智慧监测体系支撑区域水安全防线建设的研究

刘　琼　石先德　尤聿坤　叶　琦
广东水利电力职业技术学院　广东　广州　510635

摘　要：山区小流域山洪发展速度偏快，现有监测预警各流程的衔接程度还有欠缺，水安全管理工作本身存在引入新技术的现实需求，本文针对山洪治理当中的这类实际问题，梳理传统监测模式存在的不足，构建四层结构的智能监测体系，阐述点位布设、数据处理、运维管理和跨部门协同的实施途径，还结合水利方向产教融合工作，依托实体项目开展实操教学，兼顾区域水安全防护与专业人才培养两项目标，能够给小流域山洪前置防控和水利人才培育提供相应参考。

关键词：山洪灾害；智慧监测；水安全防线建设；协同机制；实战化教学做法成就

引言

山区小流域山洪具备爆发快、影响因素繁杂的特点，属于基层防灾需要持续应对的风险类型，国内已经搭建起不少防控设施和预警机制，风险判别、信息推送、人员转移这些流程衔接仍旧存在短板，静态阈值监测、分散式的数据管理模式，难以应对局地强降雨带来的动态风险，区域水安全建设要依托新技术打通监测、研判、响应相关业务，本文围绕山洪防控现实需求，分析智慧监测体系框架、运行要求以及实施路径，适配山区环境搭建主动防控模式，以此增强风险处置水平，减少山洪带来的人员与财产损失。

1 山洪灾害风险形势和监测需求

山洪灾害一般出现在山区小流域当中，这类区域洪水涨退速度偏快，留给险情判定和人员转移安排的时间并不充裕，降雨在空间上分布并不均匀，局部范围的强降雨不容易被当前监测手段捕捉到，山洪爆发之后还会引发滑坡、泥石流这类次生灾害，泥沙堆积会抬高同等流量对应的水位，灾害点位大多集中在沟谷位置，区域水安全保障工作需要工程手段和非工程手段协同落实，危险区域划分是布设防控设施的前置环节[1]。当前监测体系本身还有一些不足，站点布设方案和流域产汇流特点匹配程度不足，监测选用指标较为有限，山区供电、通信支撑条件较差，预警触发临界值大多设置成固定数值，数据共享、预警反馈机制还不够健全，设备管护人员数量不足，不同渠道推送的预警内容容易出现不一致的情况，智慧监测手段能够不间断采集流域相关信息，推演洪水发展走向，在现有防汛系统基础上加装感知装置与计算模型，这套体系建设会着重缩短数据传输耗时，帮助防汛工作由灾后应急处置转向提前组织群众避险。

2 智慧监测体系的架构和关键环节

2.1 总体架构和分层设计

整套框架分为感知、传输、数据处理、应用服务四个层级，同时配套设置规范准则与安全运维相关制度，感知层负责收集雨量、水位、影像、土壤湿度这类信息，传输层能够在断电断网环境里完成数据传送，数据处理层会做信息整理、模型搭建以及临界值判断，预警推送、响应跟进和事后总结都由应用服务层实现，各层级依靠统一时空基准完成对接，坐标、编号、时钟参数保持一致，框架以流域作为基础单元，设备布设按照风险等级安排，采集频率跟着汛情变化调整，各模块建设内容需要互相匹配，通信条件较差的区域可以加装边缘计算组件，算力不足的区域可调用云端模型运算，安全防护需要覆盖全部层级，涉密信息、配置操作和数据备份都要设置防护手段，减少意外情况引发的数据丢失或是信息外泄问题。

2.2 立体感知网络布设

站网布设需要立足于整个流域统筹安排，工作人员先完成小流域单元划分，再落实控制断面、暴雨高发地带、人口聚集区域以及重要设施的选址工作。雨量监测点会在暴雨中心以及过往发生灾害的沟道加密布置，同时兼顾空间分布均衡，站点布设密度结合管控范围、降雨特征和灾害档案综合确定，水位站点布置在沟口、桥涵这类能够捕捉洪水涨落过程的位置。雷达、卫星和无人机可以填补地面监测存在的空白，土壤含水量观测能够提升产流计算结果的可靠程度[2]。监测设备配置多重备用方案，站点选址避开洪水冲刷地段，配套设施适配山区环境条件，通行条件较差的点位优先选用低功耗设

