# 平原水库除险加固工程防渗排水系统优化设计

张文平
新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司　新疆　乌鲁木齐　830000

**摘　要：**渗流失控与防渗排水设施老化是平原水库运行阶段的常见安全问题，直接影响水库整体运行稳定性。本文以平原水库除险加固工程为研究对象，重点分析现有防渗排水系统存在的结构缺陷、布局不合理、系统协同性差及适配耐久性不足等各类问题。结合平原地区特殊的地质与水文运行条件，研究从设计原则、防渗体系、排水结构及渗流稳定控制等多个方面完成系统优化设计，配套制定施工前期筹备、施工过程管控、完工检测验收及后期运维管理的全流程质量保障措施。研究可有效改善库区渗流隐患，提升防渗排水系统运行稳定性与耐久性能，为同类平原水库除险加固改造工作提供参考。

**关键词：**平原水库；除险加固；防渗排水系统；优化设计；渗流稳定

引言：平原水库多建设于软土、透水层发育的特殊地质区域，水文环境复杂，长期运行过程中极易出现渗流异常问题。多数早期水库的防渗排水配套设施建设标准偏低，长期服役后会逐步出现结构老化、性能衰减等问题，引发各类运行隐患，制约水库安全稳定运行。针对传统防渗排水设计存在的各类短板，本文结合平原水库地质与运行特点，开展防渗排水系统的整体优化设计研究，通过完善系统结构与管控方式，解决库区渗流安全难题，提升水库工程服役能力。

## 1 平原水库防渗排水系统现存问题及成因分析

### 1.1 防渗体系结构缺陷问题

现阶段多数平原水库的防渗设计方式较为单一，一般以黏土铺盖或者简易垂直防渗结构为主，这类结构整体密闭效果较差，难以适配平原松散地基的渗流环境。早期施工条件有限，黏土防渗层施工质量普遍不达标，长期水环境作用会让土体产生破损并形成渗漏通道。垂直防渗结构常出现埋设深度不足、底层衔接不严密的问题，墙体接缝位置也存在渗漏风险，且各部位防渗结构未能形成整体体系，材料使用寿命也相对较短，水库渗漏问题容易反复出现。

### 1.2 排水系统布局不合理问题

排水系统能够疏导水库渗压，对整体渗流管控起到关键作用。国内多数早期平原水库设计都更加侧重防渗施工，对排水体系的规划较为薄弱，整体布局存在明显缺陷。管网布设方式较为单一，没有结合库区渗流分布差异做分区调整，高压渗水区域排水能力不足，低压区域又存在管道资源浪费的问题[1]。同时工程大多只设置浅层排水设施，缺乏深层减压结构，地基积水难以彻底排出，配套的反滤设施与排水出口设计也存在诸多不合理问题，会逐步降低排水系统的运行效能。

### 1.3 防渗排水系统协同性不足

传统水库工程在设计阶段会对防渗结构与排水设施进行单独规划，两套体系缺乏整体统筹设计，难以形成有效的联动工作机制。设计工作普遍偏重防渗功能的建设，排水减压的相关作用容易被忽视，这就使得防渗结构需要长期承受水体渗透压力，结构损耗速度会出现明显加快的情况。防渗参数和排水参数存在匹配度不足的问题，排水作业进度往往滞后于防渗施工进度，库区内部会逐步积聚渗压，进而造成防渗结构出现变形和破损问题，这也是传统水库加固治理效果不佳、渗流隐患频繁复发的关键原因。

### 1.4 设计适配性与耐久性不足

现阶段水利工程大多沿用固定的防渗排水设计范式，这类通用设计体系很少结合平原水库的现场地质及水文条件做出调整。平原区域普遍存在地下水位偏高、土层透水性强、地基容易发生形变等特征，标准化的设计形式很难适配这类特殊工况。工程结构的抗变形能力会出现不足，设施在长期运行过程中会产生各类损坏问题。传统设计模式对于结构长期使用的耐久性能考量较为有限，也无法合理协调工程建设成本与实际使用效益，会造成一定的资源损耗，导致水库加固改造的整体质量难以达到现行行业规范的标准要求。

## 2 平原水库防渗排水系统优化设计核心体系

### 2.1 优化设计总体原则

平原水库防渗排水系统的优化工作需要遵循固定的设计准则，工程安全稳定是所有设计环节的核心重点内容。设计人员需要严格依据现行水利行业设计规范把控各项核心技术指标，让水库整体结构可以在各类复杂运

