

水文勘测技术在山区洪水预警中的应用

宋 健

新疆维吾尔自治区伊犁水文勘测中心 新疆 伊宁 835000

摘 要: 山区洪水突发性、破坏性强, 监测难度大, 是山区防汛减灾的重点难题。本文围绕水文勘测技术在山区洪水预警中的应用展开研究, 介绍雨量、水位流量、遥感勘测等核心技术的应用场景, 分析其在水情监测、洪峰预判、分级预警等方面的作用。同时梳理当前站点布局不均、设备稳定性差、数据智能化程度低等问题, 提出针对性优化对策, 以期提升山区洪水预警精度, 强化区域防汛防灾与应急处置能力。

关键词: 水文勘测技术; 山区洪水预警; 应用

引言: 我国山区地域广阔, 地形复杂、降雨分布不均, 山洪灾害频发, 常伴随滑坡、泥石流等次生灾害, 严重威胁群众生命财产与生态安全。传统人工监测与单一勘测模式存在时效慢、盲区多、稳定性弱等弊端, 难以满足现代山区防汛预警需求。水文勘测技术是山洪预警的核心支撑, 能够实现水情数据实时采集与全域监测。本文系统探究其应用价值与现存短板, 优化技术应用体系, 为山区洪水精准预警、科学防控提供参考依据。

1 山区洪水特征与核心水文勘测技术概述

1.1 山区洪水主要特征与监测难点

(1) 山区洪水核心特征: 山区地形特殊, 洪水具备极强的突发性与破坏性, 核心特点为汇流时间短、洪峰涨幅迅猛。受地形高差大、河道狭窄曲折、区域植被覆盖不均等因素影响, 洪水流量波动幅度极大, 水流冲刷冲击力强, 会严重损毁河道、堤坝及沿岸设施。同时, 山区洪水极易诱发滑坡、泥石流、山体坍塌等次生地质灾害, 灾害叠加风险高, 威胁范围广、危害程度深。(2) 山区洪水监测难点: 山区地形崎岖复杂、地势落差大, 导致水文监测站点布设选址困难、施工难度大, 后期设备运维成本居高不下。区域内局部小范围强降雨频发, 降雨空间分布不均, 水文数据区域差异性显著, 难以实现全域精准监测。此外, 传统人工勘测方式时效性滞后, 无法适配突发洪水监测需求, 极端暴雨、大风天气易造成监测设备损毁, 数据传输中断、波动等问题频发, 监测稳定性不足。

1.2 适配山区的核心水文勘测技术类型

(1) 雨量勘测技术: 主要包含翻斗式雨量监测、雷达雨量遥感监测、自动雨量站实时采集三类技术, 可全

天候不间断监测山区降雨时长、降雨强度及累计降雨量, 精准捕捉局部短时强降雨数据, 为山区洪水预判、风险研判提供基础雨量支撑。(2) 水位与流量勘测技术: 依托超声波水位计、雷达水位监测设备及移动式流量勘测设备, 适配山区浅滩、急流、狭窄河道等复杂水文场景, 可精准采集河道实时水位、瞬时流量、累计径流量等核心数据, 适配山区多变的河道水文环境。(3) 水文遥感勘测技术: 以无人机航拍、卫星遥感技术为核心, 有效弥补地面监测站点的覆盖盲区, 可对大范围山区流域开展动态勘测, 实时监测流域水文环境、水体变化及河道行洪状态, 实现全域立体化监测^[1]。

1.3 水文勘测技术与山区洪水预警的适配逻辑

(1) 数据支撑适配: 各类勘测技术采集的雨量、水位、流量核心数据, 是洪水研判、洪峰预测、风险等级划分的关键依据, 数据的精准度直接决定洪水预警结果的可靠性。(2) 时效适配: 智能化、自动化勘测技术可实现数据实时采集、快速传输, 有效破解山区洪水突发、预警窗口期短的痛点, 保障预警信息及时提前发布, 为防汛避险预留充足时间。(3) 场景适配: 多种勘测技术组合应用, 可覆盖山区复杂地形、极端天气等各类监测场景, 弥补单一监测技术的局限性, 构建全方位、多层次的洪水监测预警体系。

2 水文勘测技术在山区洪水预警中的具体应用

2.1 基础水文数据采集与洪水预判应用

(1) 降雨数据实时采集与雨情研判: 降雨是诱发山区洪水的核心诱因, 精准的雨情监测是洪水预判的首要基础。通过在山区流域布设分布式自动雨量站, 形成全覆盖、网格化的雨量监测组网, 可突破传统单点监测的局限, 精准捕捉山区局地短时强降雨、

