

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2024136

杨彬,包松林,潘劲博,等.基于数字孪生小流域的内蒙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.YANG Bin, BAO Songlin, PAN Shaobo, et al.Research on standardized management of flash flood disaster prevention and control in Inner Mongolia Autonomous Region based on digital twin small watersheds[J].China Flood & Drought Management, 2025, 35(2): 102-108.(in Chinese)

基于数字孪生小流域的内蒙自治区山洪灾害防治 规范化管理研究

杨彬 包松林 潘劲博 姜兆芳 王若华

(内蒙古自治区水旱灾害防御技术中心,呼和浩特010020)

摘要:山洪灾害是威胁内蒙古自治区人民群众生命财产安全的主要隐患之一,经济社会发展及自然环境变化对山洪灾害防治提出了更高的要求。在系统分析内蒙古自治区山洪灾害建设成效和存在问题的基础上,提出构建基于数字孪生小流域的山洪灾害防治体系和“线上+线下”的山洪灾害非工程措施运行维护体系,并从预警信息发布、危险区管理、项目建设管理和基层能力提升等方面提出规范化建议,为内蒙古自治区山洪灾害防治提供借鉴和参考。

关键词:山洪灾害防治;数字孪生;小流域;“四预”;运行维护;内蒙古自治区

中图分类号:TV87;X43

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2025)02-102-07

0 引言

山洪灾害是由山丘区短时强降雨引发的溪沟山洪所造成的人员伤亡、房屋倒塌、设施损毁、环境破坏等灾害事件,具有突发性强、冲击力大、预测预报难度大、危害性强等特点^[1-2]。内蒙古自治区近年来发生多起山洪灾害事件,如鄂尔多斯市东胜区铜匠川在2013年6月发生山洪灾害,造成19人死亡、失踪,赤峰市巴林右旗在2011年、2013年、2016年先后发生8次有人员伤亡的山洪灾害,造成9人死亡^[3],包头市石拐区在2022年8月发生山洪灾害,造成5人死亡。山洪灾害是当前造成内蒙古自治区人员伤亡的主要自然灾害之一。

1 内蒙古自治区山洪灾害防治建设现状及成效

为提升内蒙古自治区山洪灾害防治能力,根据水利部

统一安排部署,内蒙古自治区山洪灾害防治建设历经4个阶段建设:第1阶段为旗(县、区)级山洪灾害防治非工程措施项目(2010—2012年)、第2阶段为全国山洪灾害防治补充项目(2013—2015年)、第3阶段为全国山洪灾害防治完善项目(2016—2020年)^[4]及第4阶段全国山洪灾害防治项目(2021—2023年),已初步实现了内蒙古自治区山洪灾害防治由“无”到“有”的转变,内蒙古自治区山洪灾害防治建设现状如表1所示。

经过多年建设,内蒙古自治区山洪灾害防御能力有了明显提升。

(1)初步摸清全区山洪灾害受威胁区域,确定危险区范围、居民信息、预警指标、转移路线和安置点等,确保山洪灾害防治工作有据可依。

(2)初步建立了专群结合的山洪灾害防治非工程措施体系,依靠自动监测站点、简易监测预警设备实现对危险

收稿日期:2024-04-28

第一作者信息:杨彬,男,高级工程师,E-mail:robinbat@163.com。

区及其上游集雨区降雨的实时监测,通过自治区、盟(市)、旗(县、区)3级山洪灾害监测预警平台第一时间发布预警信息,成为山洪灾害防治的重要抓手。

(3)初步形成了全区山洪灾害防治“一张图”,汇集了包括调查评价、水利工程、涉水工程、监测站点、风险普查等全要素信息,为山洪灾害防治决策提供重要数据支撑。

(4)防御山洪灾害事件的能力明显提升,全区因山洪灾害致死人数大幅下降,特别在开展山洪灾害动态预警后,进一步提前了山洪灾害预见期,近两年未发生山洪灾害导致的群死群伤事件。

