

智慧水利在水库防洪安全管理中的应用探索

李红芳 王艳菲

包头市水利工程管护中心 内蒙古 包头 014010

摘要: 本文深入探索了智慧水利在水库防洪安全管理中的应用。阐述了智慧水利相关技术,如物联网、大数据、云计算、人工智能、GIS和遥感技术。分析了水库防洪安全管理的需求和挑战,包括准确预报、科学调度决策等需求,以及数据质量、技术集成等挑战。重点介绍了智慧水利在洪水监测与预警、智能调度决策支持、风险评估与应急管理中的应用,为提升水库防洪管理水平提供了有价值的参考。

关键词: 智慧水利; 水库; 防洪安全管理; 信息技术

引言: 水库防洪安全至关重要,而传统管理方式逐渐难以适应现代需求。智慧水利作为新兴理念,融合多种先进技术,为水库防洪安全管理带来了新契机。本文将深入探讨如何借助智慧水利技术,实现水库防洪安全管理的优化与创新。

1 智慧水利概述

智慧水利是指运用现代信息技术,包括物联网、大数据分析、云计算等,对水资源进行高效管理和科学调配的一种模式。它的核心在于信息化和智能化,通过感知水文气象数据、监控水利工程运行状态,实现水资源的精细化管理。智慧水利的特点包括实时性、准确性、自动化和可持续性,能够有效提升水资源管理的科学性和预见性。

智慧水利的发展始于20世纪末,随着计算机技术和网络通信技术的发展而逐步兴起。早期主要集中在自动化控制和远程监控方面,进入21世纪后,随着传感器技术、数据处理能力的飞速提升,智慧水利开始向集成化、平台化的方向发展。近年来,人工智能和机器学习技术的引入进一步推动了智慧水利向更高层次的智能化迈进。

智慧水利的实现依赖于多项关键技术的支持。其中,物联网技术是智慧水利的基础,通过各类传感器收集水文、气象、水质等信息。大数据分析技术则能够处理海量的水文数据,提取有价值的信息。云计算平台提供强大的数据存储和计算能力,支撑智慧水利系统的稳定运行。此外,人工智能和机器学习技术在数据分析、模式识别和预测模型建立等方面发挥着越来越重要的作用。这些技术的综合应用构成了智慧水利的技术框架,为实现高效、智能的水资源管理提供了可能。

2 水库防洪安全管理的现状分析

2.1 国内外水库防洪安全管理的基本情况

在全球范围内,水库防洪安全管理受到了高度重视。许多国家都建立了较为完善的水库防洪安全管理体系。一些发达国家,如美国、日本等,在水库规划、设计、建设和运行管理方面积累了丰富的经验。他们拥有先进的监测技术和设备,能够实时获取水库的水情、雨情和工情等信息。同时通过建立完善的洪水预报模型和调度决策支持系统,实现了科学、精准的防洪调度。

以美国为例,其建立了全国性的水情监测网络,结合气象预报数据,运用先进的数学模型进行洪水模拟和预测。在调度决策时,充分考虑生态、经济和社会等多方面因素,实现综合效益最大化;日本则在水库建设中注重工程质量和抗震能力,采用先进的监测技术对大坝的安全性进行实时监控。并且,通过完善的应急管理体系,在洪水来临时能够迅速组织人员疏散和抢险救援。

在发展中国家,如印度、巴西等,随着经济的发展和防洪需求的增加,也在不断加强水库防洪安全管理工作^[1]。他们积极引进先进技术和管理经验,逐步提高水库的防洪能力。印度通过建设大规模的水库工程,并加强对水库的运行管理和维护,在一定程度上缓解了洪水灾害对其经济社会发展的影响。巴西则在水库建设中注重与生态保护相结合,同时加强与国际组织的合作,提升自身的管理水平。

我国的水库防洪安全管理工作也取得了显著成效。经过多年的建设和发展,已建成了一大批具有防洪、灌溉、发电等综合效益的水库工程。在管理方面,建立了较为完善的法律法规体系和管理制度,加强了对水库的安全监测和运行调度。同时不断推进信息化建设,提高了防洪决策的科学性和时效性。

