

雨水管网数值模型在城市排水防涝中的应用研究

毛海军¹ 黄炜² 李玲³

1. 浙江管卫建设有限公司; 2. 衢州市城投建设有限公司; 3. 衢州职业技术学院

DOI: 10.12238/ems.v5i9.8446

[摘要] 本文探讨了雨水管网数值模型在城市排水防涝中的应用及其发展。雨水管网数值模型是一种计算机模拟技术,能够模拟城市在极端降雨情况下的水流行为,为城市规划者和工程师提供设计有效雨水管理方案的依据。模型基于城市地形、建筑布局、道路网络、基础设施和气候数据,预测水量、流速和流向,评估洪水风险点。本文分析了模型在洪水风险预测、径流量预测、雨水管理系统设计、气候变化影响评估和应急响应规划等方面的应用进展。随着技术发展,模型将更加注重雨水径流的质量评估,融入机器学习算法提高预测准确性,以及在云计算平台上运行提高灵活性和成本效益。这些进步将使模型在城市防洪减灾中发挥关键作用,支持安全、可持续的城市建设。

[关键词] 雨水管网; 数值模型; 城市管理

Research on the Application of Numerical Models of Rainwater Pipeline Networks in Urban Drainage and Flood Control

Mao Haijun¹ Huang Wei² Li Ling³

1. Zhejiang Guanwei Construction Co., Ltd;

2. Quzhou Urban Investment Construction Co., Ltd;

3. Quzhou Vocational and Technical College

[Abstract] This article explores the application and development of numerical models for rainwater pipe networks in urban drainage and flood prevention. The numerical model of rainwater pipe network is a computer simulation technology that can simulate the water flow behavior of cities under extreme rainfall conditions, providing a basis for urban planners and engineers to design effective rainwater management schemes. The model is based on urban terrain, building layout, road network, infrastructure, and climate data to predict water volume, flow velocity, and direction, and evaluate flood risk points. This article analyzes the application progress of models in flood risk prediction, runoff prediction, rainwater management system design, climate change impact assessment, and emergency response planning. With the development of technology, models will pay more attention to the quality evaluation of rainwater runoff, integrate machine learning algorithms to improve prediction accuracy, and run on cloud computing platforms to improve flexibility and cost-effectiveness. These advances will enable models to play a crucial role in urban flood control and disaster reduction, supporting safe and sustainable urban construction.

[Key words] rainwater pipe network; Numerical model; city management

1. 引言

雨水管网数值模型是一种高度复杂的计算机模拟技术,

它通过数字化方式再现城市在极端降雨情况下的水流行为。

这种模型的建立基于对城市地形、建筑布局、道路网络以及

其他关键基础设施的详尽数据收集, 同时还需考虑当地的气候特征和历史气象数据。通过这些数据, 模型能够预测在特定降雨条件下, 城市各区域可能遇到的水量、流速和流向, 进而评估潜在的洪水风险点。这些模型的设计初衷是为了减少城市洪水带来的灾害风险, 它们能够为城市规划者和工程师提供宝贵的信息, 帮助他们设计出更加有效的雨水管理方案。例如, 模型可以模拟屋顶绿化、雨水花园或滞留池等不同类型的雨水管理设施的性能, 从而确定哪些措施在特定区域更为有效和经济。此外, 雨水管网数值模型在提供早期预警信息方面也发挥着重要作用。通过整合来自深度传感器和其他监测系统的实时数据, 模型能够实时更新, 及时反映潜在洪水的最新情况。这些信息对于发布洪水警报、疏散高风险地区的居民以及动员应急响应团队至关重要。随着技术的进步, 雨水管网数值模型也在不断发展和完善。现代模型不仅能够评估当前的洪水风险, 还能够预测气候变化对降水模式的影响, 以及这些变化如何增加洪水风险。它们可以模拟不同降雨事件的强度和频率, 评估现有雨水管理系统的承载能力, 并识别可能需要改进的地方。雨水管网数值模型的未来发展将更加注重雨水径流的质量, 包括评估污染物的影响和制定最佳管理措施。同时, 模型将融入机器学习算法, 提高预测的准确性和系统的运行效率。云计算平台的应用也将使模型更加灵活、可扩展, 同时降低成本。

2. 雨水管网数值模型在城市排水防涝中的应用

雨水管网数值模型在城市排水防涝中的应用进展是城市规划和管理的重要创新。这些模型利用数学方程和计算机模拟技术, 深入分析雨水径流行为, 预测洪水威胁区域。在防洪减灾方面, 雨水管理数值模型至关重要。它们优化雨水管理设施设计, 提供科学依据给工程师和城市规划者。应用这些模型使设计更精准, 适应不同需求。此外, 模型在预测风暴事件对城市影响方面具潜力。通过分析降雨因素, 模型评估径流量和洪水风险。这对制定应急计划至关重要, 指导土地使用和开发中采取措施。总体看, 雨水管理数值模型是城市防洪工具。它们提供分析和模拟支持, 设计基础设施和规划应急响应。模型减少洪水发生, 提高应对能力, 保障安全。技术进步推动模型发展。未来模型将评估径流质量, 分析污染物和制定管理措施。机器学习提高预测准确性, 云计算使模型灵活、可扩展、低成本。这些进步使模型在防洪减灾中发挥关键作用, 支持安全、可持续城市建设。

