

水库防洪调度风险分析与应对策略

俞兆海

新疆昌吉方汇水电设计有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5686

[摘要] 本文深入探讨了水库防洪调度的风险分析与应对策略,旨在提升水库防洪减灾的效能与安全性。首先,论文概述了水库防洪调度的重要性及面临的挑战,明确了研究背景与意义。随后,通过梳理水库防洪调度的基础理论,包括基本概念、目标、原则、水文预报技术及调度模型,为后续分析奠定了坚实基础。在风险识别阶段,论文系统分析了影响水库防洪调度的各类风险因素,并界定了可能引发的风险事件及其影响。基于此,构建了水库防洪调度风险评估模型,并实施了量化评估,得出了风险等级与发生概率。针对识别出的风险,论文提出了包括风险规避、风险减轻、风险转移与分担以及风险承受在内的多元化应对策略。最后,论文总结了研究成果,指出了研究创新点,同时分析了研究局限与不足,并对未来研究方向进行了展望。

[关键词] 水库防洪调度; 风险分析; 风险评估; 应对策略; 水文预报

中图分类号: TV62 **文献标识码:** A

Risk analysis and response strategies for reservoir flood control operation

Zhaohai Yu

Xinjiang Changji Fanghui Water And Hydropower Designing Ltd

[Abstract] This article deeply explores the risk analysis and response strategies of reservoir flood control operation, aiming to improve the efficiency and safety of reservoir flood control and disaster reduction. Firstly, the paper outlines the importance and challenges faced by reservoir flood control operation, clarifying the research background and significance. Subsequently, by sorting out the basic theories of reservoir flood control scheduling, including basic concepts, objectives, principles, hydrological forecasting techniques, and scheduling models, a solid foundation was laid for subsequent analysis. In the risk identification stage, the paper systematically analyzed various risk factors that affect reservoir flood control scheduling, and defined possible risk events and their impacts. Based on this, a risk assessment model for reservoir flood control operation was constructed, and quantitative evaluation was implemented to determine the risk level and probability of occurrence. The paper proposes diversified response strategies for identified risks, including risk avoidance, risk mitigation, risk transfer and sharing, and risk tolerance. Finally, the paper summarizes the research results, points out the innovative points of the research, analyzes the limitations and shortcomings of the research, and looks forward to future research directions.

[Key words] Reservoir flood control operation; Risk analysis; Risk assessment; Coping strategies; Hydrological forecast

引言

随着全球气候变化的加剧和城市化进程的推进,极端天气事件频发,洪水灾害已成为影响社会经济稳定和人民生命财产安全的重要威胁。水库作为防洪减灾的重要基础设施,其防洪调度能力直接关系到下游地区的防洪安全。然而,水库防洪调度过程中面临着诸多不确定性因素,如暴雨、洪水等自然因素以及调度决策失误、工程设施故障等人为因素,这些因素都可能对水库防洪调度的安全性和有效性产生重大影响。

因此,深入开展水库防洪调度风险分析与应对策略研究,对于提高水库防洪减灾能力、保障下游地区防洪安全具有重要意义。本研究旨在通过系统分析影响水库防洪调度的各类风险因素,构建科学合理的风险评估模型,并提出有效的应对策略,以期水库防洪调度的科学决策提供理论支持和技术指导。同时,本研究也将丰富和完善水库防洪调度领域的理论体系,推动该领域研究的深入发展。

1 水库防洪调度基础理论

1.1 水库防洪调度概述

水库防洪调度是指在水库运行过程中,根据流域内的水文气象条件、水库工程特性及下游防洪要求,通过科学合理地安排水库的蓄泄过程,以达到防洪减灾、兴利除害的目的。其基本概念涵盖了水库的蓄水、放水、滞洪、错峰等多种调度方式,旨在最大限度地发挥水库的防洪效益。

水库防洪调度的目标主要包括三个方面:一是确保水库自身的防洪安全,防止因洪水超过水库设计标准而引发的溃坝等灾难性后果;二是保障下游地区的防洪安全,通过合理调度减轻下游河道的防洪压力,避免或减少洪水灾害的发生;三是兼顾水库的兴利效益,即在确保防洪安全的前提下,合理利用水库水资源,满足灌溉、发电、供水等需求。

为实现上述目标,水库防洪调度需遵循一系列基本原则,包括安全第一、统筹兼顾、综合利用、科学调度等。其中,“安全第一”是防洪调度的首要原则,要求在任何情况下都要确保水库和下游地区的安全;“统筹兼顾”则要求在水库调度过程中要综合考虑防洪、兴利、生态等多方面因素,实现综合效益最大化;“综合利用”强调要充分发挥水库的多功能性,合理调配水资源;“科学调度”则要求运用现代科技手段,提高调度决策的准确性和时效性。

