文章类型：论文|刊号（ISSN）：2529-7821 /（中图刊号）：868GL002

极端降水条件下水文测站响应与安全保障体系构建研究

张小径
安康水文水资源勘测中心长枪铺水文站
DOI:10.12238/hwr.v9i8.6534

[摘　要] 本研究聚焦于极端降水条件下水文测站的运行风险与应对体系建设。随着全球气候变化加剧,短时强降水事件日益频繁且强度增强,对水文测站的监测精度、设备运行、数据传输和人员安全带来严重挑战。本文在分析短时强降水的特征及形成机制的基础上,系统梳理了水文测站的功能作用与面临的主要风险,提出了涵盖监测预警、应急响应、数据处理与传输、人员培训等核心环节的响应机制,并进一步构建了以设备防护、数据质量控制、通信冗余、人员安全和跨部门协作为支撑的安全保障体系。研究结果表明,该体系能够在短时强降水条件下有效提升水文测站的运行可靠性和数据服务能力,为防洪减灾与水资源管理提供系统化支撑。
[关键词] 短时强降水；水文测站；响应机制；安全保障体系
中图分类号：P336　文献标识码：A

Research on the Construction of Response Mechanisms and Safety Guarantee System of Hydrological Stations under Extreme Precipitation Conditions

Xiaojing Zhang
Changjiangpu Hydrological Station of Ankang Hydrological and Water Resources Survey Center
[Abstract] This study focuses on the construction of an operational risk management and safeguarding system for hydrological stations under extreme precipitation conditions. With the intensification of global climate change, short-term heavy rainfall events are becoming more frequent and intense, posing serious challenges to monitoring accuracy, equipment operation, data transmission, and personnel safety. Based on an analysis of the characteristics and mechanisms of short-term heavy precipitation, the study systematically reviews the functions of hydrological stations and their major risks. It then proposes a response mechanism covering monitoring and early warning, emergency response, data processing and transmission, and personnel training, and further establishes a safety guarantee system supported by equipment protection, data quality control, redundant communication, personnel safety, and interdepartmental collaboration. The results show that this system can effectively improve the operational reliability and data service capacity of hydrological stations during short-term heavy rainfall, providing systematic support for flood control and water resources management.
[Key words] short-term heavy precipitation; hydrological station; response mechanism; safety guarantee system

近年来,受全球气候变化影响,极端天气事件频发,短时强降水作为其中典型代表,具有历时短、强度大、突发性强等特点,易引发城市内涝、山体滑坡、泥石流等灾害,严重威胁人民生命财产安全。水文测站作为获取水文信息的重要基础设施,在洪水预警、水资源管理等方面发挥着关键作用。然而,短时强降水给水文测站带来了一系列挑战,如何有效应对这些挑战,确保水文测站在复杂天气条件下正常运行,成为当前水文领域亟待解决的重要问题。本文旨在深入研究短时强降雨水文测站的响应与应对策略,为提升水文测站的服务能力提供理论支持。

1 短时强降水的特征分析

1.1定义与标准

短时强降水是指短时间内出现的强度较大的降水过程。不同地区和组织对短时强降水的定义和标准有所差异。一般来说,气象部门将1小时降水量达到20毫米以上或3小时降水量达到50毫米以上的降水过程定义为短时强降水。这种高强度的降水在短时间内集中释放大量水分,对地表径流、土壤水分等水文要素产生显著影响。

1.2时空分布特征

从时间分布上看,短时强降水多发生在夏季,尤其是午后到傍晚时段。这是因为夏季气温高,大气不稳定,容易形成对流云

团,进而产生短时强降水。在一天中,午后太阳辐射强烈,地面受热不均,空气对流运动旺盛,有利于降水的形成和发展。从空间分布上看,短时强降水在山区、城市和沿海地区更为常见。山区地形复杂,气流受地形影响容易产生上升运动,促进降水的形成;城市由于热岛效应,空气对流增强,也增加了短时强降水的发生概率;沿海地区受海洋水汽影响,水汽充足,在合适的天气系统作用下,容易出现短时强降水。

1.3形成机制

短时强降水的形成需要具备充足的水汽、强烈的上升运动和不稳定的大气层结三个条件。充足的水汽是降水的物质基础,通常来自海洋、湖泊等水体的蒸发。强烈的上升运动可以使水汽迅速冷却凝结成云滴,进而形成降水。上升运动的动力来源主要有地形抬升、热力对流和天气系统的辐合上升等。不稳定的大气层结则有利于空气的垂直运动发展,使云体不断发展壮大,从而产生较强的降水。例如,当暖湿气流遇到冷空气或地形阻挡时,会被迫抬升,形成对流云团,引发短时强降水。

