

水文水资源管理对防洪减灾的意义及实施措施探究

文 / 郝淑涵 枣庄市水文中心

卢 晶 望江县水利局

摘要：随着全球气候变化和城市化进程的加快，极端降雨和洪涝灾害的频发对区域水安全和社会经济发展构成了严峻挑战。传统防洪体系面临诸多瓶颈，亟需依托科学的水文水资源管理手段，实现水循环过程的动态感知、精准预报与高效调度，以提升防洪减灾的整体效能和区域韧性。现代水文管理不仅涵盖数据监测和预警，还涉及流域综合调度、土地空间规划及灾后恢复，成为防洪减灾体系的重要支撑。本文系统探讨了水文水资源管理在防洪减灾中的关键作用，重点分析了基于多层次水文监测体系的建设、智能化洪水预报预警系统、流域水工程联合调度机制以及灾后水文风险评估和恢复策略，提出了具体实施措施，为提升区域防洪减灾能力提供科学理论依据和实践路径。

关键词：水文水资源；防洪减灾；监测；预测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.084

引言

近年来，全球气候变化形势日益严峻，极端气象事件呈现出频率高、强度大、范围广的发展趋势，洪涝灾害作为水文响应系统中最具破坏性的一种形式，严重威胁着区域生态安全、基础设施运行以及人民群众的生命财产安全。特别是在城镇化迅速推进的背景下，土地利用方式改变与不合理开发加剧了洪涝灾害的暴发强度与影响范围，使得传统以工程为主的防洪体系暴露出多方面的局限性。与此同时，水资源的时空分布不均问题依旧突出，干旱与洪涝并存、水资源调度与灾害调控失衡的现象屡见不鲜，对综合治理能力提出了更高要求。在这一背景下，水文水资源管理作为连接自然系统与社会系统的桥梁，日益凸显出其在防洪减灾战略体系中的核心地位。

一、水文水资源管理的基本要求

水文水资源管理作为水利工程和环境治理的重要基础，其目的是基于对水循环规律的深刻理解，对过程的全面感知、科学分析，协调人类活动与水的关系，开展

多目标管理，保障水资源的可持续利用。在当前气候变化、城市扩张与人类活动不断加剧的背景下，科学的水文水资源管理对于防洪减灾、水资源优化配置、生态保护与社会经济协调发展具有不可替代的作用。

水文信息具有全面性以及准确性是管理体系的根基所在，要构建起覆盖范围较为广泛、反应比较灵敏且精度相对较高的水文监测网络，以此来保证针对降雨、径流、水位、蒸发、土壤含水量等要素展开多维度以及多时段的持续观测，引入现代传感器、遥感遥测、卫星通信等相关技术，提升数据获取的实时性以及空间覆盖能力。完整且可靠的水文资料是制定调度方案以及灾害预警的依据，是开展流域水文建模以及变化趋势预测的前提条件，水资源需要从流域整体层面出发，全面统筹考量上下游、左右岸、干支流之间的关系，同时兼顾生活、农业、工业、生态等多个方面的用水需求，构建多目标优化调度机制。具体而言水文水资源要素之间的框架逻辑如图1所示。

