

水库防洪调度优化与应急响应机制研究

贺欣文¹, 张宇衡¹, 倪一品², 李梦莎³, 胥照⁴

1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001

2. 淮安市城市水利工程管理中心, 江苏 淮安 223001

3. 淮安市洪金灌区管理所, 江苏 淮安 223001

4. 淮安市清晏园, 江苏 淮安 223001

DOI:10.61369/ERA.2026070042

摘 要 : 水库防洪调度改良及应急响应机制属于保障水库安全并促使防洪工作高效推进的关键形成局部, 文章经由剖析水库防洪调度的主要要素, 给出改良调度计划, 还探究了创建应急响应机制的道路, 研究显示, 利用智能调度系统, 随时观测数据并且精确预估, 可以突出加强水库的防洪水平, 而且, 完备的应急响应机制能够切实缩减灾害风险, 加快应急响应速率, 守护好水库周围民众的生命财产安全。

关 键 词 : 水库防洪调度; 应急响应; 调度优化; 智能化系统; 应急管理

Research on Optimization of Reservoir Flood Control Scheduling and Emergency Response Mechanism

He Xinwen¹, Zhang Yuheng¹, Ni Yipin², Li Mengsha³, Xu Zhao⁴

1. Huai'an Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223001

2. Huai'an Urban Water Conservancy Project Management Center, Huai'an, Jiangsu 223001

3. Huai'an Hongjin Irrigation District Management Office, Huai'an, Jiangsu 223001

4. Qingyan Park in Huai'an City, Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract : The optimization of reservoir flood control scheduling and the establishment of an emergency response mechanism are crucial components in ensuring reservoir safety and promoting efficient flood control efforts. This paper analyzes the key elements of reservoir flood control scheduling and proposes an improved scheduling plan. It also explores avenues for establishing an emergency response mechanism. The research indicates that utilizing an intelligent scheduling system for real-time data monitoring and accurate forecasting can significantly enhance the flood control capacity of reservoirs. Furthermore, a comprehensive emergency response mechanism can effectively reduce disaster risks, accelerate emergency response rates, and safeguard the lives and property of people living around reservoirs.

Keywords : reservoir flood control scheduling; emergency response; scheduling optimization; intelligent system; emergency management

引言

水库属于防洪与水资源调节的关键设施, 其防洪调度是否合理会直接左右洪水防控的效果, 传统意义上的水库调度模式存在反应迟缓, 调度决策拖延等状况, 迫切须要依靠现代信息技术来加以改善, 而且, 创建完备的应急响应机制对于处理突然爆发的洪水事件十分关键, 文章将会探究怎样经由改良调度方案以及应急响应机制, 加强水库的防洪水平, 缩减洪水灾害出现的频率及其造成的损害。

一、水库防洪调度优化方案

(一) 调度模型的构建与优化

创建水库防洪调度模型目的在于合理调配水库水量, 排水量

以及流域积水状况以达成防洪任务最大化, 常见的调度模型有依靠规则的模型, 改良算法模型以及混合模型等等, 这些模型各自具备特色, 优劣之处存在差异。如表1所示。

表1 常见的调度模型

模型类型	核心特点	优点	缺点
基于规则的模型	按预定规则执行调度	操作简单、实现容易	灵活性差，无法实时调整，复杂洪水场景下调度效果差
优化算法模型	依托数学算法计算最优方案	可考虑多因素，能得到相对优化的解决方案	计算量大，需高效算法支持
混合模型	结合规则与优化算法	兼顾实时性和精确性	适用于多变环境和复杂水文条件

依靠实时气象数据以及水文模型的调度改良方法，要靠精确的气象预报和降雨量预测之类的信息，用水文模型（比如 HEC - RAS，水动力模型等等）来模仿水流的变化情况，从而及时调整水库水量的调度，这会大幅改善防洪调度的准确性和及时性，其改良目的在于缩减洪水风险，提升水库蓄水的能力并加强调度的及时性，具体的调度策略需遵照洪水的危害程度，水库的容量大小以及排水能力高低而适时作出调整，以此达成理想的防洪成效。

