

# 水利水电工程基础处理施工技术研究

田 方

宁夏水务集团吴忠水务有限公司 宁夏 吴忠 751100

**摘要:** 水利水电工程的安全性及耐久性核心取决于基础处理质量,基础作为工程承载核心,易受地质条件影响出现各类隐患。本文结合工程实际,阐述基础处理相关理论与勘察诊断技术,重点研究地基加固、防渗帷幕、软土地基及特殊地基的核心施工技术要点,分析施工质量控制与检测方法。通过系统梳理各类施工工艺的操作规范与适配场景,为水利水电工程基础处理施工提供技术参考,助力提升工程基础稳定性,保障工程长期安全高效运行,具有一定的工程实践价值。

**关键词:** 水利水电工程;基础处理;施工技术

引言:水利水电工程是保障水资源合理利用、防洪抗旱的核心基础设施,其基础工程直接承载上部结构荷载,抵御水流侵蚀与地质变形,基础处理质量关乎工程整体安全。当前,我国水利水电工程建设规模不断扩大,地质条件愈发复杂,岩质地基、软土地基等各类基础问题凸显,传统施工技术已难以满足复杂工况需求。因此,系统研究水利水电工程基础处理施工技术,优化勘察诊断与施工工艺,强化质量控制,对解决工程基础隐患、提升工程建设质量、推动水利水电行业高质量发展具有重要现实意义。

## 1 水利水电工程基础处理相关理论基础

### 1.1 水利水电工程基础的核心分类

水利水电工程基础是工程承载上部结构、抵御水流冲刷和渗透作用的核心载体,其分类主要依据地质条件、承载要求及工程用途划分,核心可分为三类。(1)岩质地基,多分布于山区水利工程,岩体完整性、强度较高,但易存在裂隙、断层等缺陷,影响防渗和稳定性;(2)土质地基,包括砂土、壤土、粉质土等,分布广泛,承载力差异较大,易出现沉降、渗透变形等问题;(3)特殊土地基,如软土地基、湿陷性黄土地基等,工程特性特殊,处理难度较高,需针对性采取加固措施,各类基础的特性直接决定后续处理技术的选型。

### 1.2 基础处理施工的核心原则

基础处理施工需遵循以下三大核心原则:(1)适应性原则,结合工程地质勘察结果,根据基础类型、缺陷程度及工程设计要求,选择适配的处理技术,避免技术与实际需求脱节;(2)安全性原则,施工全过程需严控质量,杜绝因处理不到位导致基础渗漏、沉降、滑移等隐患,保障工程长期运行安全;(3)经济性原则,在满足安全和使用要求的前提下,优化施工方案,合理选用

材料和工艺,降低施工成本,实现技术可行性与经济合理性的统一。

### 1.3 基础处理与工程整体稳定性的关联

基础处理质量直接决定水利水电工程的整体稳定性,二者存在紧密的联动关系。基础作为工程的“根基”,若处理不当,易引发上部结构沉降、开裂,甚至出现坝体、厂房滑移等重大安全事故;通过科学的基础加固、防渗等处理,可提升基础承载力和抗渗能力,减少水流侵蚀和地质变形对工程的影响。同时,基础处理需与工程上部结构设计、施工工艺协同配合,形成完整的稳定性保障体系,确保工程在洪水、地震等复杂工况下,仍能保持结构完好、运行正常,二者相互支撑、缺一不可<sup>[1]</sup>。

## 2 水利水电工程基础勘察与问题诊断技术

### 2.1 水利水电工程基础勘察核心技术与流程

基础勘察是水利水电工程基础处理的前提,核心是通过科学手段掌握地质条件,为技术选型提供依据。勘察需遵循“先普查、后详查”的流程,先通过遥感、地质测绘明确区域地质概况,再采用钻探、坑探等手段探查基础内部结构。核心技术包括工程地质钻探、原位测试及室内试验,钻探用于获取岩土层样本,原位测试可直接测定地基承载力、渗透性等参数,室内试验则分析样本物理力学性质。勘察过程中需重点记录岩土层分布、裂隙发育、地下水埋深等信息,确保数据精准,为后续问题诊断和处理方案设计奠定坚实基础。

