

基于水文模型的洪水影响评价与防洪策略制定

杨志芳

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 本文旨在探讨水文模型在洪水影响评价与防洪策略制定中的应用。通过概述水文模型的基本原理及其在防洪应用中的关键作用, 本文详细分析了如何利用水文模型进行洪水影响评价, 包括洪水淹没范围预测、洪水风险评估等。同时, 本文还探讨了基于水文模型模拟结果的防洪策略制定与实施, 旨在为洪水灾害的有效预防和减轻提供科学依据。研究表明, 水文模型在洪水管理领域具有广泛的应用前景和重要的实践价值。

关键词: 水文模型; 洪水影响评价; 防洪策略; 洪水预测; 风险评估

引言: 洪水灾害频发, 对人类安全构成了重大威胁, 且其频率和强度因气候变化和人类活动的双重影响不断加剧, 实施科学有效的洪水管理已成为当前迫切的需求。水文模型作为关键工具, 在模拟预测洪水过程中发挥着重要作用, 为洪水影响评价和防洪策略的制定提供了坚实支撑。本文旨在深入探讨水文模型在洪水管理中的应用, 从洪水影响评价与防洪策略制定的意义、水文模型概述、洪水影响评价方法及防洪策略实施等方面进行全面阐述。

1 水文模型的洪水影响评价与防洪策略制定意义

1.1 科学预测洪水过程, 提供洪水影响评价依据

水文模型在洪水管理中扮演着至关重要的角色, 其首要意义在于能够科学、准确地模拟洪水过程。洪水作为一种复杂多变的水文现象, 其发生机制涉及降雨、地形地貌、土壤湿度、河流特性等多重因素。传统预测手段受限于对复杂因素的考量不足, 往往导致预测结果的不确定性较大。而水文模型则基于深厚的数学和物理原理, 综合考虑多种影响因素, 实现对洪水过程的精准模拟。这不仅有助于我们获取洪水淹没范围、流量、历时等关键数据, 更为洪水影响评价提供了坚实的基础。这些数据使我们能够量化分析洪水可能带来的人员伤亡、财产损失及生态环境破坏, 为制定有效的防洪策略提供科学依据。

1.2 制定针对性防洪策略, 减轻洪水灾害损失

基于水文模型的模拟结果, 我们可以制定更加具有针对性的防洪策略, 从而有效减轻洪水灾害带来的损失^[1]。防洪策略涵盖工程措施和非工程措施两大方面, 前者如堤防加固、水库调度、河道治理等, 旨在通过物理手段改变洪水流向、降低水位; 后者则涉及洪水预警系统建设、应急响应机制完善、公众防洪意识提升等, 侧重于提升人类社会的防洪应对能力。水文模型的优势在于能

够模拟不同情境下的洪水过程, 帮助我们评估各种防洪措施的效果和可行性, 从而选择最优方案, 确保防洪措施既有效又经济。此外, 模型还能模拟不同降雨条件下的洪水, 为制定适应多变气候条件的防洪策略提供有力支持。

1.3 支持洪水预警、应急响应和灾后恢复, 提高洪水管理科学性

水文模型在洪水管理的各个阶段均发挥着关键作用。(1) 在预警阶段, 模型能够基于实时和历史数据预测洪水事件, 为及时发出警报提供科学依据。(2) 在应急响应阶段, 模型模拟的洪水过程信息为救援力量的高效部署提供指导。(3) 在灾后恢复阶段, 模型能够模拟洪水对基础设施的影响, 为科学规划恢复工作提供有力支持。通过水文模型的全面应用, 我们能够更加科学地制定应急响应计划和灾后恢复方案, 显著提升洪水管理的科学性和有效性, 为社会的可持续发展提供坚实保障。

2 水文模型概述及其在防洪中的应用

2.1 水文模型定义与分类

水文模型是基于数学、物理和统计原理, 用于模拟和预测水文过程(如降雨、径流、蒸发、地下水流动等)的工具。它们能够模拟自然界中水的循环和分布, 以及人类活动对水文循环的影响。水文模型的基本目的是理解、预测和管理水资源, 以应对洪水、干旱等极端水文事件。根据建模方法和原理的不同, 水文模型可以分为:(1) 确定性模型基于物理定律和已知的水文过程参数, 通过数学方程来描述和预测水文现象。这类模型通常能够提供高精度的模拟结果, 但要求输入数据精确且完整, 计算量较大。常见的确定性模型包括分布式水文模型(如TOPMODEL、VIC模型)和集总式水文模型(如水箱模型)。(2) 统计模型则主要依赖历史数据和统计分析方法, 通过建立输入(如降雨量)与输出(如

