

# 水库岸坡特殊地质条件围网基础施工工艺研究

郑伟雄

深圳市西部水源管理中心 广东 深圳 518102

**摘要:** 水库岸坡特殊地质条件复杂,给围网基础施工带来诸多挑战,深圳地区水库周边地质具鲜明区域特征,易引发基础沉降、失稳、成孔偏位等问题。本文结合该区域地质实际,对各类特殊地质条件进行分类与特征分析,阐述施工工艺设计需遵循的适应性、稳定性、经济性及环保性原则,深入探讨关键施工工艺技术,提出工艺优化方向,为特殊地质条件下围网基础施工提供技术参考。

**关键词:** 水库岸坡;特殊地质;围网基础;施工工艺;优化方向

引言:水库岸坡是水利工程的重要组成部分,其稳定性直接关系到水库安全运行与周边生态环境。深圳地区水库受区域地质构造、亚热带气候影响,岸坡地质条件复杂,广泛分布海积淤泥、燕山期花岗岩风化层及软硬交替混合地质,这些特殊地质给围网基础施工带来极大挑战。围网基础作为岸坡防护的关键结构,施工质量直接影响围网的稳定性与耐久性,深入研究相关施工工艺,对提升水库岸坡防护能力、保障水利工程安全具有重要意义。

## 1 特殊地质条件分类与特征分析

### 1.1 软土地质

深圳地区水库周边软土以海积淤泥、冲洪积淤泥质土为主,具有典型区域特征。该类软土呈流塑-软塑状态,含水率普遍高于50%,孔隙比大于1.5,压缩系数 $a_{1-2} > 0.8\text{MPa}^{-1}$ ,承载力特征值仅为50-80kPa,围网基础施工中易发生瞬时沉降与长期蠕变沉降<sup>[1]</sup>。受深圳地区降雨充沛、地下水埋深浅(多为0.5-2.0m)影响,软土层长期处于饱和状态,排水固结难度大,施工加载后沉降稳定周期长达3-6个月,远超常规工程经验。软土的触变性特征在施工扰动后易导致土体强度骤降,引发基础侧移或局部失稳,对围网立柱垂直度与整体线形控制提出严格要求。

### 1.2 岩质岸坡

深圳地区水库岸坡岩质体以燕山期花岗岩为主,受亚热带湿热气候长期风化作用,形成典型的全风化-强风化-中风化花岗岩风化壳结构,而非完整基岩岸坡。全风化花岗岩呈砂土状,承载力低且遇水易崩解,易发生冲刷与溜塌;强风化花岗岩呈碎块状,节理裂隙密集发育,存在大量潜在滑动面,围网基础钻孔时易出现塌孔、卡钻问题;中风化花岗岩虽强度较高,但受区域构造影响,部分岸坡发育小型断层与破碎带,岩体完整性

差,锚固施工时注浆浆液易沿裂隙流失,难以形成有效握裹力。此外,岸坡表层普遍覆盖残积红黏土,遇水软化后易形成滑带,加剧了岩质岸坡的不稳定性。

### 1.3 混合地质条件

深圳地区水库岸坡广泛分布软土/红黏土与花岗岩风化层交替分布的混合地质结构,形成典型的“上软下硬”或“软硬互层”剖面特征。上部为冲洪积淤泥质土或残积红黏土,厚度多为2-8m,下部为强风化花岗岩,层间界面呈不规则起伏状。两种介质力学参数差异显著,红黏土承载力约100-150kPa,强风化花岗岩承载力可达300-500kPa,易导致围网基础出现不均匀沉降,引发立柱倾斜、围网变形等问题。层间界面多为软弱接触面,在降雨入渗或水位波动影响下,界面强度降低,易形成浅层滑动面,对围网基础的抗滑稳定性构成威胁。岸坡局部还存在孤石夹杂分布现象,进一步加大基础定点开挖与钻孔施工的难度,极易造成成孔偏位和锚固受力不均。

## 2 围网基础施工工艺设计原则

### 2.1 适应性原则

围网基础施工需建立与地质条件相匹配的动态响应机制。在软土地基中,应优先采用排水固结法或复合地基处理技术,通过调整加载速率与预压时间控制沉降速率;岩质岸坡施工则需根据岩石完整程度选择钻孔爆破或机械凿除工艺,对破碎带发育区域应强化锚固系统设计<sup>[2]</sup>。工艺参数调整需贯穿施工全过程,通过实时监测数据反馈优化混凝土浇筑速度、锚杆张拉力等关键指标,确保不同地质单元间的施工衔接平滑过渡。针对混合地质条件,可采取分区施工策略,对软土区与岩质区分别制定专项技术方案,通过设置变形协调层化解不均匀沉降风险。