1.2 水文预报技术

洪水预报是水库防洪调度的重要基础,其基本原理是通过分析流域内的降雨、蒸发、下渗等水文过程,结合水库的蓄泄能力,预测未来一段时间内流域内可能发生的洪水过程。洪水预报的方法多种多样,包括经验统计法、水文模型法、遥感监测法等。其中,水文模型法因其能够较为准确地模拟流域内的水文过程,成为当前洪水预报的主流方法。

在水库防洪调度中,洪水预报的应用主要体现在以下几个方面:一是为调度决策提供科学依据,通过预测未来洪水过程,为水库的蓄泄安排提供时间窗口;二是提高调度决策的灵活性,根据洪水预报结果及时调整调度方案,以应对可能出现的突发情况;三是增强调度决策的预见性,通过长期洪水预报,为水库的年度或多年调度计划提供参考。

1.3 水库调度模型

水库调度模型是水库防洪调度的重要工具,它通过对水库运行过程中的各种因素进行数学描述和模拟,为调度决策提供量化的支持。根据模型构建方法的不同,水库调度模型可分为确定性模型和不确定性模型两大类。

确定性模型通常基于已知的水文气象条件和工程特性,采用数学规划、优化理论等方法,构建水库调度的最优解或满意解。这类模型在数据充分、条件确定的情况下,能够较为准确地反映水库调度的实际情况。然而,由于实际调度过程中存在诸多不确定性因素,如降雨预报误差、工程设施故障等,确定性模型的适用性受到一定限制。

不确定性模型则考虑了调度过程中的不确定性因素,采用随机规划、模糊数学等方法,构建水库调度的风险决策模型。这

类模型能够更全面地反映调度过程中的不确定性,为调度决策提供更为稳健和可靠的方案。然而,不确定性模型的构建和求解相对复杂,需要较高的数学和计算能力支持。

2 水库防洪调度风险识别

2.1 风险源分析

在水库防洪调度过程中,风险源多种多样,主要分为自然因素和人为因素两大类。自然因素主要包括极端气候事件,如暴雨、洪水、干旱等,这些自然现象的突发性和不可预测性给水库防洪调度带来了巨大挑战。暴雨可能导致流域内水量急剧增加,超出水库的蓄泄能力;洪水则可能直接冲击水库大坝,威胁其安全稳定。此外,干旱季节的缺水状况也可能影响水库的正常运行和调度计划的实施。人为因素同样不容忽视,主要包括调度决策失误、工程设施故障、管理不善等。调度决策失误可能源于信息获取不全、判断失误或决策程序不当,导致水库蓄泄安排不合理,进而影响防洪效果。工程设施故障则可能由于设备老化、维护不善或突发故障等原因,影响水库的正常运行和防洪能力。管理不善则可能表现为制度不健全、执行不力或人员培训不足等,导致调度过程中存在漏洞和隐患。

2.2 风险事件界定

基于上述风险源分析,我们可以进一步界定各类风险因素可能引发的具体风险事件及其表现形式。例如,暴雨和洪水等自然因素可能直接引发水库超标准蓄水、大坝漫溢甚至溃坝等严重风险事件,这些事件不仅威胁水库自身的安全,还可能对下游地区造成重大灾害。而调度决策失误这一人为因素,则可能导致下游河道洪水峰值异常增加、防洪保护区受淹等不利后果,严重影响社会的正常秩序和人民的生命财产安全。此外,工程设施故障也是一类不可忽视的风险因素,它可能表现为闸门失灵、泄洪能力不足或水库渗漏等多种问题,这些问题都会直接影响水库的防洪功能和安全稳定,甚至可能加剧其他风险事件的发展,给水库防洪调度带来更大的挑战。

2.3 风险影响评估

风险事件对水库防洪安全、下游防洪保护对象及生态环境等方面的影响深远。首先,对于水库防洪安全而言,风险事件可能导致大坝受损、库水外溢等严重后果,威胁周边地区人民生命财产安全。其次,下游防洪保护对象如城市、农田、交通设施等可能因洪水侵袭而遭受重大损失。此外,风险事件还可能对生态环境造成破坏,如河流生态系统失衡、水质污染等问题。为了全面评估风险事件的影响程度,需要采用定性和定量相结合的方法进行分析。定性分析可以基于专家经验和历史案例,对风险事件的可能后果进行描述和分类;定量分析则可以通过建立数学模型和仿真系统,对风险事件发生的概率、影响范围和损失程度进行量化评估。通过综合评估结果,可以为后续的风险评估和应对策略制定提供科学依据。

