

水库大坝安全运行及管理的措施研究

黄红平

郴州市临武县万水洞水库管理所

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6304

[摘要] 水库大坝在防洪抗汛、水源调蓄、环境保护等方面发挥着不可替代的作用,切实保障水库大坝的安全运行、持续强化水库大坝安全管理是发挥水库大坝作用的必然选择。文章简要论述了水库大坝运行现状及其存在的主要问题,重点从提升水库大坝防洪安全水平,加强对水库大坝的定期检查与加固,建立智慧化水库大坝安全运行管理体系,强化水库大坝应急管理能力四大方面阐述水库大坝安全运行管理的有效措施。

[关键词] 水库大坝; 安全运行; 安全管理; 定期检查

中图分类号: TV62 **文献标识码:** A

Study on Measures for Safe Operation and Management of Reservoir Dams

Hongping Huang

Wanshuidong Reservoir Management Office, Linwu County, Chenzhou City

[Abstract] Reservoir dams play an irreplaceable role in flood control, water storage, environmental protection, etc., and effectively guarantee the safe operation of reservoir dams and continuously strengthen the safety management of reservoir dams is an inevitable choice to play the role of reservoir dams. The article briefly discusses the current situation of reservoir dam operation and its main problems, focusing on improving the level of flood control and safety of reservoir dams, strengthening the regular inspection and reinforcement of reservoir dams, establishing an intelligent reservoir dam safety management system, and strengthening the capacity of emergency management of reservoir dams in four major aspects of the reservoir dam safety operation and management of effective measures.

[Key words] Reservoir Dam; Safe Operation; Safety Management; Regular Inspection

水库大坝作为水利工程的重要组成部分,对于促进经济发展、提高水资源利用率具有重要价值。据水利部公开数据显示,我国目前已建水库大坝94800余座,全国6929次大中型水库汛期投入防洪运用,累计拦蓄洪水1471亿立方米。近年来,伴随着水库大坝安全管理的持续加强,我国水库大坝运行的安全状况得到改善,但由于我国大部分水库大坝修建时间久远、高坝多、病害隐患大,导致水库大坝安全运行及管理面临着严峻的挑战。如何找准影响水库大坝安全运行的关键因素,加强对水库大坝风险的预警和防范已经成为一项重要的研究课题。

1 水库大坝运行现状与问题

2025年全国水利工作会议展现了各项水利工作取得的积极进展,其中水库大坝建设与运行管理方面,全国“8246座水库开展矩阵建设,全面完成3570座承担防洪任务的大中型水库库容曲线复核,完成3774座水库大坝安全鉴定、3853座水库除险加固以及17234座小型水库雨水情测报设施、19569座大坝安全监测设施建设。”水库大坝安全运行状况得到持续改善,水库大坝安

全运行管理也不断增强,但精细化、信息化运行管理水平仍有待提升。

首先,极端天气是影响水库大坝安全运行的关键因素之一。近年来,暴雨、洪涝、台风、干旱等极端天气气候事件频发且强度加大,尤其是连续暴雨会使水库水位持续升高,溢洪道的泄洪压力持续增强,当水库水位超出大坝设计标准时,很容易引发渗漏乃至溃坝。不仅如此,降水量增加、水汽充沛使得水库大坝长期处于湿润状态,降低水库大坝结构强度。气候环境的巨变使得我国早期修建的水库大坝防洪标准不能满足拦蓄洪水的要求,加上水库大坝坝体塌陷、拦水建筑物老化、坝体渗漏,降低水库大坝泄洪能力,当遭遇极端天气时很容易诱发安全运行风险。

其次,随着时间的推移,水库大坝在长期运行过程中不可避免地会受到诸多因素的影响,出现坝体老化、钢筋锈蚀、渗漏等情况。虽然水库大坝除险加固是当前水库大坝安全运行管理的重点任务,但受到管理和技术因素的限制,对水库大坝病险信息的收集不够全面、准确,定期检查措施尚未落实到位。一方面,

水库大坝日常巡检管理不到位,部分水库大坝日常巡检责任划分不明晰、检查项目不够细致、检查标准偏低,难以及时发现水库大坝运行中的病险问题;另一方面,部分水库大坝病险部位较为隐蔽,常规的电磁法、振动波等检测方法难以精准诊断深水深埋隐患,这些隐蔽性病险不断扩大蔓延,将影响水库大坝整体的稳定性、牢固性,而且会缩短水库大坝的使用寿命。

再次,建设现代化水库运行管理矩阵是当前水库大坝安全运行管理的主要趋势,要求覆盖水库大坝运行管理的各个方面以及水库全生命周期,综合利用遥感、卫星定位导航、测雨雷达等技术全天候监测水库大坝的运行状态,从传统粗放式运行管理转变为精细化、智能化、信息化、自动化运行管理。但是从实际的水库大坝安全运行管理情况来看,由于部分水库大坝位置偏远、信息化基础设施建设不完善,导致水库大坝运行管理的信息化、智能化与精细化水平有待提升。

