

Emergency Monitoring Technology for Hydrological Surveys in Small and Medium Rivers under Extreme Weather Conditions

Huajian Li Longcheng Wang Minghao Shang

Linyi Hydrological Center, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract

Against the backdrop of global warming, extreme weather events are becoming increasingly frequent, posing constant threats to the safety of small and medium rivers. Ensuring hydrological security in these waters requires establishing an emergency monitoring system with rapid response capabilities, precise monitoring accuracy, and efficient operation. This system functions like a “smart eye” for flood control and disaster mitigation decision-makers, enabling them to promptly decide on evacuation plans or activate backup water sources when detecting water accumulation, thereby preventing potential disasters. For emergency management of water and drought disasters, it serves as a clear “command stick” to optimize the allocation of existing water resources and maximize the utility of every drop of precious water during emergencies. In safeguarding public life and property, it acts as a “protective shield” for communities. Therefore, establishing this hydrological emergency monitoring system is of paramount importance.

Keywords

extreme weather; small and medium rivers; hydrological survey; emergency monitoring

极端天气下中小河流水文测验应急监测技术探析

李华剑 王龙成 尚明浩

临沂市水文中心, 中国·山东 临沂 276000

摘要

当前, 在全球气候变暖背景下, 极端天气频发时刻威胁着中小河流的安全, 而怎样保证中小河流的水文安全便需要建立起具有快速反应能力、准确监测水平以及高效运转的水文应急监测体系。它好比给防洪减灾的决策者装上了一双“慧眼”, 决策者看到积水就可以及时决定是否转移群众、启用备用水源地等, 做到防患于未然; 对于水旱灾害的应急调度工作来说, 它是条清楚明确的“指挥棒”, 及时调度好现有的水资源, 在紧急状态下把宝贵的每一滴水发挥最大功效; 对于防范群众的生命财产安全来说, 它是老百姓身边的“防护盾”, 因此建立这个水文应急监测体系就显得十分重要。

关键词

极端天气; 中小河流; 水文测验; 应急监测

1 引言

作为支撑水旱灾害防御、水资源合理调配以及水生态有效保护的关键基石, 水文监测工作的重要性不言而喻。近年来, 在全球气候变化与人类活动双重因素的交织作用下, 极端天气事件的发生频率与强度均呈现出显著变化——极端降水事件愈发频繁, 超强台风来势汹汹, 区域性特大暴雨更是屡见不鲜, 且这些极端天气往往具有突发性强、破坏力大的特点。常规监测体系因突发状况而无法正常运转, 或是为应对诸如特大洪水、堰塞湖险情、水污染突发事故等特殊紧急情况时, 临时启动的非常规且强化性的监测举措。应急监测的核心使命在于确保“监测数据能够获取、获取数据精准无误、监测信息及时报送、报送速度迅速快捷”, 从而为

应急指挥部门制定科学合理的决策提供最为直接、可靠的第一手数据支撑。

2 应急监测关键技术体系探析

2.1 快速部署与勘测技术

2.1.1 无人船 (USV) 搭载 ADCP

对一些不能让人达到、危险性较大的水体区域, 有一部分装置可以发挥作用。无人船就是其中的一种, 具有自主航行或人工遥控功能, 加载上声学多普勒流速剖面仪 (ADCP), 能够进行走航式测流作业, 十分安全省力。临沂水文中心也已经配备有此类无人船等设备, 目前, 在实际运用时, 特别是对于河道宽、水流缓的应急断面来说, 该种方式的效果十分明显。

2.1.2 手持式电波流速仪 / 雷达枪

还有各种测流仪器就存在有这样一个测流设备, 作为最具有代表性的非接触测量设备, 不仅给操作人员的作业方

【作者简介】李华剑 (1989—), 男, 中国山东临沂人, 本科, 工程师, 从事水文测验研究。

式十分简便、安全，不必接触流水就可以完成测量工作，只要站在桥上或岸坡处，或者稳稳地站在船上，准确对准水面就可以了；再根据某一系数来推算即可得到相对应的流量。由于具有许多优点，所以此类测流设备能够很快地完成测流任务，大大节省人力与物力；在测流过程中无须下水，保证了安全性；不受水中的漂浮物干扰，即便是漂浮物较多、水流很混杂的水域，也可以保证获得稳定、准确的数值，所以非常适用于应急监测，能及时测得洪峰流量，在抢测洪峰时十分重要，为做好防汛抗洪等工作提供可靠的依据数据。

