

水利施工中防渗墙施工技术优化与应用研究

高玉林

广饶县水利工程公司 山东东营 257300

【摘要】立足当前水利工程防渗提质、筑牢流域水安全防线的行业背景，为破解中小型平原水库防渗施工难题，本文以庄科水库防渗墙工程为研究载体，针对库区海积-冲积平原、浅层地下水埋深浅、水质具腐蚀性等复杂条件，开展塑性混凝土防渗墙技术优化与应用分析。研究表明，优化后的墙厚60cm、墙深18-22m的塑性混凝土防渗墙技术可有效提升坝体防渗性能，将渗透系数控制在 $3.2 \times 10^{-7} \sim 8.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，降低渗漏与腐蚀风险，保障水库长期稳定运行，为同类水利工程提供实践参考。

【关键词】水利施工；防渗墙技术；施工优化；水库防渗；工程应用

Research on optimization and application of anti-seepage wall construction technology in hydraulic construction

Gao Yulin

Guangrao County Water Conservancy Engineering Company, Dongying, Shandong 257300

【Abstract】 Based on the current industry background of improving the quality of waterproofing in hydraulic engineering projects and strengthening the water safety defense line of river basins, this paper aims to solve the anti-seepage construction challenges faced by small and medium-sized plain reservoirs. Taking the anti-seepage wall project of Zhuangke Reservoir as the research carrier, this paper conducts an analysis on the optimization and application of plastic concrete anti-seepage wall technology in response to the complex conditions of the reservoir area, including marine-alluvial plains, shallow groundwater depth, and corrosive water quality. The research shows that the optimized plastic concrete anti-seepage wall technology with wall thickness of 60cm and wall depth of 18-22m can effectively enhance the anti-seepage performance of the dam, control the permeability coefficient within $3.2 \times 10^{-7} \sim 8.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, reduce leakage and corrosion risks, ensure long-term stable operation of the reservoir, and provide practical reference for similar hydraulic engineering projects.

【Key words】 hydraulic construction; seepage prevention wall technology; construction optimization; reservoir seepage prevention; engineering application

引言

国家印发的《“十四五”水安全保障规划》明确提出，要强化水利工程防渗抗渗能力，提升基础设施安全韧性，推动中小型水利工程标准化、高质量建设。防渗墙作为水利坝体防渗核心工艺，直接决定工程运行寿命与安全系数。庄科水库为小（1）型平原水库，总库容388万 m^3 ，正常蓄水位13.0m，围坝为均质土坝，长度1723.95m、高度11.5m；地处黄河三角洲海积-冲积平原区，地勘显示库区表层为粉质黏土（厚度2~5m），中层为粉细砂（厚度8~12m），下层为粉质壤土（厚度3~8m），地层渗透系数为 $1.2 \times 10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，远超水利工程允许值（ $\leq 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ），且地下水埋深1.2~2.5m、对钢筋混凝土具弱腐蚀性，防渗施工管控难度突出。本文结合该工程实际，探究塑性混凝土防渗墙技术优化路径，补齐库区防渗短板，契合国家水利高质量发展战略。

1 水利防渗墙施工技术核心特点

1.1 复杂地质适配性强

本文研究的防渗墙类型为塑性混凝土防渗墙，采用SGZ-60型液压抓斗成槽机施工，该技术具备极强的地层适配能力，可实打实适配黏性土、砂壤土以及粉细砂等多种类

型的地层岩性，针对庄科水库所处的黄河三角洲海积冲积平原地貌，以及库区表层第四系新近沉积松散土层的特殊条件，技术本身能灵活调整墙体布设参数以及施工适配细节，精准贴合平原库区的地质布局。庄科水库基岩埋藏深度较大，且库区地势平坦、土层结构多变，塑性混凝土防渗墙技术不会因地层岩性差异以及土层松散特性出现适配偏差，还能针对库区浅埋地下水的工况做出针对性调整，有效破解平原库区复杂地质带来的施工适配难题，全程贴合小1型水库的地质施工需求，保障施工环节与场地条件高度契合。

