

实时水文监测技术在洪水预警系统中的应用研究

杨磊

博尔塔拉水文勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v8i12.5894

[摘要] 博尔塔拉河流域受山区地形和气候特征影响,洪水突发性强、破坏力大。实时水文监测技术的发展为解决这些问题提供了新的思路和方法,作为新一代信息技术与水文监测深度融合的产物,通过物联网感知、实时传输和智能分析等手段,实现了对水文要素的连续自动监测,为洪水预警决策提供了更加及时和可靠的数据支持。

[关键词] 实时水文监测; 洪水预警; 系统构建

中图分类号: TV122 **文献标识码:** A

Research on the Application of Real-time Hydrological Monitoring Technology in Flood Warning Systems

Lei Yang

Bortala Hydrological Survey Center

[Abstract] The Bortala River basin, influenced by mountainous terrain and climatic characteristics, experiences sudden and highly destructive floods. The development of real-time hydrological monitoring technology provides new ideas and methods to address these issues. As a product of the deep integration of new-generation information technology and hydrological monitoring, it achieves continuous and automatic monitoring of hydrological elements through IoT sensing, real-time transmission, and intelligent analysis, providing more timely and reliable data support for flood warning decisions.

[Key words] Real-time Hydrological Monitoring; Flood Warning; System Construction

引言

在全球气候变化的大背景下,博尔塔拉河流域正面临着前所未有的洪水威胁,其防洪减灾工作面临着严峻挑战。传统的水文监测方法,受限于监测频率低、数据传输滞后以及预警时间短等问题,已难以适应现代防洪减灾工作的实际需求。特别是在高寒山区这一特殊环境下,传统方法更是捉襟见肘,无法满足对洪水风险的实时监测和预警需求。因此,构建一个能够适应高寒山区复杂环境、具备高效实时监测和预警能力的水文监测系统,已成为当前博尔塔拉河流域防洪减灾工作的当务之急。

1 研究背景

1.1 博尔塔拉河流域概况

博尔塔拉河是中国新疆西部的一条内流河,发源于空郭罗鄂博山的别洪林达坂。向东流经新疆温泉县、博乐市后,在精河县境内接纳大河沿子河,后折向北偏东方向,注入艾比湖,全长约252公里,是艾比湖的主要补给水源。流域面积约15928平方公里,其中山区面积占60%,平原区占40%。河流具有典型的山区性河流特征,上游多为陡峭山地,中下游为广阔的冲积平原。流域平均年降水量在山区达到400—500毫米,平原区仅为100—200

毫米,降水时空分布极不均匀。河流径流主要来源为降雨和冰雪融水,具有明显的季节性变化特征。流域内分布有多个水文站点,包括博乐站、精河站等重要控制站,承担着流域水文监测和防洪预警的重要任务。近年来,随着流域经济的快速发展,沿河分布了众多居民点和重要基础设施,防洪安全面临着严峻挑战。

1.2 博尔塔拉流域洪水特征分析

博尔塔拉河流域的洪水主要发生在每年的5—8月份,其中6—7月份是洪水的高发期。根据历史资料统计,流域洪水可分为三种类型:夏季暴雨型洪水、融雪型洪水和暴雨融雪混合型洪水。暴雨型洪水具有突发性强、峰值流量大的特点,往往由强对流天气系统引发的短历时强降雨造成;融雪型洪水则出现在春季气温快速回升时期,具有持续时间长、总量大的特点;混合型洪水危害最为严重,常发生在融雪期与暴雨期重叠的时段。近年来,受气候变化影响,流域极端降水事件频发,洪水发生频率明显增加,且呈现出峰值流量增大、过程频繁的趋势^[1]。

1.3 博尔塔拉水文监测系统存在的问题

博尔塔拉河流域现有的水文监测系统在应对新形势下的防洪需求时暴露出诸多不足。首先,传统的人工观测方式反应滞后,

难以满足突发性洪水事件的监测需求;其次,现有自动监测设备覆盖密度不足,部分重要控制断面缺乏实时监测能力,形成监测盲区;第三,数据传输方式较为单一,在极端天气条件下容易出现通信中断,影响监测数据的及时性;第四,监测要素不够全面,缺乏对影响洪水形成的关键要素(如土壤含水量、积雪深度等)的实时监测;第五,数据处理分析方法相对落后,未能充分利用现代信息技术手段提升数据分析能力。这些问题严重制约了流域防洪预警能力的提升,亟须通过技术革新来解决。

