

水利防汛中水文信息化技术分析

练康成

江苏省水文水资源勘测局无锡分局 江苏 无锡 214000

摘要: 水利防汛对高效技术支撑需求迫切,水文信息化技术作为核心手段,已覆盖数据采集、传输、处理及应用全流程,但仍面临协同性不足、极端天气适应性弱等问题。本文以练康成研究视角为基础,剖析技术应用现状与四大核心技术原理,指出现存问题并提出强化协同、提升适应性等优化方向,为技术优化应用提供参考,助力提升防汛效率与决策科学性。

关键词: 水利防汛;水文信息化技术;应用现状;现存问题;优化方向

引言:水利防汛关乎人民生命财产安全与社会稳定。随着信息技术发展,水文信息化技术在防汛中作用日益凸显。它以数据驱动为核心,构建起多技术协同体系,覆盖防汛全流程。在实际应用中,该技术仍面临诸多挑战,制约着效能的充分发挥。深入分析水利防汛中水文信息化技术的应用现状、问题及优化方向,对提升防汛能力、保障安全具有重要意义。

1 水利防汛中水文信息化技术的应用现状

1.1 当前水文信息化技术的应用框架

水文信息化技术应用框架以“数据驱动防汛业务”为核心,形成多技术协同的体系构成。该体系涵盖数据采集、传输、处理分析及应用服务四大核心技术模块,各模块间相互衔接,从数据获取到成果输出形成完整闭环^[1]。主要应用场景已覆盖水利防汛全流程,汛前阶段聚焦监测预警,通过技术手段提前捕捉水文异常动态;汛中阶段侧重应急处置,依托技术支撑实时掌握汛情变化并辅助决策;汛后阶段则聚焦评估复盘,利用技术沉淀的数据与分析能力总结防汛成效,为后续工作优化提供依据。不同场景下技术应用各有侧重,又相互联动,共同支撑防汛工作从被动应对向主动预防转变。

1.2 技术应用的基础现状

数据采集方面,自动化监测设备已在主要江河、湖泊及重点防汛区域实现一定覆盖,水位计、雨量传感器、流量计等设备广泛应用,可实时采集关键水文数据。但在部分偏远山区、小型支流等区域,设备覆盖仍存在缺口,且极端暴雨、强风等恶劣天气下,部分设备易出现故障,影响数据采集的连续性与稳定性。数据传输方面,已搭建包含无线通信、卫星传输、光纤网络在内的多元通信网络,多数重点监测站点可实现数据实时上传,保障汛情信息及时传递。但偏远区域通信信号较弱,部分站点仍依赖传统传输方式,数据传输延迟较高,难以满

足实时防汛需求。数据处理方面,已具备基础的数据整合与初步分析能力,可对采集的水文数据进行格式标准化处理,并通过简单算法生成基础统计报表与趋势曲线。但面对气象、地质等多源异构数据,整合难度较大,且深度分析能力不足,难以快速挖掘数据背后的汛情关联信息。应用服务方面,技术成果已初步应用于防汛决策与预警发布,部分地区可通过系统生成预警信息并推送至相关部门与公众,为决策部署提供参考。但技术应用与实际防汛业务的融合仍不够深入,部分技术成果落地性不强,未能充分发挥支撑决策、指导实践的作用。

2 水利防汛中核心水文信息化技术分析

2.1 水文数据采集技术

自动化监测技术通过不同原理设备实现水文要素精准采集,水位计利用压力感应或浮子随水位升降联动传感器,实时记录水位变化数值;雨量计采用翻斗式结构,每承接固定雨量便触发一次计数,精准统计降雨量;流速仪借助超声波多普勒效应或机械转子转动,测算水流速度并换算成流量数据,这些设备可实现无人值守连续运行,为防汛提供实时基础数据。遥感技术凭借大范围监测优势助力汛情掌握,卫星遥感通过不同波段光谱分析识别地表水体范围变化,捕捉大面积雨情分布与洪水淹没区域;无人机遥感则能深入流域局部复杂地形,低空拍摄获取精细化水情图像,填补偏远区域监测空白,两者结合形成“空天地”一体化监测网络^[2]。物联网技术将各类传感设备联网部署,通过无线通信模块将水位、雨量、水温、土壤墒情等多要素采集设备连接成网,数据实时汇聚至监测中心,实现多维度水文信息同步获取,提升数据采集的全面性与时效性。

