隐患。土体以人工方式开挖，硬质岩体采用浅眼爆破，渣土通过卷扬机吊斗外运，孔深超十米开展井下通风，单次爆破开挖深度不超一米。工艺井下作业存在风险，流砂、涌水地层需及时调整施工方式，规避坍塌安全事故。

（2）钻孔灌注桩施工技术：钻孔灌注桩利用冲击钻、回旋钻成孔，适配山区软硬交替、岩体破碎地层，多用于高墩桥梁桩基。开孔选用小冲程、高浓度泥浆，导层投入泥膏、片石加固孔壁，钻机入岩恢复常规冲程，起伏岩面填入黏土整平孔底。钻头磨损超出 15mm 即更换，冲击锤作业区域布设安全警戒。峡谷山区桩基穿越孤石与破碎岩层，浅层实施人工挖孔，深部基岩采用冲击钻成孔，保障成孔稳定。渣样对照地质剖面判断地层变化，成孔后依靠取渣桶或换浆法清渣，孔口周边不堆放废渣，减少荷载造成的孔口变形坍塌。

（3）钢筋笼与声测管安装技术：钢筋笼与声测管安装影响桩基受力与检测作业。钢筋笼分节预制吊装，护筒两侧设置 10cm 高枕木并以工字钢加固，节段套管对接对齐中心，缓慢下放防止划伤孔壁[2]。钢筋加工误差规范管控，保护层厚度误差维持±10mm，减缓钢筋锈蚀速率。现场使用φ57mm×3.5mm 声测管，1.5m 以下桩径设三根管道呈 120°布置，1.6m 以上桩径设四根管道呈 90°布置，接缝焊接密实杜绝渗水，管底距笼底 5cm，管顶高出地面 40cm 且封闭管口。部分工程焊接缝隙疏漏引发泥浆入管，堵塞检测通道，只能通过钻芯复检，增加工程工期与建设成本。

2 桩基关键工序质量控制要点

（1）成孔与清孔质量控制：成孔清孔决定桩基施工品质，勘察资料用于绘制地层柱状图，核对桩位。钻机就位检查稳固状态，防范偏移倾覆。成孔后实施自检，群桩中心偏差≤100mm，单排桩≤50mm，倾斜度不大于 1%，孔深不低于设计深度 50mm，自检结果递交监理核验。桩孔达到设计标高并验收后启动清孔，维持孔内水位平稳，清孔泥浆相对密度 1.03-1.10kg/m^3，黏度 17-20Pa·s，含砂率低于 2%。岩溶峡谷部分项目桩孔尺寸达标，孔底沉渣超限降低桩基承

作者简介：徐述伟，男，1995 年 8 月出生，湖北潜江人，本科学历，助理职称，研究方向：道路工程。

载力。泥浆参数与沉渣厚度和几何尺寸共同构成桩基质量管控核心。

（2）钢筋骨架安装质量控制：钢筋骨架管控覆盖加工、转运、吊装全过程。硬化平整场地保障加工精度，主筋、箍筋误差为±5mm、±10mm，骨架外径偏差±8mm，倾斜度≤0.5%。骨架转运铺垫柔性垫层防变形，采用专用吊具，摒弃单点起吊。节段对接主筋对齐，套管紧固无错位。钢筋笼垂直下放，规避孔壁磕碰，就位校核顶底高程，误差±10mm、±20mm，依托定位件固定保护层。保护层尺寸异常会诱发钢筋锈蚀或减小桩基有效截面。山区陡坡施工转运钢筋笼易产生形变、扰动孔壁，改良托架与缩短单节笼长可根除该类施工隐患。

