

# 山洪灾害临灾监测预警实践研究

李红零

湖南省城市地质调查监测所 湖南长沙 410000

**摘要：**本研究主要分析山洪灾害临灾监测预警体系实际运作的效果，通过搭建理论框架和分析典型案例，重点介绍布设立体监测网络、实行预警模型本地化、实现信息精准发布、开展多级协同响应，以及进行系统运维管理等关键环节，同时也指出现有体系还存在的问题，最后提出优化保障体系等一整套系统化的解决办法。研究结果显示，想要提高山洪灾害临灾预警的效果，必须要将技术体系的完善和管理机制的优化紧密结合，提高山洪灾害的预警效果。

**关键词：**山洪灾害；临灾预警；监测网络；协同机制

山洪灾害由于具备突发性强、成灾迅速、破坏力大这些特点，已经成为我国山区主要自然灾害类型中的一种。在全球气候不断变化背景下，极端降雨事件频繁发生加剧山洪灾害风险，对人民群众生命财产安全形成了严重威胁。建立起高效且可靠的临灾监测预警体系，成为减轻山洪灾害损失的关键非工程措施。当前我国在山洪灾害防治方面已经取得了显著的进展，预警体系初步建成并且在多次灾害应对里发挥了重要作用。面对日益复杂多样的灾害形势，现有体系在技术适应性、机制协同性和管理持续性等方面依旧面临着挑战。本研究以典型实践案例作为基础，系统分析山洪灾害临灾监测预警的关键环节，分析所存在的问题，提出有针对性的改进方向，希望能为完善山洪灾害防御体系提供理论参考以及实践借鉴。

## 1 山洪灾害临灾监测预警体系概述

山洪灾害指的是山区小流域内由强降雨引发的突发性洪水以及伴生灾害，它具有成灾时间短、流速快、破坏力强和预测难度高等特点，其形成机制较为复杂，主要受到流域下垫面条件、土壤前期含水量、降雨强度与时空分布等多重因素耦合作用。深入理解山洪从降水汇流到致灾整个过程的物理机制，是构建有效监测预警体系的理论基础，临灾预警的核心目标在于，在灾害发生前极短时间内基于实时监测数据发布风险警报，为人员避险转移争取关键窗口期<sup>[1]</sup>。

临灾监测预警体系的构建遵循监测、预报、预警、响应一体化的技术框架，该体系以数据采集作为基础，依托水文气象、地质与视频等多源传感网络，实现关键参量连续实时感知，数据处理与通信传输构成体系支撑层，保障信息时效性与可靠性，预警决策是整个

体系的核心，通过集成动态临界雨量模型、水文水动力模型与人工智能算法，对灾害风险进行快速研判与分级，最终，预警信息通过多渠道发布系统，直达责任人及受威胁群众并触发预设应急响应流程。

科学的监测要素以及预警指标体系是体系有效运行的关键所在，监测要素包含降雨、水位、土壤含水量、溪沟流量还有视频图像等直接和间接参数，预警指标体系是基于历史灾情与机理分析来建立的，其中有固定与动态临界雨量指标、水位涨幅阈值、流域响应时间等内容，这些指标需要结合本地地形、地质和气候特征来进行率定和验证，并且要建立定期更新机制以便提升预警精准度与适用性，从而减少漏报与误报情况的发生<sup>[2]</sup>。

## 2 案例背景

某地区受台风残留云系影响某地区遭遇历史罕见特大暴雨，区域范围内 25 个监测站点降雨量全部超过 200mm 其中天柱山站 24h 累计降雨量达 330mm 创该站点建站以来最高记录，尤其值得关注的是凌晨 4 时~7 时这一关键时段 3h 集中降雨量高达 206mm 短时降雨强度极大，极端降雨致使山区河道水位急剧暴涨皖水余井水文站 2h 内水位快速上涨 2.4m 流域产汇流过程异常迅速。

面对突发极端天气省、市、县三级水利部门马上启动应急响应，技术专班始终坚持 24h 值守依托山洪灾害监测预警系统实时跟踪雨水情变化趋势，各级水利部门充分发挥专业技术优势在强降雨发生前及演进过程中滚动会商研判，并及时发布预警信息。通过建立畅通的预警“叫应”机制与基层应急联动体系成功实现预警信息到村、到户、到人有效指导危险区人员