### 2.2 水利水电工程基础常见问题诊断方法

水利水电工程基础常见隐患包括渗漏、沉降、岩体裂隙发育等,需结合勘察数据采用针对性诊断方法。针对渗漏问题,采用注水试验、抽水试验测定渗透系数,结合地质雷达探测渗漏通道分布;对于沉降隐患,通过沉降观测仪实时监测地基变形量,结合分层沉降法分析

沉降原因;针对岩体裂隙,采用超声波探测、钻孔电视等技术,明确裂隙开度、延伸方向及充填物性质。诊断过程中需整合勘察数据与现场监测结果,精准判断隐患类型、严重程度及影响范围,区分地基自身缺陷与施工引发的问题,为后续基础处理提供明确的靶向依据,避免盲目施工<sup>[2]</sup>。

### 3 水利水电工程主要基础处理施工技术

#### 3.1 水利水电工程地基加固施工技术

水利水电工程地基加固施工核心是提升地基承载力、减小沉降变形,适配工程上部结构荷载要求,结合工程地质条件选用对应工艺,核心技术要点如下:(1)换填垫层法施工要点。明确换填范围和深度,依据勘察报告清理基底杂物及软弱土层,确保基底平整,清除厚度误差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 内。换填材料选用级配良好的砂石、灰土或素混凝土,砂石垫层粒径 $5\sim 20\text{mm}$ 、含泥量 $\leq 3\%$ ;灰土垫层按体积比 $2:8$ 或 $3:7$ 配置,拌合均匀无明显灰团。分层铺设垫层,每层厚度 $20\sim 30\text{cm}$ ,采用小型压路机碾压不少于3遍,压实度 $\geq 95\%$ ,碾压后及时铺设下一层,避免淋雨软化。(2)强夯法施工要点。划定强夯区域,清理地表障碍物并平整场地,铺设 $10\sim 15\text{cm}$ 厚碎石垫层防止夯击起砂变形。确定强夯参数,单击夯击能 $1000\sim 3000\text{kN}\cdot\text{m}$ ,夯锤直径 $1.5\sim 2.5\text{m}$ 、落距 $8\sim 15\text{m}$ 。采用隔点夯击顺序,先主夯3~4遍,每遍后测量夯沉量,最后两击差值 $\leq 5\text{cm}$ 时停止;主夯后间隔7~14d复夯2遍,最后满夯(单击夯击能减半),确保场地平整密实。(3)振冲法施工要点。检查振冲器性能,铺设施工便道。振冲器垂直下沉,速度 $1\sim 2\text{m}/\text{min}$ ,下沉时通入 $20\sim 30\text{MPa}$ 高压水辅助下沉。达到设计深度后开启振动,缓慢提升振冲器,同步填入 $5\sim 10\text{mm}$ 碎石填料,填量按需调整,振冲桩距 $1.5\sim 2.5\text{m}$ 、梅花形布置。(4)高压喷射注浆法施工要点。平整场地、定位放线并固定钻机,垂直度偏差 $\leq 1\%$ 。采用单管或双管法,注浆管直径 $50\sim 80\text{mm}$ ,喷射压力 $20\sim 40\text{MPa}$ 、速度 $10\sim 15\text{cm}/\text{min}$ 、旋转速度 $20\sim 30\text{r}/\text{min}$ 。选用42.5级普通硅酸盐水泥,水泥浆水灰比 $1:1\sim 1:1.5$ ,拌合后过滤。注浆中实时观察压力和流量,异常时及时排查;完成后缓慢提升注浆管,养护时间 $\geq 7\text{d}$ 。各类地基加固技术需结合工程地质实际灵活选用,施工中严格把控每道工序参数,确保加固效果达标,为水利水电工程上部结构施工筑牢地基基础,规避后期沉降、失稳等安全隐患。

