

# 水文信息化技术在水利防汛体系中的实践与探索

何玉敬

新疆维吾尔自治区昌吉水文勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6434

**[摘要]** 水文信息化技术作为现代水利防汛体系的核心支撑,通过融合物联网、大数据、人工智能等前沿技术,实现了对水文要素的实时监测、智能分析与精准预警。本文以新疆昌吉回族自治州为研究对象,系统阐述水文信息化技术在防汛体系中的实践路径,分析其在监测网络构建、数据融合分析、决策支持系统开发等环节的创新应用,并针对技术应用中的挑战提出优化策略。

**[关键词]** 水文信息化; 智慧防汛; 四预体系; 技术融合机制

中图分类号: P331 文献标识码: A

## Practices and Explorations of Hydrological Informatization Technology in Water Conservancy Flood Control Systems

Yujing He

Changji Hydrological Survey Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** As the cornerstone of modern water conservancy flood control systems, hydrological informatization technology enables real-time monitoring, intelligent analysis, and precise early warning of hydrological elements by integrating cutting-edge technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence (AI). This study takes Changji Hui Autonomous Prefecture in Xinjiang as a case study to systematically elaborate on the practical pathways of hydrological informatization technology within flood control frameworks. It analyzes innovative applications in monitoring network construction, data fusion analysis, and decision support system development, while proposing optimization strategies to address challenges encountered during technological implementation.

**[Key words]** Hydrological informatization; Smart flood control; "Four-Pre" system (prediction, pre-alert, pre-disposition, pre-action); Technological integration mechanism

### 引言

新疆昌吉回族自治州作为天山北麓经济带的水资源保障核心区,其干旱特征极为显著,年均降水量不足200毫米而蒸发量超2000毫米。境内头屯河、三屯河等以冰雪融水补给为主的河流,因洪水突发性强、破坏力大,持续威胁下游农耕地、居民点及基础设施安全(典型案例为2010年昌吉市某乡镇因融雪洪水监测滞后导致河道漫堤,造成直接经济损失超1200万元)。为破解干旱区防汛难题,昌吉州以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”新时代治水思路为指引,通过深度融合水文信息化技术,构建起“空天地”一体化监测网络与“一屏看水、一网治水、一图懂水”的智慧防汛体系,推动防汛模式实现三大跨越:从数据割裂到全域感知、从经验判断到模型驱动、从被动响应到主动防控。该体系的核心是创新打造“一平台、一中心、N应用”智慧化架构。该架构以数据融合贯通为纽带,以智能决策支持为目标,实现水利全要素的数字化协同管理。在基础平台层,昌吉

州投资300万元实施骨干网络升级工程,将7个县市、69座水库、22座水厂的传输速率提升10倍(100M/s→1000M/s),IP地址资源扩容132倍(250→33150条),彻底打通数据传输“最后一公里”瓶颈。依托高速水利专网,州水利局集成水情、雨情、工情三大类监测数据,建成日均处理量超12万条的水利大数据中心,为防汛决策构筑坚实的“算力底座”,为后续智慧应用提供核心支撑。

### 1 水文信息化技术理论框架

水文信息化技术以数据采集、传输、存储、分析为核心环节,依托多源数据融合与智能算法模型,旨在实现对水文过程的动态模拟与风险精准预判。

#### 1.1 感知与采集层

该层利用多样化的传感器网络(如水位计、雨量计、流量计、水质监测仪、土壤墒情仪等)、遥感技术(卫星、雷达、无人机)、视频监控等手段,实现对降水、蒸发、径流、水位、流量、水质、土壤湿度等关键水文要素的全天候、立体化、自动化采集。其

