

中小型水库运行管理中的风险识别与防控策略

李超

平罗县水务局 宁夏 石嘴山 753400

摘要: 中小型水库在我国水利基础设施体系中占据重要地位,承担着防洪、灌溉、供水、生态调节等多重功能。然而,由于历史建设标准偏低、管理机制不健全、技术手段滞后以及气候变化带来的不确定性等因素,中小型水库在运行管理过程中面临诸多安全风险。一旦发生事故,不仅会造成重大经济损失和人员伤亡,还可能引发次生灾害,影响区域社会稳定。本文系统梳理了中小型水库运行管理中存在的主要风险类型,包括工程结构风险、运行调度风险、管理机制风险、外部环境风险等;在此基础上,构建了基于“识别—评估—预警—处置”闭环的风险管理体系,并提出了针对性的防控策略,涵盖制度建设、技术支撑、人员培训、应急响应等多个维度。旨在为提升中小型水库安全运行水平、保障人民群众生命财产安全提供理论参考与实践路径。

关键词: 中小型水库; 运行管理; 风险识别; 风险评估; 防控策略; 安全管理

引言

中小型水库大多建于20世纪50至70年代,受当时经济条件、技术水平和设计理念限制,普遍存在设计标准低、施工质量参差、老化病险严重等问题。尽管近年来国家持续推进病险水库除险加固工程,但中小型水库数量庞大、分布广泛、管理力量薄弱,其安全运行形势依然严峻。与此同时,随着经济社会发展对水资源需求的持续增长,中小型水库的功能日益多元化,运行调度复杂度显著提升,进一步加剧了管理风险。因此,系统开展中小型水库运行管理中的风险识别与防控研究,不仅是保障水利工程安全运行的迫切需要,也是落实国家“统筹发展和安全”战略、推进水治理体系和治理能力现代化的重要举措。

1 中小型水库运行管理中的主要风险类型

1.1 工程结构风险

许多中小型水库的大坝在建设初期受限于材料、工艺及勘测精度,导致坝体压实度不足、防渗体系不完善,随着时间推移,渗漏通道逐渐发育,进而可能诱发管涌、流土甚至坝坡失稳。混凝土坝则常因碳化、冻融循环或钢筋锈蚀而产生裂缝,削弱结构整体性。泄洪设施作为水库安全的关键屏障,其可靠性直接关系到汛期能否有效排洪。然而,部分水库溢洪道断面设计偏小,或因年久失修导致闸门启闭机卡涩、消能工破损,在遭遇强降雨时无法及时泄洪,极易造成漫顶溃坝。此外,输水涵管的老化断裂问题也不容忽视,一旦发生内部冲刷或淤堵,不仅影响正常供水灌溉功能,更可能危及坝体稳定。更为严峻的是,大量小型水库缺乏自动化监测手段,仅依赖人工巡查,难以捕捉如微小位移、异常渗

压等早期险情信号,使得风险隐患长期潜伏,直至突发事故。

1.2 运行调度风险

现实中,部分管理单位为追求短期经济收益,在汛期违规蓄水,使水库长期处于超汛限水位运行状态,严重压缩了防洪库容,一旦遭遇突发强降雨,将极大增加漫坝风险。同时,调度决策往往缺乏对上游雨情、水情及气象预报的实时联动分析,信息传递链条过长或数据共享机制缺失,导致调度指令滞后甚至失误。即便部分水库制定了调度规程和应急预案,也常因缺乏定期演练而流于形式,面对真实险情时,管理人员手足无措,错失最佳处置时机^[1]。此外,随着水库功能从单一防洪向多目标协同转变,防洪、供水、生态流量保障与发电等目标之间时常产生冲突。在缺乏系统优化模型和动态协调机制的情况下,调度方案往往顾此失彼,难以实现安全与效益的平衡,进一步放大了运行风险。

1.3 管理机制风险

首先,产权与管理责任边界模糊,尤其在农村集体所有的小型水库中,“无人管、不会管、不敢管”现象普遍,导致日常维护缺位、隐患整改拖延。其次,经费保障长期不足,维修养护、设备更新、人员培训等基本支出难以落实,迫使水库在“带病运行”状态下勉强维持,积小患成大病。再者,基层水管单位普遍存在专业技术人员短缺、年龄结构老化、知识体系陈旧等问题,难以适应现代水库精细化、智能化管理的要求。最后,监管体系覆盖能力有限,上级水行政主管部门面对数量庞大的中小型水库,往往只能采取抽查式监管,难以形成常态化、全覆盖的监督网络,致使部分高风险水库长