(5)山洪灾害群测群防能力不断提升,虽仍有个别人员车辆强行涉水事件发生,但总体上各级责任人及社会公众对山洪灾害的重视程度越来越高,逐步变被动应对为主动防御。

表1 内蒙古自治区山洪灾害防治建设情况

建设内容	建设现状
山洪灾害防治县数	76个
全区小流域个数	54 589个
小流域分区	5 950个
小流域治理单元	1 751个
自动监测站点	3 382个
卫星通信站点	80个
气象信息	1 213个气象站、72 h短临预报、 气象实况面雨量、雷达、云图、风场
水文信息	1 219个水文站
山洪灾害监测预警平台	自治区、盟(市)、旗(县、区)3级分别部署
调查评价	12个城镇、425个集镇、10 005个村落
危险区动态管理清单	4 426个
无线预警广播	4 651个
简易监测站	2 769个
水利专网	全区水利部门
视频会议系统	全区水利部门及332个乡(镇)
各级山洪预案	9 207本
重点山洪沟防洪治理	26条

2 新形势下内蒙古自治区山洪灾害防御难点

从内蒙古自治区近期山洪灾害防御实际情况中可以看出,近几年虽没有发生因山洪灾害造成的人员群死群伤事件,但也时有因人员强渡山洪致死等情况的发生。伴随人类社会活动影响,当前极端天气频发多发,山洪突发性、

极端性、变异性更加明显^[5],内蒙古自治区山洪灾害防治仍存在一些短板和难点。

2.1 感知体系不健全

内蒙古自治区现有山洪灾害防治区面积 20.28 万 km²,其中重点防治区面积 5.68 万 km²,山洪灾害防治已建自动雨量监测站 2 849 个,共享气象站 1 213 个、水文站 1 219 个,但水文站雨量监测频次为 1 h,无法满足山洪灾害监测预警工作,全区防治区实际站网密度为 53 km²/站,其中重点防治区站网密度为 46 km²/站,均未达到全国平均水平。在考虑小流域洪水预报上游集雨面积时,全区站网密度仅为 91 km²/站。此外,测雨雷达建设费用大,内蒙古自治区地域广阔,适用成本高、难度大。水文站多数在大江大河、重要支流及中小河流,山洪沟多为水位站,基本没有标准控制断面,水位流量关系难以率定。现有感知体系仍不满足山洪灾害防御预报预警要求。

2.2 小流域洪水预报难度大

内蒙古自治区东西气候条件、下垫面情况差异较大,不同区域产汇流特性不同,小流域洪水预报模型构建和方案比选复杂,加之全区水文站较少,可用于模型率定的降雨径流资料匮乏,很多小流域治理单元节点没有任何水文资料,全区自动监测站点站网密度不够,导致无法捕捉部分场次的暴雨中心。内蒙古自治区开展小流域洪水预报从技术、地理条件和基础资料方面均存在一定难度。

2.3 山洪灾害预警全流程管理能力不足

目前,山洪灾害预警信息发布及响应缺少标准化管理流程,特别是机构改革后水利部门山洪灾害防御方面职能发生转变,预警信息发布对象、信息内容、“叫应”对象及人员转移统计缺少详细标准及相应制度,加之基层业务人员工作经验及技术力量不足,导致部分地区预警信息发布及“预警—叫应”机制落实上存在偏差。同时,很多危险区预警指标均由多年前调查评价确定,部分预警指标设定极低,动态预警指标暂未正式投入应用,导致部分危险区频繁发布预警,信息真实性没有保障。

2.4 数字化、智慧化程度不高

按照数字孪生建设要求,构建的以“四预”措施为核心的数字孪生小流域山洪灾害防治体系有所欠缺。当下山洪灾害监测预报预警工作模式基本为“降雨—一预警”,没有形成“降雨—产流—汇流—演进—预警”的全链条预报预警

模式, 预演和预案基本停留在线下方式, 缺少典型暴雨及预报降雨下的数字化预演和预案功能。已建的简易监测预警设施多数运行年久, 没有无线数据传输功能, 管理难度大, 运行效果一般, 现地监测预警应用不足。