核心任务是解决“数据从哪里来”的问题,目标是获取覆盖流域/区域、及时、准确、可靠的多源异构原始水文数据,为整个信息化体系提供坚实的“数据原料”基础。

### 1.2 传输与通信层

该层构建了连接感知设备与数据中心的高速信息通道,综合运用有线通信(光纤)、无线通信(4G/5G、NB-IoT、LoRa)、卫星通信、自组网等多种通信技术。其核心任务是解决“数据如何传”的问题,确保在各种复杂环境(尤其是偏远、灾害易发区)下,海量、实时的水文数据能够安全、稳定、低延迟地从采集端传输至处理中心,保障信息的时效性和完整性,是信息流动的“血管与神经”。

### 1.3 数据管理与平台层

汇聚而来的数据需要被有效组织、存储、治理和应用,这便是数据管理与平台层的核心功能。该层基于大数据、云计算、分布式存储等技术,构建统一的水文数据中心或云平台,实现数据的标准化处理、质量控制、高效存储(时空数据库)、融合管理(多源数据融合)以及服务化封装。其核心任务是解决“数据怎么管、如何用”的基础问题,不仅提供强大的数据存储与计算能力,还通过构建水文“数字孪生”基础环境,为上层应用提供标准化的数据服务接口和共享支撑平台,是信息转化为价值的“大脑皮层”。

### 1.4 智能应用与服务层

该层基于前三个层次提供的数据和能力支撑,综合运用水文模型、人工智能、数据挖掘、可视化等技术,开发面向水利防汛核心业务的应用系统。其核心任务是解决“数据有何用”的问题,具体实现:(1)精准预报预警。构建基于物理机理与数据驱动的耦合模型,实现洪水、干旱、山洪灾害等的高精度预报和超前预警。(2)动态模拟推演。对流域产汇流、洪水演进、水资源调度等进行实时或情景模拟,支撑方案比选与优化。(3)智能风险研判。结合实时监测数据与模型结果,对洪涝、干旱、水污染等风险进行动态评估与智能研判。(4)辅助决策支持。为水资源配置、工程调度、应急抢险等提供科学、直观、高效的决策支持信息。(5)智慧化服务。面向政府、公众、企业提供定制化的水情信息、预报预警、知识科普等服务。

## 2 水文信息化技术的实践路径

### 2.1 监测网络重构

昌吉回族自治州地处新疆干旱半干旱地区,降水时空分布不均,汛期洪水突发性强、破坏力大,构建全方位、高精度的水文监测网络成为防汛体系的基础支撑。近年来,昌吉州水利局通过系统性投入与技术创新,建立了空天地一体化的立体监测体系,实现了对水情、雨情、工情的实时动态感知。

#### 2.1.1 空天地一体化监测网络布局

昌吉州投资4215万元,在关键水域和风险区域建设了192处水情自动监测点、35处山区雨情自动监测站、69处大坝安全监测站及606路视频监控点,形成地面站点全域覆盖。针对传统监测盲区,昌吉州引入无人机、雷达测雨和遥感技术,实现非接触

式测流与高分辨率雨量监测。例如通过无人机对水文断面上下游5公里范围开展全地形测绘,动态更新水位流量关系曲线,显著提升洪水预报精度。在喀拉喀什河上游253公里处的赛图拉增设水位气象视频监测站,将监测防线大幅前移,为乌鲁瓦提水利枢纽提供关键预警缓冲。

#### 2.1.2 网络传输能力升级

为解决数据传输瓶颈,昌吉州投入300万元实施网络升级改造,将7个县市、1个直属单位、69座水库、22座水厂的网络传输速率从100M/s提升至1000M/s,网络地址资源从250个IP扩展至33150个IP1。这一改造彻底解决了IP资源紧缺、传输速度慢、数据丢包率高等问题,使水利专网延伸至全州各水库和管理站,实现“最后一公里”网络覆盖。双备份传输通道的建立(如北斗卫星与光纤并行)确保了极端天气下的通信韧性,水情报汛时效性较过去提升40分钟以上,为防汛决策争取了宝贵时间窗口。