（二）智能化调度系统的应用

智能化调度系统用在水库防洪调度方面有着很宽阔的应用前景，伴随信息技术不断发展，智能化系统可以有效地应对大量数据输入，并按照实际情况来改善调度策略，智能化系统依靠算法模型，能够及时应对环境变化，发出最合适 的 调度指令，免除人工干预存在的迟缓问题。

当下，多数智能调度系统会融合气象数据，流域降水数据以及历史水库运作数据，并依靠复杂的算法（诸如遗传算法，粒子群算法，神经网络等）来执行调度改良。该系统具备自学习能力，可以在调度进程中逐步调节策略，从而令调度更为精确，灵活，智能调度系统的主要功能涵盖即时数据收集，自动化调度创建，警报分析以及调度决策的自动调节等方面。

人工智能及机器学习技术对于改善决策具备很大潜力，依靠机器学习算法，系统可以经由历史数据来学习并形成模型以预测将来可能存在的洪水状况，持续改良算法就能增强警报的精准度，使得调度更具科学性。

（三）实时数据监测与预测技术的融合

实时数据监测技术属于水库防洪调度的关键形成局部，经由对水位，流速，降雨量以及气象变化等诸多指标实施及时监测，给调度决策赋予基本数据。这些数据依靠传感器，无人机，卫星遥感等方式取得，保障监测具备时效性与准确性，进而向防洪调度给予及时反馈，助力快速应对突发洪水状况，数值天气预报（NWP）以及水文水利模型（比如 HEC - HMS，MIKE 等）这类数据预测模型，可以依照当下和过往的数据来预估水文变动情况，预先考量水库负担，并调整调度计划，防止出现超标蓄水现象。

预测数据同调度决策相融合需依靠高效的数据整合及智能分析系统，经由多层次的数据处理架构，把即时检测到的数据同预测成果关联起来，该系统就能灵活调节调度方案，当预测到有洪水危险时，系统会自动激活应急调度流程，从而保证防洪安全。

二、水库应急响应机制的设计与实现

（一）应急响应流程的建立

水库应急响应机制的创建框架包含预警系统，响应程序以及指挥决策系统这三大板块，其一，该预警系统借助气象观测，流量预测以及即时数据收集来监测水库及其周边水域的情况，而且会把潜藏的风险立即上报。其二，按照各类洪水威胁的不同，制订相应的应对步骤，从而保障响应速度达到最快，应急响应开始的条件涵盖水库水位超出警戒线，降雨量骤增以及流域内部发生的意外灾害，当它被触发之后，应急指挥系统立刻转入决策与调配阶段，遵照实际状况调整排水量，存水量等，并执行必需的防汛举措。

应急响应与调度系统的联合非常关键，当发生洪水时，调度系统会依靠即时的数据反馈来自动调节情况，并向应急响应小组下达指示，从而达成防洪措施的迅速布置。指挥调度系统需具有快速响应，信息共享以及决策调整的能力，以保证在极短的时间内制定出最为恰当的应对策略。

（二）应急资源的调配与管理

水库应急资源的调配与经营对于保障防洪应急措施得以执行十分关键，应急物资及设备的存储要遵照水库防洪需求以及灾情规模来安排，其中涉及沙袋，排水泵，应急电源，抽水机，救援艇，通讯设施等。调度方法须按照即时的水情和灾情情况加以调整，保证在灾情最为严峻的时候能够调集全部可利用的资源，就人员资源的运作而言，应当创建起精干的专业团队，并定时开展技能训练和应急演练，以此提升反应速率和部门间的合作效能，使得人员可以立即投身到应急任务当中。

