

水利工程加固项目施工质量管理关键环节与优化策略

李荣北, 王涌潭

(山东海川工程技术有限公司, 山东 德州 253000)

摘要 本文以德州杨庄水库小(1)型水利加固工程为研究对象, 聚焦坝体防渗修复、闸涵结构检修、土方填筑压实等关键施工工序, 系统剖析现场质量管控中存在的实际痛点与薄弱环节。基于工程实际工况, 从技术管控、检测监管、流程闭环三个维度制定针对性优化对策, 并通过全周期跟踪验证质量管控的落地成效, 最终形成可复制、可推广的经验体系, 以期为国内同类型小型水库加固工程的质量管控实施提供实践参考。

关键词 水利工程加固; 水库质量管控; 防渗体系施工

中图分类号: TV698.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.034

0 引言

小型水利水库是区域供水保障、雨洪资源调蓄的核心基础设施, 长期运行过程中易出现防渗体系破损、坝体结构密实度不足等病害, 加固施工质量直接决定工程长效运行稳定性与安全性。当前, 部分水利加固项目存在质量管控环节割裂、隐患处置不彻底等问题, 本文以德州杨庄水库小(1)型水利加固项目为研究载体, 剖析质量管控关键节点, 探索适配的管控对策。

1 案例简介

1.1 工程基本概况

德州市中心城区及农业食品创新产业园长期面临供水缺口, 雨洪资源利用率偏低, 杨庄水库作为区域核心供水保障工程, 承担马颊河雨洪引蓄与常态、应急供水双重职能, 工程核心参数详见表1。该工程为小(1)型IV等水利工程, 采用砂壤土均质坝+全库铺塑防渗设计, 质量检测二标覆盖围坝中段、各类闸涵、渠道改道及电源工程, 防渗失效防控与坝体结构安全是本次加固的核心管控导向。

表1 德州市杨庄水库工程核心技术参数

工程指标	参数值	功能备注
总库容	920 万 m ³	雨洪调蓄总容量
有效供水库容	756 万 m ³	常规供水有效库容
围坝全长	4 160 m	坝体主体防护范围
日均常规供水	4.4 万 m ³	日常供水保障规模

作者简介: 李荣北(1991-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利水电工程。

1.2 工程加固核心任务

围坝坝体填筑密实度提升、全库防渗体系修复优化同步实施, 泄水闸、马颊河引水闸结构检修与精度调校有序推进, 同时完成截碱沟疏浚、平陵河改道开挖及引水渠道隐患治理, 并且兼顾供水管道穿堤衔接段质量补强, 全方位消除工程渗漏、结构失稳隐患, 保障水库供水与调蓄功能长效稳定^[1]。

1.3 项目管理基础条件

项目依托具备CMA资质的专业水利检测机构实施质量管控, 配置专职检测、技术复核人员组建专项专班, 同时配齐土工试验、混凝土检测、无损探伤等全套仪器设备, 所有计量器具定期完成检定校准。此外, 建立现场驻检机制, 为全周期质量检测与管控筑牢硬件、人员双重保障。

2 水利工程加固项目施工质量管理关键环节及对策

2.1 防渗工程质量管控

2.1.1 防渗技术体系构建

杨庄水库加固工程搭建“水平铺塑+截渗沟+坝体压实”三维防渗体系, 完全适配砂壤土均质坝的土质特性与全库防渗修复需求, 针对性破解原有防渗层破损、坝体渗流通道发育的核心隐患。水平铺塑环节采用库区全域两布两膜复合防渗结构, 膜下铺设5 cm粗砂支持层分散上部荷载应力, 膜上设置0.95 m厚覆土保护层阻隔施工外力与环境侵蚀, 同时搭配坝体分层碾压密实工艺, 封堵土料内部孔隙阻断地下渗流路

径。截渗沟沿坝基外围全线布设,同步疏浚原有老化截碱沟,结合平陵河改道开挖工序疏导周边地下水与地表径流,有效降低坝基渗压荷载。与此同时,针对围坝桩号 1+400-3+480 核心加固段,优化防渗结构与坝体填筑的衔接工艺,细化结合部位密封处理措施,彻底消除渗流死角,整套体系兼顾防渗可靠性与坝体结构稳定性,契合小(1)型水库长期安全运行的工况要求^[2]。

2.1.2 防渗材料质量管控

防渗材料入场前执行全指标核验流程,从源头杜绝不合格材料投入现场施工。土工布重点核查单位面积质量、断裂强度、渗透系数等核心指标,严控单位面积质量不低于 300 g/cm²,纵横向断裂强度 ≥ 10.0 kN/m,垂直渗透系数锁定在 1×10^{-1} cm/s $\sim 1 \times 10^{-3}$ cm/s 区间内;土工膜选用全新料 PE 材质,密度 ≥ 900 kg/m³,破坏拉应力、断裂伸长率、渗透系数分别把控在 12 MPa、300%、 10^{-11} cm/s 以上,同步核查材料出厂合格证、性能检测报告与第三方复检资料,重点排查批次性能一致性与材质稳定性。另外,橡胶止水带、复合防渗垫层等配套材料,严格参照《高分子防水材料 第 2 部分:止水带》(GB/T 18173.2-2014)规范开展检测,对拉伸强度、扯断伸长率、撕裂强度等关键参数逐批次抽检,出现性能偏差或参数不达标情况立即责令清场退场,全程筑牢防渗材料质量防线^[3]。