2.5 野外山洪沟管理困难

近年来, 内蒙古自治区几次发生人员强渡山洪事件, 如2023年7月2日呼和浩特武川县得胜沟乡倒反沟因短时强降雨引发山洪, 沟道内一车辆强行涉水驾驶被洪水冲走, 造成车内3人死亡。当前途经涉水沟道自驾旅游的人数不断增多, 加之对山洪灾害的危险性认识不够, 更加容易发生人员伤亡事件。由于事发地多为旅游区或网红打卡地的沟道, 预警、管理难度更大。

3 内蒙古自治区山洪灾害防治思路

3.1 构建基于数字孪生小流域的山洪灾害防治体系

经水利部统一安排, 内蒙古自治区山洪灾害防治体系已经初步建立。下一阶段需要按照数字孪生流域建设总体要求和山洪灾害防治主要业务为核心搭建架构, 进一步完善“天、空、地、人”一体的感知体系^[6], 开展小流域单元“三算”(算法、算据、算力)建设, 开发完善山洪“四预”业务功能模块, 推进标准化数据资源、网络安全、管理制度、群测群防等作为支撑, 实现山洪灾害防治全链条的数字化、智慧化^[7]。内蒙古自治区山洪灾害防治体系架构如图1所示。



图1 内蒙古自治区山洪灾害防治体系架构图

3.1.1 感知体系建设

山洪灾害预报预警以不同时段气象短临预报数据为先导, 以实测降雨为重要依据, 实现基于预报和实测降雨的山洪灾害预报预警^[8], 卫星遥感数据为感知体系提供更长的预见期。在现有站点布设基础上, 以小流域治理单元向上游延伸, 按照小流域边界和泰森多边形分析站点布局, 对重点城集镇、学校、涉水旅游景区、工业园区及其中

上游补充自动监测站点, 适当增加站点密度, 采集不同时空分布的实时降雨数据, 解决监测盲区问题。在小流域单元出口及危险区上游通过标准断面下水位流量关系、AI 视频测流等手段开展持续稳定的流量监测^[9], 为产汇流计算及洪水预报结果修正提供数据支撑。制定标准的数据传输规约, 采用“一站多发”的方式, 直传至内蒙古自治区数据统一接收平台, 提升监测数据的真实性、可靠性和及

时性。

3.1.2 “三算”建设

(1)算力建设。算力建设是山洪灾害监测预警体系高效快速运行的基础性保障,主要包括计算资源池、存储资源池、网络资源池和安全资源池建设及服务^[9]。以现有内蒙古自治区水利云为主要基础设施,搭建扩容高可靠存储、高性能计算和高速运行网络环境,实现全区域小流域治理单元山洪过程、灾害影响分析、场景预演等的并行分钟级计算,打通国家、自治区、盟(市)、旗(县、区)4级数据库链路,打破信息共享壁垒。落实水利部和自治区政府关于网络安全防护有关要求,开展网络安全等级保护测评工作,结合实际情况可推动安可替代(使用安全、可靠、可控的国产安全产品和服务,以减少对外部产品的依赖),把网络、信息安全作为水安全保障的重要内容。

(2)算法建设。算法建设是实现山洪灾害精准化预警的关键,主要包括水利专业化模型、模拟仿真引擎、可视化模型及知识平台构建^[10]。水利专业化模型对降雨、产汇流、洪水演进等进行全过程模拟分析,专业降雨模型利用雷达测雨和雨量站监测数据进行降雨融合分析,得到更为精准的区域降雨量;产汇流及洪水演进模型充分考虑不同地形、区域下垫面特点,以重新划分的全区5950个小流域单元出口及危险区为关键节点,构建内蒙古自治区分布式水文模型集群^[11],通过水文模型、水动力模型、灾损评估模型及不同模型间的耦合对洪水过程进行预报。开发基于山洪灾害调查评价成果和不同山洪、气象风险因子的风险识别模型,结合现有预警指标对保护对象进行多阶段递进式预

警,提升预报预警预见期和可靠性。模拟仿真引擎主要对各模型分析计算提供支撑服务,动态实现数字孪生小流域与物理流域同步仿真,同时针对内蒙古自治区水文降雨径流资料极其短缺的实情,开展模型参数区域化研究,提升不同分区洪水模拟结果的可靠性。可视化模型基于模拟仿真引擎,将正射影像、数字高程、视频监控等多源数据进行融合,统一到三维地理空间框架中,实现内蒙古自治区自然背景、流场动态、水利工程、“四预”过程等山洪灾害全要素、多尺度数据的可视化展示。