#### 3.2 水利水电工程防渗帷幕施工技术

防渗帷幕施工核心是构建连续密实的防渗屏障,阻断地下水渗透通道,降低渗透压力,严格控制工艺参数,具体技术要点如下:(1)水泥灌浆防渗施工要点。

采用回转式钻机钻孔,直径 $110\sim 150\text{mm}$ ,垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ ,孔深达设计防渗深度,孔位偏差 $\leq 5\text{cm}$ 。钻孔后用高压水清孔,冲洗压力为灌浆压力的 $80\%$ ,直至孔内流出清水无岩粉。采用自上而下分段灌浆法,每段 $5\sim 10\text{m}$ ,灌浆压力 $0.3\sim 1.0\text{MPa}$ 、速度 $5\sim 10\text{L}/\text{min}$ 。用42.5级水泥配制浆液,水灰比按需从稀到浓调整,当吸浆量连续 $30\text{min} < 1\text{L}/\text{min}$ 时结束该段灌浆,完成后及时封堵孔口。(2)混凝土防渗墙施工要点。划定防渗墙轴线,清理地表后开挖导槽,内壁用钢板支护防坍塌。采用冲击式钻机成槽,速度 $0.5\sim 1\text{m}/\text{h}$ ,槽段长 $6\sim 8\text{m}$ ,槽壁垂直度偏差 $\leq 0.3\%$ ,槽底沉渣 $\leq 10\text{cm}$ (过多时用吸泥机清理)。采用导管法浇筑混凝土,导管直径 $200\sim 300\text{mm}$ 、间距 $2\sim 3\text{m}$ ,底部距槽底 $20\sim 30\text{cm}$ ,浇筑前做水密性试验。混凝土强度 $\geq \text{C}20$ 、坍落度 $180\sim 220\text{mm}$ ,浇筑速度 $\geq 2\text{m}/\text{h}$ ,同步提升导管防堵塞断桩,相邻槽段浇筑间隔 $\leq 24\text{h}$ ,用接头管连接确保密实。(3)防渗帷幕施工质量控制要点。检验原材料,严禁使用不合格材料;灌浆、浇筑中实时记录压力、流量等参数。每段施工后检测,压水试验确保渗透系数达标,超声波检测防渗墙完整性。出现渗漏、塌孔时立即停工,采用回填砂石、加大灌浆压力等措施处理,合格后复工<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 水利水电工程软土地基处理施工技术

软土地基含水量高、孔隙比大、承载力低、沉降量大,处理核心是降低含水量、提高密实度,施工技术要点如下:(1)排水固结法施工要点。分为堆载预压和真空预压,堆载预压时清理地基表面,铺设 $50\sim 80\text{cm}$ 厚、粒径 $2\sim 5\text{mm}$ 的砂垫层排水。堆载材料选用级配良好的砂石或素土,每天堆载高度 $\leq 0.5\text{m}$ ,堆载达标后维持预压3~6个月,直至每天沉降量 $\leq 1\text{mm}$ 。真空预压时,铺设砂垫层后铺双层土工密封膜(平整无破损),膜下真空度 $\geq 80\text{kPa}$ ,预压2~4个月,实时监测沉降量和真空度。(2)复合地基法施工要点。常用碎石桩和水泥土搅拌桩复合地基,碎石桩采用振动沉管法,沉管直径 $300\sim 500\text{mm}$ 、桩长 $8\sim 15\text{m}$ 、桩距 $1.2\sim 2.0\text{m}$ (梅花形/正方形布置),填入 $5\sim 20\text{mm}$ 碎石并振动密实。水泥土搅拌桩采用双轴搅拌钻机,垂直度偏差 $\leq 1\%$ ,搅拌头转速 $20\sim 30\text{r}/\text{min}$ 、提升速度 $0.5\sim 1\text{m}/\text{min}$ ,选用42.5级水泥(掺量为软土质量的 $10\%\sim 15\%$ ),水泥浆水灰比 $1:1$ ,确保拌合均匀无夹层断桩,养护 $\geq 14\text{d}$ 。(3)软土地基施工监测要点。全过程沉降监测,地表布置观测点,水准仪每天观测1~2次,沉降突变时停工调整参数。采用静载试验监测承载力,达标后方可进入下一道工序;施工完成后持续监测沉降3~6个月,确保沉降稳定。