紧急转移避险。本次应对过程充分体现了山洪灾害临灾监测预警关键环节的把握，展现监测预警体系在极端天气条件下的实战效能。

### 3 山洪灾害临灾监测预警实践工作要点分析

#### 3.1 立体化监测网络布设与优化

山洪灾害临灾预警得高度依靠全面且实时又精准的监测数据，案例里区域 25 个站点构成基础雨量监测网络，第一站记录下了历史极值降雨情况，第二站捕捉到 2h 水位陡涨 2.4m 关键水文信息，直接印证监测网络布设具有科学性。实践要点是监测网络要遵循“点、线、面”结合与“空、天、地”一体原则，“点”上聚焦小流域出口和居民点上游及地质隐患点等关键位置，部署雨量、水位、图像乃至土壤含水量监测设备，“线”上关注主要河道与溪沟水位连续性变化情况，“面”上需借助雷达遥感等手段反演区域面雨量，优化方向有在暴雨高值区与水文响应敏感区加密站点，以此捕捉类似案例中 3h、206mm 的极端降雨中心，推广使用雷达测雨、卫星遥感等新型监测手段，弥补偏远地区地面站点不足的状况，构建多源数据融合与同化机制，提升监测数据空间代表性与精度，为后续预警模型提供可靠输入<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 预警模型本地化与动态阈值分析

预警模型和阈值精准性是临灾预警的核心关键所在，在本次案例中面对突破历史记录的降雨情况，预

警系统能不能准确研判风险直接取决于模型与阈值本土化适配程度，静态临界雨量指标虽然具有一定参考价值，但难以适应下垫面变化和极端天气状况，所以实践要点在于发展并应用动态预警模型。该模型需要综合实时降雨、前期土壤湿度、流域特性等多方面因子进行动态模拟与风险评估，阈值研判属于一个持续不断的过程应基于历史灾情资料、大量暴雨洪水事件分析，以及水文水动力模型模拟来进行率定并且建立定期修订机制。针对案例中出现的短历时超强降雨情况，需特别关注中小流域汇流时间短的特性，研制适用于不同时段，如 1h、3h、6h 的动态雨量预警指标，并且建立多级比如准备、行动、紧急预警阈值体系来匹配不同应急响应级别。

#### 3.3 预警信息精准发布与应急呼叫机制

预警信息的价值体现在能否及时且准确地传达给每一位责任人和受威胁群众，并触发有效行动，本次案例中实践要点是构建多渠道高冗余强触达的预警信息发布网络与高效“叫应”机制，发布渠道要整合短信广播、电视新媒体、无线预警广播、手摇报警器等多种方式，以确保极端天气通信中断时有备用手段，关键创新是建立“叫应”机制，即预警信息发布后通过电话专用通信设备等双向确认方式，确保基层责任人如村级预警员社区干部实时接收，并反馈且立即启动预案组织转移。该机制能有效解决预警信息传递“最后一公里”问题，详细如表 1 所示：

表 1 “叫应”机制核心环节目标与内容

环节	执行主体	核心动作	目标与反馈
预警生成	县级预警平台	基于模型研判，生成预警指令。	形成包含风险等级、范围、建议行动明确指令。
首次“叫应”	平台操作员 / 系统	通过电话、政务 APP 等，呼叫乡镇级责任人。	确认乡镇级责任人接收指令，并令其立即部署。
二次“叫应” / 联动	乡镇责任人	呼叫所属村级责任人、巡查员。	确认村级层面启动响应，组织巡查与风险核实。
行动与反馈	村级责任人	使用预警广播、入户等方式通知群众，组织转移。	将现场情况、转移人数等信息反馈至上级平台。

#### 3.4 多级联动与应急响应协同

山洪灾害临灾防御想要取得成功离不开跨层级和跨部门高效协同配合，本次案例中“省、市、县三级水利部门上下联动”是成功的关键所在，实践要点在于明确各级具体职责分工，并建立无缝衔接的协同流程。省级层面主要侧重宏观指挥、提供技术支撑与进行资源调度，市级层面承担区域协调以及监督指导工作任务，县级层面作为实战主体负责监测预警具体运行、信息

发布与应急指挥，乡镇与村级则是直接执行层负责接收预警、组织转移与现场抢险<sup>[4]</sup>。需要建立制度化的联合会商机制在降雨预报发布、预警启动、应急响应等各阶段进行滚动会商，同时水利部门需要和气象、应急管理、自然资源、交通等部门建立信息共享与应急联动机制确保气象预警、地质风险提示、交通管制等措施和山洪预警同步启动协同发力形成防御合力。

