

“四预”（预报、预警、预演、预案）体系在山洪灾害防御工程管理中的落地实践

卢业荣

海南锦匠工程咨询有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8731

[摘要] 山洪灾害具有突发性强、破坏力大的特点，对人民群众生命财产安全及区域生态环境构成严重威胁，构建科学高效的防御体系是工程管理的核心任务。本文聚焦“四预”，预报、预警、预演、预案体系在山洪灾害防御工程管理中的落地实践，结合山洪灾害防御的实际需求，明确“四预”体系的整体架构与关键技术支撑，奠定实践应用的理论基础。随后从监测预报的精准化、山洪预警的及时化、山洪预演的场景化、山洪预案的实操化四个维度，详细阐述体系的具体应用路径，通过技术赋能与流程优化，实现从风险识别到应急处置的全链条管控。实践表明，“四预”体系的落地有效提升了山洪灾害防御的主动性、科学性和针对性，显著降低了灾害损失，为同类灾害防御工程管理提供了可借鉴的实践经验与技术参考。

[关键词] “四预”体系；山洪灾害；防御工程管理

The Implementation of the "Four Preparations" System (Forecasting, Early Warning, Simulation, and Emergency Plan) in Mountain Flood Disaster Prevention Engineering Management

Lu Yerong

Hainan Jinjiang Engineering Consulting Co., Ltd.

[Abstract] Mountain floods are characterized by sudden onset and immense destructive power, posing severe threats to public safety and regional ecological environments. Establishing a scientifically efficient defense system remains the core mission of engineering management. This paper focuses on the practical implementation of the "Four Preparations" system in mountain flood prevention engineering management. By addressing real-world needs, it clarifies the overall framework and key technical support of the system, laying a theoretical foundation for practical application. The paper then elaborates on specific implementation pathways through four dimensions: precision in monitoring and forecasting, timeliness in flood warnings, scenario-based simulation, and operationalization of emergency plans. Through technological empowerment and process optimization, the system achieves comprehensive risk management from identification to emergency response. Field evidence demonstrates that implementing the "Four Preparations" system has significantly enhanced proactive, scientific, and targeted disaster prevention, substantially reducing losses and providing valuable practical experience and technical references for similar disaster prevention engineering management.

[Key words] "Four Preparations" system; mountain flood disaster; management of flood control projects

一、引言

我国山区地形复杂、气候多变，山洪灾害频发且具有突发性强、传播速度快、影响范围广等特征，不仅严重威胁人民群众生命财产安全，还对区域基础设施建设、生态环境可持续发展造成显著冲击，山洪灾害防御已成为保障社会稳定与民生安全的重要课题^[1]。当前，传统灾害防御模式面临监测精度不足、预警响应滞后、应急处置流程不规范等现实难题，难以满足新时期灾害防御的精细化、高效化需求。在此背景下，“四预”体系凭借其全链条、闭环式的管理逻辑，为破解山洪灾害防御

痛点提供了科学解决方案。研究立足山洪灾害防御工程管理实际，系统探讨“四预”体系的落实思路与应用实践，旨在通过构建覆盖风险识别、预警发布、应急演练、处置执行的完整防御链条，提升山洪灾害防御的系统性与实操性，为筑牢山洪灾害安全防线提供理论支撑与实践参考。

二、“四预”体系在山洪灾害防御中的落实思路

（一）山洪灾害防御需求

山洪灾害防御的核心需求聚焦于构建全周期、多层次、精准化的安全保障体系，切实守护人民群众生命财产安全与区域

发展稳定。

风险防控层面，需实现对山洪灾害孕灾环境、致灾因子的全面感知，精准捕捉降水强度、地形汇流、河流水位等关键要素的动态变化，满足风险隐患早识别、早研判的基础需求^[2]。