行环境中保持稳定状态，减少安全隐患的产生。防渗体系与排水设施不能采取分开设计的传统模式，两个系统需要完成统一规划和协同布置，通过系统联动搭建完整的库区渗流管控体系，提升渗流治理的整体效果。通用化设计模式存在适配性不足的问题，设计工作需要结合库区不同区域的地质条件和渗流特点制定差异化方案，能够有效弥补传统设计的短板，让整套系统的运行性能得到提升[2]。工程设计工作需要平衡实用性与经济性两大要点，施工选材优先选用稳定性好、耐久性能优异的材料，以此完善结构整体工作性能，同时合理控制工程建设投入与后期运维成本，保障平原水库水利工程能够长期稳定投入使用，充分发挥工程应用价值。

2.2 防渗体系优化设计

复合防渗结构会替代传统单一防渗施工模式，结构体系由垂直防渗设施与水平防渗设施共同组成，可实现库区全方位封闭防渗的建设目标。塑性混凝土防渗墙多用于坝基防渗处理，墙体结构需要穿透地表透水地层，墙体底端可以嵌入深层不透水地层内部，施工参数可结合现场地基条件做出合理调整。变形缝结构会被设置在防渗墙体内部，结构形变调节能力可以得到提升，地基沉降引发的墙体开裂与渗漏问题能够得到有效控制。改性黏土垫层和复合土工膜是库底防渗施工的主要材料，施工人员需要严格把控土体压实、膜体铺设及焊接等关键工序，维持库底防渗结构的整体稳定状态。坝体衔接位置、坝肩接触面与管道穿坝位置属于工程防渗薄弱部位，施工人员可以通过加装止水构件、填充密封材料的方式封堵结构缝隙，彻底消除库区防渗盲区，让水库整体防渗施工质量得到切实提升。

2.3 排水系统优化设计

平原水库排水体系的优化建设需要依托库区渗流场的实际分布特征，搭建分层分区的立体排水结构，让排水设施能够与防渗结构形成联动配合，共同处理库区存在的渗流问题。工程设置双层排水结构处理不同深度的渗水问题，浅层设施可以及时排出库底积聚的积水，降低防渗膜底部积存水体带来的压力，深层管网能够贯穿浅层透水地层，疏导地基内部堆积的扬压力，改善深层区域渗压超标的状况。管道布置方式会根据库区渗压大小进行动态调整，渗压偏高的区域可以加密管道布设密度，渗压偏低的区域可以适当放宽管道间距，让排水质量和工程建设成本保持平衡。工作人员需要结合地基土质条件调整反滤结构与管道参数，结构设置可以阻挡土体颗粒流失，提升管道抗淤堵能力。排水出口高程需要科学设定，配套的防护与检修设施可以有效防范积水倒灌和土体冲刷问题，也能为后续设备养护、故障排查等运维工作提供基础保障，持续提升排水系统整体运行稳定性。

2.4 渗流稳定控制优化设计

渗流稳定性的优化管控可以依托多种技术方式实现，数值模拟手段能够测算水库在不同运行工况下产生的渗透坡降。技术人员可以结合库区土体的基础特性确定合理参数范围，让实际渗透坡降始终处于规范允许的数值区间内。坝脚位置、防渗墙底部以及各类结构衔接处都是渗流防控的薄弱区域，区域内存在的渗流安全风险可以通过调整防渗强度与排水布局的方式进行管控，有效降低土体渗透变形的发生概率[3]。深层排水设施可以对地基内部扬压力起到调节作用，技术人员能够根据施工现场的实际条件，对排水管网的埋设深度以及布设密度进行优化，将库区整体扬压力稳定在可控范围，避免地基和坝体结构出现失稳问题。水库运行水位会处于动态变化的状态，渗流管控标准也需要随之调整，防渗结构与排水设施的运行参数需要保持相互匹配。渗漏量与排水量可以形成动态平衡关系，有效缓解库区渗压堆积与水体渗漏的常见问题，稳步提升平原水库库区整体的渗流管控能力与运行稳定性。

## 3 优化系统施工保障与质量控制

3.1 施工前期准备控制

施工前期的地质核查工作是防渗排水工程建设的基础环节，正式施工开展前必须完成库区全方位的地质复核与勘察作业。工作人员可以通过系统勘察明确现场地基土层的具体分布状态，精准统计透水层厚度、土体渗透系数、地下水位高度等关键地质参数，这类基础数据能够为工程设计调整提供可靠依据，让优化设计方案适配施工现场的实际工况条件。工程投入使用的各类施工材料都需要经过严格的质量检验流程，土工膜、防渗混凝土、透水管道及反滤材料等核心用材，都需要符合现行水利工程质量标准，不合格的材料严禁进场用于工程施工。施工管理人员需要梳理清楚工程建设的重难点内容，依据施工要求编制专项施工工艺方案，同时对一线作业人员开展系统的技术交底和专业技能培训。规范化的前期筹备工作能够有效规整整体施工流程，规避施工过程中大概率出现的各类质量缺陷，从源头降低工程隐患的出现概率，为后续防渗排水工程的标准化施工和整体建设质量提供坚实的基础支撑。

