

# 水利工程中水库大坝的安全管理策略研究

胡良旭

永康市水文管理中心 浙江永康 321300

**摘要：**水库大坝安全管理是保障水资源安全与社会稳定的关键。本文系统研究其有效策略，分析设计不合理、施工质量缺陷、水位控制失当及维护不足等影响因素，针对性提出健全安全管理制度、强化维护修缮、完善应急预案、提升人员素质等策略。通过构建全周期管理体系，融合技术创新与责任落实，旨在提升大坝安全韧性，为水利工程风险防控提供理论与实践参考。

**关键词：**水利工程；水库大坝；安全管理；策略

## 一、水利工程中水库大坝安全管理的重要性

在水利工程体系中，水库大坝安全管理是维系民生安全与社会稳定的核心屏障。从功能层面看，大坝作为防洪、供水、发电、生态调节的枢纽载体，其安全直接决定流域防洪减灾能力与水资源调配效能——溃坝事故不仅可能引发下游洪水泛滥，摧毁城镇、农田与基础设施，更会造成重大人员伤亡及生态系统崩溃；从经济维度考量，大坝失修或管理疏漏易导致工程功能退化，增加后期修复成本，且连带影响水电产能、灌溉效益等经济产出，制约区域可持续发展；在社会治理视角下，大坝安全是政府公信力与公共安全体系的关键检验指标，一旦发生安全事故，易引发公众恐慌与社会秩序波动。此外，大坝长期受水文、地质、气象等复杂因素影响，加之工程材料老化、设计施工缺陷暴露等问题，风险累积效应显著。因此，强化大坝安全管理，通过制度完善、监测预警、应急保障等全周期管控，既是防范系统性风险的必然要求，更是守护国家战略水资源、保障经济社会平稳运行的基础性工程。

## 二、影响水库大坝安全的因素

### 1. 水库大坝设计不合理

水库大坝设计需精准匹配流域水文特性与地质条件，若前期参数测算或结构规划失当，将为安全埋下系统性隐患。水文计算偏差是常见风险点，如设计洪水频率低估、库容曲线错误，可能导致大坝泄洪能力不足，遭遇超标洪水时极易漫顶溃决；地质勘察不充分则可能忽视坝基软弱夹层、断层带等隐患，引发坝体不均匀沉降或深层滑动。此外，坝型与结构选型不当亦威胁安全，如土坝坝坡坡度过陡、混凝土坝应力分布设计缺陷，会

削弱坝体抗滑与抗渗能力。部分早期大坝因设计规范滞后，未充分考虑地震、冰冻等极端工况，抗震等级不足或温控措施缺失，长期运行中裂缝、渗漏问题频发。不合理的设计不仅难以满足功能需求，更会使大坝在正常工况下持续承受超限荷载，加速结构老化，最终突破安全阈值。

### 2. 施工质量问题

施工环节的质量缺陷是大坝安全的“先天顽疾”，直接削弱工程本体强度与耐久性。混凝土坝施工中，振捣不密实导致蜂窝、孔洞，或温控措施失效引发温度裂缝，将严重降低坝体整体性与抗渗性能；土坝填筑若土料含水量超标、压实度不足，或未分层碾压形成薄弱层，极易在蓄水后产生沉降裂缝甚至滑坡。隐蔽工程的施工缺陷更具隐蔽性与破坏性，如灌浆帷幕未达设计深度、坝基覆盖层清理不彻底，将造成集中渗漏通道，威胁坝基稳定。施工过程中的偷工减料、违规操作，以及监理验收流于形式，均会使工程质量不达标。这些缺陷在大坝运行初期可能表现轻微，最终诱发贯穿性裂缝、渗流破坏等重大险情。

### 3. 水位控制不当

水位调控是水库大坝安全运行的核心环节，超限或骤变的水位波动将严重威胁坝体稳定。超设计水位运行是常见风险，持续高水位会增加坝体浸润线高度，降低坝坡抗滑安全系数，同时加剧坝基扬压力，可能引发管涌、流土等渗透破坏；水位骤降则会在坝体内产生反向孔隙水压力，导致黏性土坝坡失稳滑坡。季节性水位波动管理不善亦存隐患，如枯水期未及时检修、汛期前未预泄腾库，将错失隐患排查与防洪准备时机。梯级水库