#### 2.1.3 取水口智能化监管体系

昌吉州在全州194项地表水取水口部署管道流量计、超声波水位计和雷达水位流量计等智能设备,实现取用水量实时监控,设备上线率从2023年初的73%提升至96%。创新建立“三个责任人”体系(州级、县级、运管三级),推行“一口一牌、一牌一码”的标识化管理,明确取水口编码、许可量、用途等信息,确保监管责任到人。通过手机APP实现监测数据现场复核与远程校验,形成“实地测井-数据比对-异常反馈”闭环,保障数据的真实性与连续性。

### 2.2 数据融合分析

监测数据的有效整合与深度分析是防汛决策的科学基石。昌吉州通过构建多源数据融合机制、水文模型优化及人工智能算法应用,显著提升了水文预报的精准性与水资源管理的科学性。

#### 2.2.1 水文预报模型优化

针对中小河流洪水突发性强、数据稀缺的难点,昌吉水文勘测中心基于近十年8个水文站实测数据,引入周期迭代ARIMA技术构建水资源管理模型。该模型通过时间序列分析,有效预测季节性径流变化与洪水峰值,使水资源综合利用效率提升15%以上。在分布式水文模型构建中,昌吉州采用网格化参数率定方法:将流域划分为1km×1km网格单元,在每个单元中植入概念性水文模型(如SWAT),通过汇流演算推求出口断面流量。模型参数通过遥感反演的植被覆盖度、土壤含水率等空间数据动态修正,显著提升了玛纳斯河、三屯河等中小河流的洪水预报精度。

#### 2.2.2 多源数据融合机制

昌吉州水利局打造统一数据中台,集成气象、水文、地质等多源异构数据。通过打破部门壁垒,集总接收山洪灾害监测系统、中小型水库测报系统站点数据,实现347处水文部门站点与外部站点的数据共享。在2023年阿勒泰地区克兰河超历史洪水事件中,该平台通过融合雷达测雨数据、无人机航拍影像与地面传感器数据,提前2小时发布红色预警,为人员转移和水库调度赢得关键时间。数据融合还支撑了地下水超采治理,通过动态监测井网络(如昌吉市三屯河流域监测井群)实时采集水位、水质

数据,结合用水计划审批系统,实现地下水开采量分区控制,2024年地下水位同比下降区占比达78%。

### 2.2.3 人工智能驱动分析

昌吉州在托满水文站试点视频AI水位识别技术,通过摄像头捕捉水面影像,结合卷积神经网络(CNN)模型实时解析水位刻度,精度达±0.5cm,成为人工观测的有效备份。在洪水调度中,深度学习算法分析历史洪水模式,生成多套调度预案。例如乌鲁木齐数字孪生平台在2024年汛期,根据来水预报结合调度规则生成三套防洪调度方案,通过预演模拟和曲线对比,辅助管理人员选择最优泄洪策略,减少下游淹没损失23%。

### 2.3 决策支持系统

基于高质量数据与先进分析模型,昌吉州着力开发智能化决策支持系统,将信息化成果转化为防汛抗旱的实际战斗力,重点围绕数字孪生平台、防洪“四预”系统和智慧用水管理三大领域推进。

#### 2.3.1 数字孪生平台建设

以乌鲁木齐水利枢纽为试点,构建流域级数字孪生系统。该系统整合BIM、GIS地理信息与实时水文数据,在虚拟空间高精度复现水库、河道及水利设施。平台实现预报、预警、预演、预案四预功能协同:集成气象预报与水文模型支持72小时径流预测;设定多级阈值自动触发预警信息;仿真洪水演进过程(如模拟溃坝洪峰传播路径);对比不同调度方案效果。

#### 2.3.2 防洪“四预”系统集成

昌吉州水库安全监测平台作为全州防汛指挥中枢,实现水情、雨情、工情数据的集中管理与可视化展示。系统具备洪涝风险热力图生成功能,结合地形、河道行洪能力与实时水位,动态标识高风险区域(如呼图壁县山洪沟谷区)。当监测数据异常时,自动触发预警信息推送至防汛责任人手机APP,同步启动应急广播系统。2023年三屯河灌区二畦渠监测数据异常,系统比对人工实测数据后自动校准流量曲线,避免了因设备漂移导致的误报。