(3)算据建设。算据建设主要在内蒙古自治区山洪灾害非工程措施建设的基础上进行数据底板的扩展。其中L1级数据底板经过多年山洪灾害调查评价工作已初步形成,包括小流域划分及其属性提取、监测站点、危险区、转移路线、安置点、预警指标、涉水工程基础信息及监测信息等,下一步需要继续开展涉水工业园区、旅游景区、新建沿河村落等未覆盖区域的补充调查评价工作和防治区沟道阻水、顶托漫溢等隐患调查工作,完善全区范围L1级数据底板。L2级数据底板主要在危险区及上游山洪沟两侧利用卫星遥感、无人机等技术手段,采集较高精度的数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据、数字正射影像图(Digital Orthophoto Map, DOM)数据,构建支撑小流域洪水精细化计算的L2级数据底板。L3级数据底板主要包括危险区的无人机倾斜摄影和上游水利工程的建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)建设^[12],形成关键区域的三维场景建模。3级数据底板建设要求如表2所示。

表2 3级数据底板建设要求

数据底板	覆盖范围	数据要求	数据来源
L1级	全区5950个小流域单元	山洪灾害防治全要素数据、25 m精度DEM数据、2 m分辨率DOM数据	调查评价、风险普查、基础数据、监测设备
L2级	全区1749个小流域治理单元,优先实施487个重点小流域治理单元	小流域治理单元风险隐患点、2.5 m精度DEM数据、10 cm分辨率DOM数据	隐患调查、卫星遥感、无人机测量
L3级	全部危险区及上游水利工程,优先实施风险级别较高的危险区	2.5 cm分辨率倾斜摄影、单体化BIM模型	无人机测量、模拟仿真引擎

3.1.3 “四预”能力建设

山洪“四预”措施主要以传统的“降雨—预警—转移”业务为基础,实现以小流域单元为主的山洪过程动态实时模拟和多阶段递进式山洪灾害预报预警,提升山洪灾害防

御数字化能力,自动分析灾害事件,提出相应对策和措施建议,为山洪灾害防治精细化、专业化管理提供重要决策依据。

(1)预报能力建设。预报主要包括气象降雨预报、小流域洪水预报、水库及淤地坝工程洪水预报等。气象降雨预

报主要依托气象卫星、测雨雷达实现 72 h 内逐 3 h 及 3 h 内分钟级的气象短临预报网格数据,主要由气象部门共享实现;小流域洪水预报需要在内蒙古自治区构建专业化水文、水动力模型集群,形成专业模型库,以降雨预报和实测降雨为数据源,对小流域单元、危险区等重要节点进行洪水过程预报,开展模型参数迭代率定,长期持续优化预报结果;对小流域内水库及淤地坝等工程进行洪水预报分析,以解决小流域内部工程对预报结果的影响,特别对于黄河流域内的小流域(多数小流域内有淤地坝)十分重要,如“2022.8.13”包头市五当沟流域山洪灾害,在极端暴雨影响下,流域内 5 座淤地坝先后发生溃口,五当沟东园水文站最终形成了 $1\ 810\ \text{m}^3/\text{s}$ 的建站以来最大洪峰流量。

(2) 预警能力建设。预警主要包括山洪灾害气象风险预警、实时动态监测预警、洪水预报预警及预警信息叫应反馈等。气象风险预警主要依托气象短临预报和风险预警模型,分析划定全区网格化的山洪风险范围和等级,通过电子围栏面向公众靶向发布提示性预警信息。实时动态监测预警考虑前期土壤含水率对原有山洪灾害实时监测预警指标进行动态调整^[13],协同当地防汛抗旱指挥部门向村、镇危险区责任人发布指令明确的转移预警信息。洪水预报预警主要基于小流域洪水预报成果,对重要节点发布洪水过程预警信息,解决部分没有预警指标区域山洪预警问题。预警信息“叫应”反馈主要目的是实现对山洪预警信息的闭环管理,预警信息发布后通过智能语音、短信链接等方式进行“叫应”,依托山洪灾害防治应用程序(App)、微信小程序等移动端对山洪灾害实况、人员转移避险情况进行实时反馈,对照危险区动态管理清单及时发现遗漏人员,实现从山洪预警到转移避险的主动式全流程动态监管。