应急响应层面，要求建立高效畅通的信息传递渠道，确保预警信息快速触达受影响区域，为群众转移避险预留充足时间，同时满足基层组织快速响应、科学调度的实操需求。

处置保障层面，需匹配专业化的应急资源配置与标准化的处置流程，实现抢险救援、物资调配、受灾群众安置等环节的有序衔接，满足灾害处置高效化、规范化的需求。

此外，还需兼顾防御体系的可持续优化需求，通过实践积累与技术迭代，持续提升防御工作的针对性与适配性，适应不同区域地形地貌、气候特征及社会经济条件的差异化防御要求。

(二) “四预”系统架构

基于大数据技术背景下，“四预”系统架构见下图 1：

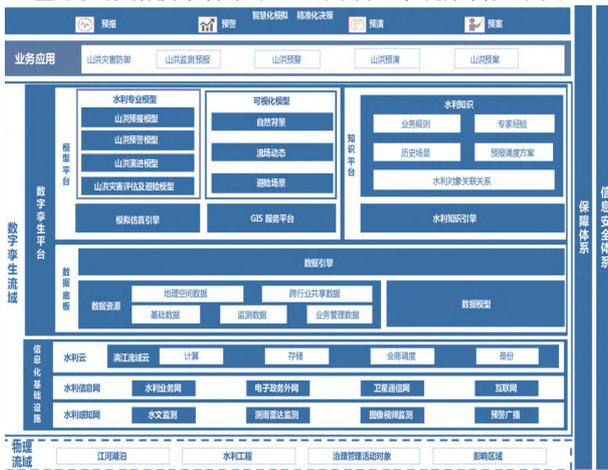


图 1 “四预”系统架构

(三) “四预”关键技术

(1) 水动力模型

水动力模型通过量化模拟水流运动规律，为预报、预警、预演、预案各环节提供科学数据支撑。水动力模型的应用思路见下图 2：



图 2 水动力模型的应用思路

基于流体力学基本原理，整合地形数字高程模型 (DEM)、流域下垫面特征、历史水文数据等多源信息，构建涵盖降水产生、汇流演算、河道洪水演进全流程的数值模拟系统，可精准计算不同降水情景下的洪水淹没范围、水深、流速及到达时间

表 1 灾害风险趋势研判

Table with 4 columns: 预报时效 (Forecast Lead Time), 核心模型 (Core Model), 预报重点 (Forecast Focus), 更新频率 (Update Frequency). Rows include short-term (0-6h), medium-term (6-24h), and long-term (24-72h) forecasts.

等关键参数^[3]。在实际应用中，模型能根据实时监测数据动态校正参数，提升短期洪水预报的时效性与准确性，同时支持极端降雨、流域叠加洪水等复杂情景的模拟分析，为预警阈值设定、人员转移路线规划提供量化依据，也为山洪预演提供贴近真实的水文场景支撑，让预案编制更具针对性与可操作性。

(2) 专项可视化模型

专项可视化模型依托地理信息系统 (GIS)、三维建模、实时渲染等技术，将水动力模型计算结果、实时监测数据、预警信息、预演流程、预案内容等整合至统一可视化平台，实现地形地貌、水文要素、灾害风险分区、应急资源分布等信息的三维立体展示。专项可视化模型的应用思路见下图 3：

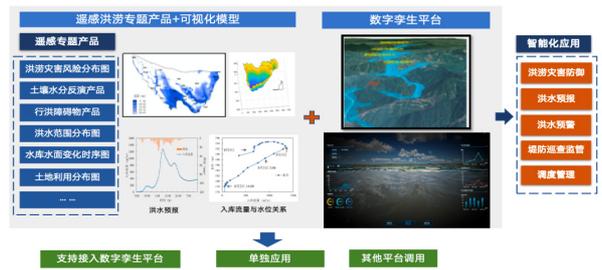


图 3 专项可视化模型应用思路

在应用中，可动态呈现洪水演进过程，让相关人员直观掌握灾害发展态势；通过模拟预演场景，清晰展示应急处置流程、人员转移路线及资源调配方案；同时支持预警信息与可视化地图的精准匹配，让受影响区域群众快速识别风险范围与避险方向^[4]。该技术打破了数据壁垒与专业门槛，既为决策层提供直观的研判依据，也为基层执行人员提供清晰的操作指引，显著提升“四预”体系的落地效率与执行效果

三、“四预”体系在山洪灾害防御中的应用实践

(一) 监测预报

监测预报作为“四预”体系的前端核心环节，以“全域感知、精准演算、动态更新”为目标，构建“空天地”一体化监测网络与多模型融合预报体系，为山洪灾害防御提供源头数据支撑。