#### 2.3.3 智慧用水管理系统

针对水资源紧缺现状,昌吉州开发计划用水信息系统于2024年11月上线,2025年全面启用。该系统将农业、工业、生活用水纳入统一平台,实现“用户申报-线上审批-水量监测-超量警示”全流程管理。在农业灌溉中,系统整合土壤墒情监测仪、气象站数据与作物需水模型,动态优化配水方案。例如精河县大河沿子灌区通过地下管道与智能闸门联动,实现“一键配水”到田,灌溉用水效率提升25%。

## 3 水文信息化技术应用的挑战与对策

### 3.1 面临挑战

一是数据盲区与模型适应性不足。现有监测网络尚未全面覆盖偏远山区中小河流,导致突发性山洪缺乏数据支撑(如2023年呼图壁县无名沟谷泥石流因无雨量导致预警滞后)。同时,水

文模型对极端气候适应性薄弱,暴雨中心区参数率定依赖历史数据,而气候变化加剧暴雨时空变异,增大预报误差;部分中小河流洪水预见期不足6小时,传统报汛机制难以满足应急需求。二是系统孤岛与人才瓶颈。水利、环保、气象部门数据标准不一,共享机制缺失(如地下水监测与取水许可系统未互通),制约水资源刚性管控。县级平台操作能力薄弱,计划用水系统流程错误率达30%,且网络安全漏洞频现(如弱口令致未授权访问)。复合型技术人才稀缺,基层运维依赖厂商,故障响应效率低下。

### 3.2 优化策略建议

为系统提升昌吉州防汛水文信息化效能,需多维度协同发力:(1)强化监测与模型。在偏远山区及山洪易发区增建低成本物联网雨量站,利用卫星直传破解无网区数据传输难题。深度融合高分辨率气象数值预报与水文模型,构建适应气候变化的增强模型,增加极端降水模拟模块。引入LSTM神经网络等AI技术,提升短临洪水预报精度与时效性。(2)构建数字生态。制定全州统一水利数据标准,强制新建系统接入州级水利云平台,打破信息孤岛。构建“云(州级中心存储分析)-边(县级节点实时预警)-端(轻量化应用)”协同体系。深化与应急、气象部门协作,共享灾害隐患点与高精度预报产品。(3)提升人才与运维。开设“水文信息化实战专班”,针对核心系统操作、网络安全等开展模块化实训。联合高校共建实验室,定向培养复合型技术骨干。建立“州级专家+县级专员+企业支撑”三级运维团队,运用AR远程协作提升故障响应效率。

## 4 结束语

昌吉州通过监测网络立体化、数据分析智能化与决策系统平台化的递进式实践,构建了干旱区水文信息化防汛的示范样板。其经验表明水文信息化不仅是技术升级,更是一场系统性管理变革,需以数据驱动为核心,以业务需求为导向,以人才队伍为根基。面对气候变化加剧的挑战,昌吉州仍需在监测密度、模型韧性与体制机制创新上持续突破。其探索为西北干旱区乃至“一带一路”沿线类似区域提供了可复用的技术路径——只有让信息“看得全、算得准、用得活”,方能筑牢防汛抗旱的科技防线,守护绿洲永续发展。

### [参考文献]

- [1]耿晓君,杨晓茹,李爱花,等.现代化防洪减灾体系中河道治理思路探讨[J].中国水利,2023,(14):5.
- [2]马苏文.新疆叶尔羌河新形势下防洪减灾体系研究[J].水利技术监督,2022,(10):062.
- [3]王春泽.积极推进水文现代化建设不断提升水利服务民生能力[J].河北水利,2014,(1):30-31.

### 作者简介:

何玉敬(1970--),男,汉族,新疆呼图壁县人,大学本科,高级工程师,研究方向为水文勘测及水文水资源。