2 实时水文监测技术的概述

实时水文监测技术是一种集成了多种传感器和数据处理技术的自动化监测系统,能够实时监测和记录河流、湖泊、水库等水域的水位、流量、水质等多种水文要素。该技术主要依赖于高精度的传感器、数据采集单元(DAU)、无线通信技术以及数据处理和分析系统。传感器被安装在河道、湖泊等水体中,能够实时监测水文要素的变化,并将这些变化转换为电信号。数据采集单元负责将模拟信号转换为数字信号,并进行初步的数据处理。处理后的数据通过无线通信技术(如GPRS、LTE、Wi-Fi等)或有线通信方式(如光纤、以太网等)实时传输到中央监控平台。在洪水预警系统中引入实时水文监测技术的原因主要有以下几点:

(1) 提供及时准确的数据支持:实时水文监测技术能够实时监测和记录多种水文要素,为洪水预警系统提供及时、准确的数据支持。这些数据对于判断洪水发生的可能性、预测洪水的规模和影响范围具有重要意义。

(2) 提高预警效率:通过实时水文监测技术,洪水预警系统能够及时发现异常的水文变化,并立即向相关部门发出预警。这有助于相关部门迅速启动防洪措施,最大限度地减少潜在的生命财产损失。

(3) 支持水资源管理和环境保护:实时水文监测技术不仅有助于洪水预警,还能够为水资源管理和环境保护提供有力支持。通过监测水质指标,可以及时发现和预警水体污染,为环境保护和治理提供科学依据。

(4) 促进技术创新和多领域融合:随着科技的不断进步,实时水文监测技术在技术创新方面有着广阔的发展前景。例如,结合气象、地理等多源数据的智能算法,能够提前数小时甚至数天对可能出现的严重洪涝进行预警。

3 洪水预警系统中实时水文监测系统构建

3.1 监测站点布设原则

博尔塔拉河流域实时水文监测站点的布设应遵循“全面覆盖、重点加密、因地制宜”的原则。在空间分布上,采用“点、线、面”相结合的布局方式,在干流上游设置4个控制性站点,用于监测入流情况,每个出山口河流均有监测断面,出山口共布设41个站点,下游平原区根据防洪保护对象分布情况,布设中小河流5个监测站点。在支流上,选取流域面积大于300平方公里的主要支流设置监测站点。在地形地貌复杂区域,如险工险段、重要桥梁、堤防工程等关键部位,适当加密监测站点。同时,考虑

站点的地形条件、交通可达性、供电条件和通信环境,确保监测设备的安装维护和数据传输需求。最终在全流域形成由50个地面监测站点构成的监测网络,实现对流域水文要素的全面监控。

3.2 监测要素选择

根据博尔塔拉河流域洪水预警需求,构建了多要素协同监测体系,主要涵盖水位、流量、水温、泥沙等常规水文要素,还有气温、降水量、蒸发等气象监测要素。另外还有一些特殊监测要素,如土壤含水量、积雪深度等。对于水位监测,监测人员可采用人工和雷达式水位计互校核相结合的方式,确保监测精度和可靠性。流量监测可采用固定式多普勒雷达流速仪,结合人工测定建立水位流量关系。至于降水量监测可采用翻斗式雨量计,蒸发采用一体式蒸发系统(磁致水位计)。监测人员要注意,所有监测设备均选用适应性强、抗干扰能力好的产品,并采取防雷、防冻、防尘等保护措施,确保在恶劣环境下的稳定运行。监测频率根据不同要素特点和预警需求灵活设置,汛期加密观测频次^[2]。

3.3 数据采集与传输方案

实时水文监测系统主要采用多层次数据采集与传输架构,在数据采集层,采用工业级数据采集器,具备本地数据存储、自动校准和故障诊断功能。数据传输可利用“主备结合、多通道互备”的方案,主传输通道专用移动、电信网络,覆盖流域90%以上区域,无信号地区使用包括北斗卫星通信和短波通信,在主通道中断时自动切换。数据传输协议均采用新疆651传输规约,实现数据加密传输和数据压缩。监测人员可以在重要站点设置UPS不间断电源和太阳能供电系统,保障设备持续运行。系统设置了完善的数据传输监控机制,对数据传输质量进行实时监测,发现异常及时报警和处理。

3.4 预警阈值确定方法

基于多维度分析的动态预警阈值确定方法,通过分析历史洪水过程资料,监测人员可以通过本系统建立不同重现期洪水的特征值数据库。而考虑流域下垫面变化和气候变化的影响,引入动态修正因子,使预警阈值能够适应环境变化。在此基础上,建立三级预警阈值体系:一级预警基于单站点监测数据,设置针对水位、流量等单一要素的预警阈值;二级预警基于多站点协同分析,考虑上下游水文站点之间的相关性,设置流域尺度的预警阈值;三级预警基于多要素综合分析,将降雨量、融雪量、气温等因素纳入考虑,建立综合预警指标体系。预警阈值的确定是通过模糊综合评判方法,与专家经验和数据分析相结合,提高阈值的科学性和可靠性^[3]。