2.1.3 防渗施工工艺管控

膜体焊接施工采用双焊缝热熔工艺,预热温度精准锁定 300 ℃ ~ 350 ℃,设备行走速度控制在 3 m/min ~ 4 m/min,焊接搭接宽度保持 10 cm 标准值,焊缝间预留 1 cm 空腔用于后续气密性检测,焊接完成后开展气压试验,加压至 0.15 MPa ~ 0.2 MPa 并保持 1 min ~ 5 min,压力无明显衰减且无渗漏判定为合格。坝体压实环节选用羊足碾分层碾压作业,筑坝土料优先采用库区②层砂壤土与③层裂隙黏土,砂壤土压实度不低于 0.96,裂隙黏土严控最优含水量 25% 左右,分层填筑厚度不大于 0.3 m,坝基底部薄弱区域采用小型机械薄层碾压,分层厚度压缩至 0.15 m 以内,土料含水率浮动范围严格控制在最优值 -1% $\sim +3\%$ 。截渗沟施工精准把控开挖断面尺寸与边坡坡度,沟底整平压实后铺设防渗垫层,同时做好沟体与坝基、闸涵结构的衔接密封处理,并且全程跟踪施工工艺参数,及时纠偏违规操作行为,保障防渗施工工艺落地达标。

2.2 工程实体质量检测管控

2.2.1 检测项目与频率管控

结合杨庄水库加固工程现场施工节奏与分部工程

特性,实体检测项目与频次不搞一刀切,而是贴合坝体、防渗、混凝土、金属结构四大核心板块做动态适配。土方填筑环节紧盯压实度核心指标,按每 2 000 m³ 填筑量取样 1 组,堤防段每 2 000 m 布设 1 个检测断面,单层碾压完成后不少于 3 个测点同步核验,遇到雨季土料含水率波动时,还会适当加密抽检频次,规避压实度不达标隐患。混凝土工程按构件重要性分级管控,闸涵、启闭机房等关键部位每个构件留置 1 组标准抗压试块,拌和物坍落度每班次实测 2 次,抗渗、抗冻性能按单位工程同强度等级统一抽检 1 组;护坡砂石垫层每 500 延米设 1 处检测点,土工织物按铺设面积每 20 万 m² 抽取 3 组样品,金属结构焊缝除按不低于 10% 比例抽检外,受力关键焊缝追加全项核查。原材料进场后逐批次、分规格核验,不同直径、型号的钢筋单独抽检,水泥、骨料同步核对出厂复检报告,全程不留检测盲区^[4]。

2.2.2 检测方法与技术规范

现场检测采用无损筛查与试验室核验相结合的方式,兼顾检测效率与数据精准度,全程贴合现行水利规范落地执行。土方压实度检测区分土质类型选用对应方法,黏土用环刀法取样,砾质土换用挖坑灌砂法,检测前先清理测点浮土、校准仪器,减少外界因素干扰。混凝土强度先通过回弹法做现场初步判定,回弹值异常或存在外观缺陷的部位,及时采用钻孔取芯法做复检验证,钢筋位置、保护层厚度用磁感仪定点测量,同一测点反复核验 3 次取均值。水泥土搅拌桩借助探地雷达、高密度电法排查桩体连续性,搭配钻孔取芯核验桩长、桩身强度与均匀性;土工膜焊接质量以气压检测为主,焊缝空腔加压至标准值后稳压观测,人工排查渗漏隐患;金属结构焊缝采用超声探伤仪逐段检测,杜绝内部暗伤。所有操作严格遵循《水利工程质量检测技术规程》(SL 734-2016)、《水工混凝土施工规范》(SL 677-2014)等规范,检测前逐一核查仪器检定状态,确保流程合规、数据可信。

2.2.3 检测数据与结果管控

检测数据实行现场手写记录、双人交叉复核、逐级签字确认的闭环流程,原始数据同步留存纸质台账与现场影像资料,杜绝事后补记、数据篡改等问题。检测结果当场反馈给施工、监理、建设三方,不合格项明确标注问题点位、整改时限与技术标准,原材料出现不合格情况立即启动加倍复检流程,复检仍不达标则强制清场更换。工序施工出现质量缺陷时,要求施工方制定专项整改方案,细化处置措施与技术要求,整改完成后检测人员全程跟踪复检,各项指标达标后