（3）桩基混凝土灌注质量控制：混凝土灌注分钻孔桩水下灌注、挖孔桩干孔灌注。钻孔桩采用内径 300mm 导管，法兰垫胶防漏浆，导管下放后二次清孔，沉渣≤30cm 方可灌注。首批混凝土浇筑测定导管埋深，每次提管复测，埋深维持 2m 以上，留存灌注记录，后期泥浆阻力偏大可稀释泥浆。人工挖孔桩分层连续浇筑，振捣快插慢拔，串筒口距混凝土面≥2m 防范离析，桩顶超设计标高 10cm。少量渗水直接浇筑，涌水则改用水下混凝土。山区项目孔内积水未排便开展浇筑，桩头混凝土疏松，只能凿除重浇，印证积水管控为灌注工序重点。

3 山区桩基施工安全及病害防控

（1）钻孔作业安全管控：山区多雨且地形复杂，钻孔施工需适配特殊工况。施工前结合地质气象资料编制专项方案，落实防雨措施。雨后构件摩擦力降低，施工需安全员监护，人员穿戴防滑劳保，结合天气调整工期、储备物资，减轻雨季施工影响[3]。钻机平台做好排水，防止地基泡水沉降，冲击钻作业划定警戒区，出现滑坡隐患及时调整物料运输方式。某峡谷项目强降雨致泥浆池损毁、护壁失效，引发塌孔和钻具掩埋，问题源于排水缺陷与应急预案缺失。山区钻孔施工既要管控钻进参数，也需重视场地排水及极端天气应急处置。

（2）人工挖孔安全管控：人工挖孔安全管控聚焦井下有限空间防护。下井人员佩戴安全帽，卷扬机钢丝绳安全系数取 5-6，出现断丝即刻更换。井口围护高出地面 25-30cm，阻隔坠物。岩体爆破严控药量，加固孔壁，通风排净有毒气体后方可下井。现场地质与勘察资料差异大、存在坍塌风险，即刻停挖改用钻孔工艺。孔壁开裂渗水，停工浇筑混凝土护壁并上报监理拟定处置方案。孔底积水难以抽排，切换水下混凝土灌注。花岗岩全风化地层挖孔项目，抽水诱发流砂造成护壁垮塌，现场及时更换工艺，依托泥浆护壁保障人员与结构安全。

（3）复杂地质施工问题处置：山区桩基易遇破碎岩体、裂隙渗水、孤石、隐伏溶洞等不良地质，施工需动态复核地质，实行一桩一研判。孔壁松散渗水采用混凝土护壁，细小裂隙渗水注浆封堵，涌水严重时调整成孔工艺；遇孤石调整冲击钻冲程破碎，避免卡钻。溶洞漏浆可投放片石、黏土冲挤加固，必要增设钢护筒。某喀斯特山区桥梁因未探明小型溶洞，灌注阶段孔壁击穿，出现混凝土流失、桩孔塌陷。后续通过超前探孔、提前注浆充填消除隐患。桩基完工后采用超声透射检测，针对断桩、夹渣、沉渣超标等缺陷，分级采取注浆、重浇或重新成桩处理，彻底消除隐患，保障桩基承载能力。

4 结语

本文系统梳理山区公路桥梁桩基核心施工技术、质量管控标准及安全病害防控措施，明确钻孔灌注桩与人工挖孔桩的适用工况及施工要点，规范钢筋安装、混凝土灌注等关键工序施工标准。针对山区复杂地质、多变气候条件，总结塌孔、渗水、桩体缺陷等常见病害处置方法，凸显动态地质复核、全过程质量管控及极端天气应急处置的重要作用。山区桩基施工应遵循因地制宜、动态管控原则，依据现场工况灵活调整施工工艺。后续可优化不良地质施工工艺，升级智能检测手段，进一步提升山区桥梁桩基施工安全与结构稳定性。

参考文献：

[1] 成圆梦.岩溶-陡坡作用下秦岭山区高速公路桥梁桩基竖向承载力研究[J].商洛学院学报,2024,38(4):11-17.

[2] 马雷,张浩.山区高速公路岩溶地质桥梁桩基处理方案分析[J].北方交通,2023,(12):13-17.

[3] 杨建.基于山区陡坡地段公路桥梁桩基施工的安全隐患控制研究[J].广东交通职业技术学院学报,2023,22(2):42-45.