2.2 水文数据传输技术

无线通信技术根据不同区域特点适配应用,4G/5G通信适用于信号覆盖良好的平原、城区,传输速率高且

延迟低,能满足高频次水文数据实时上传需求;北斗通信则针对偏远山区、高原等无公网信号区域,依托卫星系统实现数据双向传输,即便在极端天气下也能保障数据不中断,为偏远流域防汛提供通信支撑。有线通信技术中光纤传输发挥关键作用,具备高带宽特性,可同时传输海量水文数据与高清影像资料,且抗电磁干扰能力强,数据传输稳定性高,常作为重点防汛区域如大型水库、重要河段的骨干传输网络,确保核心水文数据安全高效传输。数据传输协议优化通过技术改进保障数据质量,采用断点续传机制应对传输中断,数据中断后可从断点处继续上传避免重复传输;引入数据压缩与校验算法,减少传输数据量的同时,自动检测并修正传输过程中出现的错误,确保水文数据在复杂环境下的完整性与时效性。

2.3 水文数据处理技术

大数据分析技术对海量水文数据进行深度处理,首先通过数据清洗技术剔除异常值、缺失值,保障数据准确性;再按时间、区域维度整合不同来源数据,建立统一数据集;最后运用关联分析算法挖掘雨情与水情、上游与下游水文数据间的内在联系,揭示汛情演变规律,为汛情研判提供数据支撑。人工智能技术提升汛情预测与研判能力,机器学习模型通过训练大量历史水文数据,掌握不同气候条件下的汛情变化模式,可提前数小时至数天预判降雨量、洪峰到达时间与量级;在汛情趋势研判中,模型能结合实时数据动态调整预测结果,适配汛情变化,提升预测精度。数据可视化技术将抽象数据转化为直观呈现形式,通过折线图展示水位、流量变化趋势,热力图呈现雨情分布密度,地图标注洪泛风险区域与监测站点位置,让防汛人员快速理解数据含义,清晰掌握汛情态势,为防汛决策提供直观参考。

2.4 水文信息应用技术

防汛预警系统技术实现精准预警与信息推送,通过分析历史汛情数据与流域防洪标准设定科学预警阈值,当水文要素达到阈值时,系统自动触发不同等级预警;根据受影响区域人口分布、行政区划,通过短信、政务APP、广播等多种渠道定向推送预警信息,确保信息精准传达至防汛部门与受威胁群众,为避险转移争取时间。汛情调度模拟技术辅助优化防汛决策,基于实时水文数据与流域地形数据构建数学模型,模拟不同泄洪流量、水库调蓄顺序等调度方案下的水位变化与洪水演进过程,量化分析各方案对下游区域的影响,对比评估方案安全性与可行性,为防汛部门制定最优调度策略提供科学依据。灾害评估技术快速量化汛情影响,结合水文数据与地理

信息系统,叠加洪水水位数据与区域人口、耕地、基础设施分布数据,自动计算洪泛面积、受影响人口数量、受灾耕地面积及经济损失,生成灾害评估报告,为灾后救援部署与重建规划提供数据支持。

3 水利防汛中水文信息化技术应用的现存问题

3.1 技术协同性不足

数据采集、传输、处理与应用各环节技术缺乏统一协调设计,采集设备输出的数据格式与传输网络的适配标准不统一,部分监测设备数据需经人工转换才能接入传输系统,导致数据流转效率降低^[9]。不同部门、不同区域的水文信息化系统独立建设,数据存储与管理标准各异,例如流域管理部门与地方防汛部门的数据库难以互通,无法实现数据共享调用,形成大量数据孤岛。这种衔接不畅与孤岛现象,使得多源数据无法高效整合分析,难以形成全面的汛情研判依据,制约技术整体应用效能。

3.2 极端天气适应性弱

在暴雨、强风、雷电等极端天气条件下,户外部署的自动化监测设备易受影响,水位计可能因雨水浸泡出现故障,雨量计的翻斗结构可能被杂物堵塞导致计量偏差,流速仪的传感器易受水流冲击损坏,设备整体稳定性大幅下降。同时极端天气会干扰通信信号,无线传输易出现中断,有线传输线路可能因洪涝、滑坡受损,导致数据传输延迟或丢失;即便数据成功采集,也可能因环境干扰出现异常值,数据准确性难以保障,影响汛情判断的可靠性。

3.3 技术应用深度不够

当前水文数据处理多停留在基础清洗与简单统计阶段,未能充分运用大数据、人工智能技术挖掘数据深层价值,例如仅能呈现历史水位变化曲线,却无法通过数据关联分析预判洪峰传播路径与影响范围。在防汛决策支撑上,技术成果多局限于提供基础水文数据与简单预警信息,难以针对复杂汛情生成多套调度方案并量化对比效果,也无法动态模拟不同应对措施的后继影响,导致决策支撑作用有限,难以满足精细化防汛需求。