2.1.3 便携式浮标测流系统

在面对多变的流态监测难题时，也有一项新的创新手段正发挥着作用：科研人员把一组“微型无线传感浮标集群”投放在目标水域中，它们能够像一名灵敏的“侦察兵”一样，一投进水里就立即进入工作状态，并利用其内部的高精度传感器来随时捕捉自身在水面上的移动痕迹，然后把这些数据都记录下来，最后再根据这些丰富的漂移轨迹资料利用先进的算法和数据处理手段去对原来的目标水域进行解算。通过这种方式可以得到目标水域的表层流场信息，即给这条水流绘制出一张精细的“动态地图”。而且，还可以运用研究的相关数据来进一步获得所需的断面水位、流速、流量等水文信息，以保证更精准的预测和预报。对于一些突发性溃口、堰塞湖等情况来说，这套监测方法因其较好地解决了突发情况下的流态监测问题。该方法具有较强的适用性和目的性等特点，也更适合在上述这些突发情况下使用。在这样的情况之下，水流变化十分迅速，通常情况下一些常规的监测手段是很难及时得到有效的信息的，但是采用上述的方法可以在短时间内针对这种情况做出判断和决定，并及时地做出防洪减灾的应急措施来降低这次事件造成的损失。

2.2 自动化与遥测技术

2.2.1 应急自动水位雨量站

作为应急监测临时站网体系的主要载体，该设备基于一体化集成设计理念，集成度高，功能完备，综合了各类重要的监测和通信模块；监测核心模块主要是高精度雷达水位计和智能翻斗雨量计，能源供给模块使用绿色、环保的太阳能供电方式；通信模块实现多模自适应双通道并发模式，在卫星短报文通信、GPRS、4G及5G四模之间实时平滑切换，同时支持北斗卫星通信，并广泛适用于陆海空全领域。设备重量轻巧便于徒手携带，可由人力携带移动；便于装车快速配送至距离远端数百公里外的目的地，无人驻守投递方式可由远程操作员指挥投放至指定地点，并能在自然地貌复杂、道路可通达性差等条件下实施空投，仅根据技术人员指导即可独立开展快速架设工作，60分钟完成整个装置快速展开和系统联调联控。进入正式运行后，可以自动进行连续24小时的无人值守监测，并将实时获取的水位、雨量等关键要素信息，经由多模通信终端直传至后方指挥中心，回传的数据具有快速准确、毫秒级的特点。

2.2.2 视频水位识别技术

本系统面向复杂水域监测场景，创新性研制基于智能影像分析的辅助水位监测装置，其模块化快装设计可以快速安装在既有桥梁结构、防汛控制塔楼、高层建筑立面等固定设施之上，防护等级IP67防水防雷。系统搭载了搭载高分辨率摄像球机、多光谱成像模块和边缘计算单元，基于部署的深度学习驱动图像识别算法对实时视频流进行智能解析：利用目标监测技术确定预设水位标尺或者自然水边线特征点的位置坐标，再通过像素级位移追踪算法计算出当前时刻水位的变化量，利用相机标定参数及GIS地图数据进行换算得到毫米级精度的水位值。其主要特点是：一是可以作为传统接触式水位计系统的补充，即便因为极端天气原因导致传统方法无法获取数据，但是本项目依然可以获得全天候精准水位数据，这种冗余性是极为重要的；二是可以通过全景影像拍摄的方式准确记录下洪水的整个发展过程、受灾地域的受淹范围以及现场出现的相关场景、受灾情况等，为事后做好后期评估提供可靠依据；三是由于采用了非接触式的测量原理，因此无须考虑泥沙冲淤带来的困扰，也无须处理漂浮物对监测的影响问题。此外，本项目的设计和构造完全不会造成自然环境的影响，也可以避免大部分电磁环境下某些水文监测设备会出现因失电而导致设备瘫痪的情况发生。因此可以说是一种性能稳定可靠的新型装置。本项目的通信接口是USB-C接口，4G/5G双链路使用，上传延迟<500ms，可以直接与已有的水文监测平台对接使用。实际部署试验结果表明，100m距离内，水位识别误差小于±2cm，可以满足防汛Ⅲ级应急响应的监测精度要求。

2.3 移动监测平台技术

2.3.1 水文应急监测车

这是一台集多功能检测仪器、稳定可靠的供电系统、通畅方便的通信设备、快捷方便的现场数据处理终端、简单舒适的生活设施于一身的“移动的水文实验室”。凭着它齐备的功能，它能迅速到达目的地，打开就可成为前方指挥部和作业点。既能承担大量的外围性工作。车身布置又考虑到复杂地形的要求，可以行驶一定深度的水面，并且具有很好的越野能力，运行路况更为广泛。

2.3.2 无人机(UAV)技术

河道相关工作主要包括航测巡河、应急监测、流量测验三个方面。在航测和巡河作业上，通过使用先进的飞行载具，搭载正射相机、倾斜摄影相机等设备展开作业，能够实现快速获取洪泛区、河道地形及工程险情等内容的相关数据资料，并且会以正射影像和三维模型的形式呈现出来。收集到的数据资料拥有较高的应用价值，对于河流淹没范围分析、河道变迁对比分析以及险情现场勘测均能发挥重要的作用，为河流管理工作做好全面的数据保障。应急监测工作同样不可忽视，针对复杂多样的突发情况，根据不同监测要求可灵活挂载多样化的专业设备，如搭载激光雷达(LiDAR)