3.5 系统集成与平台建设

实时水文监测系统的集成与平台建设可采用“云+边+端”的三层架构。在终端层,监测人员整合各类传感器和数据采集设备,实现数据标准化采集,在边缘层,部署边缘计算节点,完成数据预处理和本地分析,在云端层,构建统一的数据管理和应用服务平台。另外,平台建设微服务架构,通过数据接入服务、数据

存储服务、数据处理服务、可视化服务和预警服务各个模块,确保海量数据的高效存储和快速访问。系统提供Web端和移动端两种访问方式,支持多级用户权限管理,可视化界面采用模块化设计,提供实时监测数据展示、历史数据查询、统计分析、预警信息发布等功能,具备高并发处理能力,可支持百级监测站点的实时数据接入和处理。

4 实时水文监测技术在洪水预警系统中的应用建议

4.1 系统优化建议

基于博尔塔拉河流域实时水文监测系统的运行实践,监测人员可以将实时水文监测技术进一步优化监测站点布局,在现有站网基础上,重点加密山区暴雨多发区和重要支流汇入口的监测密度,开展站网评价分析,识别监测盲区,适当增设临时监测点,提高监测网络的代表性。同时,建议升级改造现有监测设备,推广应用新型智能传感器,如全断面多普勒流速仪、雷达水位计等,提高监测精度和可靠性。还要加强边缘计算能力建设,在重要监测节点部署边缘服务器,实现数据的本地化处理和快速响应。在软件方面同样不可放松,及时优化系统软件架构,采用微服务和容器化技术,提高系统的可扩展性和维护效率。注意一点,加强数据安全保护措施,建立完善的数据备份和容灾机制,确保系统安全稳定运行,建议建立系统性能评估机制,定期开展系统诊断和优化,持续提升系统运行效能。

4.2 维护管理要点

实时水文监测系统的维护管理是保障系统持续稳定运行的关键,可建立专业化的运维团队,配备熟悉水文、电子、通信等多领域知识的技术人员,定期开展专业培训,提升运维人员技术水平。并且,制定详细的设备维护保养制度,包括日常巡检、定期维护和应急处置等内容,特别要注意冬季防冻和夏季防雷等季节性维护工作。建立完善的备品备件管理制度,根据设备使用寿命和故障率,合理储备关键部件,确保设备故障时能够及时更换维修。与此同时,监测人员要不断完善监测数据质量管理体系,定期开展数据质量评估,建立数据质量责任制,确保监测数据的可靠性,制定设备故障、通信中断等突发情况的应急预案,定期组织应急演练。然后,加强与气象、通信等相关部门的协调配合,建立信息共享和联动机制,定期总结分析系统运行情况,不断完

善维护管理措施。

4.3 推广应用展望

在推广应用过程中,监测人员需要注意充分考虑各流域的特点差异,因地制宜地调整系统配置,不能简单照搬现有方案。在系统规划阶段,需深入分析目标流域的水文特征、地形条件、气候特点等要素,制定符合实际需求的建设方案。同时,建议采用分步实施策略,先在重点区域开展试点建设,积累经验后再逐步推广,推广过程中,要注重技术创新和本地化改造,针对不同地区的具体问题开发适用性解决方案,加强标准化建设,制定统一的技术标准和规范,促进系统间的互联互通和数据共享。监测人员还要注重成本效益分析,合理控制建设和运维成本,提高系统的经济性。可加强与科研机构的合作,持续开展关键技术研究,不断提升系统性能,建议建立区域联动机制,加强流域间的技术交流和经验分享,推动实时水文监测技术的整体发展水平。

5 结束语

实施实时水文监测系统可有效实现水文要素的自动采集、实时传输和智能分析,显著提升洪水预警的准确性和时效性。研究成果为流域防洪减灾提供了有力的技术支撑,具有良好的推广应用价值。未来,监测人员要进一步优化系统性能,拓展应用范围,为新疆地区水文监测和防洪减灾工作提供更可靠的技术保障。在实践中持续完善监测网络,提升预警模型精度,强化部门协作,充分发挥实时水文监测技术在防洪减灾中的重要作用。

[参考文献]

- [1]刘梅.黄河流域泾河东庄水库施工期水文监测技术方案分析[J].中国防汛抗旱,2024,34(09):86-89+95.
- [2]张雅丽.以监测技术升级带动预报模型升级[N].中国水利报,2024-04-11(007).
- [3]程海云.强化水文监测预报预警支撑安澜长江建设[J].长江技术经济,2021,5(05):1-5.

作者简介:

杨磊(1990-),男,汉族,甘肃定西人,全日制本科,工程师,研究方向为水文勘测。