备，简易监测器具同样纳入布设计划，保障极端环境之下监测工作还可以正常开展。

2.3 数据汇聚和智能分析

数据汇聚环节首先保障各类监测数据顺利接入平台，再挖掘数据本身的应用价值。监测站点加装边缘计算模块，模块负责数据核验、缺失标记以及初步阈值判别，信号较差的场景下只上传特征信息，传输通道同时启用公网和北斗短报文，中断的数据可以本地暂存，信号恢复之后继续补传。数据治理工作遵循统一规范，依托预设规则剔除异常数据，产汇流模型结合下垫面条件动态修改预警临界数值，预警阈值依照沟道风险等级分开设定。短临预报成果和实测数据合并计算，持续更新洪水演进结果，模型参数需要对照历史灾害记录定期复核，缺少实测序列的流域可以取用邻近相似流域参数，预报成果以区间形式输出。

3 运行机制和保障措施

3.1 建设原则

项目启动阶段相关工作人员需要立足流域全局开展统筹规划，各主管单位不能单独按照自身职责布设监测设备，以此减少资金重复投入的情况。配置方案会参照风险等级与现有经费做出差别化安排，高风险沟道会优先获得建设资源，普通区域主要依靠现有站点完成配套完善工作。项目落实急用先行的实施思路，建设队伍优先补齐监测空白区域，对现有薄弱点位开展改造，将有限资金投入灾害多发区域。存量站点升级安排在新建点位之前，不少已经投用的站点仅加装通信、供电组件并按时校准，就可以维持稳定运行，建设环节不能只关注新建工程而忽视后期运维管理。水利、气象、应急、自然资源等部门采用共建共享方式，各方依托统一站网与数据平台协同开展工作，实现监测点位共用、数据顺畅传递，降低分头监测带来的资源浪费。资金按年度分批投放，项目优先保障现有设施稳定运转，再慢慢扩大监测覆盖范围，用地、供电、设备架设等外部条件需要提前沟通对接，避免设备运送至现场之后难以完成安装。

3.2 运维管理和质量控制

监测站点完成布设并不代表工作结束，整套体系运行效果会由日常管护水平决定。管理工作需要贯穿项目施工、验收核查、现场巡查、参数校准、故障维修以及设备报废各个阶段，管理人员为每一处站点单独建立档案，档案里面登记设备型号、安装时间、校准记录还有故障发生情况。巡查工作会安排在汛前、汛中、汛后三个阶段开展，风险较高的站点会提高巡查频次，故障处置设置对应的时限要求，备用配件统一存放至县级库房。值班排班方案需要覆盖夜间以及强降雨时段，消除监控空档，交接班环节要写明已经处置事项和需要持续关注的站点情况。数据质量依靠到报比例、完整比例、可用比例开展考核，考核结果按月下发通报，存在问题的站点需要在规定期限完成整改。运维资金划入每年财政预算，管理方可以通过采购服务引入外部专业队伍，同时留存本地技术人员队伍，防止工作完全依托外部机构。故障事件按照影响范围划分等级，位于关键断面的站点出现中断要启动最高级别处置，普通站点的修复工作可以在既定时限内完成。服务协议里面写明响应时长、修复标准和数据指标，服务报酬会跟着考核结果调整[3]。

3.3 标准规范和协同机制

想要让管理体系维持长时间稳定运转，相关主体需要完成统一标准编制、跨部门协同配合、权责界定落地这几项工作，三类工作分属不同管理层级，分别匹配信息互通、任务下发和成效报送流程，只要其中某一个环节出现缺位，前期投入的建设资源就很难转化成稳定的防灾成效，针对信息标准工作，主管单位要预先明确监测站点编码、测算方式、采集间隔以及质量标记规则，新建站点可以直接参照标准接入系统平台，已经投入使用的存量站点需要分批开展改造调整，信息共享清单和访问权限也要同步配置，涉密数据只向授权人员开放，管理过程不会为打通信息流转放宽管控要求，也不会出于安全管控阻隔正常的数据传递，联动机制启动之后，汛期会组织多方主体共同开展风险会商，降雨预报、河道水位、地质隐患数据能够在同一个平台完成流转，向外发布的预警内容保持口径一致，避免出现信息冲突，流域上下游建立常态化水情通报渠道，上游水位上涨消息可以及时传递给下游村镇，各项防控工作逐层分解，交由对应岗位人员落实，闭环管理阶段，所有预警记录都要登记发布时间、接收状态、反馈内容以及人员转移数量，没有收到反馈的对象会启动升级处置程序，汛期结束之后开展复盘梳理，复盘得到的问题用来完善应急方案和预警阈值，各相关单位每年至少组织一次现场应急演练，演练场景可以设置夜间或者通信中断情形，以此检验各类信息传输渠道的承载能力，保障极端条件下预警工作能够持续落地。