可实现高精度测图,实时捕捉地形细节变化;搭载热红外相机可检测管涌、渗漏等险情隐患;搭载无人机负责给偏远站点投送轻型监测设备或物资。流量测验是河道相关的前沿性工作之一,一直以来都在不断创新和尝试新的方法。如今利用无人机投放微型示踪剂或传感器,或者是利用机载雷达测量流速的方式等都将是未来流量测验的发展趋势,也是未来可能实现更好的流量测验方式。

3 应急监测组织实施与保障——以临沂市水文中心实践为例

高效的技术需要科学的组织管理和坚实的保障体系来支撑。临沂市水文中心在实践中逐步形成了“平战结合、快速响应、分级负责、协同作战”的应急监测模式。

3.1 预案体系与指挥调度

加强水文应急监测应急处置能力,需要根据水文应急监测的实际情况,制定出适合于自身的《水文应急监测预案》,并根据监测和应急处置工作的实际情况不断进行修改完善,针对各个应急响应级别的工作启动条件、组织架构、人员分组情况、具体工作流程步骤、技术方案等做到清楚了,组建专业化的应急监测领导小组、前线指挥部,搭建集中的指挥调度体制,统筹调配参与应急监测人员、设备、车辆,运用融合通信平台优势,打通信息堵点,保证信息流贯通,前后方的信息及时传输、准确下达,实施应急监测工作的协调有序开展。

3.2 队伍与装备保障

要有效应对突发水文事件,就要切实加强水文应急监测队伍的建设,做到有一支政治素质硬、业务能力强、素质水平高的水文应急监测精兵劲旅。要做好人员选拔工作,把好人员入口关,从严挑选,坚持标准,要有过硬的基本功和高度责任感。要在队伍建设完成后,尽快组织编制科学周密的培训计划,并按计划抓好队伍成员的体能强化训练和专业技能培训,锤炼队伍的坚强意志力、强壮体魄和过硬本领;专业技能培训包括各种先进的监测仪器如何操作运用、各种复杂水文资料怎样收集整理、各种不同类型的水文数据怎样分析处理等;安全培训包括组织队员认真学习有关安全方面的文件和事例,使其懂得在应急监测中必须重视安全工作的

重要性,熟练掌握必要的安全防护知识和紧急逃生自救知识。定期开展实战化演练,模拟可能出现的各种复杂水文灾情场景,在近似实战环境下锤炼队伍的临场应变能力及协同作战能力,不断增强实战经验。大力加强设备维护管理,确保通信平台运行正常、维护保养到位,完善应急监测装备库。建立各类基础性装备如利用 ADCP(声学多普勒流速剖面仪)测流仪器、电波流速仪、应急自动站、无人机等应急监测设备的长效养护机制,保持其良好状态。安排专业技术人员对设备进行有计划地日常维护,发现并消除可能存在的隐患,并按设备规定的周期对其进行校准,保证设备的测量数值准确可靠,使所有关键设备随时都能保持良好的工作状态;并且需要设立常规监测设备的备用机制,当一台出现故障或检修时,备用装置能迅速启用。此外,还需建立一套高效的装备快速调用机制,明确装备调用的流程与责任分工,确保在突发水文事件发生时,能够迅速、有序地将所需装备调配至指定地点,为应急监测工作提供坚实的硬件支撑。

4 结语

极端天气下中小河流的水文应急监测,是防洪减灾链条中至关重要且极具挑战性的一环。它不仅是技术能力的体现,更是组织管理、后勤保障和人员素质的综合考验。当前,以快速部署、自动化遥测、移动平台、新型传感和信息技术为支柱的应急监测技术体系已初步形成,并在实战中发挥着日益重要的作用。临沂市水文中心的实践表明,必须坚持“平时重维护、战时有准备、技术多储备、手段相补充”的原则,不断强化应急监测能力建设。未来,应紧跟科技发展前沿,推动水文应急监测向更智能、更集成、更可靠的方向演进,构建起适应新时代防汛减灾需求的“空天地一体化”应急监测网络,筑牢水安全防线,为保障经济社会高质量发展和人民生命财产安全提供坚实的水文支撑。

参考文献

- [1] 钱镜林. 中小河流洪水预报调度关键技术研究[M]. 中国水利水电出版社: 202306: 113.
- [2] 薛内川,何宇,蒋吉发. 四川省中小河流水文监测中流量自动测验技术浅谈[J]. 四川水利, 2018, 39(02): 83-86.
- [3] 丁俊凯. 云南中小河流水文监测系统水文测验方式研究[J]. 云南水力发电, 2016, 32(05): 11-13.