(3) 预演能力建设。预演主要实现山洪灾害的数字化预演,在平台上实现典型暴雨或历史灾害暴雨场景构建、洪水过程模拟分析、特殊场景下危险区预警信息发布、人员转移避险等山洪灾害防御过程的数字化预演,结合预案信息自动生成山洪灾害防御大事记,展示每个时间节点下的不同责任人的具体工作。充分考虑桥涵壅水、沟道阻水、河道走势、水库泄洪等不利因素,重点分析山洪灾害防御危险区、隐患点、转移路线等重点环节可能存在的风险隐患,提出应对措施及建议。

(4) 预案能力建设。预案主要改变原有山洪灾害防御

固态纸质化预案,建设动态更新的数字化、结构化预案,构建数据信息全面的预案知识库,支持预案多方案比选功能,针对不同灾害和现场情况,实时生成具备操作性的动态山洪灾害防御预案,针对性提出应对措施。同时,结构化预案支持预案内容的实时更新调整和预案自动生成导出功能,依托平台实现对预案长期实时监管。

3.2 建立“线上+线下”的山洪灾害非工程措施运行维护体系

当前,内蒙古自治区山洪灾害防治非工程措施运维主要依靠地方水利部门组织开展,其中盟(市)承担山洪灾害自动监测站点运维,旗(县、区)承担自动监测站点以外的平台、简易监测预警设备等运维。及时有效的运行维护是当前山洪防御体系得以发挥效益的关键保障,下一阶段需要进一步规范全区运维工作,充分发挥基层地方政府的主体作用,建立专业化、集约化、可监管的运维工作体系。内蒙古自治区山洪灾害防治运维工作流程如图 2 所示。

3.2.1 开展专业化、集约化现场运维

根据水利部《关于加强山洪灾害防治工作指导意见》有关要求,不断强化山洪灾害防治运行维护管理,进一步推进山洪灾害防治运行管理的专业化、集约化水平。自动监测站点运维通过各盟(市)统一购买服务的方式开展,选取专业化强且具备本地化服务能力的运维单位,同时,制定完善全区统一的数据传输规约,雨量监测数据在有降雨的情况下每 5 min 报送 1 次雨量,没有降雨的情况下进行小时平安报。自治区、盟(市)、旗(县、区)分别组织专业技术人员做好本级山洪灾害监测预警平台运行维护,实时共享 3 级平台数据,实现平台运行情况的实时监管。简易监测预警设备要发动当地村民共同做好日常维护,确保设备运行正常。

3.2.2 推行山洪灾害运维管理平台远程监管

为加强对山洪灾害自动监测站点运维工作的监管,内蒙古自治区水利厅组织开发了山洪灾害运维管理平台,包括山洪运维 App、微信小程序和管理后台,下一阶段将尽快在全区范围内进行推广应用,以此平台为主要技术手段对自动监测站点运维全过程进行监管。该平台重新梳理了全区自动监测站点基础信息,建立了自动监测站点设备清单数据库,对设备型号、精度、运行年限等各类参数进行实时动态管理。同时,平台具备站点故障和监测数据异常自动分析功能,采用监测雨量奇异值分析、点雨量与面雨量、