最后,虽然近年来水库大坝安全运行管理水平明显提升,但是受到极端天气气象事件、管理疏漏等因素的影响,水库大坝安全运行依然面临着重重阻碍。一方面,部分中小型水库大坝雨水情监测设施设备配备欠佳,对极端天气的研判预测不够精准,安全预警机制不够完善,应对突发情况的能力较为薄弱;另一方面,部分水库大坝的应急预案缺乏可操作性和针对性,在面对突发情况时难以及时调取所需物资、人力,且应急抢险措施落实不到位^[1]。

2 水库大坝安全运行及管理的措施

2.1 提升水库大坝防洪安全水平

为应对极端灾害天气,尤其是暴雨、洪水对水库大坝安全运行的影响,需要加强水库大坝安全评价工作。水库大坝安全评价的主要目的在于确保其在正常运行状况以及极端恶劣天气下能够安全、稳定运行,全面了解水库大坝的结构安全性、运行管理状况,在保障下游群众生命及财产安全的同时为水库大坝运行安全管理提供可靠、真实的依据。在开展水库大坝安全评价工作时,根据《水库大坝安全评价导则》、《水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准的意见》、《水利水电工程登记划分及洪水标准》等国家相关法律法规和技术规范以及被评价水库大坝的实际情况制定安全评价标准,对于年代久远、中小型水库大坝要适当提升防洪标准,保证水库大坝工程现状的抗洪能力满足相关规范的要求。同时,结合我国病险水库大坝的特点,病险水库大坝存在的安全问题等对水库大坝的混凝土钢筋保护层、金属结构、溢洪道等关键部位进行细致勘察,全方位获取精准数据,发现并解决水库大坝在防洪能力、结构安全、渗流稳定性、运行管理等方面存在的问题。

除了做好水库大坝安全评价工作之外建立水库大坝运行风险评估机制,从水库大坝结构安全、水工建筑物安全、水电站运行安全、生态环境安全四大维度构建水库大坝运行风险评估指标体系,运用模糊综合评价法、层次分析法等建立水库大坝运行风险评估模型,全面、深入地识别水库大坝在运行过程中可能存在的安全隐患,评估各类运行风险的等级,深度分析各类运行风

险的形成原因、作用机制,针对不同等级和类型的运行风险采取相应的运行风险控制措施,增强水库大坝运行管理的前瞻性。

考虑到极端灾害天气给水库大坝安全运行带来的巨大冲击,需要准确研判水情,对全流域水工程进行统一调度,及时启用水库大坝以拦蓄洪水,同时紧急调度上游水库大坝削减入库流量,通过科学的调度在最大程度上削减洪峰流量,确保重点保护对象防洪安全^[2]。

2.2 加强对水库大坝的日常巡检与加固

日常巡检与除险加固是水库大坝安全运行的基本保障,也是水库大坝安全管理的中中之重。首先,完善水库大坝日常巡检制度。由水库大坝行政责任人负责督促各单位部门编制日常巡检规章制度、操作规程,推进日常巡检常态化、标准化与长效性建设;由水库大坝安全责任人负责水库大坝安全管理,执行各项安全管理政策;由技术责任人和巡查责任人共同开展水库大坝日常巡检与隐患排查工作,加强水库大坝日常维护并及时提交巡检报告。在清晰划分水库大坝日常巡检责任的基础上建立责任清单、问题清单,责任清单清晰划分水库大坝日常巡检权责范围;问题清单用以记录日常巡检过程中发现的水位监测设施读数不精准、水库通信设备不畅通、溢洪道堵塞、坝体渗漏、大坝护坡松动等问题,追究相关部门单位和人员的责任,通过建立横向到边、纵向到底的责任链条推动日常巡检制度落地、落实。

其次,提升水库大坝日常巡检技术水平。一方面,大型水库大坝建设规模大,日常巡检工作量大,难以兼顾巡检效率和质量,再加上传统人工巡检方式下工作环境危险性较高,所以要创新水库大坝日常巡检工作方法。对于此,可以利用无人机智能采集技术获取坝体图像,将图像转化为数据后录入智能判读模型,智能化、自动化锁定病险隐患类型,同时以空间精细配准技术还原病险隐患在坝体上的具体位置,提示管理人员及时解除水库大坝病险隐患;另一方面,积极研发和应用先进的隐蔽病险隐患检测探测技术,如阵列超声横波反射成像检测技术适用于混凝土坝体、混凝土保护层的隐患检测,具有高精度、高速度、高灵敏性等优势;再如多场示踪联合探测技术适用于水库大坝渗漏检测,通过综合分析地下水的化学成分、温度、导电率等测定渗漏通道,为水库大坝安全管理提供科学依据^[3]。

最后,针对水库大坝水下病险隐患隐蔽且分散,治理难度大且危害性高,可以利用智能机器人和病险隐患探测设备解决水下隐蔽性病险隐患检测与治理难题。由技术人员操控水下机器人精准找到病险隐患点,利用机器人携带的自动封堵装置除险加固,在提升工作效率的同时降低人工下水风险,切实提升水库大坝安全运行水平^[4]。