1.2 防渗结构稳定性高

塑性混凝土防渗墙整体采用连续封闭式的构造形式，墙体浇筑成型后的密实度 $\geq 95\%$ ，处于可控区间，并且渗透系数能维持在 $3.2 \times 10^{-7} \sim 8.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，远低于《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》（SL174-2016）规定的 $\leq 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 的标准，可形成完整且连贯的防渗阻隔体系，直接抵御坝体上下游形成的水压差，有效阻断库区浅层地下水以及地表水体的渗漏通道。庄科水库设定有固定的死水位以及正常蓄水位，水位高差带来的水压变化较为明显，防渗墙的稳定结构能持续保持防渗状态，不会因水位波动出现防渗失效的情况，实打实保障坝体防渗结构的整体性，贴合水库长期蓄水以及调蓄运行的稳定性要求，避免因结构稳定性不足引发坝体防渗短板，筑牢水库蓄水运行的基础防线。

1.3 施工工序高效可控

塑性混凝土防渗墙施工的整套工序具备模块化以及流程化的核心特性,具体施工工艺为:测量放线→槽段划分→泥浆制备→抓斗成槽→槽壁清理→接头处理→导管安装→混凝土浇筑→墙体养护;施工环节可以按照庄科水库围坝坝段的划分进行分段推进,成槽作业中,护壁泥浆采用膨润土泥浆,密度控制在 $1.05 \sim 1.10\text{g/cm}^3$,槽段长度划分 $6 \sim 8\text{m}$,接头采用工字形钢板接头,防塌措施采用泥浆护壁+槽壁垂直度实时监测(允许偏差 $\leq 1/300$),并且防渗墙浇筑施工能够与坝体填筑、上下游护坡等工序同步开展,不会出现工序衔接断层的情况,有效压缩整体施工周期。施工过程中的各项作业参数都能实时监控。

2 防渗墙施工技术优化的工程意义

2.1 筑牢坝体防渗屏障,保障水库运行安全

塑性混凝土防渗墙施工技术的优化升级,能直接补齐庄科水库围坝坝体的防渗短板,构建全方位的防渗阻隔体系,彻底阻断坝体内部以及周边的渗漏通道,规避坝体浸润线过高以及管涌渗漏等各类安全隐患。庄科水库总库容 388万 m^3 、兴利库容 347万 m^3 ,优化后的防渗技术能将库区渗流量从优化前的 $180\text{m}^3/\text{d}$ 降至 $25\text{m}^3/\text{d}$ 以下(允许渗流量 $\leq 50\text{m}^3/\text{d}$),保障水库蓄水、调水功能的稳定运行,守护库区周边村落以及农田的安全,针对小1型水库的运行特性,防渗技术优化后能持续筑牢坝体防渗防线,不会因为渗漏问题影响水库的正常投用,切实保障水利工程的运行安全,守护库区周边群众的生产生活以及财产安全,贴合区域水利工程安全运行的核心要求,让水库始终处于安全稳定的运行状态。

2.2 化解地质水文痛点,规避渗漏病害隐患

庄科水库地处黄河三角洲海积冲积平原,库区存在浅埋地下水($1.2 \sim 2.5\text{m}$)、多层松散地层以及水体腐蚀等多重地质水文痛点,塑性混凝土防渗墙技术的优化能精准匹配库区场地的各类特性,针对性化解各类不利因素带来的施工以及运行风险。其一,优化后的技术可适配库区浅埋地下水的埋

深特点,成槽时泥浆液面高于地下水位 0.5m 以上,减少地下水对防渗施工的干扰;其二,能适应库区第四系松散土层的结构特性,降低地层变形带来的渗漏风险;其三,可弱化水体腐蚀对防渗结构的影响,从源头降低地质条件以及水文环境引发的渗漏、结构损坏等问题,减少水库工程后期的运维压力以及运维成本,保障水库建设以及运行阶段的结构完整性。

2.3 延长工程使用寿命,提升水利投资效益

塑性混凝土防渗墙施工技术的优化,能同步提升墙体的防腐性能、抗渗性能以及抗震性能,全方位强化防渗结构的整体质量,大幅延长庄科水库工程的整体使用寿命。庄科水库承担着区域灌溉以及供水的民生职责,优化后的防渗技术能充分发挥水库兴利库容的效益,让水利工程投资价值实现最大化,助力区域农田灌溉以及城乡供水保障等民生工作落地。其一,技术优化可减少工程后期的维修频次以及维修投入,降低长期运维成本;其二,能让防渗结构持续发挥作用,保障水库长期稳定运行;其三,可让水利投资发挥长效作用,贴合区域水利民生工程的建设目标,推动区域水利基础设施的长效运行,实现工程效益与投资价值的双重提升。