在监测层面，整合气象卫星、多普勒雷达等空基设备，实现降雨云系移动轨迹、降雨强度的大范围实时监测；依托部署于流域干支流水系、山洪易发区的雨量计、水位站、流速仪等地基监测设备，精准捕捉单点降雨、河道水文要素的动态变化；结合无人机巡查、视频监控等移动监测手段，弥补偏远区域监测盲区，形成“大范围覆盖 + 重点区域加密”的监测格局。同时，建立多源数据实时传输与质控机制，通过数据清洗、异常值剔除、跨数据源校验等流程，确保监测数据的准确性与完整性，为后续预报工作筑牢基础^[5]。

在预报层面，采用“多模型耦合+动态校正”的技术路径，结合流域地形地貌、下垫面条件及历史灾害数据，构建水动力模型、统计回归模型、机器学习模型等多类型预报模型库。

通过分析不同模型的适用场景与预报精度，建立模型组合机制，针对短期 (0-6 小时)、中期 (6-24 小时)、长期 (24-72 小时) 预报需求，灵活选择最优模型组合。例如，短期预报侧重水动力模型与实时监测数据的耦合，提升洪水淹没范围、到达时间的精准度；中长期预报则结合气象预报数据与统计模型，实现灾害风险趋势研判，思路见下表 1：

此外,建立预报结果动态更新机制,每1-3小时根据最新监测数据对预报结果进行校正优化,同步生成不同置信度的预报产品,如大概率、中等概率、小概率灾害情景,为后续预警发布、预演开展提供分层级的数据支撑。

(二) 山洪预警

山洪预警作为“四预”体系衔接监测预报与应急处置的关键环节,以“分级分类、精准触达、快速响应”为核心目标,构建“科学阈值+多元渠道+闭环管理”的一体化预警体系。在预警阈值设定上,结合流域地形特征、水文规律、历史灾害数据及承灾体分布情况,通过水动力模型量化分析不同降雨强度、历时对应的灾害风险等级,划分蓝色、黄色、橙色、红色四级预警阈值,明确各级预警对应的响应措施、转移范围及责任主体,确保预警标准与实际防御需求精准匹配。

在预警信息发布方面,搭建“官方渠道为主、多元补充为辅”的传播网络,依托气象预警平台、水利部门短信推送系统、乡镇应急广播、村级微信群等渠道,实现预警信息“点对点”精准推送,同时联动电视、报纸、短视频平台等公共媒体扩大覆盖范围,针对偏远山区、老年群体等特殊场景,增设铜锣、手摇报警器等传统预警手段,打通预警信息传递“最后一公里”。在预警管理闭环上,建立“发布-接收-反馈-核查”全流程机制,通过基层网格员实时反馈预警信息接收情况与群众转移进度,利用可视化平台动态跟踪预警响应落实成效,对未及时响应的区域启动二次提醒与督导机制,确保预警信息切实转化为应急行动。此外,结合监测预报的动态更新结果,同步优化调整预警等级与响应措施,实现“预警-监测-再预警”的动态适配,最大限度缩短预警响应时间,为群众避险转移与应急处置争取宝贵窗口。

(三) 山洪预演

山洪预演作为“四预”体系检验防御能力、优化应急流程的核心实践环节,以“场景还原、实操导向、闭环优化”为原则,构建“全流程模拟+多主体联动”的预演体系,旨在提升山洪灾害应急处置的协同性与实操性。在场景设计上,基于监测预报数据、历史灾害案例及极端降雨情景,结合水动力模型与专项可视化模型,精准还原不同风险等级下的洪水演进过程、受影响区域分布、基础设施受威胁情况等核心场景,涵盖蓝色至红色预警全等级响应、单点灾害与流域性灾害并发、应急资源紧缺等多元化模拟情景,确保预演场景贴近实战需求。

