

水利工程建设中水利防汛信息技术的应用

梁 斌¹ 王 龙² 李 艾³

1. 镇江市丹徒区水资源服务中心 江苏 镇江 212000

2. 镇江市丹徒区水利工程管理所 江苏 镇江 212000

3. 镇江市丹徒区长山提水站管理处 江苏 镇江 212000

摘 要：水利防汛信息技术涵盖数据采集感知、传输通信、处理分析及可视化决策支持等核心技术，在水利工程全生命周期中发挥关键作用。建设前期，该技术支撑水文信息数字化建库、工程选址设计优化及风险评估方案制定。施工期实现水情实时监测预警、安全信息化管控与进度质量精细化管理。运行期保障工程状态自动监测、洪水预报联合调度及应急指挥响应高效协同。多技术融合有效提升了水利防汛工作的科学性与时效性。

关键词：水利工程；水利防汛；信息技术

引言：水利工程建设是保障防洪安全的重要基础，防汛信息技术的应用贯穿工程全生命周期。数据采集感知、传输通信、处理分析及可视化决策支持等核心技术，为防汛工作提供了信息化手段。在工程建设前期，该技术支撑水文信息建库、选址设计与风险评估。施工期实现水情监测预警、安全管控与进度质量管理。运行期保障工程状态监测、洪水预报调度与应急指挥响应。系统梳理各阶段技术应用，对提升水利防汛能力具有重要意义。

1 水利防汛信息技术的核心技术构成

1.1 数据采集与感知技术

水利防汛工作的基础在于对各类水文气象数据的精准获取。数据采集与感知技术主要依托分布广泛的雨量站网和水位站网，通过高精度传感器实现降雨量、江河湖库水位等关键要素的实时自动监测。此外，利用雷达测雨技术可对区域降雨强度及空间分布进行连续扫描，而卫星遥感技术则能从宏观视角获取大范围水体面积、洪泛范围等信息。视频监控设备结合图像识别算法，能够对河道水位变化、堤防安全状态等进行直观判断与异常告警。这些技术手段共同构成了从地面到空中的立体感知网络，为后续的数据传输与分析提供了原始信息基础。

1.2 数据传输与通信技术

采集到的海量防汛数据需要及时、可靠地传递至处理中心。光纤通信具有带宽高、抗干扰能力强的特点，适用于固定监测站点与指挥中心之间的骨干数据传输。无线专网通信则为野外分散的监测设备提供了灵活的网络接入方式，可保障在复杂地形下的稳定通信。移动通信网络凭借其广覆盖的优势，广泛用于常规防汛数据的实时回传，支持高频次的数据上报。在偏远山区、海岛

等地面通信难以覆盖的区域，卫星通信承担着应急数据回传的关键角色，确保在极端条件下仍能获得重要的水文监测信息。多种通信方式协同工作，形成了防汛信息传输的混合组网体系。

1.3 数据处理与分析技术

原始的水文数据必须经过高效的处理与分析方能转化为有价值的防汛信息。大数据存储与管理技术解决了海量历史与实时数据的组织问题，支持对长时间序列水文资料的快速检索与调用。分布式计算与云计算平台为复杂水文模型的运行提供了可弹性扩展的计算资源，能够应对汛期急剧增长的数据处理需求。人工智能与机器学习方法通过对历史洪水样本的学习，不断优化洪水预报模型的参数与结构，提升预报的准确性与响应速度^[1]。这些技术融合应用，使得从海量数据中快速提取洪水演变规律、预判洪峰到达时间与水位成为可能。

1.4 可视化与决策支持技术

处理后的防汛信息需要以直观、高效的形式呈现给决策者。地理信息系统将水文监测数据、洪水预报成果与地理空间位置相融合，支持对淹没范围、风险区域的动态空间分析。三维仿真与数字孪生技术构建起与现实水域同步演变的虚拟模型，能够模拟不同降雨条件下的洪水演进过程，辅助预判险情发展态势。防汛指挥调度信息平台集成了上述可视化与决策分析功能，将雨情、水情、工情、险情等多类信息在一张图上综合展示，为调度指令的生成与下达提供了统一的操作界面。