3 防渗墙施工技术优化实施措施

3.1 精准勘察地质水文,夯实前期设计基础

勘察团队深度推进庄科水库库区地质水文勘察工作,摸透地形地貌与地层岩性分布规律,细致采集土层厚度、地下水埋深($1.2 \sim 2.5\text{m}$)、水质腐蚀特性(C2、C3级)、地层渗透系数($1.2 \times 10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$)等核心参数,把控库区抗震设防烈度7度(0.15g)与地震动参数取值,整合数据形成翔实勘察报告,为防渗墙设计提供数据支撑(见表1)。设计人员依托勘察数据,细化墙体深度($18 \sim 22\text{m}$)、厚度(60cm)及混凝土配比(C15塑性混凝土:水泥:砂:碎石:水:外加剂=1:2.8:4.2:0.65:0.015)设计,让各项参数贴合库区场地条件,规避设计与现场工况脱节问题,筑牢防渗工程前期根基,扫清后续施工隐性障碍。

表1 庄科水库防渗墙勘察设计核心要点

工作环节	核心内容	实施目标
地质水文勘察	采集地层渗透系数 $1.2 \times 10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ 、地下水埋深 $1.2 \sim 2.5\text{m}$ 、抗震设防烈度7度(0.15g),整合勘察数据	摸清库区工况,提供精准设计依据
防渗墙设计	优化墙体参数(墙厚 60cm 、墙深 $18 \sim 22\text{m}$)与C15塑性混凝土配比	适配场地条件,保障设计可行性

本表清晰地呈现勘察与设计两大环节的核心动作,直观体现前期工作对防渗工程的支撑作用。

3.2 迭代升级施工工艺,适配平原库区特性

施工团队针对庄科水库平原库区地势平坦、地层松软的核心特点,稳步推进塑性混凝土防渗墙施工工艺的迭代升级,明确核心施工工艺为测量放线→槽段划分→泥浆制备→抓斗成槽→槽壁清理→接头处理→导管安装→混凝土浇筑→墙体养护,让整套施工工艺完全贴合库区的土层特性以及现场施工环境。工艺升级的核心围绕施工环节的稳定性展开,重点优化成槽作业(采用SGZ-60型液压抓斗成槽机,

护壁泥浆为膨润土泥浆,密度 $1.05 \sim 1.10\text{g/cm}^3$,槽段长度 $6 \sim 8\text{m}$,接头采用工字形钢板接头,防塌措施采用泥浆护壁+槽壁垂直度实时监测,允许偏差 $\leq 1/300$)以及混凝土浇筑的核心工序(导管法浇筑,导管直径 200mm ,浇筑速度 $2 \sim 3\text{m/h}$,确保密实度 $\geq 95\%$),全程稳住槽壁的结构状态,从源头上避免槽体出现坍塌以及浆液渗漏的问题(见图1)。施工人员选用适配库区黏性土以及砂壤土特性的专业施工设备,让设备作业效率与地层条件高度匹配,减少设备与土层不匹配引发的各类施工故障。工艺升级后,防渗墙墙体浇筑的密实度以及连续性得到显著提升,墙体结构的整体性更

强，不会因平原库区松软地层的扰动出现结构缺陷。



图1 抓斗成槽实拍图

3.3 构建全程质控体系，严控施工关键节点

管控团队搭建覆盖勘察、设计、施工以及验收全流程的质量管控体系，将质控工作贯穿塑性混凝土防渗墙施工的每一个环节，不遗漏任何一处关键管控节点。管控人员重点盯紧成槽精度把控（垂直度偏差 $\leq 1/300$ 、槽宽偏差 $\pm 5\text{cm}$ ）、混凝土浇筑作业（浇筑速度 $2\sim 3\text{m/h}$ 、密实度 $\geq 95\%$ ）、墙体搭接处理（搭接长度 $\geq 15\text{cm}$ ）等核心施工环节，制定细化且可落地的质控标准，让每一项作业都有明确的质量参照依据。现场严格落实旁站监理以及参数检测的相关制度，监理人员全程驻守施工一线，实时核查施工参数的合规性，及时纠正现场施工偏差，杜绝各类质量缺陷的产生。质控体系的搭建让施工质量管控更具系统性，不会出现管控断层以及监