3 水库防洪调度风险应对策略

3.1 风险规避策略

风险规避作为降低水库防洪调度风险的首要策略,其核心

目标是通过实施一系列科学有效的预防性措施,最大限度地减少风险事件的发生概率,从而确保水库防洪调度的安全性和稳定性。在优化调度方案方面,我们应充分利用先进的气象预报和人文预测技术,对水库的蓄泄计划进行科学合理的制定和调整。这意味着,在遭遇极端天气条件时,我们能够根据实时数据动态调整调度参数,如蓄水上限、放水流量等,以便灵活应对可能出现的洪水威胁,最大限度地降低灾害风险,确保水库能够保持安全运行。除了优化调度方案,加强工程建设也是规避风险的重要手段。这包括不断提升水库大坝的防洪标准,加固溢洪道和泄洪设施,以及完善预警监测系统,从而提高水库的防洪能力和应急响应速度。通过这些措施,我们可以进一步增强水库抵御极端天气和洪水灾害的能力,确保在关键时刻能够迅速有效地应对风险事件。同时,我们还应高度重视设施检查和维护保养工作,定期开展相关活动,确保各项工程设施始终处于良好状态。这样可以避免因设备故障而引发风险事件,从而保障水库防洪调度的可靠性和安全性。

3.2 风险减轻策略

当风险事件发生后,迅速采取应急措施以减轻其影响显得尤为重要。为此,建立完善的应急响应机制是首要任务。这包括制定详细周全的应急预案,明确各部门的职责与行动流程;组建一支专业高效的应急救援队伍,确保在紧急情况下能够迅速响应并展开救援行动;同时,储备必要的应急物资,如救生器材、防洪设备等,为应对突发状况提供有力保障。在风险事件发生时,需根据实时监测数据和现场情况,迅速调整调度方案。这可能包括加大放水流量、启用备用泄洪设施等,以尽快降低水库水位和下游河道的洪水峰值,减轻洪水对周边地区的威胁。此外,加强与相关部门的沟通协调也至关重要。通过共同应对洪水灾害,可以减少灾害损失,提高应急响应的整体效能。在灾后恢复阶段,还需开展灾情评估、损失统计和灾后重建工作。这有助于全面了解灾害影响,为受灾地区提供必要的援助和支持,帮助其尽快恢复正常生产生活秩序。

3.3 风险承受策略

在某些特定条件下,如极端天气频繁发生、工程设施已达设计极限等情况下,我们可能不得不接受风险并承担其可能带来的后果。在制定风险承受策略时,我们必须充分考虑工程的安全性、下游地区的防洪要求以及潜在的社会经济影响等多方面

因素。通过科学合理的风险评估和决策分析,我们可以更准确地确定可接受的风险范围和程度,从而为制定有效的应对措施提供依据。在此基础上,制定相应的应对措施和保障措施,以最大限度地减少风险事件对水库防洪安全和社会稳定的影响。这可能包括加强监测预警、提前制定应急调度方案、储备必要的抢险物资等。同时加强公众宣传和教育工作,提高社会对水库防洪调度的认识和理解程度。通过普及防洪知识、宣传水库防洪调度的重要性,我们可以增强公众的防洪意识,形成全社会共同关注和支持水库防洪调度的良好氛围。这将有助于我们在面对风险时,更好地凝聚社会力量,共同应对挑战。

4 结论

本文深入分析了水库防洪调度的风险及其应对策略,揭示了自然因素与人为因素在水库防洪调度中的多重影响。通过构建风险评估模型,实现了对风险的量化评估,明确了风险等级与发生概率。基于风险识别结果,本文提出了风险规避、风险减轻、风险转移与分担以及风险承受等多元化应对策略,旨在提升水库防洪调度的安全性和效能。研究不仅为水库防洪调度的科学决策提供了理论支持和技术指导,还丰富了该领域的理论体系。未来,应持续优化风险评估方法,加强跨领域合作,以应对全球气候变化带来的新挑战,确保水库防洪调度在保障社会经济发展和人民生命财产安全中发挥更大作用。

[参考文献]

- [1]赵新月,喻杉,李继清,等.川渝河段梯级水库联合防洪调度风险评价[J].中国农村水利水电,2024,(04):34-42+49.
- [2]任金秋,董付强,洪兴骏,等.丹江口水库汛期优化调度实践及风险效益分析[J].人民长江,2023,54(12):15-23.
- [3]李磊.跨流域调水工程水库群风险调度及评估研究[D].西安理工大学,2023.
- [4]宁奥龙.某流域水库防洪预报及联合调度研究应用[J].水利科技与经济,2023,29(06):101-106.
- [5]岑炜燕.变化环境下岩溶区流域水库防洪优化调度研究[D].广西大学,2023.

作者简介:

俞兆海(1992--),男,汉族,新疆人,本科,中级工程师,研究方向:水利水电工程。