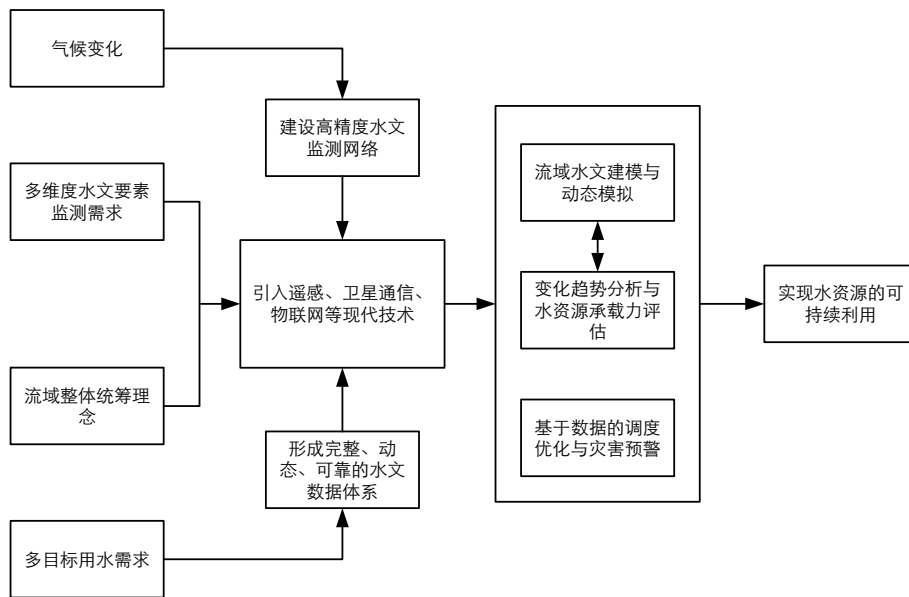


图1 水文水资源要素之间的框架逻辑

二、水文水资源管理对防洪减灾的意义

(一) 提供洪水预报预警的数据基础

在极端天气频繁发生的背景下，传统经验法已难以契合突发性洪涝灾害的响应需求，需依靠自动化、水利信息化系统达成洪水过程的动态模拟与精准预判，而综合便捷的系统需要大量的数据作为支撑。水文水资源管理的任务之一便是对水文循环过程展开持续、精确且系统的监测与记录，借助布设的水文观测站，收集降雨、水位、流量、土壤含水量等关键水文要素，可及时掌握流域水文动态变化，实时更新洪水预报模型参数。高质量的水文数据还可以提高洪水预报的时效性和准确性，增强防灾减灾的前瞻性与主动性，让防汛指挥部门可在灾前进行科学调度、疏散部署与资源调配，防止因信息延误造成损失，在城市化地区，地表径流响应时间大幅缩短，预警时效窗口明显收紧，水文信息系统的响应能力直接决定了城市排涝能力的成败。

(二) 支撑流域洪水调控与水工程联合运用

防洪工程的物理载体主要由大中型水库、河道堤防以及闸坝系统共同构成，其运行效率以及调度策略的科学性对防洪结果有很大影响，依靠水文水资源管理给予科学的依据以及技术方面的支持，能够更好的实现对水工程群体联合调度。借助对来水过程、暴雨分布状况以及水库实时蓄水情形等展开实时监控以及动态模拟，可构建起多水库、多控制点的协同调度模型，达成对洪水过程在空间上的再次分布以及时间上的调节，以此削减洪峰流量，减轻下游所承受的压力。

(三) 优化土地利用与区域空间布局的科学依据

在土地规划过程中，水文水资源管理能够作为区域土地空间规划以及灾害风险评估的重要依据。在洪泛区、洼地、沿河带这类区域，水文管理可依靠模拟洪水淹没范围以及重现期洪水过程，划定较为合理的防

洪控制线与建设控制区，以此指导土地用途的科学分区。在城市扩张速度快、建设用地紧张的当下，容易出现侵占河道行洪空间、建设低洼地带等情况，这些都极大增加了城市内涝与区域性洪灾的风险。借助水文模拟分析，可识别潜在高风险区域，实现风险图谱化，为地方政府制定土地开发政策、建筑防灾标准给予科学支撑。在流域尺度方面，合理配置水利工程与生态缓冲区，像河滩地保护、湿地恢复、雨水滞留系统等，同样依靠对地表径流规律、水资源补给路径的系统认知。随着海绵城市、绿色基础设施等理念的推广，科学水文分析还可以优化城市雨洪资源的收集与利用，能减轻洪涝压力，提升水资源循环利用效率，构建高韧性的城市空间结构。

(四) 推动灾后恢复与水资源再分配的科学决策

洪涝灾害发生以后，水文水资源管理持续发挥着非常关键的支撑作用，在灾后评估、水资源重新分配以及生态修复等领域，借助灾后水文调查以及遥感影像分析，可快速获取淹没范围、水位变化、破坏程度等关键数据，以此支持针对受灾区域展开科学评估以及恢复重建规划。水文资料还可用来分析此次洪灾与历史洪灾的对比特点，对区域洪水频率给予修正，为未来更加科学的工程标准设计以及风险评估提供数据依据。

三、防洪减灾中水文水资源管理实施措施

(一) 构建分级分类的水文监测体系，实现动态感知全覆盖

有效的防洪减灾工作需要依靠对水文要素进行全面掌握以及动态感知，首要的实施举措是在整个流域范围之内构建一套“分级分类、覆盖全域、动态更新”的水文监测体系，具体而言可划分成三类节点监测系统，分别为主控型、支控型以及应急型。分级水文监测指标体系如表 1 所示。

表 1 分级水文监测指标体系

节点类型	部署位置	监测指标	数据传输频率	技术配置	数据容错机制	目标功能
主控型	主要河流干流、控制性水库出入库断面	水位、流量、降雨量	5 分钟 / 次	遥感遥测、NB-IoT、AI 识别、边缘计算	云端 + 本地双备份	获取全流域骨架数据，支撑宏观调度
支控型	支流汇入口、中小流域重点区、雨水汇流敏感地段	降雨量、径流响应、水位	15 分钟 / 次	NB-IoT、AI 分析、边缘计算	本地缓存 + 批量上传	监测局部响应，预警面状洪水
应急型	山洪灾害区、城市内涝高风险区	突发雨情、水位、图像识别	1 分钟 / 次(突发情况)	移动雷达、车载雨量计、图像识别、边缘计算	断链缓存 + 紧急回传	应对突发事件，快速响应