管缺位的问题。

3.4 优化防腐防渗方案，抵御水质腐蚀影响

结合庄科水库库区地表水以及地下水的弱碱性特质与对应腐蚀等级（C2、C3级），设计团队深度研判水体长期作用下的腐蚀规律，稳步推进塑性混凝土防渗墙防腐防渗方案的优化升级，让方案每一处设计细节都完全适配库区水体的腐蚀特性以及渗透规律。方案优化全程聚焦墙体主体结构的防腐防护，细化混凝土原材料筛选（P.O 42.5级水泥、FDN-II型减水剂）、配合比精准调试（C15塑性混凝土）等抗腐蚀性能提升路径，严控混凝土浇筑密实度（ $\geq 95\%$ ）以及抗渗等级（W6），从基材层面阻断水体腐蚀渗透的通道（见表2）。同时设计团队强化墙体内部钢筋的全方位防护处理，采用环氧涂层钢筋（涂层厚度 $150\sim 200\mu\text{m}$ ），通过针对性防护工艺护住钢筋主体结构，杜绝水体渗入后对钢筋造成持续腐蚀破坏。此外方案优化同步衔接坝体排水设施以及截渗沟的配套布设（ $\Phi 300\text{mm}$ 排水盲管，间距 5m ；截渗沟宽度 80cm 、深度 1.5m ），理顺库区水体排泄路径，让防渗体系与排水体系形成高效协同的防护格局，进一步弱化水体长期浸泡与渗透对防渗墙结构的侵蚀作用。优化后的防腐防渗方案具备长效防护能力，可全方位抵御库区地表水以及地下水的双重腐蚀影响，有效规避墙体结构因长期腐蚀出现破损、开裂、老化等问题，持续稳固防渗墙核心防渗性能，保障水库防渗体系长期稳定运行，贴合水库长期蓄水以及民生供水的运行需求。

表2 庄科水库防渗墙防腐防渗方案核心适配要点

方案类别	核心实施内容	核心适配目标
基材防腐优化	调试 C15 抗腐蚀塑性混凝土配比（P.O 42.5 级水泥），采用环氧涂层钢筋（ $150\sim 200\mu\text{m}$ ）强化防护	阻断水体腐蚀通道，保护主体结构
体系协同优化	配套布设 $\Phi 300\text{mm}$ 排水盲管（间距 5m ）与 $80\text{cm}\times 1.5\text{m}$ 截渗沟，理顺水体排泄	弱化水体侵蚀，提升长效防渗能力

本表梳理方案两大核心板块，明确实施内容与适配目标，直观体现防腐防渗设计与库区水质的贴合性，辅助把控方案落地效果。

4 结语

塑性混凝土防渗墙施工技术是中小型平原水库防渗体系的核心支撑，技术优化程度直接决定水利工程安全运行与效益发挥。结合庄科水库工程实践，通过地质勘察、工艺升

级、质量管控、防腐适配多维度优化，采用 SGZ-60 型抓斗成槽机施工，优化后墙厚 60cm 、墙深 $18\sim 22\text{m}$ 、C15 塑性混凝土防渗墙渗透系数控制在 $3.2\times 10^{-7}\sim 8.5\times 10^{-7}\text{cm/s}$ ，可有效化解库区地质复杂、水文特殊、水质腐蚀等施工难题，全面提升坝体防渗性能与结构耐久性。未来需持续结合工程场景迭代施工工艺，完善标准化管控流程，推动防渗墙技术在水利工程中规模化、规范化应用，进一步夯实国家水安全保障根基。

参考文献

- [1]吴瑾.高喷防渗墙技术在水利泵站工程施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(06):97-99.
- [2]周炜星.水利建筑工程中防渗墙施工技术的应用研究[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(04):228-230.
- [3]刘晓亚,王强.混凝土防渗墙施工技术在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全,2025,(22):166-168.
- [4]林程忠.浅谈水利工程施工中塑性砼防渗墙施工技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(18):214-216.
- [5]陆朝友.水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术的应用分析[J].科技资讯,2025,23(12):156-158.