

水文水资源与防洪减灾

孙园园

(河南省驻马店水文水资源测报分中心, 河南 驻马店 463000)

【摘要】面对全球气候变暖背景下极端气象事件的频发,水文变化分析与风险评估日益成为关键性工作。本文系统探讨了极端气候条件下水文变化特征的识别、水文测验与实时监测技术的进步、水资源可持续利用的评价方法以及防洪减灾的综合管理策略,阐述在洪水预报、风险规划及资源应急响应方面水文学科的价值,并提出相应的应对措施。通过对各项相互关联的原理和方法的综合分析,文章旨在为减少极端水文条件所带来风险提供创新性、学术性、学理性及实用性的科学依据。

【关键词】水文变化分析; 风险评估; 极端气候; 防洪减灾; 资源配置

引言

长久以来,水文的进展促进了对洪涝灾害等自然灾害的理解。然而,极端气候事件引发的灾害仍呈上升趋势,考验着人类社会的适应能力。充分理解水文变化的机制与特征,促进水资源的可持续利用,并制定综合性防洪减灾策略,对提升防灾减灾能力,构筑高效的应急响应机制至关重要。本文聚焦于水文学领域与防洪减灾实践的交汇点,旨在挖掘水文学在现代环境条件下的应用潜力和创新动向。

一、水文变化分析与风险评估

(一) 极端气候事件下的水文变化特征

在探讨极端气候事件对水文周期的影响时,首先考量点就是这些变异事件导致的降水模式的剧烈波动。从全球气候变暖带来的极端降水事件,到干旱和热浪频发的区域气候变化,多种极端天气现象正在改写着地球表面水与地下水的动态平衡。极端气候条件下的水文变化,不仅仅涉及径流量的多寡和时间分布的变迁,同时还牵连到水质、河流生态乃至水资源管理策略的全面调整。

降水的强度和频率的增加导致了城市排水系统面临前所未有的挑战。传统以设计固定规模暴雨回归期的排洪途径显然已不适应多发且变幻莫测的暴雨事件。因而,都市洪涝灾害频发趋于常态化^[1]。究其原因,随着大气温度升高,水汽含量增加,产生的暴雨更趋于局部性、强烈性和突发性,这几个维度共同作用使得洪峰流量剧增,而洪峰的到达时间也大大缩短。

在极端气候背景下,多尺度水文模型成为风险评估和管理策略制定的基石。为了描绘出随机性和非定常性的真实水文响应,研究者将地球系统科学中的不稳定性、非线性反馈等理论引入水文过程分析。更进一步的发展则是运用大数据分析和人工智能技

术以揭示水文变化的深层次机理,并据此构建预测与决策支持系统,升级从被动响应向主动干预的转变。

与此同时,河流径流和地下水位的异常波动,加上水质的变化,共同对生态环境产生连锁影响,其中包括水生生物栖息地的改变、溶解氧含量的减少、营养盐循环的加速等。为因应这些变化,流域管理策略须嵌入更多适应性措施。例如,采用宽泛的保水带和湿地恢复,既能削减洪峰高度,又能促进水生生物的多样性。

从防洪减灾的角度看,传统上依靠建造水坝和防洪堤来控制洪水的方法正遭遇挑战。极端事件引发的不规则洪涝超出了这些水利工程设计的承受范围。随着极端事件日益频繁,更为灵活和动态的防洪策略,例如实时洪水监测预报系统、城市海绵化建设等,逐渐受到关注并投入使用。

(二) 水文测验与实时监测技术

水文测验与实时监测技术是分析流域水文特性、准确响应水资源问题、优化防洪减灾策略的关键环节。随着传感器、遥感技术、信息通讯技术(ICT)的融合与发展,水文监测正向着更为高效、实时和智能化的方向迈进。创新性的水文监测技术不仅仅局限于单一的水位或流速的检测,它包罗了对降水量、蒸发量、地表径流、土壤湿度等多个水文循环环节的连续观测^[2]。由此获取的数据经卫星遥测和无线传感网络传送至数据中心,供水文学家进行深度分析,精准预测即将到来的水文现象。这种测验与监测不断衍生出新的理论模型,反过来指导实时监测技术的创新发展。

以雷达降雨量计和卫星遥感为例,这些现代化的测量工具可以跨越广阔地区提供高精度降水数据。特别是在偏远地区,传统的降水量站点稀缺,卫星遥感提供了不可或缺的降水信息。而先进的气象雷达

系统则可以在较小尺度上详细描绘降水云系的移动和强度变化,这对于极端天气事件的监测至关重要。并且自动水文站成为实时监测的另一重要组成部分。这种测站能够实时采集水位、流量、水质等参数,并通过 GPRS/4G 无线网络实时传输数据。结合地理信息系统(GIS)和水文模型,可准确追踪水文事件的演进,实现对洪水、旱情的快速预警。