2 水利防汛信息技术在工程建设前期的应用

2.1 流域水文信息的数字化采集与建库

水利工程建设前期，需要系统收集并整理流域范围内的各类基础信息。历史洪水数据的数字化整理是首要

工作,将过往积累的纸质水文记录、水位标尺观测成果及洪水痕迹调查资料转换为统一格式的数字信息,并开展数据的完整性检验与异常值识别,确保入库数据的可靠性与一致性。在此基础上构建专门的历史洪水数据库,实现按年份、按河段、按洪水量级等多维度的高效检索与统计分析,为后续设计提供基础数据支撑。同时,对工程影响区域的地形地貌数据进行高精度获取,采用先进测量手段采集密集的点云数据,生成高分辨率的数字高程模型,准确反映河道断面形态、河床演变趋势、滩地分布范围及两岸地势起伏特征。这些数字化成果共同构成了工程选址与规模论证的基础数据底座。

2.2 工程选址与设计中的信息技术支撑

信息技术为水利工程的选址论证与设计方案优化提供了科学定量手段。基于遥感影像与地理信息系统平台,分析工程场址区域的岩土类型分布、地质构造走向、活动断裂带位置及不良地质体范围,快速识别潜在的地质安全隐患区域,辅助筛选工程地质条件相对优良的建设位置。在水文模型的支持下,输入长序列降雨与径流资料,计算不同设计频率条件下的洪水过程线,推求工程上游的入库流量过程与下游河道的行洪能力需求,为确定堤防高程、水库特征水位、泄洪设施规模等核心设计参数提供量化依据^[2]。针对多个候选工程布局方案,利用信息化模拟工具分别构建各方案的三维布局与运行规则,在同一组水文边界条件下进行洪水演进模拟与调洪计算,通过对比各方案对应的淹没范围、水位变化过程及出流峰值等指标,完成多方案的量化评估与科学比选。

2.3 风险评估与预警方案的信息化制定

在工程建设前期,需要系统评估工程影响区域的洪水风险特征并提前制定应对措施。洪水风险图的数字化编制依托地理信息系统平台,将不同频率洪水对应的淹没水深分布、洪水流速场、洪水到达时间等要素以分层矢量形式进行空间展布,形成直观的风险分区成果图件。针对多种频率的洪水情景,涵盖常遇洪水、设计标准洪水及超标准极端洪水,利用计算机模型逐一模拟洪水在流域内的演进与淹没过程,分析工程上游的回水影响范围及工程下游河道的水位响应特征与行洪能力匹配程度,识别高风险河段与重点保护对象。在此基础上开展防汛应急预案的数字化编制与管理,将预警启动条件、分级响应标准、人员转移路线、应急抢险队伍调配方案及物资储备要求等核心内容结构化可为动态更新、支持条件查询的数字预案体系,便于后续根据工程实际建设进展与运行工况变化及时完善预案内容。

3 水利防汛信息技术在工程施工期的应用

3.1 施工期水情监测与实时预警

水利工程施工期常面临河道来水的不确定性,建立针对性的水情监测与预警体系至关重要。在施工区域上下游关键位置部署自动水位监测系统,通过水位传感设备连续采集河道水位变化数据,当水位超过预设警戒值时系统自动发出告警信号,为施工人员及时撤离提供时间余量。短临降雨预报信息的引入,使施工调度能够提前获知未来数小时内的降雨强度与累积雨量,据此判断是否暂停河道内作业或提前加固临时围堰。对于涉及水库建设的工程,还需建立库区来水实时监测机制,动态掌握上游入库流量变化趋势,结合预报成果综合研判风险等级,并据此动态调整施工计划,包括调整作业面安排、组织设备转移或启动应急响应程序,确保施工活动始终处于安全可控的水情边界条件之内。

3.2 施工安全管理中的信息化手段

施工期安全管理是水利工程建设重点任务,信息化技术的应用显著提升了风险感知能力。在边坡、坝体及深基坑等关键部位布设变形自动化监测设备,持续采集位移、沉降及倾斜等数据,数据实时上传至管理平台,当变形速率或累计变形量超过阈值时系统自动报警,实现不稳定体早期识别。施工现场部署视频监控网络,结合智能识别算法对人员安全防护用品佩戴、临边防护完整性、大型机械作业范围等要素进行实时分析,发现违规行为后自动截图并推送告警信息^[3]。建立人员与设备的定位跟踪管理系统,施工人员及重要机械配备定位终端,管理平台可实时显示其位置分布,在汛期紧急撤离或发生突发事件时,能够快速掌握现场人员位置状态,为高效组织疏散搜救提供准确的位置信息支持。