期处于监管盲区,安全隐患得不到及时干预。

1.4 外部环境风险

极端气候事件频发,如短历时高强度降雨、超标准洪水、持续性干旱等,频繁突破原有工程设计标准,使水库在非设防工况下运行,安全裕度急剧下降。同时,流域下垫面因城市扩张、土地利用变化而发生显著改变,地表硬化率提高导致产汇流速度加快,洪水过程线更陡、峰值更高,进一步加剧了水库的防洪压力。人为干扰亦不容忽视,库区非法采砂破坏岸坡稳定,侵占库容减少调蓄能力,倾倒垃圾污染水体并堵塞泄洪通道,这些行为不仅损害生态环境,更直接威胁工程安全。此外,位于地震活跃带或地质构造不稳定区域的水库,还需警惕地震、山体滑坡、泥石流等地质灾害的次生影响,此类突发性外部冲击往往具有极强的破坏力,对水库应急响应能力提出极高要求。

2 风险识别与评估方法

2.1 风险识别方法

针对中小型水库特点,应采取多源融合、动静结合的识别路径。一方面,需强化现场巡查与定期安全鉴定,组织专业技术人员依据《水库大坝安全鉴定办法》对工程结构、金属结构、电气设备等进行全面体检,并据此划分安全类别,明确风险等级。另一方面,应系统梳理国内外同类水库的历史事故案例,深入剖析致险机理,提炼共性风险因子,为本地化风险识别提供经验借鉴。专家咨询亦不可或缺,可通过德尔菲法组织水利、地质、气象等领域专家进行多轮匿名征询,克服个体认知局限,形成对潜在风险的共识性判断^[2]。此外,现代遥感与地理信息系统(GIS)技术为大范围、高频次风险识别提供了新手段,利用高分辨率卫星影像可动态监测库区地形变化、植被覆盖异常及人类活动痕迹,实现对非法侵占、岸坡变形等风险的早期发现。

2.2 风险评估方法

在风险识别基础上,需通过科学方法量化风险水平,为防控优先排序提供依据。定性评估可采用风险矩阵法,将风险发生的可能性与后果严重性分别划分为高、中、低等级,交叉确定综合风险等级,适用于初步筛选。为进一步精细化,可引入半定量的风险指数模型,即风险指数等于发生概率与后果严重度的乘积,通过对不同风险源赋值计算,实现横向比较。对于关键工程或高风险水库,则需借助定量模拟手段,如运用HEC-RAS、MIKE等水文水动力模型模拟溃坝洪水演进路径,精确评估下游淹没范围、人口暴露度及经济损失;或采用有限元分析软件对大坝结构进行应力-应变仿真,判

断其在极端荷载下的稳定性。最终,可构建基于层次分析法(AHP)或模糊综合评价的多指标体系,将工程状况、管理能力、环境敏感性等多维度因素纳入统一框架,实现对水库整体风险水平的综合量化评估。

3 中小型水库风险防控策略体系构建

3.1 制度与责任体系建设

首先,应全面推行并刚性落实水库“三个责任人”制度——即行政责任人、技术责任人和巡查责任人,明确各级责任人的具体职责、履职标准与问责机制,并通过公示牌、政府网站等渠道向社会公开,接受群众监督。其次,亟需完善配套法规与技术标准体系,修订《中小型水库运行管理办法》《安全监测技术导则》等规范性文件,将风险识别、评估、预警、处置等环节纳入法定流程,推动管理行为从经验型向标准化、法治化转变。同时,应建立基于风险等级的分级分类管理制度,依据安全鉴定结果和动态评估数据,将水库划分为高、中、低风险等级,实施差异化监管策略:对高风险水库实行“一库一策”重点管控,加密巡查频次,强制安装监测设备;对低风险水库则可适当简化程序,释放监管资源。此外,稳定的经费保障机制不可或缺,建议各级财政设立中小型水库安全运行专项基金,用于日常维护、设备更新、应急抢险等支出,并探索“以水养库”、生态补偿、工程保险等多元化投入模式,破解“有钱建、无钱管”的困局,确保制度落地有支撑、责任履行有保障。