3.2 核心结构施工工艺控制

防渗墙施工质量的把控需要贯穿全部施工工序，成孔、清孔、混凝土浇筑以及接缝处理都是施工过程中的

关键环节。施工人员需要逐一检查墙体垂直度、结构密实度和埋设深度等关键参数，确保各项指标都符合工程设计标准，尽量减少墙体空洞、接缝渗漏等常见施工缺陷的出现[4]。复合土工膜的铺设作业对施工基面有着基础要求，施工基面必须提前做好平整与夯实处理，清除表面存在的尖锐杂物，避免对膜体造成损伤。膜体焊接施工的质量需要得到严格管控，工作人员还要完成对应的气密性检测工作，以此保证焊接部位的密闭性能够契合施工规范要求。排水管网的布设作业需要严格依照分区设计方案推进，施工人员需要重点把控管道安装坡度、接口密封程度以及反滤层铺设精度等核心内容。标准化的施工管控模式可以有效规避管道错位、淤堵、渗漏等各类施工问题，让排水管网始终保持通畅的通水状态，稳定发挥渗流疏导的作用，持续满足平原水库防渗排水工程的实际运行需求。

3.3 系统成型检测验收

防渗排水工程的质量检测与验收工作，需要在所有施工工序全部完成后集中开展。工作人员需要针对整套防渗排水结构开展系统性质量检查与渗流性能检测，以此核验工程施工质量是否达标。防渗结构的封闭效果与渗漏指标需要逐项检测，检测数据可用于判定防渗体系的完整性与可靠性。排水管网结构需要开展通水试验，以此核验管道通水效率和渗压减压性能是否符合设计标准。库区渗透坡降、基底扬压力等核心运行参数，都可以通过渗流模拟技术进行复核校验，各项参数指标均需要满足水库安全运行的规范要求。工程验收环节需要严格执行分项验收与分部验收制度，工作人员需要全面排查施工环节存在的各类质量问题，对检测不达标的施工部位进行针对性整改复检。所有施工缺陷整改完成且验收合格后，整体工程才算达到建设标准，能够让防渗排水系统以稳定的状态投入后续常态化运行，持续发挥水库渗流管控的作用。

3.4 后期运行维护保障

常态化运维监测体系的建立，是保障平原水库防渗排水系统长期稳定运行的重要手段。相关工作人员需要落实周期性监测工作，定期统计库区渗漏量、坝体渗压数据以及坝坡渗水情况，以此实时掌握整套系统的实际运行工况。排水管道的通畅状态会直接影响排水效能，工作人员需要定期对管网开展疏通清理作业，及时去除管道内部淤积的杂质与淤泥，防止管道堵塞引发的排水功能下降等问题[5]。防渗结构的外观完整性与使用状态也需要纳入定期检查范围，结构表面产生的开裂、破损和老化等病害问题，都需要得到及时的维修处理。工作人员需要做好日常运维数据的台账记录工作，结合季节变化引发的水位波动和水文条件改变，动态调整运维管理方案。标准化的运维管理模式可以持续稳定防渗排水系统的整体性能，维持设施长期平稳运行的状态，巩固水库除险加固的施工成效，为平原水库日常运行的安全性与稳定性提供持续的保障。

**结束语**

综上所述，平原水库防渗排水系统的优化方案，可有效解决传统设计与施工存在的各类渗流隐患。通过优化防渗结构、分层排水布局与渗流控制标准，搭配全流程施工管控与常态化运维制度，能够有效提升库区渗流稳定性。整套优化方案适配平原地区特殊地质与水文条件，可强化水库整体防渗排水能力，提升工程服役年限与运行安全水平，可为同类平原水库除险加固改造工程提供可行的技术参考。

**参考文献**

[1]吴筱斐.小型水库除险加固技术与全生命周期管控[J].水上安全,2026(12):154-156.

[2]张大勇,刘新利.水库大坝加固工程护坡结构设计与施工技术研究[J].现代工程科技,2025,4(11):33-36.

[3]熊鹏飞.水库除险加固工程中新型防渗技术的应用与研究[J].行车指南,2026(8):0103-0105.

[4]周丽华.小型水库除险加固工程设计与施工关键技术研究[J].电力研究,2026,9(5):187-189.

[5]习立飞.水库除险加固工程中防渗墙高压喷射灌浆施工技术研究[J].水上安全,2025(19):166-168.