径流量)之间的统计关系来预测水文过程。这类模型相对简单,计算量小,但预测精度可能受到数据质量和模型假设的限制。常用的统计模型包括多元线性回归、时间序列分析、神经网络等。(3)概念模型则是介于确定性和统计模型之间的一种折衷方案。它们基于对水文过程的理解和简化,通过一系列逻辑关系和参数来描述水文现象。概念模型通常具有明确的物理意义,但参数值往往需要通过经验或优化方法确定。常见的概念模型包括SCS-CN法(美国土壤保持局曲线数法)、HBV模型(水文预算模型)等。

2.2 常用水文模型介绍

(1) HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System): HEC-HMS是一款由美国陆军工程师兵团水文工程中心开发的综合性水文模拟系统。它能够模拟降雨-径流过程、水库调度、河流洪水演进等,为洪水预报、防洪工程规划和水资源管理提供支持。HEC-HMS具有灵活的模型结构、强大的数据处理能力和用户友好的界面,广泛应用于全球各地的水文模拟和防洪工作中。(2) SWMM (Storm Water Management Model): SWMM是一款由美国环保局开发的用于城市暴雨径流和水质模拟模型。它能够模拟城市地表径流、地下水流动、污水处理和排放等过程,为城市防洪、排水系统设计和水质管理提供支持。SWMM具有详细的模型结构、高精度的模拟能力和丰富的输出结果,广泛应用于城市水文模拟和防洪工作中。(3) SCS-CN法 (Soil Conservation Service-Curve Number Method): SCS-CN法是一种基于经验的水文模型,用于估算降雨产生的径流量。该方法基于土壤湿度、土壤类型和土地利用类型等因素,通过曲线数(CN)来反映降雨-径流关系。SCS-CN法具有简单、易用和计算量小的特点,广泛应用于小流域洪水预报和土地利用规划中。然而,由于该方法基于经验关系,其预测精度可能受到数据质量和模型假设的限制。

2.3 水文模型在防洪中的作用

(1) 洪水预报:水文模型能够基于实时降雨数据和历史洪水数据,预测未来一段时间内可能发生的洪水事件。这有助于提前部署防洪措施,减少洪水灾害造成的损失。(2) 风险评估:通过模拟不同降雨条件下的洪水过程,水文模型可以评估洪水可能造成的风险,包括淹没范围、洪水流量、洪水历时等^[2]。这些信息对于制定防洪策略、优化防洪工程设计和提高公众防洪意识具有重要意义。(3) 防洪工程规划:水文模型能够为防洪工程规划提供科学依据。通过模拟不同防洪工程方案下的

洪水过程,可以评估工程效果、优化工程布局和设计参数,确保防洪工程的安全性和经济性。(4) 水资源管理:在防洪的同时,水文模型还能够为水资源管理提供支持。通过模拟和预测水资源的变化趋势,可以制定合理的用水计划、优化水资源配置,确保水资源的可持续利用。(5) 生态环境影响评估:洪水不仅对人类生命财产安全构成威胁,还可能对生态环境造成严重影响。水文模型能够模拟洪水对生态环境的影响,为制定生态保护和恢复策略提供科学依据。(6) 应急响应:在洪水灾害发生时,水文模型能够迅速提供洪水淹没范围、洪水流量等关键信息,为救援力量的部署和调度提供指导。同时,水文模型还能够模拟洪水对交通、电力等基础设施的影响,为灾后恢复工作提供科学依据。

3 基于水文模型的洪水影响评价

3.1 洪水影响评价流程

(1) 数据收集与处理:这是评价工作的基础。需要收集包括历史降雨数据、地形数据、土壤类型、土地利用信息、水文站观测数据等在内的多种数据。这些数据经过预处理,如清洗、格式转换、空间配准等,以满足模型输入的要求。(2) 模型构建与校准:根据收集的数据,选择或构建合适的水文模型。模型构建完成后,需利用历史洪水事件的数据对模型进行校准,以确保模型能够准确模拟洪水过程。校准过程通常涉及调整模型参数,直到模拟结果与观测数据高度吻合。(3) 洪水模拟与预测:校准后的模型用于模拟未来可能发生的洪水事件。这包括设定不同的降雨情景,运行模型以预测洪水流量、水位和淹没范围等关键指标。(4) 影响分析与评估:基于洪水模拟结果,分析洪水可能造成的各种影响。这包括人员伤亡风险、财产损失评估、生态环境破坏程度等。影响评估通常结合地理信息系统(GIS)和遥感技术,以实现空间化的分析和可视化展示。

3.2 洪水淹没区分析

利用GIS技术,可以将水文模型的模拟结果(如洪水水位、流速等)与地理空间数据(如地形高程、土地利用类型等)相结合,生成洪水淹没范围图^[3]。遥感技术提供了大范围的、高分辨率的地表信息,有助于更精确地划分洪水淹没区。通过淹没区分析,可以直观地了解洪水可能覆盖的区域,为制定防洪措施和疏散计划提供依据。

