

水利水电工程基础处理中的排水与降水技术研究

周 阳

黄河勘测规划设计研究院有限公司岩土工程事业部工程公司 河南 洛阳 471000

摘 要: 水利水电工程基础处理质量直接决定工程长期稳定运行,排水与降水技术是基础处理中的核心关键技术。本文结合某小型水库加固工程(地基以粉质黏土为主,局部夹杂砂砾石层,需将基坑地下水位降至施工面以下0.8m)实际,概述了基础处理的核心要求及排水、降水技术的定义、区别与联系,系统梳理了工程采用的明沟、暗管、真空等排水关键技术,以及轻型、深井、喷射等井点降水关键技术,通过质量、进度、投资数据对比。研究表明,需结合地基岩土特性、透水性等因素,因地制宜选用排水与降水技术并优化参数,才能保障基础处理效果,组合技术方案较单一方案可节约投资8.2%、缩短工期10天。本文研究可为水利水电工程基础处理中排水与降水技术的合理应用提供实践参考。

关键词: 水利水电工程;基础处理;排水技术;降水技术

引言:水利水电工程作为国民经济的重要基础设施,其基础长期承受上部荷载、水压力等复杂作用,地基岩土体的含水量与地下水位直接影响基础稳定性和承载力。某小型水库加固工程主要开展坝基防渗及底板浇筑施工,工程区地下水位埋深2.0~3.2m,地基粉质黏土含水量35%~46%,砂砾石层透水性强,若排水降水技术选用不当,易引发地基沉降、边坡坍塌等隐患,此前同类工程因单一采用轻型井点降水,曾出现工期延误12天、投资超支9.5%的问题。当前,各类地质条件下的基础处理难题日益突出,排水与降水技术的不合理应用易导致地基沉降、渗透破坏等工程隐患。因此,结合该水库加固工程实际,开展水利水电工程基础处理中排水与降水技术研究,通过数据对比解决技术应用中的针对性不足问题,对提升基础处理质量、保障工程安全稳定运行具有重要的工程实践意义。

1 水利水电工程基础处理中排水与降水技术的概述

1.1 基础处理的核心内涵与技术要求

水利水电工程基础处理是保障工程长期稳定运行的核心环节,核心内涵是通过针对性技术措施,改良地基岩土体的物理力学性质,消除地质缺陷,提升地基承载力和抗渗性。其核心技术要求围绕工程安全性、稳定性和耐久性展开,需适配水利工程水下作业、高水头受力的特点,结合该水库加固工程需求,严格控制地基沉降量不超过1.2mm、渗流量不大于0.04m³/d,确保基础能承受上部结构荷载、水压力及风浪作用,同时满足施工期临时承载和抗冲刷要求,为后续主体工程施工奠定坚实基础。

1.2 排水技术与降水技术的定义及区别联系

排水技术是通过布设排水系统,主动疏排地基内部

孔隙水、裂隙水,降低岩土体含水量的技术;降水技术则是通过人工措施,将地下水位降至工程施工面以下,消除地下水对施工的影响。二者核心区别在于,排水侧重“疏排”已存在于岩土体中的水分,降水侧重“降低”地下水位整体高程,该水库工程中,排水技术日均疏排水量约95m³,降水技术日均抽水量约180m³。二者联系紧密、相辅相成,均以控制地下水为核心目标,排水技术可辅助提升降水效果,减少降水工程量约18%,降水技术能为排水系统布设和发挥作用创造有利条件,实际工程中常结合使用,该水库工程采用“排水+降水”组合处理形式,大幅提升了施工效率。

1.3 排水与降水技术的工程作用

排水与降水技术在水利水电基础处理中发挥着不可替代的作用,(1)提升地基承载力,通过疏排水减少岩土体孔隙比,增强颗粒间黏聚力,避免因含水量过高导致地基软化、沉降,该水库工程经处理后,地基承载力从110kPa提升至138kPa,提升幅度25.5%;(2)防止渗透破坏,控制地下水位和渗流速度,避免产生管涌、流土等地质灾害,保障基础抗渗安全,工程施工期间未出现任何渗透隐患,安全合格率100%;(3)保障施工顺利开展,降低施工面地下水位,消除积水困扰,为基础开挖、混凝土浇筑等工序提供干燥作业环境,同时缩短工期10天、降低施工成本8.2%,最终保障水利水电工程整体质量和长期运行安全^[1]。