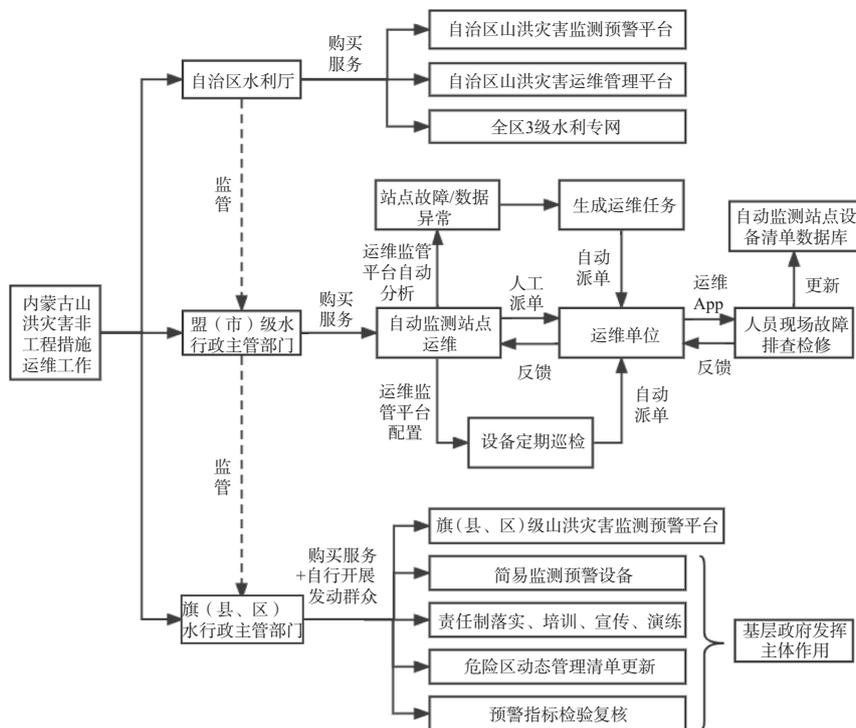


图2 内蒙古自治区山洪灾害防御运维工作流程图

相邻站点间插值分析、数据报送、采集时间对比分析等方式初步判断数据异常类型,自动生成运维任务工单,派发相关运维人员进行现场拍照、信息录入等操作,通过现场运维情况再对设备清单数据库进行更新,实现山洪灾害运行维护的闭环监管。

3.3 提升山洪灾害各项业务规范化管理水平

3.3.1 开展递进式多阶段山洪灾害预警

面对新形势新要求,山洪灾害预警要有更长的预见期和更高的准确性。针对内蒙古自治区山洪灾害实际情况,依次发布24h山洪灾害气象风险预警、3h山洪灾害临近风险预警、山洪灾害实时监测预警(分为面向水利部门人员的内部预警和面向危险区责任人的外部转移预警),同时,发动群众依托简易监测预警设备开展现地监测预警。预警信息要确保时效性,内容要通俗易懂、指令明确,多渠道多手落实“预警一叫应”机制,尽快推进动态预警指标评估并投入应用。全面摸清全区已划定山洪灾害危险区之外的网红打卡地、工业园区、临时建筑等人员聚集地基本情况,建立点对点预警信息发布机制,落实山洪灾害防御管理制度。加快制定山洪灾害预警信息发布相应工作规程,明确各部门预警信息发布权限,以及各类预警信息发

布后的响应动作,实现山洪灾害预警的闭环管理。

3.3.2 制定危险区动态管理清单制度

按照水利部统一安排部署,内蒙古自治区水利厅组织编制了全区9019个危险区的动态管理清单,包括危险区的范围、人员、3类责任人、预警指标、预警设施、安置点等信息。下阶段继续提升危险区精细化管理水平,尽快出台内蒙古自治区危险区动态管理清单制度,对原有清单内容进一步细化,增加危险区内每户居民人员信息和联系方式、老弱病残特殊人群详细统计等信息,规范危险区增减、风险等级调整工作流程,每年汛前、危险区信息变化后及时组织调整清单内容^[14],同时,在内蒙古自治区山洪灾害监测预警平台开发危险区动态管理清单模块,实现全区统一入口管理。

3.3.3 规范山洪灾害防治项目建设管理

根据水利部山洪灾害防治建设导向,建立内蒙古自治区山洪灾害防治项目库,实行项目库动态管理制度。制定山洪灾害防治项目建设管理工作办法,规范项目建设前期工作、技术审查、组织验收等重要环节,采取周调度、月通报的形式督促项目建设进度,通过线上督办和线下督查的方式强化项目建设监管。