应急资源的动态调配策略对于不同灾情来说十分关键，当出现局部洪水灾情的时候，要灵活安排物资与设备，如果遭遇全流域严重的洪水威胁，则应当全力动员资源，保证防洪举措得以切实执行。动态调配必要应急响应系统即时掌握资源是否可用，其具体位置以及当前状况，从而尽快作出理想的资源分配决定。

（三）应急指挥平台的建设与运行

应急指挥平台属于协调水库防洪应急响应的核心系统，其包含数据采集，即时分析，决策支撑以及指挥调度等诸多功能，该平台要接驳水位检测仪器，降雨量传感器，气象数据以及水文预报等数据源，经由即时采集与分析，全方位考量水库和流域的防洪情况，给应急决策赋予数据支撑，信息化系统在指挥调度当中起到重要作用，可以迅速处理海量数据，并凭借数据可视化来显示重要信息，从而助力决策者改良调度并且及时下达指令。

应急平台依靠即时数据支撑并采用决策智能化技术，经由数据整合及机器学习算法，把即时检测数据同历史数据关联起来，给出精确的决策意见，智能化决策支持系统可遵照实时情况来调节调度方案，达成自动化的应急反应，极大地改进应急反应的速度和准确性，从而保障水库经营者能及时处理意外事件。

三、水库防洪调度与应急响应协同工作机制

（一）协同调度决策机制

水库防洪调度与应急响应的协同机制设计要达成信息流，指令流和决策流的高效配合，做到依靠即时数据迅速应对突发事件，信息共享和数据交换十分关键，系统整合冲破以往部门之间的信息隔阂，经由统一平台达成多部门数据的即时共享，从而加强决策的一致性，缩减因信息迟缓和交流不畅而产生的偏差，改良过的协同决策流程应当明晰各个阶段的职责，保证调度和应急响应系统紧密相连，防止出现耽搁，在重要时刻，利用数据共享来同步决策，削减操作错误或者信息延误的情况，进而改善整体应急响应的效率。

（二）应急响应中的调度优化问题

应急响应期间，防洪调度适时改良十分关键，传统调度方法很难应对复杂的洪水状况，所以要采用即时数据分析及智能决策支撑，经由迅速处理水位，降雨量，流速等相关信息，随时调整排水与蓄水策略，促使水库在各类洪水压力之下最大限度地发挥防洪功效，在复杂灾情之时，调度改良和应急响应的随时调整格外重要，调度系统应当融合大数据分析和人工智能模型，立即评定即时数据并作出相应调整来解决调度瓶颈问题，比如数据迟缓，决策拖延以及资源分配不均衡等情况，可以做到提升数据收集速度，改善决策程序并且形成全面度的资源调度体系，从而达成调度改良的动态灵活化。

（三）综合应急响应与防洪调度的反馈机制

综合应急响应与防洪调度的反馈机制依靠应急响应之后的效果评定以及调度调整来完善应急管理体系，灾害发生以后，首先要执行效果评定，剖析防洪举措，调度策略是否有效，资源调配状况如何，还要借助数据分析和现场考察来评判决策是否恰当，措施是否及时，进而给改进系统给予建议，历史数据的反馈会给未来的调度决策赋予依照，联系灾情处置情况来改良调度方案和应急响应流程，从而加强应对的效率，按照反馈实施的调度调整机制，凭借大数据分析来改良将来的调度，化解灾后总结时察觉到的问题，比如资源分配不均衡的情况，以改善极端天气下的应急处理效率。

四、水库防洪调度优化与应急响应机制的技术保障

（一）信息技术支撑系统的建设

水库防洪调度及应急响应机制要想高效运作，就得有先进技术作支撑，目的在于提升系统即时性与精准度，信息采集技术要即时获取水库水位，流速，降雨量以及气象资料等，并保证这些数据既准确又完整，数据传递须要低延迟，高可靠，利用无线通信或者卫星通信来保障信息快速送到指挥平台，信息处理技术要有很强的计算和分析能力，可以及时处理大量数据并找出决策所需的信息，至于数据保存，则要考虑大数据的管理及其安全性，一个高效的信息化平台不但要能处理海量数据，而且还要有容错功能，这样才能保证系统在极端状况下仍能稳定运行，进而保证防洪调度和应急响应既快又准。