2 水文测站的功能与作用

水文测站的主要功能是对水文要素进行监测,包括水位、流量、降水量和水质等。水位监测通过水位计实时掌握河流、湖泊和水库的水位变化,为洪水预警和水资源调度提供基础数据;流量监测用于测量水流速度和流量大小,帮助认识水资源的动态变化;降水量监测依靠雨量计记录降水强度和总量,为气象预报和水资源评估提供依据;水质监测则通过检测化学成分和微生物,评估水体质量,确保水资源安全利用。

同时,水文测站在洪水预警、水资源管理和科学研究中也发挥重要作用。通过实时监测并在水位或流量超警戒值时及时发布预警信息,可为防洪减灾赢得宝贵时间,并为调度方案和洪水预报模型提供数据支持。测站数据还能为水资源合理配置与保护提供依据,满足多领域用水需求并及时发现污染问题。长期监测数据则是科学研究的重要基础,有助于揭示水文循环规律,分析气候变化和人类活动对水资源的影响,并为生态学、地理学等学科提供支撑。

3 短时强降雨水文测站面临的挑战

3.1设备损坏风险

短时强降水往往伴随着大风、雷电等恶劣天气,这些天气条件容易对水文测站的设备造成损坏。例如,大风可能会吹倒水位计、雨量计等监测设备,雷电可能会击坏电子设备和通信线路,导致设备无法正常运行,影响数据的采集和传输。此外,强降水还可能引发山体滑坡、泥石流等地质灾害,掩埋或冲毁水文测站的设施,给测站带来严重的破坏。

3.2数据准确性问题

在短时强降水期间,由于降水强度大、水流速度快,会导致水体中泥沙含量增加,水位和流量变化剧烈。这些因素会影响水位计、流量仪等监测设备的测量准确性。例如,泥沙会附着在水位计的传感器上,导致测量误差增大;水流的剧烈变化可能会使流量仪的测量结果不稳定。此外,强降水还可能导致测站周围的地形地貌发生改变,如河道淤积、河床冲刷等,进一步影响数据的准确性。

3.3通信中断风险

水文测站的数据需要通过通信线路实时传输到管理部门。然而,短时强降水可能会导致通信线路受损,如电线杆被吹倒、光缆被损坏等,从而造成通信中断。通信中断会使测站的数据无法及时传输,影响洪水预警和水资源管理等工作的正常开展。此外,在一些偏远地区,通信信号本身就比较弱,短时强降水可能会进一步削弱通信信号,增加通信中断的风险。

3.4人员安全威胁

短时强降水可能引发各种灾害,如洪水、山体滑坡、泥石流等,给水文测站工作人员的生命安全带来威胁。在强降水期间,工作人员需要到现场进行设备维护和数据采集等工作,面临着被洪水淹没、被山体滑坡掩埋等危险。此外,恶劣的天气条件也会增加工作人员的工作难度和劳动强度,容易导致疲劳和意外事故的发生。

4 水文测站的响应机制

4.1监测预警机制

建立完善的监测预警机制是水文测站应对短时强降水的重要前提。首先,要加强对气象信息的获取和分析,及时掌握短时强降水的预报信息。通过与气象部门的合作,获取高精度的气象预报数据,提前做好应对准备。其次,要优化水文监测设备的布局和配置,提高监测的精度和可靠性。增加水位、流量、降水量等监测设备的数量,确保能够全面、准确地掌握水文要素的变化情况。同时,要建立实时监测数据的分析和预警系统,当监测数据超过警戒值时,及时发出预警信号,通知相关人员采取应对措施。

4.2应急响应机制

制定科学合理的应急响应机制是水文测站在短时强降水期间迅速、有效地开展应对工作的关键。应急响应机制应包括应急组织机构、应急响应流程和应急处置措施等内容。成立以测站负责人为组长的应急指挥小组,明确各成员的职责和分工。当接到短时强降水预警信息或监测数据出现异常时,立即启动应急响应流程,组织人员对测站设备进行检查和维护,确保设备正常运行。同时,要制定针对不同灾害情况的应急处置措施,如在发生洪水时,及时转移人员和设备,避免造成人员伤亡和财产损失。

4.3数据处理与传输机制

在短时强降水期间,要确保水文监测数据的及时、准确处理和传输。建立高效的数据处理系统,对监测数据进行实时分析和处理,去除异常数据,提高数据的质量。同时,要优化数据传输方式,采用多种通信手段,如无线通信、卫星通信等,确保数据能够及时传输到管理部门。在通信线路受损的情况下,要能够迅速切换备用通信方式,保证数据的连续性。此外,要建立数据备份机制,定期对监测数据进行备份,防止数据丢失。