2.3 建立智慧化水库大坝安全运行管理体系

在现代化水库运行管理矩阵建设理念的引领下,运用信息化、数字化、智能化技术成为持续提升水库大坝安全运行管理水平的有力举措,这就需要建立智慧化的水库大坝安全运行管理体系。一是搭建全覆盖、全天候、全要素、全生命周期的水

库大坝运行安全监测平台,利用气象卫星、遥感卫星、北斗卫星、测雨雷达等全天候获取最新雨情信息、水库大坝运行信息。利用无人机技术、AI视频监控技术对水库大坝周边重点河段、重点保护对象等进行全覆盖式监测与检查;利用安装在水库大坝坝基、坝体、边坡等位置的传感器全天候获取水库大坝安全性态数据;利用智能巡检机器人对重点区域进行日常巡检。同时利用数字孪生技术将所获取的水库大坝运行相关数据进行可视化表达,仿真模拟水库大坝各建筑物的运行环境、运行状态。在此基础上根据水库大坝安全运行相关规范建立预警模型,对水库大坝运行风险进行动态实时分析,为水库大坝安全运行管理决策提供技术支持。二是搭建协同一体化的水库大坝安全运行管理平台。水库大坝安全运行管理是一项系统、复杂、专业的管理活动,为了全面掌握水库大坝安全性态和工程状态,提升水库大坝安全运行管理效能,需要打通雨情测报、洪水预报、水库大坝安全监测等业务系统之间的数据壁垒,打造业务融合、同步推进、协同行动的管理平台,利用大数据、云计算等技术整合分散在各类业务系统中的数据,运用数据挖掘、数据分析、数字孪生等技术构建水库大坝工程运行模型,实时预警坝体渗漏、坝基沉降等安全问题,推动水库大坝安全运行管理朝着智能化、高效化的方向发展^[5]。

2.4 强化水库大坝应急管理能力

应急管理是水库大坝安全运行管理的重要内容之一。首先,利用物联网、移动网络等现代信息技术打造应急管理平台,平台支持水库大坝风险准确预报、快速预警、信息多级发布、模拟风险事件等功能,在预测水库大坝风险可能发生,及时向水库大坝管理部门发布预警预报信息,借助平台模拟渗漏、溃坝等风险事件的影响程度,支持多部门单位联合进行安全管理决策并制定应急处置方案,运用人工智能、大数据等技术模拟不同应急处置方案的可行性、可操作性和合理性,按照最优方案调度所需物资、人力,以此提升对紧急情况的响应速度。其次,根据病险水库风险规律预测洪水可能淹没的范围及其带来的损失,运用地理信息技术、北斗卫星定位导航技术等规划好最佳的应急救援路线,根据水库大坝风险演变进程、环境变化趋势等实时调整

应急预案,确保应急预案能够为应急救援、应急处置提供指导。最后,严格按照应急预案落实各项应急处置措施,针对因极端天气引发的水库大坝安全运行风险,要依托智慧化水库大坝安全运行管理体系及时获取雨情信息,智能化调度全流域水工程,通过增加临时泄洪口等有效措施将水库大坝运行风险所带来的危害降到最低。

3 结语

水库大坝作为重要的基础设施,其运行安全性和管理水平关系到经济社会发展以及人民群众的生命与财产安全。当前水库大坝安全运行管理取得可喜成就,但水库大坝的运行依然会受到极端恶劣天气的影响,再加上日常巡检不到位,巡检技术水平偏低,水库大坝安全运行管理信息化、精细化程度不足,应急管理能力有待提升,强化水库大坝安全运行管理势在必行。通过提升水库大坝的防洪安全水平,加强对水库大坝的日常巡检与加固,建立智慧化水库大坝安全运行管理体系,强化水库大坝应急管理能力以筑牢水库大坝安全运行防线,切实发挥水库大坝在水源调蓄、防洪抗汛等方面的作用,推动水库大坝安全运行管理提质升级。

[参考文献]

- [1]陈波.水库大坝安全监测自动化技术的应用分析——以红花岗区新华大沟水库为例[J].水上安全,2025,(02):67-69.
- [2]戴娟.浅谈水库雨水情测报和大坝安全监测设施建设的重要意义[J].内蒙古水利,2024,(11):50-51.
- [3]王瑞,颜世栋,王齐浩.丁东水库现代化水库运行管理矩阵试点建设[J].大坝与安全,2024,(04):17-21.
- [4]黄钢.水库大坝安全管理的问题及策略研究[J].东北水利水电,2024,42(05):58-61+72.
- [5]张涛.水库大坝安全监测存在的问题与对策[J].水利技术监督,2024,(04):31-33+38.

作者简介:

黄红平(1984--),男,汉族,湖南临武人,硕士研究生,高级政工师。研究方向:水利水电。