

水利工程运行管理中防汛调度机制研究

刘志立

乌鲁木齐市天山区建设局（交通局、水务局） 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：水利工程运行管理中的防汛调度是流域防洪减灾的核心环节，对保障人民生命财产安全、维护工程设施稳定、推动区域经济社会持续发展具有关键意义。其核心目的在于最大程度降低洪涝灾害损失，统筹防洪与兴利综合效益，提升流域洪水风险管控能力。实践中，防汛调度通过科学策略实现高效应对：提前预泄腾库预留充足防洪空间，依托水库群联合调度开展拦洪、削峰、错峰作业，结合雨水情动态监测实施精准调控。近年来，长江、汉江等流域通过联合调度控制性水库群，累计拦洪量达数十亿立方米，显著降低下游河道水位，避免洪峰叠加，有效减轻防洪压力，印证了该机制的实践价值^[1]。科学、系统的防汛调度机制既是水利工程安全运行的重要保障，也是提升流域洪水防御能力、实现灾害风险精细化管控的关键支撑。

【关键词】：水利工程；运行管理；防汛调度

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.075

引言

洪涝灾害作为影响我国流域安全的主要自然灾害之一，近年来呈现出发生早、强度大、频次高的特征，2024 年全国大江大河共发生 26 次编号洪水，70 条河流出现超历史实测记录洪水，对人民生命财产安全和区域发展构成严峻威胁。水利工程作为防洪减灾的核心基础设施，其运行管理中的防汛调度机制是应对洪涝风险的关键抓手，直接关系到工程设施稳定、流域防洪安全与综合效益发挥。当前，随着极端天气事件频发和经济社会发展对防洪安全的需求升级，传统调度模式已难以适应复杂多变的汛情形势，亟需构建科学系统、精准高效的现代化防汛调度体系^[2]。基于此，本文立足流域“一盘棋”理念，围绕防汛调度的核心意义与目标，深入探讨提前预泄、水库群联合调度、动态精准调控等关键策略，为提升水利工程防汛调度能力、筑牢流域洪水防御屏障提供理论参考与实践支撑。

1 水利工程运行管理中防汛调度的意义

1.1 保障流域人民生命财产安全

当洪水裹挟着破坏力席卷而来时，水利工程的防汛调度便是守护流域群众的“生命防线”。我国季风气候显著，“七下八上”等防汛关键期常面临集中强降雨，易引发河道漫溢、山体滑坡等灾害。2025 年珠江流域汛期，新丰江水库通过精准防汛调度，将上游来水洪峰削峰率控制在 90%，有效避免了下游城镇被淹。在这场汛情应对中，调度部门提前 72 小时发布预警，依据洪水预报模型制定泄洪方案，既保障了水库自身安全，又为下游群众转移争取了充足时间。数据显示，科学调度使该区域洪涝灾害造成的人员伤亡数量较历史同期下降 95%，直接经济损失减少 60 亿元以上。防汛调度通过拦蓄洪水、调控流量，将自然洪水的破坏力降到最低，用工程管理的智慧为流域人民的生命财产安全筑起坚不可摧的屏障。

1.2 维护水利工程设施稳定运行

水利工程设施的稳定运行离不开科学防汛调度的“精细呵

护”，这一关联在极端汛情中体现得尤为明显。水库大坝、泄洪闸等核心设施长期承受水流冲击，超标准洪水带来的高水位压力，易引发坝体渗漏、结构变形等安全隐患。湖南柘溪水库在一次强汛中，入库洪峰流量远超设计标准，调度部门通过实时监测大坝位移数据，结合洪水演进模型，分阶段调整泄洪流量，将坝体承受的压力控制在安全范围内，最终成功削减 51.9% 的洪峰流量，避免了工程险情。现代防汛调度还引入水下机器人等技术，对水库水下结构进行全面监测，提前排查隐患。实践证明，缺乏科学调度的水利工程，在洪涝面前如同“无舵之舟”，而合理的调度方案能让工程设施始终处于可控运行状态，延长使用寿命的同时，确保其防洪功能持续发挥。

2 水利工程运行管理中防汛调度的目的

2.1 最大程度降低洪涝灾害损失

最大程度降低洪涝灾害损失，是防汛调度工作的核心出发点，这一目的通过“预防-应对-善后”的全流程管控实现^[3]。洪涝损失涵盖人员伤亡、财产损毁、生态破坏等多个维度，调度工作需从源头阻断损失扩大的链条。在洪水预见期，调度部门依托气象水文监测设备，精准预报降雨范围、强度和洪水形成时间，提前组织低洼地区群众转移，转移安置受威胁群众；洪水发生时，通过水库拦蓄、河道疏导等方式，控制洪水推进速度和影响范围，减少对城镇、农田的直接冲击；洪水过后，合理调度水库蓄水，为灾后灌溉、供水提供保障，助力恢复生产。珠江流域 2025 年汛情应对中，正是通过这样的全流程调度，使下游地区农作物受灾面积较往年同级别洪灾减少 70%，企业停产损失降低 80%，充分彰显了防汛调度在降低灾害损失中的关键作用。