### 2.2 稳定性原则

基础抗滑移设计需综合考量地质体强度参数与荷载

组合效应。在斜坡地段应设置多级抗滑平台,通过增大基础埋深与扩大底面积提升抗倾覆能力;岩质基础锚固深度应穿透风化层进入稳定岩体,锚杆间距需满足群锚效应要求。长期耐久性保障需从材料与构造双维度入手,选用抗硫酸盐侵蚀混凝土并控制水灰比,对钢结构实施双重防腐处理。基础与围网连接部位应设置柔性过渡层,避免因温度变形或地基沉降导致结构应力集中。地下水活跃区域需构建完整的防排水体系,通过设置止水帷幕与排水盲沟阻断渗流路径。

### 2.3 经济性原则

材料选型应建立全生命周期成本模型,在满足性能要求前提下优先选用本地材料以降低运输成本。设备配置需兼顾技术先进性与使用频率,对关键工序采用高效能专用设备,常规作业选用多功能通用设备。施工组织设计应优化工序衔接,通过流水作业减少设备闲置时间,合理规划材料堆场缩短二次搬运距离。资源利用效率提升可依托BIM技术进行虚拟建造模拟,精准计算混凝土浇筑量与钢筋下料长度,减少材料损耗。对临时工程实施标准化设计,实现周转材料多次循环使用。

### 2.4 环保性原则

生态保护需贯穿施工全周期,通过优化施工时序避开鱼类洄游期或鸟类繁殖期。水域作业应设置防污屏隔离施工区域,泥浆排放前需经三级沉淀处理达标后方可外排。陆域施工需控制扬尘与噪声污染,对裸露地表及时覆盖防尘网并配备洒水降尘设备。废弃物处理应实施分类管理,混凝土块等建筑垃圾可破碎后用于临时道路铺设,废旧钢材经整形修复后用于非承重结构。施工废水应建立循环利用系统,通过沉淀过滤后用于车辆冲洗或场地降尘,实现水资源梯级利用。

## 3 关键施工工艺技术研究

### 3.1 基础定位与测量技术

高精度测量仪器是基础定位的核心工具,全站仪通过极坐标法实现三维坐标快速获取,其测角精度可达0.5秒级,测距精度优于2毫米,能满足复杂地形下毫米级定位需求。RTK技术依托卫星导航系统与地面基准站,通过实时差分修正实现厘米级动态定位,尤其适用于开阔区域或移动测量场景<sup>[3]</sup>。复杂地形下控制网布设需遵循分级布设原则,首级控制网采用GPS静态测量构建整体框架,二级控制网结合全站仪导线测量加密局部控制点,形成多层次、高冗余的测量体系。在山体陡坡或水域交界区域,需通过强制对中装置消除仪器对中误差,同时采用双站观测法提高数据可靠性,确保控制网在复杂环境下的稳定性与精度。

### 3.2 地基处理技术

软土地基加固需根据土体性质选择差异化方案,换填法通过挖除软弱土层并回填级配碎石或砂砾,形成承载力较高的复合地基,适用于浅层软土处理;强夯法利用重锤自由落体产生的冲击能,使土体颗粒重新排列并压缩孔隙,适用于中厚层软土加固;桩基复合地基通过在软土中植入预制桩或灌注桩,将上部荷载传递至深层持力层,适用于深厚软土或高承载力需求场景。岩质岸坡表面处理需结合岩石特性选择工艺,完整岩体采用机械凿毛或高压水射流处理,增加表面粗糙度以提升粘结力;破碎岩体需先进行锚杆加固,通过注浆锚杆将松散岩块连接成整体,再实施表面处理,确保岩体稳定性与耐久性。

### 3.3 基础结构施工工艺

混凝土基础浇筑需严格控制模板安装、振捣密实与养护环节,模板采用定型化钢模或高强度木模,确保几何尺寸精度与表面平整度;振捣采用插入式与平板式振捣器联合作业,避免漏振或过振导致混凝土离析;养护通过覆盖保湿膜与喷淋系统维持湿度,防止表面开裂。预应力桩基施工根据地质条件选择沉桩方式,静压法通过液压装置将桩体压入土中,适用于软土或砂层;锤击法利用重锤冲击能量克服土体阻力,适用于硬土或岩层;振动沉桩通过高频振动降低土体摩擦力,适用于粉砂或黏性土。特殊地质下锚固技术需适应复杂环境,化学锚栓通过注胶将锚栓与基材粘结,适用于混凝土或岩石裂缝锚固;岩层锚杆采用中空注浆锚杆,通过高压注浆填充岩体裂隙,形成锚固-注浆复合体,提升锚固力与耐久性。

### 3.4 围网连接与安装技术

围网与基础连接方式需兼顾强度与耐久性,焊接通过高温熔化金属实现永久连接,适用于钢结构基础或对连接强度要求高的场景;螺栓固定采用高强度螺栓与预埋件配合,实现可拆卸连接,便于后期维护与更换。围网张紧与平整度控制需通过专用张紧装置实现,张紧力根据围网材质与设计要求的调整,避免因张紧不足导致围网松弛或张紧过度引发材料损伤;平整度通过激光水平仪实时监测,通过调整张紧点位置或增设支撑结构消除局部变形,确保围网整体线形流畅。