（二）大数据与云计算技术的应用

大数据技术应用于水库防洪调度时，重点在于经由处理海量数

据以提升决策的科学性，水库防洪调度包含诸多水文，气象，环境等方面的数据，把这些数据存入大数据平台并加以分析之后，便能有效地预估洪水发生的可能性，改良水库调度方案。借助大数据分析，调度系统可向过往数据学习，进而预测将来的降雨量以及水位变动情况等，这样就能预先发出警报，并制订出恰当的调度计划。

云计算技术的应用，进一步增强了水库防洪调度系统的灵活性及其协同能力，云平台可达成跨部门的数据共享并做到即时更新，从而保证各方以最新数据作出决策。借助云计算，防洪调度系统既能加强数据处理能力，又能完成资源的动态调配及改良，免除出现信息孤岛情况，而且，云计算技术令多部门，多地区之间的协作更为高效，经由云端整合起来的决策支撑系统，可以尽快应对繁杂的防洪紧急事务，改善调度以及应急反应的总体效率。

（三）物联网技术与智能传感器的作用

物联网技术对于水库防洪调度十分关键，重点在于加强数据采集及即时观察的能力，利用物联网技术，水库各种传感器可以随时搜集水位，流速，降雨量等重要数据，并把它们发送到调度中心实施分析，这些数据给防洪调度给予即时支撑，使得调度决策依照最新的环境改变作出适时调整。而且，物联网系统把水库的各个节点（比如堤坝，闸门，泄洪口等）同信息系统相联结，做到远程观测和自动化调控，这样就明显优化了调度的即时性和精确度。

智能传感器被应用到水位监测以及降雨警报等领域时，其监测的精准度与灵敏度得到优化，从而利于高效展开应急反应，一旦出现紧急情况，物联网技术就能立即取得水库的相关状况，并采取相应的解决办法，伴随物联网技术不断前行，全面推广智能传感器会给予水库防汛及应急处理以强大的技术支持，改善水库经营的智能化水准，加强洪水警报的准确性并改进防洪调配的落实速度。

五、结语

文章针对水库防洪调度的改良途径以及应急响应机制的设计展开剖析，并给出可行的技术方案及其达成路径，伴随信息技术持续发展，智能化系统和大数据技术在水库防洪调度及应急响应过程中的重要性愈发凸显，日后，水库的防洪能力会得到加强，应急响应速度也会加快，从而更好地守护人民群众的生命财产安全。

参考文献：

- [1] 张雪迎. 高洞子水库（群）多目标防洪优化调度研究 [D]. 重庆交通大学, 2025.
- [2] 李匡, 刘战友, 刘业森, 等. 天津市防洪调度应急指挥平台建设实践 [J]. 中国水利, 2025, (04): 34-39+47.
- [3] 殷蓬. 佛子岭水库群防洪调度系统设计与实践 [J]. 江淮水利科技, 2024, (05): 41-48.
- [4] 孔祥仟. 多维度下的水库综合生态调度优化策略分析 [J]. 云南水力发电, 2024, 40(07): 182-185.
- [5] 孙燕飞. 金沙江下游梯级水库群防洪优化调度研究 [D]. 大连理工大学, 2024.
- [6] 武剑威. 水库防洪调度优化策略的数字化探索与分析 [J]. 张江科技评论, 2024, (05): 40-42.
- [7] 袁延泰, 刘远, 金锴. 水库群联合防洪优化调度分析——以忠建河流域为例 [J]. 城市建设理论研究（电子版）, 2024, (13): 208-210.
- [8] 江泓莹. 永定河流域防洪工程体系联合调度与动态风险评估研究 [D]. 河北工程大学, 2025.