群联动调度缺位时，上下游水位错配易造成连锁反应，放大单座大坝安全风险。部分水库因管理粗放，未严格执行水位-库容-泄流关系曲线，或过度追求发电、灌溉效益而忽视安全水位红线，长期积累的荷载超限终将突破坝体承载极限，引发溃坝等灾难性后果。

#### 4. 维护保养不到位

大坝设施的周期性维护是延缓老化、防范隐患的关键防线，缺失维护将加速工程劣化进程。坝体表面裂缝、剥蚀若未及时修补，雨水入渗会逐渐扩展裂缝深度，削弱结构强度；混凝土碳化、钢筋锈蚀问题长期搁置，将导致构件承载力下降。金属结构缺乏润滑、防腐处理，易出现机械卡滞、构件断裂，危及紧急泄洪功能；防渗系统老化渗漏若未及时检测修复，可能发展为集中渗流通道，引发坝基渗透破坏。监测设施维护缺位更会导致数据失真，无法及时捕捉变形、渗流异常信号。水库周边环境治理缺失，亦间接威胁大坝安全。日常巡检流于形式、维护资金投入不足，使得微小缺陷逐渐累积成重大隐患，最终可能在极端工况下集中爆发，酿成不可挽回的事故。

### 三、水库大坝安全管理的有效策略

#### 1. 建立健全安全管理制度

建立健全安全管理制度是水库大坝安全管理的根本保障，需构建权责明晰、流程规范、监管有力的制度体系。首先，应明确分层级责任架构，制定《大坝安全管理权责清单》，细化管理单位、技术部门及属地政府的职责边界，推行“行政责任人+技术负责人”双岗制，确保责任落实到人。完善运行操作规范，编制涵盖水位调度、泄洪控制、设备启闭等环节的标准化手册，建立操作前风险评估、操作中实时监控、操作后记录存档的全流程管控机制，杜绝人为失误风险。监管制度层面，建立“日常巡查+季度检查+年度考核”的监督体系，引入第三方专业机构开展安全鉴定，推行问题整改“销号制”，对重大隐患实行挂牌督办。同时，强化应急管理制度，制定《大坝突发事件分级响应细则》，明确预警发布、物资调配、信息通报等流程，确保应急处置有序高效。此外，建立安全奖惩机制，将制度执行情况纳入绩效考核，对履职不力者依规追责，对隐患排查有功人员给予奖励。通过制度创新与数字化赋能，搭建覆盖规划、建设、运行的全生命周期管理平台，实现制度执行的流程留痕、数据可溯，推动大坝安全管理从经验驱动向制度驱动转型，为工程安全运行筑牢制度防线。

#### 2. 强化水库大坝的维护与修缮

强化水库大坝的维护与修缮是消除结构性隐患、提升工程安全性能的核心路径，需依托“诊断-修复-提升”一体化流程构建长效机制。维护层面，应建立基于风险等级的差异化巡检制度，对高坝大库及病险坝实施每日动态监测，利用无人机热成像、探地雷达等技术精确定位坝体缺陷，重点排查混凝土坝的温控裂缝、土坝的渗漏通道及坝肩边坡稳定性。修缮工程需遵循“一患一策”原则，对浅层裂缝采用环氧树脂灌浆封闭，深层结构损伤则结合预应力锚索加固；针对金属结构老化问题，引入纳米防腐涂层延长闸门使用寿命，同步升级液压启闭系统实现远程智能控制。技术层面，推广“智慧修缮”模式，通过BIM+GIS技术建立大坝三维健康档案，集成历年检测数据预测病害发展趋势，为修缮方案提供数据支撑。资金保障方面，设立大坝专项维护基金，采用“政府财政+水利专项债+社会资本”多元筹资模式，确保重大修缮项目及时落地。通过系统化、科学化的维护修缮体系，可有效延缓大坝老化进程，实现工程安全与生态效益的双重提升。



图1 水库大坝的维护图

#### 3. 加强应急预案的制定和演练

加强应急预案的制定和演练是提升水库大坝应急处置能力、降低灾害损失的核心举措。应急预案需以风险评估为基础，针对溃坝、漫顶、坝体滑坡等极端场景，构建“分级响应、精准施策”的处置框架。预案应明确预警分级标准，细化应急指挥、人员疏散、物资调配等流程，依托溃坝洪水演进模型精准划定下游受威胁区域，制定分时段转移路线与安置方案。演练环节需强化实战性与多部门协同，每年至少开展1次全要素联合演练，模拟暴雨叠加地震的复合灾害场景，重点检验监测预警发布、泄洪设施应急启闭、上下游联动调度等关键环节。此外，建立预案动态更新机制，结合大坝安全鉴定结果