3.3 施工进度与质量的信息化管控

水利工程施工工序复杂、质量要求高,信息化手段提升了进度与质量管理的精细化水平。对混凝土浇筑温度、碾压施工中的铺层厚度与碾压遍数、填筑材料含水率等关键施工参数进行实时采集,并通过无线网络远程传输至管理平台,形成施工过程的透明化监控。在水利工程施工管理中应用建筑信息模型技术,将时间维度与工程三维模型相融合,构建施工进度模拟系统,定期将实际完成工程量与计划进度进行对比,直观显示进度偏差所在部位与偏差程度,辅助管理人员识别关键制约工序。建立施工日志与质量数据的电子化记录与追溯体系,将每日施工内容、资源投入、质量检测结果、隐蔽工程验收记录等规范录入系统,形成完整的电子档案,便于后期按施工段落、时间范围或工序类型进行快速检

索与追溯查询,为工程验收及运行维护提供可靠的数据支撑^[4]。

4 水利防汛信息技术在工程运行期的应用

4.1 工程运行状态的自动化监测

水利工程投入运行后,需持续监视大坝、闸门及堤防等主要建筑物的安全状态。大坝安全监测自动化系统通过埋设于坝体内部的各类传感设备,自动完成变形、渗流、应力等物理量的数据采集,并按照设定频次将数据传回管理平台,实现对大坝运行态势的长期连续跟踪。针对闸门与泄洪设施,采用远程监控与控制技术,运行人员在调度中心即可远程查看闸门当前开度、启闭机工作状态及上下游水位差,并根据防汛指令直接发送控制命令完成闸门操作,显著缩短泄洪响应时间。在渠道与堤防的日常管理中,借助在线巡查技术,巡查人员通过移动终端接收巡查任务并按预定路线行进,系统自动记录巡查轨迹、时间及发现的各类隐患,生成标准化巡查报告,确保每一段堤防都有据可查。

4.2 洪水预报与调度决策的信息化支撑

洪水期间,科学的预报与调度是发挥水利工程防洪效益的关键。洪水预报模型接入实时水文监测数据,包括雨量站降雨数据、河道水位流量数据以及水库蓄水数据,通过模型后台的高速运算不断更新洪峰流量、洪峰到达时间及洪水总量等预报成果,为调度决策提供前瞻性依据。对于流域内存在多个水库的情形,联合调度中的多库群协同计算技术综合考虑各水库的当前库容、入库流量、泄流能力及下游河道安全泄量,通过迭代计算寻求各水库之间的合理泄流分配方案。在最终确定泄洪操作前,运用模拟仿真技术对多种泄流方案进行虚拟推演,模拟不同开闸次序与泄流组合下的下游水位变化过程,辅助调度人员从中选取对下游淹没影响最小的优化方案。

4.3 防汛指挥与应急响应的信息化保障

汛期险情发生时,高效的信息传递与指挥协调直接

影响应急处置效果。防汛指挥信息系统构建多级联动机制,上级防汛机构的调度指令、汛情通报及预警信息能够实时下发至相关下级单位,同时下级单位巡查发现的险情、处置进展及物资需求也可及时上报,实现信息的双向贯通与同步共享^[5]。预警信息发布采用多渠道快速发布技术,同时向专用接收终端、公共通信网络及广播系统推送预警内容,确保不同位置的工程管理人员、抢险队伍及沿河相关单位均能及时收到预警。应急资源管理方面,建立物资与队伍的信息化调度平台,动态展示各类抢险物资、机械设备及专业队伍的存放地点、数量和待命状态,险情发生后平台快速生成调运方案并全程跟踪调运进度。

结束语:水利防汛信息技术贯穿水利工程建设全生命周期,从核心技术构成到各阶段的具体应用,形成了系统化的技术支撑体系。建设前期的信息建库与风险评估奠定科学决策基础,施工期的实时监测与安全管控保障建设安全,运行期的自动化监测与智能调度提升防洪效益。多技术融合应用使防汛工作从经验驱动向数据驱动转变,有效增强了水利防汛的科学性与实效性,为水利工程安全运行与流域防洪安全提供了有力保障。

参考文献

- [1]张风在.浅谈水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].中国设备工程,2021(18):195-196.
- [2]董艳霞.水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].水上安全,2024(7):64-66.
- [3]张晓霞.浅谈水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].中国设备工程,2022(14):231-233.
- [4]刘庆军.水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(12):63-66.
- [5]钱卫东,范樑.浅谈水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(3):23-25.