2 水利水电工程基础排水关键技术

2.1 明沟排水关键技术

明沟排水是水利水电基础处理中应用最普遍的浅层排水技术,核心在于通过标准化布设与施工,实现地浅层水分的高效疏排,该水库工程中用于浅层粉质黏土

段排水,作为主要浅层排水形式,关键技术要点聚焦于布设设计、沟体施工及防淤积处理,具体如下:(1)布设参数设计技术。结合地基粉质黏土渗透系数、地下水位埋深及施工场地范围,精准确定明沟核心参数:走向需与地下水天然水流方向保持一致,减少排水阻力;间距根据渗透系数调整,渗透系数越小,间距需越密集,结合工程实际控制在7-13m;深度需穿透表层弱透水层至含水层,同时预留12cm淤积高度,避免沟体快速堵塞。排水沟底坡度控制在2‰-4‰,确保水流自排顺畅,避免积水倒灌。(2)沟体施工关键技术。施工前需清理施工区域杂物、平整场地,采用机械开挖与人工修整相结合的方式,开挖过程中及时修整沟壁,防止坍塌;沟底需铺设12cm厚的碎石垫层,增强透水性并保护沟底,垫层颗粒级配需符合设计要求,避免细颗粒堵塞空隙。沟壁需根据岩土体稳定性,采用夯实处理或简易支护,防止雨水冲刷坍塌。(3)防淤积与维护技术。施工过程中需及时清除沟内开挖弃土、杂物,避免堵塞排水通道;沟体成型后,可在沟口设置简易过滤装置,拦截地表径流携带的泥沙。后期需定期检查沟体坡度、沟壁完整性,及时清理淤积物,确保排水系统长期有效运行。

2.2 暗管排水关键技术

暗管排水适用于深层地基或对地表景观、施工干扰要求较高的场景,该水库工程中用于深层(3m以下)砂砾石层排水,与明沟排水形成深浅结合的排水形式,核心是通过隐蔽式管道系统疏排深层孔隙水,关键技术集中在管材选型、管道铺设及过滤防护,具体如下:(1)管材选型技术。需结合地基砂砾石层性质、排水压力及工程耐久性要求选型,优先选用耐腐蚀、透水性好、强度高的PVC透水管,常用的还有混凝土透水管及塑料盲沟。管材孔径需与岩土体颗粒级配匹配,避免细颗粒进入管道造成堵塞,透水管孔隙率需不低于20%,确保透水效率,经选型对比,PVC透水管较混凝土透水管成本降低22%,施工效率提升30%。(2)管道铺设技术。铺设前需平整压实沟底,铺设17cm厚的砂砾垫层,垫层需分层压实,保证平整度和透水性。管道铺设需控制坡度在1.0‰-2.5‰,确保水流顺畅;管道连接采用承插式,接口处需密封严密,防止泥沙渗入,较焊接式连接施工工期缩短4天。管道埋深需根据地下水位及上部荷载确定,控制在1.6-2.0m,避免施工机械碾压损坏。(3)过滤防护技术。管道周围需包裹12cm厚土工布、砂砾石过滤层,过滤层厚度控制在10-15cm,颗粒级配需符合反滤要求,形成“粗-中-细”的反滤体系,防止岩土体颗粒进入管道。过滤层外侧需铺设土工膜,隔离细颗粒土,进一步提升防堵塞效果,经

防护处理后,管道堵塞率控制在2.1%以内^[2]。

2.3 真空排水关键技术

真空排水是针对深层软土地基的高效排水技术,核心是通过形成真空负压,加速地基内部水分渗透排出,该水库工程中在局部深层软土段试点应用,作为辅助排水形式,关键技术聚焦于真空系统布设、密封处理及负压控制,具体如下:(1)真空系统布设技术。真空井点需按梅花形布设,井点间距根据地基渗透系数和排水要求确定,控制在1.8-2.8m(常范围1.5-3m适配调整);井点深度需穿透软土层至透水层,井点管底部需设置过滤装置,防止泥沙进入真空泵。真空泵布置需靠近井点群,减少管路阻力,每台真空泵控制的井点数量需合理,确保负压均匀传递,单台真空泵控制井点12-15根,较常规控制数量优化后,负压传递均匀度提升8%。(2)密封防护技术。地表需铺设密封膜,密封膜需覆盖整个井点布设区域,边缘需嵌入地下不小于0.5m,并用黏土压实密封,防止空气渗入破坏真空度。井点管与密封膜接口处需采用密封胶密封,管路连接部位需严密,定期检查密封效果,及时处理漏气点,经密封处理后,漏气率控制在7.5%以内。(3)负压控制技术。施工过程中需严格控制真空度,常规维持在82-88kPa,根据排水进度和地基含水量调整负压值,避免负压过高导致地基扰动。同时控制排水速率,监测地下水位变化,确保排水过程均匀、稳定,避免出现局部沉降^[3]。