3.4 运维保障能力欠缺

部分地区对水文信息化设备的运维投入不足,缺乏专业运维团队,设备出现故障后难以及时排查修复,例如偏远区域的监测站点故障可能数天才得到处理,期间无法采集有效数据。同时设备更新换代缓慢,部分已运行多年的老旧设备性能下降,不仅采集精度降低,还难以适配新的传输与处理系统,导致技术体系整体运行效率受拖累;此外运维人员技术水平参差不齐,对新型设备的操作与维护能力不足,进一步影响设备长期稳定运

行,埋下防汛数据断供的隐患。

4 水利防汛中水文信息化技术的优化方向

4.1 强化技术协同

从设计源头统一各环节标准。组织水文、通信、软件研发等多领域专家共同制定采集设备数据输出规范,将标准纳入设备采购准入要求。让不同品牌的水位计、雨量计直接适配传输接口。减少人工转换环节提升数据流转效率。搭建跨部门统一数据管理平台时,同步建立数据更新与共享的动态协调机制,设立月度数据协同会议解决对接问题^[4]。借鉴流域与地方联合指挥的实践经验。明确流域管理、防汛、气象等主体的数据接入责任与权限。制定统一存储格式与调用流程。实现多源数据实时共享。推动各系统接口兼容开发。通过标准化API实现数据无缝流转。形成“采集-传输-处理-应用”完整闭环。打破数据壁垒。让多源数据协同支撑汛情研判。为防汛决策提供更全面的数据依据。

4.2 提升环境适应性

针对暴雨、强风、雷电等极端环境专项研发设备。为水位计加装IP68级防水外壳并进行长期浸水测试。给雨量计设计自清洁结构减少杂物堵塞,搭配定期人工清理保障稳定运行。为户外设备配备防雷支架并适配-30℃至70℃宽温工况,从结构防护与环境适配两方面增强设备耐受能力,降低台风、暴雪等极端天气下设备故障率。无线传输引入自适应跳频技术减少干扰,在信号薄弱区域增加中继设备增强覆盖。偏远区域增设北斗卫星备份节点。与地面通信形成双重保障。有线传输采用特种光缆。经地质勘察避开灾害高发区铺设并定期加固线路支架。建立多设备数据校验机制。通过同一区域不同设备采集数据的交叉比对剔除异常值。保障数据准确性。确保极端天气下汛情监测不中断。

4.3 深化技术应用

扩大AI模型训练数据集。整合近20年历史汛情、气象、地形、土壤墒情等多维度数据。用数据增强技术补充极端汛情样本。优化算法中的特征提取逻辑让模型精准掌握汛情演变规律。预判洪峰时间与量级。结合流域堤防分布分析传播路径与影响范围。运用关联规则挖掘等技术探索数据潜在关联。通过降雨与土壤含水量数据

预判产流速度与径流总量。构建数字孪生流域场景,接入实时水文监测数据提升模拟真实性。联动洪水演进与污染物扩散双模型模拟效果。量化对比对下游城镇供水、农田灌溉的影响。为防汛部门提供多套方案与风险报告。提升决策科学性与可操作性。

4.4 完善运维机制

按设备环境划分巡检等级。河流沿岸、山区等风险较高区域的设备每月巡检。城区周边设备每季度巡检。组建由技术人员与运维人员组成的专业团队,配置专用运维车辆提升响应效率。配备无人机、便携式检测仪器等工具。重点排查设备供电、信号连接、数据采集精度等关键环节。缩短故障发现时效。为设备建立全生命周期档案,采用电子台账便于查询追溯。详细记录维护与故障情况。参考平均无故障工作时间标准。根据使用年限、性能衰减程度制定更新计划。优先替换超8年或适配性差的老旧设备。定期开展运维培训与技能考核。组织跨区域经验交流提升人员能力。建立考核机制将设备完好率、故障修复时效等与绩效挂钩。保障技术长期稳定运行。

结束语

水利防汛中水文信息化技术虽取得一定进展,但在技术协同、环境适应、应用深度和运维保障等方面仍存在不足。通过强化技术协同、提升环境适应性、深化技术应用和完善运维机制等优化方向,可有效提升水文信息化技术在防汛中的应用效能,为防汛决策提供更科学、准确的支持,更好地保障人民群众生命财产安全,推动水利防汛工作向现代化、智能化迈进。

参考文献

- [1]李大鹏,李程成,周继元.浅谈水文信息化技术在水利防汛工作中的应用[J].中国科技纵横,2024(20):66-68.
- [2]邢元.水文信息化技术在水利防汛中的作用浅析[J].数字化用户,2023(48):179-180.
- [3]姚雷,毕增锋.水文信息化技术在水利防汛工作中的运用研究[J].电脑采购,2023(32):112-114.
- [4]孟祥文.探究水利工程建设中水利防汛信息技术的应用[J].水上安全,2023,(03):31-33.