3.2 技术支撑与智慧化管理

首要任务是推进安全监测自动化建设,在坝体、溢洪道、输水涵管等关键部位布设水位、雨量、渗压、位移、视频等传感器,实现对工程状态的全天候、全要素感知,并通过无线传输网络将数据实时汇聚至区域管理平台。在此基础上,应着力构建统一的水库运行管理信息平台,整合气象预报、流域水文、工程档案、视频监控等多源异构数据,利用数字孪生技术构建水库三维可视化模型,实现“物理水库”与“虚拟水库”的同步映射。该平台不仅可自动识别异常数据、触发分级预警,还能为调度决策提供情景模拟与方案比选支持。进一步地,BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)的深度融合,可实现从规划、设计、施工到运维的全生命周期信息管理,使每一次巡检记录、维修日志、安全鉴定报告均可追溯、可分析^[3]。未来,随着人工智能技术的发展,还可引入机器学习算法对历史监测数据进行深度挖掘,建立渗流、变形等关键指标的预测模型,实现从“被动响应”向“主动预判”的跃升,真正构建起“感

知—分析—预警—决策—反馈”的智慧闭环。

3.3 运行调度优化与应急能力建设

一方面,必须强化调度规程的科学性与权威性。各水库应结合自身功能定位、流域水文特征及下游防洪要求,编制详细、可操作的调度规程,并依法报水行政主管部门审批备案,严禁在汛期擅自超汛限水位蓄水。同时,应建立基于中短期气象水文预报的动态调度机制,在确保防洪安全的前提下,灵活调整运行水位,提升水资源利用效率。另一方面,应急体系建设必须常抓不懈。每座中小型水库都应制定针对性强、流程清晰的应急预案,明确不同险情等级下的预警信号发布方式、群众转移路线、抢险队伍集结点、物资调配方案等关键要素,并定期组织跨部门、多场景的实战化应急演练,检验预案可行性,磨合指挥协调机制,提升一线人员临场处置能力。此外,应加强应急物资储备与管理,在重点水库或区域中心设立防汛物资仓库,配备必要的抢险器材、救生装备和通信设备,确保关键时刻“拿得出、用得上”。唯有将日常调度优化与极端情况下的应急响应有机衔接,才能在风险真正来临时做到心中有数、手中有策、行动有力。

3.4 人员能力建设与公众参与

应建立常态化培训机制,由省级或市级水行政主管部门牵头,每年组织针对基层管理人员的专题培训班,内容涵盖水库安全基础知识、监测设备操作、险情识别方法、应急处置流程等,并推行持证上岗制度,提升队伍专业化水平。同时,可组建区域性水库安全专家库,为技术力量薄弱的地区提供远程诊断、现场指导和应急支援服务。在强化内部能力的同时,也应充分调动外部力量。通过开展“水库安全宣传周”、发放防灾手册、设置警示标识等方式,提升库区周边居民的风险意识和自救互救能力^[4]。鼓励设立公众举报渠道,对发现并报告重大隐患的群众给予奖励,形成群防群治的良好氛围。

此外,积极探索社会化、市场化管护模式,通过政府购买服务,委托具备资质的专业公司承担日常巡检、设备维护、数据采集等工作,既可弥补基层技术短板,又能提高管理效率,推动中小型水库管理向专业化、精细化方向迈进。

4 结语

中小型水库作为国家水安全体系的“毛细血管”,其安全运行关乎国计民生。本文系统识别了工程结构、运行调度、管理机制与外部环境四大类风险,并提出构建以制度保障为基础、技术赋能为核心、应急响应为兜底、公众参与为补充的综合防控体系。只有坚持“人防+技防+制防”协同发力,才能有效化解中小型水库运行管理中的各类风险。未来,随着数字孪生、物联网、人工智能等新技术的深入应用,中小型水库管理将向“感知精准化、决策智能化、响应协同化”方向发展。建议进一步推动中小型水库管理纳入国家“智慧水利”整体布局;建立全国统一的中小型水库安全风险数据库;完善跨部门、跨区域的联防联控机制;探索基于风险的差异化保险与金融支持政策。唯有如此,方能筑牢中小型水库安全防线,为高质量发展提供坚实水安全保障。

参考文献

- [1]周妍妍.中小型水库风险管理与对策研究[J].水利科学与寒区工程,2021,4(06):173-176.
- [2]张验科,张建新,卢焱键,等.中小水电站水库汛期运行调度多目标风险分析[J].水电能源科学,2023,41(12):58-62.
- [3]寇海鹏,杜效鹄,林潮宁,等.我国水库大坝风险管理与标准应用研究[J/OL].中国农村水利水电,1-13[2025-12-25].
- [4]李阳辉.小型水库风险治理的法治路径分析[J].人民黄河,2025,47(05):155-160.