3 水利水电工程基础降水关键技术

3.1 轻型井点降水关键技术

轻型井点降水是水利水电基础浅层降水的常用技术,核心在于通过井点系统形成均匀降水场,精准控制浅层地下水位,该水库工程中用于浅层(0-6m)基坑降水,作为主要浅层降水形式,关键技术要点围绕布设、安装及运行控制展开,具体如下:(1)井点布设技术。结合地基岩土体渗透系数、降水深度及施工范围,确定布设参数:布设形式采用正方形,间距控制在1.2-1.8m,确保降水均匀;井点管深度控制在7-11m,需穿透浅层含水层,底部超出降水设计水位0.7m左右;集水总管铺设平整、连接紧密,管路转弯采用圆弧过渡减少水头损失。(2)系统安装技术。井点管采用钻孔法垂直埋设,底部过滤段包裹双层滤网(防堵塞效果提升40%);埋设完成后试抽检查密封性及抽水效果,试抽合格率达99.2%;真空泵靠近集水总管固定,连接管路做好密封防负压损失。(3)运行控制技术。正式抽水前试运行调整负压,运行中控制降水速率,确保水位稳定在施工面以下0.8m;定期监测地下水位及相关参数并调整抽水量。该技术布设井点

168根,工期9天,投资30.8万元,降水均匀度91.2%,边坡水平位移0.65mm,安全合格率100%,较深井井点浅层降水成本降低42%。

3.2 深井井点降水关键技术

深井井点降水适用于深层地下水控制或含水量大的地基,核心是通过深井泵抽取深层地下水,实现地下水水位大幅下降,该水库工程中用于深层(6m以下)砂砾石层降水,作为主要深层降水形式,关键技术要点集中在深井布置、成井施工及运行维护,具体如下:(1)深井布置技术。结合水文地质资料,确定深井间距12-18m、井径700-900mm、井深16-21m,确保降水覆盖施工区域、满足抽水效率,井口高出地表40cm防积水渗入,共布置深井9口,投资节约15%。(2)成井施工技术。专业钻孔机械成孔并控制垂直度,成孔后清理孔底沉渣(厚度 $\leq 9\text{cm}$,抽水效率提升12%);井壁采用钢筋混凝土管,外侧包裹滤网并填充砂砾石滤料形成反滤体系。(3)运行维护技术。深井泵安装前检查性能,下入深度低于设计降水水位1.2m;试抽正常后投入运行,定期检查泵体、清理淤积物(滤料堵塞率降低35%),监测水位与沉降并调整抽水强度。该技术工期19天,投资55.3万元,单井日均抽水量21m³,降水后水位稳定在-1.0m以下,地基沉降量1.1mm,较轻型井点深层降水效率提升45%。

3.3 喷射井点降水关键技术

喷射井点降水适用于降水深度较大、渗透系数较小的地基,核心是通过喷射器形成负压抽水,该水库工程中在局部(7-9m)基坑边角段试点应用,作为辅助降水形式,关键技术要点如下:(1)系统布置技术。井点环形布置,间距2.2-2.7m,井点管深度11-13m确保喷射器位于含水层中部;管路优化布置减少水头损失,配套选用供排水泵提升抽水效率。(2)喷射器安装技术。选用匹配

型号喷射器,确保密封畅通(密封合格率98.5%),外侧包裹适配滤网(堵塞率控制在3.2%以内),埋设后注水检查整改。(3)参数控制技术。控制供水压力0.25-0.45MPa,匹配供排水流量,定期监测水位并调整参数,做好管路维护。该技术试点布置井点56根,工期13天,投资28.3万元,日均降水0.62m,效率和成本均不及轻型、深井井点,仅用于局部补充降水^[4]。

结束语:本文围绕水利水电工程基础处理中的排水与降水技术,结合某小型水库加固工程实际展开系统研究,全面总结了各类排水、降水技术的关键施工要点,通过多维度数据对比,明确了“明沟+暗管”为主、真空为辅的排水形式,“轻型+深井”为主、喷射为辅的降水形式的合理性。结合研究可知,排水与降水技术的合理选用需立足地质勘察实际,严格把控施工关键环节,兼顾技术可行性与工程安全性,组合技术方案较单一方案可节约投资8.2%、缩短工期10天,地基承载力提升25.5%,安全合格率达100%。由于工程地质条件的复杂性,后续可进一步研究新型排水与降水技术的研发与应用,优化复杂地质工况下的技术参数,不断提升技术适配性和应用效率,为水利水电工程基础处理技术的升级提供支撑。

参考文献:

- [1]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.
- [2]阮志宏.水利水电工程中的基础处理施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(12):200-203.
- [3]刘秋梅.水利水电工程基础处理中的排水与降水技术研究[J].工程研究与实用,2025,6(24):22-23.
- [4]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.