2.2 统筹防洪与兴利综合效益

打破“防洪优先、兴利为辅”的单一思维，实现防洪与兴利的协同增效，是现代防汛调度的重要目标。水利工程兼具防洪、灌溉、供水、发电等多重功能，传统调度模式常因侧重某

一功能而牺牲其他效益，而科学调度能实现各功能的平衡。在“七下八上”防汛关键期前，调度部门会结合中长期气象预报，在保障防洪安全的前提下，预留一定库容满足灌溉和发电需求；汛期来临时，优先启动防洪调度，通过预泄腾库、错峰泄洪等措施应对洪水；汛情缓解后，及时调整调度方案，加大蓄水力度，为后续农业灌溉、城市供水和电力生产储备水源。东江水利枢纽在2025年汛期的调度实践中，既通过科学泄洪完成了防洪任务，又确保了下游城市日均供水量稳定在120万吨，水电站发电量较同期提升15%，真正实现了“防洪安全有保障、兴利效益不打折”的统筹目标。

2.3 提升流域洪水风险管控能力

防汛调度的深层目的，在于推动流域洪水风险管控从“被动应对”向“主动防控”转型，构建长效安全体系。随着极端天气事件频发，洪水风险呈现出不确定性增强、影响范围扩大的特点，单纯依靠工程设施已难以全面应对，必须通过调度机制优化提升风险管控能力。现代防汛调度引入数字孪生平台，实现预报、预警、预演、预案“四预”功能融合，通过洪水演进分析模拟不同场景下的风险态势，提前制定针对性防控措施^[4]。在流域层面，调度部门统筹水库、堤防、分洪区等各类水利工程，构建“梯级防控、协同作战”的风险管控体系，当洪水超出单一工程承载能力时，及时启动联动措施分滞洪水。湖南柘溪水库通过这种调度模式，不仅成功应对了单次强汛，还通过数据积累优化了调度方案，使流域洪水风险预报精度提升至90%，为后续风险防控提供了坚实支撑。

3 水利工程运行管理中防汛调度的策略

3.1 提前预泄腾库预留防洪空间

提前预泄腾库是防汛调度的“先手棋”，通过主动调控水库水位，为承接洪水预留充足库容，从源头降低防洪压力。这一策略的实施需建立在精准预报的基础上，调度部门结合中长期气象水文预报，分析未来降雨趋势、上游来水情况及工程安全边界，制定分阶段预泄方案。在预泄过程中，需兼顾下游用水需求，避免过度泄洪造成水资源浪费。东江水利枢纽在2025年汛期前，依据气象部门发布的强降雨预警，启动预泄调度，在保障下游日常供水和灌溉需求的前提下，用10天时间将库水位降至汛限水位以下，成功腾出0.39亿立方米防洪库容。当强降雨引发洪水时，提前腾出的库容有效承接了上游来水，使枢纽无需启动紧急泄洪，避免了下游惠州地区出现险情。若缺乏提前预泄，水库极易在短时间内超汛限水位，被迫大流量泄洪，反而加剧下游洪涝风险，因此这一策略是防汛调度的基础性保障。

3.2 水库群联合拦洪削峰错峰

单一水库的调蓄能力有限，水库群联合调度通过“全域一盘棋”的协同运作，实现拦洪、削峰、错峰的综合效应，提升

流域整体防洪能力。这种策略将流域内各水库视为统一整体，结合其地理位置、库容规模、调节特性及上下游水力联系，制定差异化调度方案^[5]。洪水来临时，上游水库率先拦蓄洪水、削减洪峰，为下游水库争取响应时间；中游水库根据上游泄洪情况，调整自身泄洪节奏，避免洪峰叠加；下游水库则统筹拦蓄剩余洪水，控制进入干流的流量。珠江流域2025年汛情应对中，调度部门整合新丰江、枫树坝等多座水库形成联合调度体系，上游新丰江水库先拦蓄90%的洪峰流量，中游水库错峰泄洪，下游水库精准承接，使干流河道水位始终控制在安全范围内。与单一水库独立运行相比，这种联合调度模式使流域防洪能力提升40%以上，是应对大范围洪水的核心策略。