### 3.5 防腐与防护技术

基础结构防腐处理需根据环境条件选择防护体系,涂层防护采用环氧富锌底漆与聚氨酯面漆组合,形成耐候、耐腐蚀的防护层,适用于大气环境;镀锌防护通过热浸镀锌或电镀锌在钢结构表面形成锌层,利用锌的牺

牲阳极作用保护基材,适用于潮湿或腐蚀性环境<sup>[4]</sup>。围网材料耐候性提升需从材料改性与表面处理双维度突破,选用高耐候性合金材料或添加紫外线吸收剂,降低材料老化速率;表面处理采用氟碳涂层或粉末喷涂,形成致密防护膜,提升围网抗紫外线、抗酸雨能力,延长使用寿命。

#### 4 施工工艺优化方向

##### 4.1 机械化与智能化升级

自动化施工设备的应用正推动施工模式向高效化转型。智能打桩机通过集成高精度定位系统与自动调平装置,可依据预设参数自动完成桩位定位、垂直度调整及沉桩作业,减少人工干预带来的误差,尤其适用于复杂地质条件下的桩基施工。无人机监测技术依托搭载的高分辨率相机与激光雷达,可对施工区域进行三维建模与实时扫描,快速获取地形变化数据,辅助施工人员动态调整施工方案,提升监测效率与数据精度。施工过程数字化管理通过BIM技术构建三维信息模型,将设计参数、施工进度与资源分配集成于统一平台,实现施工模拟与碰撞检测,提前发现潜在问题并优化工序衔接。物联网监控系统通过在设备与结构上部署传感器,实时采集振动、位移、应力等关键参数,经云端分析后生成预警信息,为施工安全与质量控制提供数据支撑,推动施工管理向精细化、智能化方向发展。

##### 4.2 绿色施工技术创新

低影响施工方法聚焦于减少施工活动对环境的扰动。静音作业通过选用低噪声施工机械与优化作业时间,降低施工噪声对周边居民的影响,例如采用液压破碎锤替代传统风镐,可减少噪声排放约15分贝。粉尘控制采用密闭式作业舱与喷雾降尘系统,对土方开挖、混凝土搅拌等易产生扬尘的环节进行封闭处理,通过高压喷雾增加空气湿度,抑制粉尘扩散,确保施工区域粉尘浓度符合环保标准。可再生能源在施工中的应用正逐步普及,太阳能照明系统通过光伏板将太阳能转化为电能,为夜间施工提供照明,减少柴油发电机使用带来的碳排放;电动施工设备采用锂电池或氢燃料电池作为动力源,具有零排放、低噪音的优势,尤其适用于城市敏感区域或环保要求高的项目,推动施工能源结构向清洁化转型。

##### 4.3 工艺标准化与模块化

关键工序的标准化操作流程制定是提升施工质量的基础。通过梳理混凝土浇筑、锚杆安装等核心工序的操作要点,编制可视化作业指导书,明确人员分工、设备参数与质量标准,减少因操作差异导致的质量波动。例如,混凝土浇筑标准流程可细分为模板验收、钢筋绑扎、分层振捣、表面收光等步骤,每一步均设定量化指标,确保施工过程可控。预制构件在围网基础中的应用通过工厂化生产与现场装配,实现施工效率与质量的双重提升。预制基础构件采用标准化模具生产,尺寸精度可达毫米级,减少现场湿作业量与人为误差;围网立柱与横梁通过预制连接件实现快速拼装,缩短施工周期的同时降低高空作业风险<sup>[5]</sup>。模块化设计理念进一步延伸至临时设施,装配式围挡、活动板房等采用标准化接口,可多次拆装周转使用,降低临时设施投入成本,推动施工工艺向工业化、集约化方向发展。

#### 结束语

水库岸坡特殊地质条件围网基础施工工艺研究,是水利工程领域的重要课题。结合深圳地区水库软土、岩质岸坡及混合地质的区域特征,分析各类地质条件下的施工难点,提出适应性、稳定性、经济性及环保性并重的设计原则,围绕关键施工工艺技术展开探讨,为实际施工提供科学指导。机械化、智能化技术的发展与绿色施工理念的普及,推动围网基础施工工艺持续优化,工艺标准化与模块化的推广应用,进一步提升施工效率与质量,为水库岸坡防护提供可靠技术保障。

#### 参考文献

- [1]冯福,杨胜,宋明元.某水库工程的地质条件与右岸边坡稳定性分析[J].陕西水利,2024(6):107-109.
- [2]赵保祥.某水库近坝库区右岸滑坡工程地质研究[J].四川水力发电,2026,42(3):180-184.
- [3]赵愿利.桃曲坡水库坝址区工程地质条件及主要地质问题评价[J].地下水,2025,47(5):312-315.
- [4]智晶子,牛玉珍,李希稷.山东某抽水蓄能电站上水库工程地质条件研究[J].四川水利,2025,46(4):51-54,59.
- [5]郭红雨.柯克亚水库地质调查分析与坝址地质条件比选[J].山西水利科技,2026(1):14-19.