分散性降雨等特殊降雨过程。设备可全天候实时采集降雨时长、瞬时降雨强度、累计降雨量等核心数据,结合山区流域地形坡度、河道走向、汇水面积等固定地形参数,进行系统化数据分析。通过动态比对实时雨情与临界降雨指标,可快速研判流域内不同区域的汇水速度与积水风险,初步判定洪水发生概率,划分初始风险等级,为早期洪水预警和前置防控工作提供基础数据支撑,有效解决山区降雨分布不均、局部山洪突发难预判的问题^[2]。(2) 水位流量动态监测与洪峰预判:河道水位与流量的变化是洪水演进最直观的表征,也是短期洪水预警的核心依据。依托超声波水位计、雷达监测设备、移动式流量监测设备等自动化勘测装置,可对山区河道水文要素进行不间断动态追踪,实时捕捉河道水位涨幅、水流速度、瞬时流量、累计径流量等动态数据。系统可自动对接流域历年水文监测数据库,对比不同汛期、不同降雨工况下的水文数据阈值,精准研判当前水文变化趋势,科学预判洪峰抵达时间、峰值流量大小以及洪水持续上涨、回落的整体规律。通过实时水文数据动态更新,可实现短时段、高精度的洪水预判,为基层防汛部门发布短期预警、组织人员转移和险情防控提供关键依据。

2.2 遥感勘测技术在全域洪水监测预警中的应用

(1) 无人机水文勘测应用:山区地形复杂险峻,高山、峡谷、偏远河段存在大量地面监测盲区,固定监测站点难以全覆盖,是洪水监测预警的薄弱环节。无人机水文勘测具备机动灵活、响应快速、不受地形限制的优势,可针对性覆盖无站点、难抵达的山区偏远区域。在汛期及降雨过程中,通过无人机低空航拍勘测,可实时清晰拍摄河道积水范围、山体坡面汇水情况、河道杂物堵塞、山体坍塌淤积河道等隐患状态,快速排查盲区潜在洪水风险。同时,无人机可实时回传高清影像,直观掌握现场工况,弥补地面监测数据的空间短板,为局部突发山洪、河道阻水险情的快速研判和应急处置提供直观支撑^[3]。(2) 卫星遥感技术应用:相较于无人机局部勘测,卫星遥感技术可实现大范围山区流域的全域、常态化水文监测,适配中长期洪水预警研判需求。依托卫星遥感监测数据,可持续监测流域内水体面积扩张范围、土壤含水率变化、高山积雪存量及融雪速率等关键要素,全面掌握流域水文基底状态。针对持续性降雨、春季融雪、叠加降雨等不同工况,结合流域水文模型,可精准研判大面积汇水、融雪径流引发的区域性山洪、持续性洪水风险。该技术能够突破单点、短期监测局限,实现

大范围、长周期的水文风险预判,为流域层面的中长期防汛部署、风险防范规划提供科学依据。

2.3 勘测数据融合与分级预警应用

(1) 多源勘测数据融合处理:单一勘测数据存在片面性、偶然性,易受地形、设备、天气干扰,难以精准反映整体洪水风险。通过整合雨量、水位、流量、无人机影像、卫星遥感等多源勘测数据,构建一体化水文数据处理体系,可有效解决单一数据误差大、覆盖面不足的问题。在数据处理过程中,系统自动甄别、剔除设备故障、环境干扰产生的异常数据,修正地形、气象带来的监测误差,对各类数据进行标准化清洗、整合与校准,形成统一、精准、可靠的流域水文数据集,全面还原真实水文态势,为后续风险研判和预警发布筑牢数据基础。(2) 洪水风险分级预警落地:基于融合校准后的精准水文数据,结合山区流域防洪标准、河道行洪能力、沿岸防护对象等级等核心指标,可建立标准化洪水风险评判体系。依据风险程度差异化划分蓝色、黄色、橙色、红色四级洪水预警等级,明确各级预警对应的水文阈值、风险范围和危害程度。同时,匹配对应等级的防汛响应措施、人员部署、防控方案,实现从数据研判、风险定级到精准预警、分级防控的闭环落地,有效提升山区洪水预警的精细化水平,避免过度防控或防控滞后问题^[4]。

2.4 极端工况下应急勘测与预警保障应用

(1) 极端天气应急勘测:暴雨、强风、雷电等极端天气工况下,山区固定监测站点易出现设备损毁、信号中断、数据停传等问题,导致监测空白、预警失效。针对该问题,可启用移动式、抗干扰、防水防雷的应急勘测设备,快速部署至河道关键断面、风险重点区域,替代受损固定站点开展应急监测。此类设备适配极端恶劣环境,可稳定采集水文数据,保障汛期洪水监测全程无间断、数据无缺失,为极端工况下的洪水动态预警提供持续数据保障。(2) 灾后水文复盘与预警优化:洪水灾害过后,依托全面的灾后水文勘测工作,完整复盘本次洪水的形成诱因、演进路径、峰值变化、消退规律,系统梳理监测预警过程中存在的阈值偏差、监测盲区、数据滞后等问题。结合本次洪水实测水文数据,优化调整本地流域洪水预警阈值、数据研判模型和监测站点布局,补齐监测预警短板。通过一次次灾后复盘优化,持续迭代升级山区洪水预警体系,不断提升极端洪水场景下的预警精准度和可靠性^[5]。