#### 3.5 系统运维管理与能力持续提升

监测预警体系要想长期稳定运行并且提升效能,需要依靠严格的运维管理和持续的能力建设,本次案例中专班 24h 值守工作模式充分体现出运维保障的重要性,实践要点包含硬件、软件、数据以及人员等多个方面。在硬件方面需要建立定期巡检、维护和标定的制度,以此确保监测设备在极端天气下能够可靠运行;软件与数据方面,要保障预警平台稳定,定期进行数据备份,并且开展系统演练测试,人员能力是核心要素,需要对各级管理人员、技术人员和基层预警员开展常态化培训。培训内容涵盖设备操作、预警流程、应急预案以及避险知识,应该建立后评估机制,在每次灾害过程或者演练之后,系统性复盘监测预警各个环节的表现,查找出薄弱点,并且据此优化网络布局、调整模型参数、完善应急预案,进而推动整个体系适应性迭代和持续改进,以应对未来可能出现的更极端山洪事件。

## 4 实践中的问题与改进方向

### 4.1 监测预警系统存在的主要问题

山洪灾害临灾监测预警系统在实际应用当中仍面临着多重挑战,监测网络覆盖密度不足属于首要存在的问题,很多高风险小流域缺少必要的监测站点,从而导致无法精准捕捉到局地强降雨中心,设备可靠性与数据连续性存在一定的隐患,极端天气条件下传感器故障率相对较高,通信链路易出现中断的情况,这影响了实时数据的传输工作。

预警模型适应性存在着一定的局限性,传统静态临界雨量指标难以适应下垫面动态变化,现有水文模型对超短历时强降雨模拟精度不足,预警信息传递存在着“最后一公里”的障碍,多通道发布系统在基层执行效率参差不齐,特别是对弱势群体覆盖不够全面,部门协同机制运行情况并不顺畅,数据标准不统一、共享不及时的问题比较突出,影响整体应急响应的效率,体系可持续发展也面临着一定的挑战。设备更新维护缺乏稳定的投入资金,基层技术力量较为薄弱,新技术应用转化的速度比较缓慢,这些系统性问题制约着监测预警效能进一步提升。

### 4.2 系统化改进对策与实施路径

针对目前存在的问题要采取系统化的改进措施,在监测网络方面要依据风险评估结果优化站点布局,在高风险小流域加密布设多参数监测站来构建天地空一体化监测体系,通过提升设备防护等级和采用冗余

通信技术保障数据连续可靠传输。预警模型改进要聚焦动态化与精细化,研发耦合气象预报与实时监测的智能预警模型,利用机器学习技术实现参数自适应优化,建立多级动态预警阈值体系以增强模型对极端事件的预警能力,信息传递环节需完善“叫应-反馈”闭环机制,开发基于位置服务的精准发布系统,采用多媒体形式提升预警信息可理解性,部门协同方面要推动建立统一应急指挥平台,制定标准化数据共享协议,明确各部门在预警响应中各环节职责与衔接节点<sup>[5]</sup>。通过立法保障和常态化联合演练固化协同机制,体系可持续发展需要建立稳定财政投入机制,构建“省级技术支撑+县级应用”专业梯队,建立技术跟踪与试点应用制度,确保监测预警体系持续迭代优化。

## 5 结语

综上所述,本研究对山洪灾害临灾监测预警体系关键环节和实践要点进行系统分析,研究结果显示高效预警体系要构建“立体监测-动态预警-精准发布-协同响应-持续优化”完整闭环。典型案例证实科学布设监测网络、深化预警模型本地化应用、健全“叫应”机制与多级联动是提升预警效能核心要素,面对极端天气常态化趋势未来应重点推进监测网络智能化升级、预警模型动态化演进、部门协同制度化构建及体系可持续发展机制完善以全面提升山洪灾害风险防控能力。

## 参考文献

- [1] 刘荣华, 窦延虹, 高兰兰, 等. 山洪灾害预警模型改进与效果评估 [J]. 中国防汛抗旱, 2025, 35(12): 45-50+112.
- [2] 吕广杰. 建平县山洪灾害防治中存在的问题及解决措施 [J]. 现代农村科技, 2025, (12): 91-92.
- [3] 张小明, 魏浩. 我国山洪灾害成因分析与防控对策研究 [J]. 城市与减灾, 2025, (06): 1-5.
- [4] 韦宗宪, 覃江林, 杨星星. 广西山洪灾害风险隐患调查与影响分析 [J]. 广西水利水电, 2025, (05): 139-142+146.
- [5] 胡琳琳, 邱志章, 陆小勇. 浙江省山洪灾害气象风险预警模型研究及应用 [J]. 中国防汛抗旱, 2025, 35(10): 46-50.

作者简介: 李红零 (1980.7-), 男, 汉族, 硕士研究生, 湖南永州人, 高级工程师, 研究方向: 地质灾害防治、矿山地质环境治理