方可推进下道工序。此外,按分部工程建立分类检测台账,详细记录检测时间、测点位置、实测数据、整改情况等信息,所有资料同步归档,实现检测全过程可追溯、问题隐患可核查,避免小缺陷演变成质量隐患,切实守住工程实体质量底线。

2.3 全流程质量管理保障

2.3.1 质量管理体系构建

贴合杨庄水库加固工序零散、隐蔽点位多、交叉作业频繁的现场特点,构建项目法人统筹、监理旁站管控、施工班组落地、第三方检测核验的四级质量管理体系,不搞空泛的层级划分,而是把质量责任细化到每个岗位、每道工序,全程坚守检测独立性、管控闭环性两大核心原则。项目法人牵头组建质量管理专班,每周组织召开质量例会,统筹协调质量、进度与安全管控的衔接冲突,牵头审定重大质量问题整改方案;监理单位实行24小时旁站管控,针对围坝填筑、土工膜焊接等关键工序,建立巡检台账与问题销号表,实时核查施工操作与设计要求的契合度;施工单位明确各班组质量责任人,落实岗前技术交底与班中质量自查,确保每道工序符合施工规范;第三方检测人员驻场开展独立检测,严格按规范取样核验,不参与施工方质量干预,杜绝违规检测、简化流程等问题。同步落实施工班组自检、班组间互检、专职质检员专检的三检制,针对坝基清理、防渗层铺设、泄水闸基础处理等隐蔽工程,必须经建设单位、监理单位、施工单位三方现场实测核验、签字确认后,方可推进下道工序^[5]。

2.3.2 人员与设备保障管控

检测人员需持有水利工程质量检测执业资格证书,上岗前开展围坝填筑、防渗施工、闸涵检修等专项技术培训,熟练掌握检测仪器操作、数据采集与处理流程,定期开展技能考核确保实操能力达标。特种作业人员实行持证上岗制度,定期开展技能复核与安全技术交底,保障起重、焊接、电工等岗位操作合规。检测仪器设备实行定期检定校准,土工试验、无损探伤、渗流检测等设备每季度核查精度,计量器具统一送检至具备资质的机构,不合格设备立即停用更换。另外,合理调配现场检测设备资源,建立设备使用、维护、台账管理制度,保障各检测环节仪器适配、数据精准可靠。

2.3.3 质量问题闭环处置

建立质量问题发现—通报—整改—复检—归档的全流程闭环机制,现场巡检、检测过程中发现的质量隐患,当场下达整改通知书,明确整改责任人、技术

标准与完成时限。施工单位按要求落实整改后,提交书面复检申请,检测机构开展全覆盖复核检测,复核达标后签署验收意见,未达标项责令返工处置并重新报验。同时,所有质量问题、整改措施、复检结果均纳入工程质量档案,详细记录处置全过程与关键数据,并且定期开展质量隐患复盘工作,总结管控短板与优化方向,调整后施工管控措施,杜绝同类质量问题重复出现。

3 项目施工质量管理成效

通过全环节精准管控与闭环处置,杨庄水库加固工程各项质量指标均满足设计与规范要求。围坝填筑压实度、防渗膜焊接合格率、混凝土强度合格率均达到100%,坝体渗流压力、表面变形监测数据始终处于安全阈值范围内,金属结构安装精度、机电设备运行参数完全契合设计标准。与此同时,基坑、高支模等危大工程管控全程零安全事故,质量隐患整改闭环率100%,检测数据真实完整、技术资料归档规范有序,彻底解决了水库原有防渗破损、坝体密实度不足、闸涵精度偏差等病害,大幅提升了水库雨洪调蓄与城乡供水保障能力。

4 结束语

本文依托德州杨庄水库小(1)型水利加固工程实践,基于坝体防渗修复、闸涵结构检修、土方填筑压实等核心施工工序的现场需求,搭建了防渗施工、实体检测、全流程保障协同发力的质量管控框架,通过工程全周期的落地应用,验证了分层管控、闭环处置模式的实操价值。现阶段管控工作仍存在现场动态监管精度不足、细微隐患预判能力薄弱的局限。未来,研究应重点融合物联网、大数据等智慧监测技术,针对不同施工工序细化工艺管控细则,构建更具前瞻性、精准性的质量管控体系,为同类型小型水库加固工程的质量管控提供更全面的技术支撑。

参考文献:

- [1] 郑轲. 水利工程堤坝加固施工技术及管理策略分析[J]. 水上安全, 2025(01):130-132.
- [2] 王靖. 水利工程堤坝加固施工技术及管理要点研究[J]. 水上安全, 2025(21):161-163.
- [3] 陈小平. 水利工程中水库加固工程的施工质量管理措施[J]. 工程建设与技术, 2024,02(10):27-31.
- [4] 张吉刚. 水利工程中小型水库除险加固施工管理分析[J]. 数字农业与智能农机, 2023(01):58-60.
- [5] 刘艳珍. 水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制[J]. 珠江水运, 2021(15):53-54.