3.3 洪水风险评估

洪水风险评估旨在量化洪水可能造成的各种损失和风险。基于洪水模拟结果和淹没区分析,可以评估洪水可能造成的人员伤亡、财产损失以及生态环境影响。评估过程通常涉及建立损失评估模型,考虑不同淹没深

度、流速和持续时间对人员和财产的影响。根据评估结果,可以划定洪水风险等级,为制定针对性的防洪策略和保险政策提供科学依据。同时,风险评估结果也有助于提高公众的防洪意识和参与度,共同构建更加安全的社区环境。

4 防洪策略制定与实施

4.1 防洪策略制定原则

防洪策略的制定是确保社会安全和可持续发展的关键环节,其制定应遵循(1)预防为主:防洪应以预防为主,通过科学合理的规划和建设,减少洪水灾害的发生概率和影响程度。这要求我们在城市规划和土地利用中充分考虑防洪需求,避免在洪水易发区进行高风险建设。(2)综合防治:防洪需要采取综合措施,包括工程措施和非工程措施。工程措施如河道治理、水库加固等,旨在直接控制洪水;非工程措施如预警预报体系建设、应急救援体系建设等,则侧重于提高社会应对洪水灾害的能力。(3)重点突破:在资源有限的情况下,防洪策略应突出重点,优先解决对人民群众生命财产安全构成严重威胁的关键问题。这要求我们在防洪规划和建设中,明确重点区域和重点任务,确保防洪资源的高效利用。(4)科技支撑:现代科技在防洪策略制定和实施中发挥着越来越重要的作用。通过应用遥感、GIS、大数据、人工智能等先进技术,我们可以更准确地预测洪水、评估风险、优化防洪措施,提高防洪减灾的效率和效果。

4.2 防洪措施与方法

4.2.1 工程措施

(1)河道治理:通过疏浚河道、修建堤防、设置丁坝等措施,提高河道的泄洪能力,减少洪水对沿岸地区的威胁。(2)水库加固:对已有病险、低标准水库进行加固改造,提高水库的防洪标准和蓄水能力,确保在洪水期间能够正常发挥调蓄作用。(3)堤防建设:在河流沿岸修建堤防,防止洪水泛滥,保护沿岸地区的安全。(4)排水系统完善:加强城市排水系统建设,提高排水能力,减少内涝风险。

4.2.2 非工程措施

(1)预警预报体系建设:建立完善的洪水预警系

统,实时监测降雨和洪水情况,及时发布预警信息,为应急响应提供时间窗口。(2)应急救援体系建设:加强应急救援队伍建设,提高救援装备水平,完善应急预案,确保在洪水灾害发生时能够迅速响应、有效救援。

4.3 基于水文模型的防洪策略优化

结合水文模型的模拟结果,我们可以对防洪策略进行优化调整。通过模拟不同降雨条件下的洪水过程,我们可以评估不同防洪措施的效果和可行性,从而选择最优的防洪方案。此外水文模型还可以帮助我们预测未来洪水的发展趋势,为防洪策略的长期规划提供科学依据。

4.4 防洪策略实施与监测

防洪策略的实施是一个系统工程,需要政府、企业和社会各界的共同努力。实施步骤包括制定详细的实施计划、明确责任分工、筹集资金和资源、组织施工等。在实施过程中,应加强监测和评估工作,确保防洪措施的有效执行。监测方法包括现场巡查、遥感监测、数据分析等,旨在及时发现和解决实施过程中存在的问题。效果评估则通过对比实施前后的洪水影响情况,评估防洪策略的实施效果,为后续的改进和优化提供依据。

结语

本文探讨了水文模型在洪水影响评价与防洪策略制定中的应用。通过概述水文模型的基本原理及其在防洪中的关键作用,本文详细分析了如何利用水文模型进行洪水影响评价和防洪策略制定。研究表明,水文模型在洪水管理领域具有广泛的应用前景和重要的实践价值。未来,随着水文模型技术的不断发展和完善,其在洪水管理领域的应用将更加广泛和深入。同时也需要加强跨学科合作和技术创新,推动洪水管理领域的科技进步和发展。

参考文献

- [1]冯会芳,杨颖明,雷东海.基于水文模型预报能力分析的洪水预报[J/OL].地下水,2024,(05):246-247+250.
- [2]刘皓.二维数学模型在通航河道防洪评价中的应用[J].内蒙古水利,2023,(09):60-62.
- [3]李燕,杨栋丹.神经网络算法在传统水文模型洪水预报中的应用[J].河南水利与南水北调,2024,53(05):34-35.