未来,借助物联网(IoT)技术的推广,更多类型的传感器将被部署在河流、湖泊、水库及地下水等多个水体中。它们能够实时监测水温、PH 值、溶解氧浓度等,并将数据汇总到云平台。利用这些综合数据,结合机器学习算法,可以识别水文特征的微小变化,从而预测即将发生的变化,并据此制定科学的水资源管理和灾害响应策略。

(三) 水资源可持续利用与评价方法

水资源的可持续利用与评价在维护生态平衡、保障经济社会发展以及应对未来水文变化等多方面扮演着关键角色。在水资源管理中,必须修订与优化水资源配置的策略,实现农业、工业、生活及生态系统等各种用水需求的平衡,促进水权交易和市场机制的发展。具体操作时,需依据多目标规划方法,充分考量地区水资源状况、社会经济需求,以及环境承载力等多方面因素,实现最优化配置^[3]。有效的水资源管理离不开涉水各方的沟通协商与共治共享。通过公众教育和社会动员等手段提升市民的水资源节约意识,激发社会力量对水资源可持续利用的参与与监督。通过法律法规和政策指导,确保水资源分配的公正性,增强社会共识,从而提高水资源管理效率。

水资源不仅在直接的消费使用中具有价值,在维护生态系统完整性与提供生态服务中也表现出其价值。评价体系中应融入生态服务价值评估,诸如湿地保护、水源涵养、生物多样性保护等功能,贯彻到水资源管理的各个环节。同时,气候变化带来的不确定性以及社会经济动荡均可能对水资源产生直接或间接影响。因而,加入系统风险评估和灾害预警机制,强化水资源系统的韧性,同时采取适应性管理策略,使水资源利用与保护策略能够顺应环境与社会的变化,保持灵活性与前瞻性。

另外,数据信息化与智慧水务的创建是水资源可持续利用评价方面的技术保障。穿插先进的遥感、地理信息系统、物联网等技术手段,在提高数据获取效率的同时,实现水资源监测、管理与决策的智能化。例如,基于实时监控网络的水资源质量分析与预警,可以极大地提高水资源管理的时效性和精确性。

(四) 防洪减灾的综合管理策略

防洪减灾的综合管理策略,涉及多方面的考量与协调,以期降低洪涝灾害的风险及影响。核心在于通

过全面性考虑技术、社会、环境和政治经济因素,构建一套系统化的应对框架。策略制定需基于精准的水文变化分析,综合评估流域内的径流特征、降水模式、地质条件与土地利用状况,同时借鉴过去洪水事件的案例,提炼干预措施的成功要素与教训。在此基础上,集成实时监测技术与高级数值模型,如利用雷达水文学与气象学预报技术进行动态降雨-径流模拟,为即时洪水预警与应急响应提供决策支撑。

战略上,推行“以人为本”的防洪理念,促进民众参与与风险共担机制。此种方式包含公众教育、参与式治理与风险信息透明传播等元素,让民众在整个风险管理过程中充当主体,提高自我保护能力与防灾意识。从工程角度谈起,现行防洪措施多基于结构性手段,如修建堤防、水坝、蓄洪区等水工建筑,以物理方法控制洪水发生与传输^[4]。然而,强调“源头减排”的非结构性调控措施亦显得至关重要。该做法包含水土保持、城市海绵体系建设、生态恢复等手段,旨在通过增强流域蓄水与缓释能力,从根本上削减洪峰流量与缓解洪水影响。

二、水文在防洪减灾中的应用价值

(一) 洪水预报与预警

洪水预报与预警系统的核心在于其数据采集和分析预测两大功能。在数据采集层面,现代水文站和气象站点搭载遥感技术、地基雷达等先进设备,能够实现对降水、流量、水位等关键水文变量的实时监测。此外,卫星遥感技术亦为广域范围的水文情况提供了宏观的视角,将传统站点监测与宏观遥感相结合,确保数据的全面性。

预报模型方面,复杂性水文学和数值天气预报的融合发展,衍生出精细化的洪水预测模型,如采用地统计学方法和人工智能技术,提高洪水预报的精度和可靠性。数字水文模型基于历史和实时数据,运用统计水文学和动态水文模拟,无非要捕捉流域降雨-径流过程的动态演变,并基于此提供未来几小时到几天的流量和水位趋势预测。

面对极端天气事件日益增多的挑战,洪水预警系统正逐渐加入不确定性分析,概率性预报为决策者提供了一个考虑不确定性的决策窗口,允许其对多个可能发展情景进行权衡。这类系统还借助风险评估模型,预测洪水可能对特定区域造成的潜在损失,为应急资源的配置和撤离计划的制定提供了依据。

要建立高效的预警机制,不仅涉及技术层面,还涉及信息传达的有效性。在灾害应急通信领域,利用多渠道信息传递,如电视、广播、网络 and 手机短信等方式,以增强覆盖范围和传播速度。同时,通过图形信息系统(Geographic Information System, GIS)辅助河网和易受灾区的定位,了解潜在