4.4人员培训与演练机制

提高水文测站工作人员的应急处置能力和专业素质是应对短时强降水的重要保障。要加强对工作人员的培训，定期组织业务培训和应急演练。培训内容包括气象知识、水文监测技术、设备维护与管理、应急处置方法等。通过培训，使工作人员熟悉短时强降水的特点和应对措施，掌握监测设备的操作和维护技能。同时，要定期组织应急演练，模拟短时强降水等灾害场景，检验应急响应机制的有效性和工作人员的应急处置能力。通过演练，及时发现问题并进行改进，提高应对灾害的实战能力。

5 水文测站的安全保障体系构建措施

5.1设备防护与维护措施

加强水文测站设备的防护和维护是安全保障体系构建的重要内容，也是确保设备正常运行的关键。首先，要对设备进行合理的选址和安装，避免设备安装在易受洪水、山体滑坡等灾害影响的区域。同时，要对设备进行加固和防护，如为水位计、雨量计等设备安装防风罩、防雷装置等，提高设备的抗灾能力。其次，要建立定期的设备维护制度，定期对设备进行检查、校准和维修，确保设备的性能稳定。在短时强降水来临前，要对设备进行全面的检查和维护，及时发现和排除故障隐患。此外，要储备足够的设备配件和维修工具，以便在设备出现故障时能够及时进行维修。

5.2数据质量控制措施

在安全保障体系构建时，为确保水文监测数据的准确性与可靠性，需要从设备、流程和环境三个方面进行系统控制。监测设备应定期进行校准和检验，保证测量结果稳定可信。建立严格的数据审核制度，对采集结果进行多层次筛查，剔除异常和错误记录，并运用滤波、平滑等方法提升数据质量。在数据处理过程中，要注重多源比对与动态修正，增强结果的科学性。同时，加强对测站周边环境的监测与评估，及时发现地形、河道或气象条件变化对数据的潜在干扰，采取相应措施加以修正。通过这一系列举措，能够有效提升水文数据的精度和时效性，为洪水预警和水资源管理提供可靠支撑。

5.3通信保障措施

保障通信畅通是安全保障体系构建的主要环节，也是水文测站在短时强降水期间正常运行的重要保障。要加强通信线路的建设和维护，对电线杆、光缆等通信设施进行加固和防护，提高通信线路的抗灾能力。同时，要采用多种通信手段，如无线通信、卫星通信等，建立冗余通信系统，确保在一种通信方式出现故障时，能够及时切换到其他通信方式。此外，要与通信部门建立良好的合作关系，在通信线路受损时，能够及时得到通信部门的支持和修复。

5.4人员安全保障措施

构建安全保障体系时，保障水文测站工作人员的生命安全是首要任务。要为工作人员配备必要的安全防护装备，如救生衣、安全帽等，提高工作人员在灾害环境中的自我保护能力。同时，要加强对工作人员的安全教育和培训，提高工作人员的安全意识和应急处置能力。在短时强降水期间，要合理安排工作人员的工作任务，避免工作人员在危险区域作业。如遇洪水、山体滑坡等灾害，要及时组织工作人员撤离到安全地带，并确保撤离过程中的安全。

5.5与相关部门的协作与联动

水文测站的安全保障体系构建需要与气象、水利、应急管理等相关部门密切协作与联动。与气象部门建立信息共享机制，及时获取准确的气象预报信息，提前做好应对准备。与水利部门加强沟通与合作，共同制定防洪调度方案，合理调配水资源。与应急管理部门建立应急联动机制，在发生灾害时，能够迅速响应，协同开展救援和抢险工作。

6 结束语

本文通过对短时强降水的特征分析、水文测站的功能与作用、面临的挑战、响应机制以及应对措施的研究，得出以下主要成果：明确了短时强降水的时空分布特征和形成机制，分析了水文测站在短时强降水期间面临的设备损坏、数据准确性问题、通信中断和人员安全威胁等挑战，构建了包括监测预警、应急响应、数据处理与传输和人员培训与演练等在内的响应机制，并提出了设备防护与维护、数据质量控制、通信保障、人员安全保障和与相关部门协作联动等安全保障体系构建措施。未来，需进一步加强对短时强降水的监测和研究，提高气象预报的准确性和时效性。

[参考文献]

[1]方巍,齐媚涵.基于深度学习的高时空分辨率降水临近预报方法[J].地球科学与环境学报,2023,45(03):706-718.

[2]钱强.经济新常态下加强水文管理的思考[J].审计与理财,2017,(08):46-48.

[3]乔俊飞,杨翠丽,毕敬.水环境智能感知与智慧监控[M].化学工业出版社,2023.10.413.

[4]水文基础设施建设及技术装备标准:SL/T 276-2022[S].奔流电子音像出版(北京)有限公司,2022.

[5]赖杭,邹显勇,范光伟,等.河湖岸线综合监管系统方法[J].长江科学院院报,2022,39(05):153-158.

作者简介：

张小径(1995--),女,汉族,陕西白河人,大学本科,助理工程师,研究方向：水文水资源。