与水文气象变化，每3年修订一次预案，确保其时效性与可操作性。通过常态化演练与预案迭代，形成“监测预警-应急响应-灾后处置”的闭环管理体系，最大限度降低突发险情造成的生命财产损失。

#### 4. 做好维护与保养工作

做好维护与保养工作是延长水库大坝使用寿命、保障其安全运行的基础性措施。需建立“预防为主、防治结合”的维护体系，以日常巡检、专项检测与周期大修为抓手，实现精细化管理。日常巡检应落实网格化责任，技术人员按划定区域每日巡查，利用高清摄像、裂缝观测仪等设备记录坝体表面状况，重点排查混凝土剥落、土坝裂缝及渗漏点，同步检查闸门、启闭机等金属结构的润滑与锈蚀情况，形成带定位坐标的电子巡检日志。专项检测需结合季节特性，如汛期前开展泄洪通道清淤与启闭系统压力测试，冬季前检查防冻保温层完整性；针对服役超20年的大坝，每5年开展一次坝基防渗体探地雷达扫描与渗流场复核。周期大修则需制定十年滚动计划，对老化严重的坝体结构采用碳纤维加固、复合土工膜防渗等新技术修复；对监测系统数字化升级，引入物联网传感器实现渗压、位移数据实时上传分析。同时建立维护档案数据库，运用寿命预测模型对闸门、启闭机等关键设备的剩余寿命进行动态评估，提前储备备品备件。通过常态化维护与精准化修缮，可有效遏制病害发展，确保大坝长期安全稳定运行。

#### 5. 提升人员素质与技能

提升人员素质与技能是水库大坝安全管理核心驱动力，直接影响风险防控效能与工程全生命周期安全。需构建“分层施教、精准赋能”的培训体系：对基层巡查人员开展坝体裂缝识别、渗流异常判断、监测仪器操作等实操训练，配备便携式检测设备教学包，强化隐患早期识别能力；技术人员则聚焦渗流场数值模拟、结构健康诊断、新材料应用等前沿技术，通过案例研讨与模拟演练提升复杂工况下的分析决策水平；管理层需系统掌握风险分级管控、多部门协同调度、应急预案优化等管理方法论，定期组织跨区域安全管理经验对标学习。

同步推进“产学研用”深度融合，联合高校开设大坝安全专项研修班，引入BIM运维管理、AI异常数据预警等数字化课程；建立“专家库+技术骨干”传帮带机制，针对病险坝加固、老旧设备改造等难题开展实战教学。创新考核激励模式，将技能认证、技术攻关成果与岗位晋升、绩效奖金挂钩，设立“安全标兵”评选制度激发内生动力。通过持续性、体系化的能力建设，培育兼具专业素养与创新意识的复合型人才梯队，为大坝安全管理注入技术活力与智力支撑。

#### 结束语

综上所述，水库大坝安全管理需以系统性思维构建全周期防控体系。通过完善制度建设压实责任链条，依托智能化监测实现风险预判，借助预防性维护延缓工程老化，强化应急演练提升灾变应对能力。面对气候变化与工程老化的双重挑战，未来应进一步推动管理模式创新，融合物联网、大数据等新技术实现精准管控，建立多部门协同的动态监管机制。唯有将制度保障、技术创新与责任落实有机结合，方能筑牢大坝安全防线，实现水利工程经济效益与社会效益的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 孙泉. 水利工程管理中存在的安全问题及改进策略[J]. 工程建设与设计, 2022, (23): 263-265.
- [2] 朱少武. 构建水库大坝安全管理预警系统的实践研究[J]. 内蒙古水利, 2021, (01): 25-27.
- [3] 索志明. 大坝安全监测及优化措施研究——以洋县卡房水库为例[J]. 工程技术研究, 2022, 7(20): 137-139.
- [4] 张婧. 水利工程安全与质量管理体系常见问题及提升思路探讨[J]. 地下水, 2021, 43(06): 308-309.
- [5] 黄春华, 陈尧, 夏甜, 等. 广东省小型水利工程安全运行管理中存在的主要问题及改进措施[J]. 土木工程与管理学报, 2021, 38(05): 43-48.
- [6] 邵伟龙, 郭炳荣. 水利工程安全评价及安全管理系统研究[J]. 中国建材科技, 2022, 31(01): 90-92.