受影响人群与资产，保证警报信息的针对性。

在智能化和自动化技术的推动下，现代洪水预报与预警系统正向着更加灵活、响应更快速的方向演进。例如，通过设置使用大数据分析，捕捉复杂气候变量间的非线性关系，提高洪水事件预测的准确性。并且，借助于物联网技术，构建起一个更加智能的监测网络，该网络能够自主地调整监测策略，优化数据收集过程。

（二）风险管理与规划

实现高效风险管理与规划，首先需要全面理解流域的水文循环过程及其可能引发的风险点。此处可利用流域模拟和水文统计方法详尽勾勒流域特性，并识别洪水发生的频率与强度。基于长期的水文数据和近期的气候变化趋势，可构建洪水发生的概率分布模型，评估未来水文事件的风险大小。然后嵌入环境因素考量，例如，城市化地区可能需优先考虑雨洪系统更新，农村地区则可能更需土壤和水资源保护措施。

风险管理与规划不仅要基于历史数据和预测模型，还需要为未来的不确定性制定适应性策略。在此种场景下，治理者可模拟各种风险管理策略的长期效果，选择在多种未来情境下都能维持大规模社会—经济系统稳定的策略^[5]。

规划方面则需完善国土空间规划体系，强调“以水定城、以水定地”的原则，将水文要素深入地融入人类活动区域的分布与利用中。此外，基于生态系统服务理论的防洪规划，通过保护和恢复自然湿地等生态系统，实现“以自然之力”进行灾害风险调控。并且任何风险管理与规划方案都必须符合当地的社会、经济条件，且与公众利益相符。结合社会经济影响评估，这一方案能够实现从多维度评价防洪措施的可持续性与功效。

（三）资源配置与应急响应

资源配置中的最大挑战在于如何在有限资源约束下，高效预置救援物资和调整基础设施。水文模型的运用，便是此过程不可或缺的技术支撑。通过揭示不同情景下水文现象的发展动态，模型辅助决策系统定量评估必要资源的存储和分布。例如，基于设计洪水原理，分析特定重现期内可能出现的最高水位，指导堤防加固与水闸建设；运用风险—收益评价原则，对防洪投资进行经济合理性分析，确保资源的有效利用。

应急响应方面，则需针对水文监测提供的实时数据，开展快速且科学的风险评价与反馈。实时洪水预报系统与决策支持系统（DSS）之间的联动，为救援部队的调度、居民的疏散以及救援资源的投放提供了实时指导^[6]。其中水文预警机制的设置，通过设定不同响应级别的预警阈值，按照既定程序自动启动应

急预案，减少人为判断的滞后性。

此外，面对极端气候和复杂地形条件带来的不确定性，灵敏度分析和情景模拟的合理运用，有助于描绘各种可能发生的突发事件流程，从而优化应急预案，提升灾害响应的适应性和韧性。这其中，智能算法，如机器学习，在处理大规模水文数据并识别关键风险指标方面展现出极大潜力。

关键在于，资源配置与应急响应的有效性，最终取决于多部门间沟通协作的流畅性和信息共享机制的完善性。故而，多部门联动机制的构建，以及信息集成平台的打造，显得至关重要，涵盖水文、气象、地理信息系统等数据资源，为防洪减灾提供有力的信息保障和行动支持。总之，水文科学在资源配置与应急响应方面的应用，是防洪减灾工作协调有序、指挥精准的强大支柱。通过科学的数据分析、理论模型的秉承、先进技术的整合以及跨部门的联动，构筑起一道有效的抵御洪水灾害的安全屏障。

结语

综上所述，本文从多个维度细致解析了水文科学在当前与未来防洪减灾领域的重要作用。随着极端气候事件对社会的影响日益加剧，水文学不仅在防洪减灾的理论发展中占据着举足轻重的角色，更在实际操作中提供了数据支撑和决策指导。通过识别水文变化特征、利用先进的监测技术、评估水资源的可持续性以及制定科学的管理策略，可以显著提高防灾减灾的有效性。未来，继续加强水文学的研究，尤其是其在风险评估、资源配置和应急响应方面的应用，将为社会的可持续发展提供更坚实的科学基础和实践指导。

参考文献：

- [1] 于莉, 隋高阳, 于锐. 水文水资源管理在防洪减灾中的应用研究[J]. 中国建材, 2024, (02): 134-136.
- [2] 宁学鹏. 水文水资源环境管理与防洪减灾措施研究[J]. 水上安全, 2023, (16): 130-132.
- [3] 李斌, 马廷成. 水文水资源管理对防洪减灾的意义及措施探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (27): 199-201.
- [4] 姜苗苗, 赵彦龙. 探析GIS在水文水资源领域中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (26): 184-186.
- [5] 闵倩. 水文水资源环境管理与防洪减灾措施探讨[J]. 水上安全, 2023, (06): 46-48.
- [6] 黄亚滨, 邬述飞, 杨丹阳. 水文水资源环境管理与防洪减灾措施研究[J]. 农业灾害研究, 2023, (07): 326-328.