3.3.4 持续提升基层山洪灾害防御能力

继续开展内蒙古自治区山洪灾害群测群防建设,将以未覆盖的区域作为建设重点,配备高标准的现地监测预警设备,在野外山洪沟沟口处、网红打卡地、涉水景区等地区加密设立山洪灾害警示牌,推进“包保”责任制落实,持续开展基层责任人和群众山洪灾害防御知识培训,采用通俗易懂、符合当地群众生活习惯的方式进行宣传,提高人民群众山洪灾害防御意识^[15],组织开展考虑各种不利因素条件下更接近实战的山洪灾害防御演练,多渠道提升基层自身山洪灾害防御能力。

参考文献

- [1] 魏永强,盛东,董林垚,等.山洪灾害防治研究现状及发展趋势[J].中国防汛抗旱,2022,32(7):30-35.
- [2] 何秉顺,路江鑫,李昌志,等.山洪灾害防御的一些认识和概念的发展[J].中国防汛抗旱,2023,33(6):30-33.
- [3] 涂勇,何秉顺,郭良.中国山洪灾害和防御实例研究与警示[M].北京:中国水利水电出版社,2020.
- [4] 何秉顺,马美红,李青,等.我国山洪灾害防治现状与特点探析[J].中国农村水利水电,2021(5):133-138,144.
- [5] 尚全民,成福云,刘洪岫,等.2022年全国山洪灾害防御[J].中国防汛抗旱,2022,32(12):5-8,74.
- [6] 刘志雨.提升数字孪生流域建设“四预”能力[J].中国水利,2022(20):11-13.
- [7] 韩培,王新涛,郭东光,等.数字孪生山洪灾害“四预”试点建设构想及展望——以新疆托里县为例[J].中国防汛抗旱,2022,32(10):40-47.
- [8] 郭良,丁留谦,孙东亚,等.中国山洪灾害防御关键技术[J].水利学报,2018,49(9):1123-1136.
- [9] 李昌龙,王奕扬,徐徐,等.AI视频识别测流技术在永定河生态补水中的应用[J].北京水务,2022(S1):61-64.
- [10] 蔡阳.数字孪生水利建设中应把握的重点和难点[J].水利信息化,2023(3):1-7.
- [11] 杨彬,包松林,聂帅,等.基于分布式水文模型的内蒙古自治区小流域洪水分析技术研究与应用[J].中国防汛抗旱,2024,34(3):47-54.
- [12] 吴泽斌,何秉顺,田济扬,等.数字山洪防治理论框架和实施路径初探[J].中国水利,2022(8):41-46.
- [13] 涂华伟,彭涛,彭虹,等.基于洪水过程的山区小流域洪水预警研究——以四川省白沙河流域为例[J].人民长江,2020,51(6):11-16.
- [14] 白音,杨彬,聂帅,等.浅析内蒙古自治区山洪灾害危险区动态管理清单编制研究与应用[J].内蒙古水利,2022(4):27-30.
- [15] 任洪玉,任亮.山洪灾害群测群防体系建设问题探讨[J].中国防汛抗旱,2021,31(3):50-54.

Research on standardized management of flash flood disaster prevention and control in Inner Mongolia Autonomous Region based on digital twin small watersheds

YANG Bin, BAO Songlin, PAN Shaobo, JIANG Zhaofang, WANG Ruohua

(Inner Mongolia Flood and Drought Disaster Prevention Technology Center, Hohhot 010020)

Abstract: The flash flood disasters are one of the main hidden dangers that threatens human life and property safety and affects the social and economic development in Inner Mongolia Autonomous Region. In the new era, the prevention and control of flash flood disaster has to meet higher requirements. Based on the systematic analysis of the effectiveness and main problems of flash flood disaster defense construction in Inner Mongolia, it is proposed in this paper to build a prevention and control system of flash flood disaster and an operation and maintenance system of "online + offline" flash flood non-engineering measures based on digital twin small watershed, and standardized suggestions were put forward in terms of early warning information release, hazardous area management, project construction management and grassroots capacity improvement. This paper could provide reference for flash flood disaster prevention and control in Inner Mongolia.

Keywords: flash flood disaster prevention and control; digital twin; small watershed; FEDE; operation and maintenance; Inner Mongolia Autonomous Region

编辑 江 密