在组织实施中,建立“政府主导、部门协同、群众参与”的联动机制,明确应急管理、水利、气象、交通、乡镇(街道)、村(社区)等多方责任主体的职责分工,围绕人员转移避险、抢险队伍调度、应急物资调配、受灾群众安置等关键环节开展实操演练,通过模拟预警接收、指令传达、现场处置、信息反馈等全流程,检验各环节衔接效率与责任落实情况。同时,依托可视化平台实时记录预演过程,形成“问题查摆-原因分析-方案优化-复盘改进”的闭环管理,针对预演中暴露的流程不畅、协同不足、操作不规范等问题,动态调整应急预案与处置流程,同步开展针对性培训,提升相关人员的应急处置技能与协同配合能力。通过常态化、实战化的山洪预演,有效打通“监测-预警-处置”的衔接壁垒,推动防御工作转变,为实际山洪灾害应急处置提供坚实保障。

(四) 山洪预案

以“分级分类、精准适配、动态优化”为核心原则,构建覆盖“事前预防——事中处置——事后恢复”全周期的闭环管理方案,为山洪灾害应急处置提供标准化、可操作的行动依据。在预案编制上,立足不同区域地形地貌、水文特征、承灾体分

布及社会经济条件,按灾害风险等级划分县级总体预案、乡镇专项预案、村级实操预案三级体系,明确各级预案的适用场景、责任主体与核心任务——县级预案侧重统筹协调、资源调度与跨区域联动,乡镇预案聚焦区域内人员转移、抢险组织与物资调配,村级预案细化到户到人,明确转移路线、避险安置点及网格员职责,确保预案“纵向到底、横向到边”。

在内容设计上,突出实操性与针对性,整合监测预报阈值、预警响应流程、预演优化成果,明确不同预警等级下的启动条件、处置步骤与保障措施,涵盖人员转移安置、抢险队伍组建、应急物资储备、医疗救援、交通管制、灾后救助等关键环节,同时附具详细的责任清单、联络表、避险地图等实操附件,让基层执行人员“看得懂、用得上”。在动态优化上,建立“实践反馈-定期修订-技术迭代”机制,结合山洪预演暴露的问题、实际灾害处置经验及监测预报技术升级成果,每年开展一次预案全面评估,及时补充新风险点、优化处置流程、更新责任主体与资源评估,确保预案始终与防御实际需求精准匹配,有效发挥“定方向、明流程、强保障”的核心作用,为山洪灾害防御筑牢制度防线。

四、总结

综上所述,“四预”体系为山洪灾害防御工程管理提供了科学高效的全链条解决方案,有效破解传统防御模式的痛点。该体系立足山洪灾害防御的风险防控、应急响应、处置保障及可持续优化需求,以水动力模型、专项可视化模型等为关键技术支撑,构建了涵盖数据底板、模型平台、业务应用及保障体系的完整架构。在应用实践中,监测预报通过“空天地”一体化监测网络与多模型耦合技术,实现全域感知与精准演算;山洪预警建立分级阈值标准,依托多元渠道实现信息精准触达与闭环管理;山洪预演聚焦场景化模拟与多主体联动,通过实战化演练优化应急流程;山洪预案构建三级体系,突出实操性与动态优化,确保全周期处置有章可循。实践表明,“四预”体系通过技术赋能与流程优化,显著提升了山洪灾害防御的主动性、科学性和针对性,有效降低灾害损失,为同类灾害防御工程管理提供了可借鉴的经验。

【参考文献】

- [1]邱志章,胡琳琳,张扬,等.数字孪生小流域山洪灾害“四预”平台建设与应用[J].水利与建筑工程学报,2024,22(4):99-105.DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2024.04.015.
 - [2]郝思佳,王文川,马强,等.湖北省柳林镇“8·12”山洪过程模拟分析[J].应用基础与工程科学学报,2024,32(1):133.DOI:10.16058/j.issn.1005-0930.2024.01.009.
 - [3]卢晓鹏,马华安,刘军.云南省山洪灾害防御体系及对策分析[J].水资源研究,2025,14(6):5.DOI:10.12677/jwrr.2025.146071.
 - [4]杨彬,包松林,潘劭博,等.基于数字孪生小流域的内蒙古自治区山洪灾害防治规范化管理研究[J].中国防汛抗旱,2025,35(2):102-108.DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2024136.
 - [5]王雪芳.甘肃省天水市甘谷县山洪灾害防御监测预警系统运行管理模式探讨[J].中国减灾,2025(11).
- 作者简介:卢业荣,1991.1.4,男,海南屯昌,汉族,大学本科,助理工程师(水工建筑),研究方向:水利工程管理。