2.2 当前水库防洪安全管理存在的问题与挑战

尽管取得了一定成绩,但当前水库防洪安全管理仍存在一些问题和挑战。

(1) 部分水库老化失修, 工程质量存在隐患: 一些早期建设的水库由于设计标准低、施工质量不高, 经过多年运行, 存在大坝渗漏、结构老化等问题, 影响了水库的防洪能力。(2) 监测设施不完善, 信息化水平有待提高: 部分水库的监测设备陈旧、数量不足, 难以实现对水库水情、雨情等的全面、实时监测。同时, 数据传输和处理的信息化水平较低, 导致信息传递不及时、不准确, 影响了防洪决策的科学性。(3) 洪水预报精度不够, 调度决策难度大: 由于水文气象条件的复杂性和不确定性, 洪水预报模型还存在一定的局限性, 预报精度有待提高。在调度决策时, 需要综合考虑多方面因素, 如上下游的防洪需求、水资源利用、生态保护等, 决策难度较大。(4) 管理体制不够健全, 部门协调不畅: 水库防洪安全管理涉及水利、气象、应急等多个部门, 存在职责不清、协调不畅的问题, 影响了工作效率和防洪效果。(5) 资金投入不足, 维护管理困难: 水库的运行维护需要大量资金投入, 但部分地区由于财政困难, 资金投入不足, 导致水库的日常维护和设备更新不及时, 影响了水库的正常运行。(6) 公众防洪意识淡薄, 应急能力不足: 公众对水库防洪的重要性认识不足, 缺乏防洪避险知识和技能, 在洪水来临时, 应急响应能力不足, 增加了人员伤亡和财产损失的风险。

2.3 对水库防洪安全管理改进的需求分析

为了应对上述问题与挑战, 提高水库防洪安全管理水平, 需要从以下几个方面进行改进:

2.3.1 加大工程除险加固和更新改造力度

对存在安全隐患的水库进行全面排查和评估是确保水库安全的首要任务。这需要专业的水利工程师和地质专家组成团队, 运用先进的检测技术和设备, 如地质雷达、无人机巡检等, 对水库的大坝、溢洪道、放水设施等关键部位进行详细的检查^[2]。在评估过程中, 不仅要考虑当前的隐患, 还要预测未来可能出现的问题, 如由于气候变化导致的极端降雨对水库结构的影响。根据排查和评估结果, 制定针对性强、科学合理的除险加固方案。方案应包括具体的工程措施, 如大坝的加固、溢洪道的拓宽改造、放水设施的更新等, 同时明确施工进度和质量要求。在实施过程中, 严格把控工程质量, 确保加固后的水库能够抵御更大规模的洪水, 提高其防洪能力。

2.3.2 完善监测设施, 提升信息化水平

加大对监测设备的投入, 要采用最新的传感器技术和数据采集系统, 确保监测数据的准确性和可靠性。建立全覆盖、高精度的监测网络, 不仅要覆盖水库主体, 还要延伸至上游的集水区和下游的河道, 实现对整个水

文过程的全面监测。同时, 加强信息化建设, 利用云计算、大数据等技术, 实现数据的快速传输、处理和共享。通过建立统一的数据平台, 水利部门、气象部门、应急管理部门等能够实时获取和分析水库相关信息, 为防洪决策提供及时、准确的信息支持, 从而大大提高决策的科学性和有效性。

2.3.3 提高洪水预报精度, 优化调度决策

加强对水文气象规律的研究, 需要整合多学科的知识和技术, 包括水文学、气象学、数学模型等。科研人员应深入分析历史洪水数据, 研究气候变化背景下的降水和径流变化特征, 不断改进洪水预报模型的参数和算法。同时, 建立科学合理的调度决策机制, 充分考虑生态需水、社会经济影响等多方面因素。在制定调度方案时, 运用模拟技术和风险评估方法, 对不同方案的效果和可能带来的风险进行评估, 从而选择最优的调度方案, 实现防洪效益和综合效益的最大化。

2.3.4 健全管理体制, 加强部门协调

明确各部门在水库防洪安全管理中的职责, 通过法律法规和规章制度的形式予以固化, 避免出现职责不清、推诿扯皮的现象。建立健全协调机制, 定期召开联席会议, 加强信息沟通和交流。利用现代信息技术, 搭建信息共享平台, 实现实时数据的互通有无。在面对洪水等突发事件时, 各部门能够迅速响应, 协同作战, 形成强大的工作合力, 共同保障水库防洪安全。

2.3.5 增加资金投入, 保障维护管理

政府加大对水库防洪安全管理的资金投入, 设立专项资金, 用于水库的日常维护、设备更新和技术研发。同时, 通过出台优惠政策, 如税收减免、贷款贴息等, 吸引社会资本参与水库的建设和管理。建立严格的资金使用监管制度, 确保资金专款专用, 提高资金使用效率。加强对资金使用效果的评估, 根据评估结果及时调整资金投入方向和规模, 确保水库的正常运行和维护。

2.3.6 加强宣传教育, 提高公众防洪意识和应急能力

通过多种渠道广泛宣传水库防洪知识, 如利用电视、广播、网络、社交媒体等平台, 制作生动有趣的科普节目和宣传资料。在社区、学校、企业等场所开展专题讲座和培训活动, 提高公众的防洪意识和自我保护能力。定期组织应急演练, 模拟洪水来临时的情景, 让公众亲身体会疏散、避险等过程, 提高其应急响应和避险能力。