3.4 推进路径和成效评价

项目会按照现状摸底分析、试点先行实施、分区分步推进、动态优化完善的步骤组织实施，工作人员在摸底分析环节摸清小流域现有基础条件，找出监测空缺区域，汇总历史灾害点位与防护目标分布信息，建立

风险清单，试点阶段选取典型沟道开展实地测试，验证点位布设方案、模型参数以及预警传递处置流程，形成可复制的实施办法之后再全域推进建设，推广工作以单一流域为单元分批落实，片区建设完成后接入业务管理平台，减轻集中施工带来的运维压力，项目成效评估不再单纯核算设备安装总量，评价指标调整为预警提前时长、接收预警的户数、群众避险准备时间、预警错报漏报情况以及监测站点正常运行占比。

4 实战化教学主要做法

水利专业在实践授课、校企协同培养以及学生动手能力培养环节还存在诸多教学问题，学院会同行业内相关企业，依托省级工程类项目打造培育载体，依托实体项目推进产教融合工作，组织学生开展岗位实训，按照工程考核标准完成评价工作，建立教学活动和现场生产同步推进的运行模式，具体实施方式如下。

4.1 共建“校企混编、双元主导”的项目实施与管理体系

为保障重大项目实施质量与实战育人成效，校企双方统筹资源、协同发力，成立由校企双方负责人共同牵头的项目指挥部，下设技术组、质量安全组、后勤保障组和学生管理组。校企人员交叉任职，企业导师担任技术负责人和质量总监，学校教师担任项目经理和学生导师，形成“责任共担、管理共治”的一体化组织架构。组建由企业工程师、学校专业教师、高职学生（以大三和优秀大二学生为主）构成的 70 余人混编项目团队。学生并非“见习生”，而是以“技术员”身份编入各项目小组，在“企业导师 + 学校导师”的“双导师”指导下，承担具体的勘测、调查、数据处理任务。

4.2 构建“一线三融四阶”的实战化教学模式

学院按照实体工程的运行模式重新搭建实践教学体系，企业现场的作业流程能够被整理成规范的教学环节，由此形成覆盖授课、学习、实操还有考核评价的完整培养链条。

5 实施成效

在项目完整实施结束之后，这项依托真实工程开展的产教融合育人工作，已经在人才培育、企业发展、社会服务以及教师队伍成长这四个维度取得实实在在的进展，育人作用和社会效用都能够体现出来。参与项目的学生都完成了 162 处调查任务，整理得到的数据材料一次性通过委托方审核。学生拥有项目实操经历与对应成果，求职优势比较突出，队伍里九成五以上学生提前被省内各地水利单位录用。不少学生都提到，短期现场实操带来的收获很大，自身处理工程难题、配合团队开展工作以及适应岗位的能力都有明显提高。

合作企业能够同时提升作业效率，优化人力使用效果，企业依靠这套合作方式，可以用更少投入更快完成紧急工作，还能提前筛选合适的技术新人，把人员招聘和培养工作衔接起来，减少新人培训的开销，企业方面也认可这套合作形式，认为学生的实际表现超出原本预期。

结束语

综上所述，山洪灾害有着明显的突发特点，相关防御工作无法依靠单独设施或者单个流程实现。智慧监测体系会以流域为基本单元布设感知点位，依靠数据计算实现风险动态判定，再通过闭环预警流程组织群众转移。体系稳定运转，需要统一的数据规范、跨部门协同机制以及长期运维工作提供保障。项目建设不宜一次性全面铺开，应当采用试点验证、逐步推广的方式实施。该方式能够弥补传统山洪监测当中存在的不足，持续健全区域水安全防控体系，增强山区处置短历时强降雨风险的能力，降低山洪灾害造成的人员伤亡以及财产损毁。

参考文献

[1] 齐俊草. 区域水资源配置与水环境安全演变耦合关系 [J]. 水土保持应用技术,2024(2):68-71.

[2] 陈虹霖. 流域综合治理水库除险加固对区域水安全保障作用研究 [J]. 区域治理,2026(24):0037-0039.

[3] 李强. 区域水利工程监理规范化建设与水安全治理路径研究 [J]. 区域治理,2026(20):0100-0102.