3 水文勘测技术在山区洪水预警中应用现存问题与优化对策

3.1 水文勘测技术山区应用现存问题

(1) 监测站点布局不合理: 当前山区水文监测站点分布不均衡, 乡镇主干道、河道干流站点相对密集, 但偏远山区、核心汇流区、山洪高发片区站点布设稀疏, 形成大量监测盲区, 局部区域水文数据缺失, 无法完整捕捉小流域山洪演变过程, 极易出现漏测、误判问题。(2) 设备适配性与稳定性不足: 常规水文勘测设备对山区复杂环境适配性较差, 面对暴雨、雷击、低温、高湿等极端工况, 设备故障率较高, 易出现数据采集偏差、断点、延迟等问题, 难以持续输出精准、稳定的水文监测数据, 严重影响洪水预警的连续性。(3) 数据融合与智能化水平偏低: 山区雨量、水位、遥感等多源勘测数据相互独立, 未形成高效整合联动机制, 数据利用率低。洪水研判多依赖人工分析, 预警算法模型针对性不足, 智能化研判能力薄弱, 导致洪水预判精准度不足、预警时效性滞后。(4) 运维保障体系不完善: 山区地形复杂、交通不便, 设备运维难度大、成本高, 基层专业技术人员储备不足。设备常态化校准、检修、更新工作落实不到位, 长期带病运行, 大幅降低水文监测系统的稳定性与使用寿命。

3.2 水文勘测技术应用优化策略

(1) 优化监测站点组网布局: 结合山区流域汇流特征、山洪灾害分布规律, 针对性优化站点布局, 在山洪高发区、核心汇流河段、偏远支流等重点区域加密布设监测站点。同时结合无人机机动勘测、卫星遥感全域监测的优势, 弥补固定站点的覆盖短板, 构建“固定站点+移动遥感”立体化全覆盖勘测网络, 彻底消除监测盲区。(2) 升级适配山区的勘测设备: 全面替换老旧、适配性差的常规设备, 优先选用抗雷击、抗暴雨、耐低温、抗干扰的智能化专用勘测设备。为监测设备加装信号增强、稳定传输模块, 优化设备防水、防雷、防撞防护设计, 有效抵御山区复杂环境干扰, 降低设备故障概率, 保障水文数据采集精准、传输稳定。(3) 搭建智能化数据预警平台: 依托物联网、大数据、智能算法等现代技术, 搭建一体化水文数据预警平台, 实现多源勘测数据的自动汇聚、清洗、融合与分析。优化升级洪水预警模型, 结合山区地形、水文特征迭代算法, 摒弃传统

人工研判模式, 实现洪水风险自动研判、洪峰趋势精准预测、预警等级智能判定, 全面提升预警智能化水平。

3.3 完善技术应用保障体系

(1) 健全常态化运维机制: 建立山区水文设备定期巡检、精准校准、及时维修、动态更新的常态化运维制度, 针对偏远站点制定轻量化、周期性运维方案。依托远程监测排查结合现场定期检修的模式, 及时发现并处理设备故障、数据异常问题, 保障监测系统长期稳定运行。(2) 强化人才与技术支持: 加强基层水文专业人才培养, 定期开展山区水文勘测、设备运维、数据研判、预警操作等专项培训, 提升工作人员实操能力与专业水平。搭建技术交流平台, 引入先进勘测与预警技术, 夯实山区洪水监测预警的技术与人才根基。(3) 构建联动预警机制: 打通水文勘测、防汛指挥、应急管理等部门的数据壁垒, 建立常态化数据共享、协同研判、联动响应工作机制。实现勘测数据、雨情水情信息、预警结果快速流转、同步推送, 缩短预警响应时长, 统筹推进洪水防控、人员转移、应急处置工作, 全面提升山区洪水应急处置整体效率。

结束语

水文勘测技术是山区洪水监测预警体系的核心基础, 各类勘测技术的组合应用, 有效弥补了传统监测的短板, 大幅提升山洪风险研判与预警发布的科学性。当前山区水文监测仍存在设备适配性不足、数据融合薄弱、运维体系不完善等问题。唯有持续优化站点布局、升级智能设备、完善联动运维机制, 才能不断提升洪水预警精细化水平, 为山区防汛减灾、灾害风险防控提供坚实的技术保障。

参考文献

- [1] 薛刚. 尉犁县小流域暴雨洪水预警指标探讨 [J]. 地下水, 2022, 40(5): 93-95.
- [2] 彭飞. 桃林(二)水文站洪水预警预报研究 [J]. 水上安全, 2024, 11(9): 70-72.
- [3] 陈勇霖, 平正龙, 贾玉林. 水文信息技术在洪水预警中的应用 [J]. 建筑技术科学, 2025, 30(5): 174-177.
- [4] 方思维, 顾钊, 张硕彦. 流域水文模型在洪水预警中的应用 [J]. 市政工程, 2023, 41(9): 213-216.
- [5] 段勇. 水文测绘技术在洪水预警中的应用研究 [J]. 建筑技术科学, 2023, 12(8): 159-163.