3 智慧水利在水库防洪安全管理中的应用探索

3.1 智慧水利在水库监测预警系统中的应用

3.1.1 实时数据采集与处理

在水库监测预警系统中,智慧水利依靠先进的传感器技术和数据采集设备,能够实现对水库水位、降雨量、流量、大坝变形等关键参数的实时数据采集。这些传感器分布在水库的各个关键位置,将采集到的数据通过无线网络或有线通信方式迅速传输至数据处理中心。数据处理中心运用大数据分析和处理技术,对海量的实时数据进行快速筛选、清洗和整合,提取出有价值的信息,为后续的洪水预测和预警提供准确可靠的数据基础。

3.1.2 洪水预测与预警模型

基于实时采集和处理的数据,智慧水利采用复杂的数学模型和算法构建洪水预测与预警模型。这些模型综合考虑了降雨量、水库水位变化、流域地理特征、土壤湿度等多种因素,能够准确预测洪水的发生时间、规模和演进过程。当监测数据达到或超过预设的预警阈值时,模型会自动触发预警机制,及时向相关部门和人员发送预警信息。

3.1.3 预警信息发布与传递

智慧水利借助多种现代化的通信手段,确保预警信息能够快速、准确、广泛地发布与传递。除了传统的广播、电视、电话等方式,还充分利用移动互联网技术,如短信、微信公众号、手机应用程序等,将预警信息直接推送至受影响区域的居民和相关责任人手中^[1]。通过在水库周边和危险区域设置电子显示屏、警报器等设备,实现现场实时预警,确保预警信息能够覆盖到每一个可能受到洪水威胁的角落,为人员疏散和应急处置争取宝贵的时间。

3.2 智慧水利在水库调度控制中的应用

3.2.1 水库调度决策支持系统

智慧水利中的水库调度决策支持系统整合了水库的各种信息,包括水库的库容特性、上下游的水利工程情况、水文气象预报数据等。利用人工智能和优化算法,系统能够快速生成多种可行的调度方案,并对每个方案的效果进行模拟和评估,为决策者提供科学、直观的参考依据,辅助其做出最优的调度决策。

3.2.2 水库泄洪能力评估与优化

通过对水库泄洪设施的实时监测和数据分析,智慧水利能够准确评估水库的泄洪能力。结合洪水预报结

果,系统可以对泄洪方案进行优化,确保在保证水库安全的前提下,最大程度地发挥水库的调蓄作用,减轻下游防洪压力。

3.2.3 水库调度方案实施与调整

在水库调度方案的实施过程中,智慧水利通过实时监测水情、雨情和工情的变化,对调度方案的执行效果进行动态跟踪和评估。一旦实际情况与预测出现偏差,系统能够及时发出调整建议,使调度方案能够根据实际情况灵活调整,确保水库调度的科学性和有效性。

3.3 智慧水利在水库风险评估与管理中的应用

智慧水利利用地理信息系统(GIS)、遥感技术和数值模拟等手段,对水库可能面临的风险进行全面识别和评估。系统能够分析洪水、地震、滑坡等自然灾害以及工程老化、人为破坏等因素对水库安全的影响,确定风险的类型、级别和可能造成的损失。根据风险评估的结果,智慧水利为水库制定针对性的风险防控措施。这包括工程措施,如加固大坝、修复溢洪道等;非工程措施,如加强巡查监测、制定应急预案等。智慧水利基于风险评估和防控措施,编制详细的风险应急预案。预案明确了在不同风险情景下的应急响应流程、责任分工、资源调配等内容。为了检验和完善应急预案的可行性和有效性,定期组织模拟演练,让相关人员熟悉应急处置流程,提高协同作战能力和应急响应速度。

结束语:通过对智慧水利在水库防洪安全管理中的应用研究,我们看到了显著的成效,但也面临一些待解决的问题。未来需进一步优化技术、加强协同、培养人才、保障投入,以充分发挥智慧水利的优势,切实提高水库防洪安全管理的能力,保障人民生命财产安全和社会稳定。

参考文献

- [1]张亮,少波,李琪等.流域水安全战略软件定义架构设计及应用[J].自然资源学报,2023,38(09):2019-2034.
- [2]刘丙军,王宗志,陈炼琪等.城市智慧水务建设路径研究[J].清华大学学报(自然科学版),2023,63(09):1266-1274.
- [3]吴泽宁,张翔,王浩宇等.基于数字孪生的城市智慧水务建设[J].给水排水,2023,59(10):14-24.