3.3 精准调控实现汛情动态应对

汛情的动态变化特性，决定了防汛调度必须采用精准调控策略，通过“科技赋能、数据支撑”实现实时响应。传统调度依赖人工经验判断，易受信息滞后影响，而现代精准调控依托“空天地水”一体化监测网络，实时收集水位、流量、降雨量、坝体状态等数据，通过数字孪生平台与洪水预报模型进行实时推演，为调度决策提供科学依据。湖南柘溪水库在应对强汛时，调度系统每小时更新一次水雨情数据，结合大坝位移、渗流等监测指标，动态调整泄洪流量：当入库流量激增时，逐步加大泄洪力度；当上游降雨减弱、入库流量下降时，及时减小泄量，避免水资源浪费。同时，调度决策通过防汛指挥体系快速传达至工程操作端，实现“数据研判-方案制定-指令执行”的闭环管理。这种基于实时数据的动态调控，打破了传统调度的局限性，使泄洪流量控制精度提升至立方米级，既保障了防洪安全，又最大化发挥了工程效益。

4 水利工程运行管理中防汛调度的研究

4.1 优化水库群联合调度模式

水库群联合调度的优化核心，在于打破单体工程“各自为战”的局限，构建“全域协同、智能决策”的调度体系。传统模式常因缺乏统一规划，导致上游泄洪与下游承泄矛盾，而现代优化方向聚焦多目标平衡与技术赋能。通过引入动态规划、粒子群优化等算法，结合流域水文特性与各水库调节能力，可精准拟定蓄放水次序。例如某流域将12座水库纳入统一调度平台，运用多目标合作搜索方法，在2025年汛期实现防洪与发电效益双提升——上游水库优先拦蓄削峰，中游水库错峰调节，下游水库精准承接，使洪峰通过率提升35%，同时水电站发电量较独立调度时增加12%。依托智能优化方法构建的响应面模型，还能快速推求不同水文场景下的最优方案，避免冗余计算，让联合调度从“经验驱动”转向“数据驱动”，大幅提升复杂汛情下的决策效率。

4.2 强化工程设施防汛能力适配

极端天气频发背景下，工程设施防汛能力适配已成为调度

安全的前置保障,其关键在于实现“设施性能-汛情风险-调度需求”的动态匹配。部分老旧水利工程因建设标准偏低,存在坝体防渗不足、泄洪设施老化等问题,难以适配现代调度要求。对此,需通过技术改造与系统评估双措并举:对大坝实施防渗加固、溢洪道拓宽等工程,提升硬件承载能力;同时建立设施性能动态监测体系,结合 GNSS 位移监测、渗流监测数据,评估不同调度方案下的设施安全边界。某水库在 2025 年汛前改造中,不仅升级了泄洪闸门控制系统,还通过数值模拟确定了不同洪峰等级对应的安全泄量阈值,汛期面对超设计标准洪水时,调度部门依据监测数据精准控制泄量,既避免了设施过载,又保障了下游安全,印证了能力适配对调度实施的基础支撑作用。

4.3 建分级响应调度执行体系

分级响应调度执行体系的构建,旨在通过“精准预警-梯次联动-责任闭环”,打通调度指令落地的“最后一公里”。云南省西双版纳州的“1262”机制便是典型实践,该体系以递进式预警为核心,提前 12 小时、6 小时、2 小时发布精细化预报,确保各级责任主体有序响应。体系构建需明确层级职责:州级统筹协调,制定总体调度方案;县级落实主责,细化辖区内工

程调度措施;乡镇一线主战,执行隐患排查与群众转移;村组联动自救,通过“明白卡”“路线图”保障转移效率。2025 年汛期,该州依托此体系发布预警 306 次,精准调度 67 次,安全转移群众 715 人次,实现洪涝灾害零伤亡。通过“预警叫应、部门联动、基层落实”的全链条设计,配合“云讯达”APP 等智能工具,能确保调度指令从决策层快速传递至执行端,让不同等级汛情都能得到高效处置。

5 结语

水利工程防汛调度是守护流域安澜的核心支撑,其意义在于保障民生、稳固工程、赋能发展,核心目标则聚焦损失降低、效益统筹与风险管控。从提前预泄腾库的基础防控,到水库群联合调度的协同作战,再到精准调控的动态应对,科学策略为防汛工作提供了实践路径。而优化调度模式、强化设施适配、构建分级体系,更成为机制完善的关键方向。依托数字孪生“四预”体系等现代技术,防汛调度正从经验驱动转向数据驱动。未来需持续深化技术融合与机制创新,让防汛调度更具前瞻性与实效性,为筑牢流域防洪屏障、保障经济社会发展提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 孙浩,赵迪,赵浩鹏.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2025,(16):19-21.
- [2] 徐浩东.水利工程河道整治与防洪排涝技术的应用[J].大众标准化,2025,(10):145-147.
- [3] 孟庆庆,王军良,薄伟伟,等.基于云河地球平台的数字孪生小浪底水利枢纽工程防汛调度系统建设[J].水利信息化,2024,(02):80-86.
- [4] 陈慧珍.水利工程河道整治与防洪排涝技术的应用[J].农业灾害研究,2024,14(04):254-256.
- [5] 贾明.浅谈灌区水利工程的标准化管理和信息化建设[J].新城建科技,2024,33(02):158-160.