主控型节点会被部署在如主要河流干流以及控制性水库出入库断面这类关键位置，其职责是获取全流域的水文骨架数据，数据传输频率可设定为每 5 分钟进行一次传输，对于实时性有着极高的要求。支控型节点则部署在支流汇入口、中小流域重点区域以及雨水汇流敏感地段，主要服务于局部径流响应以及面状洪水预警工作，它的数据传输可设定为每 15 分钟进行一次。应急型节点主要分布在山洪灾害容易发生的区域以及城市内涝风险较高的地点，还可与移动式雷达站、车载式自动雨量计配合使用，形成突发事件响应机制。在技术方面需要全面运用遥感遥测、NB-IoT 传输、AI 识别以及边缘计算等新技术，以此提升设备的智能化程度，保证数据采集的精准性与连续性。要建立中央水文数据调度平台，实行

“云端 + 本地”的双重备份机制，保证数据在断链情况下不会丢失，并且构建大数据水文仓库，接入历史资料、气象信息、地质数据等内容，实现多源信息融合，为预测分析以及调度决策提供数据方面的支持。

(二) 建立智能洪水预报预警系统，推动灾害响应前移

传统的预报预警模式大多时候只是处于“天气预报加上经验判断或简单计算”的情况，其预报预警的精准程度以及响应时效，都难以满足现代防洪减灾的实际需求，鉴于此，需要搭建一个把数值模拟和 AI 预测融合起来的智能洪水预报预警系统，该系统的架构是由“气象 - 水文 - 响应”这三个层次构成的。智能洪水预报预警系统的参数标准阈值如表 2 所示。

表 2 智能洪水预报预警系统的参数标准阈值

监测指标	参数标准	单位 / 说明
累计降雨量	蓝色预警: $t \leq 12h, P \geq 50mm$; 黄色预警: $t \leq 6h, P \geq 50mm$; 橙色预警: $t \leq 3h, P \geq 50mm$; 红色预警: $t \leq 3h, P \geq 100mm$ 。	毫米 (mm)/t 为累计时间, P 为时段内累计降雨量。
河道水位	警戒水位, 保证水位	米 (m)/ 河道具体数值。
洪峰水位预报许可误差	$\sigma_{\text{许}} = 20\% \Delta H$; 当 $\sigma_{\text{许}} < \Delta H_{\Delta Q}$ 或 0.10 m 时, $\sigma_{\text{许}}$ 取二者中较小值。	米 (m)/ $\sigma_{\text{许}}$ 为洪峰水位预报许可误差, ΔH 为水位变幅, 是起涨水位到洪峰水位的差值, $\Delta H_{\Delta Q}$ 为实测洪峰流量的 5% 对应水位变幅。
洪水预警等级	蓝色预警: $H(Q)$ 接近 $H_{\text{警戒}}(Q_{\text{警戒}})$ 或 $T_{\text{重现}} \approx 5a$; 黄色预警: $H(Q) \geq H_{\text{警戒}}(Q_{\text{警戒}})$ 或 $T_{\text{重现}} \geq 5a$; 橙色预警: $H(Q) \geq H_{\text{保证}}(Q_{\text{保证}})$ 或 $T_{\text{重现}} \geq 20a$; 红色预警: $H(Q) \geq H_{\text{最高}}(Q_{\text{最大}})$ 或 $T_{\text{重现}} \geq 50a$ 。	根据洪水情况确定, $H(Q)$ 为水位 (流量), $H_{\text{警戒}}(Q_{\text{警戒}})$ 为警戒水位 (流量), $H_{\text{保证}}(Q_{\text{保证}})$ 为保证水位 (流量), $H_{\text{最高}}(Q_{\text{最大}})$ 为历史最高水位 (最大流量)。
响应时间上限	<5 分钟内完成从模型输出到预警发布	分钟 (min)
信息覆盖人群	>95% 受影响区域居民接收警报	人口比例