### 3.4 水利水电工程特殊地基处理施工技术

特殊地基主要包括湿陷性黄土地基、岩溶地基等,工程特性特殊、处理难度大,需针对性施工,核心要点如下:(1)湿陷性黄土地基处理要点。常用夯实法和换填法,强夯法单击夯击能1500-2500kN·m,夯击3-4遍,间隔7d复夯;重锤夯实法锤重10-20t、落距3-5m,夯实5-6遍,夯实后湿陷性系数 $\leq 0.015$ 。换填法用灰土、砂石替换湿陷性黄土,换填深度1.5-3.0m(按湿陷性等级调整),分层铺设碾压,压实度 $\geq 95\%$ 、换填材料含泥量 $\leq 3\%$ ,消除湿陷性。(2)岩溶地基处理要点。核心是封堵裂隙和溶洞,注浆封堵法适用于中小型溶洞裂隙,钻孔直径100-120mm(达溶洞底部),清孔后注入水灰比1:1的水泥浆,大溶洞可掺砂石骨料。回填加固法适用于大型溶洞,清理杂物淤泥后,分层回填砂石、素混凝土,顶部铺设钢筋混凝土盖板增强整体性。(3)特殊地基施工适配要点。施工前详细勘察地基分布、特性及隐患,选用适配技术。湿陷性黄土地基避开雨季施工,防止雨水浸泡;岩溶地基突发溶洞渗漏时,立即停工并临时封堵。施工完成后专项检测,采用载荷试验、超声波检测等,确保地基符合安全要求<sup>[4]</sup>。

### 4 水利水电工程基础处理施工质量控制与检测技术

水利水电工程基础处理施工质量直接决定工程整体安全性和耐久性,需构建全过程质量控制体系,搭配科学检测技术,确保施工符合设计标准,核心要点如下:(1)施工全过程质量控制要点。严格把控原材料质量,对水泥、砂石、填料等进行进场检验,杜绝不合格材料投入使用;规范施工工序管控,针对地基加固、防渗帷幕等关键工序,明确操作流程和参数标准,加强现场巡检,及时纠正违规操作,确保工序衔接合规。(2)关键工序质量检测方

法。结合基础处理类型选用适配检测手段,地基加固后采用静载试验检测承载力,防渗工程采用压水试验检测渗透系数,混凝土结构采用超声波检测完整性;检测频率符合规范要求,每批次、每工序均需抽样检测,确保数据真实可靠。(3)质量缺陷处理要点。建立缺陷排查机制,及时识别施工中出现的孔洞、渗漏、压实不足等缺陷,分析成因并制定针对性整改措施,整改后需重新检测验收,直至达标;同时做好质量记录,留存施工参数和检测报告,为工程验收和后期维护提供依据<sup>[5]</sup>。

结束语:本文围绕水利水电工程基础处理施工技术展开全面研究,从理论基础、勘察诊断、核心施工技术到质量控制,形成了完整的技术梳理体系。通过分析各类基础的施工要点与适配方法,明确了质量控制与检测的关键环节,有效解决了不同地质条件下基础处理的核心技术难题。结合研究内容可知,科学的勘察诊断、适配的施工工艺与严格的质量管控,是保障基础工程稳定的关键。后续可进一步优化施工技术参数,为水利水电工程基础处理提供更具针对性的技术支撑。

#### 参考文献:

- [1]尉阳阳.水利水电工程基础处理施工技术[J].大众标准化,2025(20):40-42.
- [2]唐博峰.水利水电工程基础处理施工技术分析[J].中国厨卫,2025,24(9):253-255.
- [3]海航.水利水电工程基础处理施工技术[J].智能建筑与工程机械,2025,7(6):102-104.
- [4]和金群.水利水电工程基础处理施工关键技术探析[J].漫科学(科技应用),2025(8):97-99.
- [5]桂乃月.水利水电工程基础处理施工技术探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):139-142.