第一层是气象数据接入以及降雨场建模, 运用 WRF 即 Weather Research and Forecasting Model 来开展区域降雨预报, 同时实时接入气象雷达以及地面观测数据给予校正, 第二层借助搭建 HEC-HMS 或者 MIKE HYDRO 等分布式水文模型, 实施暴雨-径流-河道水位联动仿真, 形成多时滞洪水演进预测, 第三层引入机器学习模型, 像 LSTM 也就是长短时记忆网络与 XGBoost, 针对历史洪水事件建模, 从数据驱动方面优化预报结果。系统还需设置不同等级的预警阈值以及响应方案, 并且依靠短信推送、广播提示、APP 客户端以及 LED 预警屏四级同步发布, 达成“技术-公众”双重闭环的快速反应机制。

(三) 优化流域水工程联调机制, 构建协同调度模型体系

面对流域水文响应过程呈现出的复杂性, 单独的一项水利工程已难以承担起整体的防洪任务, 故而需要构建起多工程联合调度机制, 借助构建智能化调度模型, 达成在空间方面进行联合控制、在时间方面错开洪峰的洪水调蓄目标, 该方案主要囊括三个方面:

着手制定水库、闸坝以及分洪区的联合调度规则, 将重点控制性水库当作核心, 构建主控、辅助以及调节三级梯级调度体系, 明确洪水到来时各工程的起调水位、腾库时限以及释放节奏, 特别要重视小流域水库群的精细化管理, 防止出现“小库无调度、下游反受害”的状况。构建调度决策支持系统, 也就是 DSS, 融合水文模拟、实时数据以及调度规则逻辑, 形成图形化界面与调度建议输出模块。该系统要有“模拟、分析、推荐、审批、执行”全流程闭环能力, 凭借和遥测系统对接, 实现自动生成调度指令并发送至各工程控制端, 达成半自动乃至全自动调度。再次推动跨区域协同调度平台建设, 针对流经多个行政区的干流水系, 要设立流域调度协调委员会, 统一规划调度目标、风险预期以及应急响应方案, 避免“各自为政”引发的资源浪费与调度冲突。依靠协同调度, 提高防洪系统整体调蓄能力, 使水资源在时空维度达到最优配置。

(四) 推动水文水资源管理与城乡规划深度融合, 实现防洪减灾的系统集成

随着城市化进程的加快和流域环境的复杂化, 纯依靠传统水利工程和水文监测手段难以全面应对洪涝风险, 推动水文水资源管理与城乡规划的深度融合, 构建跨部

门、多领域协同的防洪减灾系统成为亟需解决的问题。具体来说, 应将水文数据和洪水风险信息纳入城市总体规划、土地利用规划和生态保护规划中, 确保规划决策科学合理, 兼顾防洪安全与资源可持续利用。首先, 基于高精度水文模拟和历史洪水数据, 划定明确的洪水风险区和生态缓冲区, 作为城市建设和扩展的限制区域, 避免在高风险区盲目开发造成更大损失。其次, 结合水文监测和预警系统, 推动“海绵城市”理念在城市设计中的应用, 通过雨水收集、渗透、蓄滞设施的布局, 减少地表径流峰值, 提升城市排涝能力, 缓解内涝问题。第三, 应建立多部门信息共享平台, 实现规划、建设、水利、环保、应急等部门的数据互联互通和协同决策, 推动防洪减灾措施贯穿于规划、建设、运行各阶段。最后, 强化公众参与与风险意识培养, 将水文风险信息透明化, 促进社区防灾自救能力的提升。基于系统集成管理模式, 不仅能够实现流域水文资源的优化配置和防洪风险的动态控制, 还能够促进生态环境的修复与可持续发展, 从根本上提升城乡防洪减灾的综合效能。

结语

水文水资源管理不仅是技术层面的调度与监测工具, 更是构建现代化防洪减灾体系的战略支点。其意义不再局限于常规的水情掌控与洪水调控, 而是融入了对空间格局、工程协同、公众响应以及生态修复等多维系统的动态支撑。当前的挑战在于如何实现传统工程体系与现代信息技术的深度融合, 推动水文监测的网络化、预警模型的智能化与调度机制的协同化, 从而构筑起一个具有高度适应性与韧性的治理格局。本文通过对水文数据支持、防洪工程联调、土地规划导引及灾后复原策略的系统梳理, 构建一种以水文水资源管理为核心的复合型防洪减灾逻辑体系。

参考文献

[1] 郭金林. 水文水资源生态环境保护与防洪减灾措施研究 [J]. 水上安全, 2024, (24): 58-60.
 [2] 王浩. 城市水文管理在防洪减灾中的应用分析 [J]. 内蒙古水利, 2024, (12): 57-59.
 [3] 王吉羽. 水文水资源防洪问题及环境保护措施研究 [J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37 (12): 32-34.
 [4] 马尚男, 冯雪. 嫩江干流主要控制站典型年水文特征变化分析 [J]. 东北水利水电, 2024, 42 (12): 17-19.