2.1 洪水风险的预测分析

雨水管网数值模型作为城市排水防涝的关键技术工具, 已在城市规划和管理中发挥着日益重要的作用。这些模型通过精确模拟城市在极端降雨情况下的水流动态, 提供了对潜在洪水风险点的深入分析。它们不仅帮助工程师和规划者设

计出更为高效的雨水管理方案, 如优化蓄水设施、滞留池和透水铺装系统, 还通过评估不同降雨事件下的径流量, 为防洪措施和应急响应计划的制定提供了科学依据。随着技术的进步, 特别是机器学习算法和云计算平台的集成, 雨水管网数值模型在预测准确性、运行效率以及成本效益方面均实现了显著提升。未来, 这些模型将继续发展, 更加注重雨水径流的质量评估和污染物管理, 为实现城市水资源的可持续管理提供强有力的技术支持。

2.2 径流量预测

径流量预测是城市防洪减灾措施中雨水管理数值模型的关键组成部分。该模型在预测方面的应用, 有助于对特定区域在暴风雨事件期间可能产生的径流量进行评估。基于此评估, 可指导雨水基础设施的设计, 以应对预期的径流量, 并减轻洪水带来的威胁。径流量估算涉及众多因素, 如降雨量、降雨强度、风暴持续时间、土壤类型及土地利用情况。模型通过综合这些因素, 模拟出风暴期间流入雨水系统或其他水体的水量。

雨水管理数值模型借助数学方程和计算机模拟, 计算指定区域产生的径流量。同时, 模型亦考虑地形、植被类型和地表区域的不透水性等因素, 以提高径流量估算的准确性。该信息对雨水基础设施的设计至关重要, 如蓄水池、滞留池或渗透系统, 均能处理预期径流, 降低洪水风险。本单位基于不同优化算法预测某城市市区 24 小时内径流量的模型误差 (图 1)。这些模型能辅助城市规划者和工程师, 确定特定区域所需雨水基础设施的规模和容量, 从而有效管理雨水径流。精确预测径流量还有助于提供土地利用规划和开发决策所需的信息。例如, 模型能够识别开发活动可能引发的洪水风险区域, 或推荐采用绿色基础设施, 如雨水花园和生物沼泽, 以管理雨水径流和降低洪水风险。准确预测是一个理论与实践反复印证的过程, 同时也是一项涉及气象与水文的综合性问题。

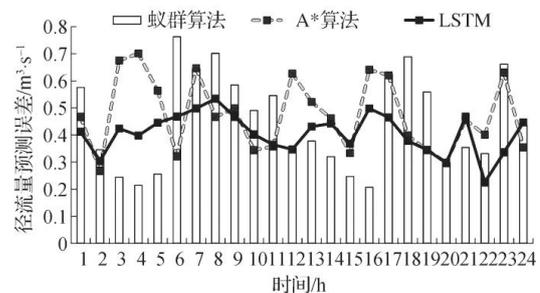


图1 径流量的模型误差

2.3 雨水管理系统的设计

雨水管理模型是设计和优化城市雨水系统的关键工具, 它们能够模拟雨水流动路径, 并辅助规划者制定出最有效且

经济的洪水风险缓解方案。这些模型不仅评估了蓄水设施、滞留池和透水铺装系统等传统雨水管理设施的性能,还能针对特定降雨事件,提供设施的最佳规模、位置和设计建议。例如,通过模拟不同降雨情况下的洪水动态,可以精准评估滞留和拘留系统的效能,从而优化这些系统以实现理想的防洪效果。此外,透水路面系统作为雨水管理的重要组成部分,模型能够帮助决策者确定在不同景观和降雨模式下最有效的设计和配置方案。绿色基础设施,如绿色屋顶、雨水花园和生物沟,同样可以通过模型进行模拟,以评估其在减少径流和改善水质方面的贡献。

2.4 评估气候变化的影响

雨水管理模型还能评估气候变化对城市洪水风险的潜在影响。通过模拟不同降雨模式下的城市水文响应,模型能够揭示降雨强度和频率变化对洪水风险的具体影响。这对于评估现有雨水管理系统在面对降水模式变化时的适应性和容量需求至关重要。此外,模型还能评估土地利用变化和城市化进程对雨水径流的影响,为城市规划和绿色基础设施的实施提供科学依据。它们能够模拟气候变化因素,如温度升高和海平面上升,对城市洪水风险的长远影响,帮助社区制定适应性更强的防洪策略。

2.5 应急响应规划

在城市防洪减灾工作中,雨水管理数值模型在应急响应规划方面发挥着至关重要的作用。这些模型能够根据降雨的特征和土地条件,预测风暴事件对城市地区可能产生的影响,为制定有效的应急响应计划提供关键信息。模型通过数学方程和计算机模拟,评估不同风暴事件下的雨水径流量,帮助规划者了解哪些区域最有可能遭受洪水侵袭,以及可能的洪水深度。这些信息对于制定疏散计划、警报系统和应急资源分配至关重要,能够显著提高应急响应的精确性和有效性。

通过模拟不同的防洪策略和干预措施,如安装防洪屏障或利用雨水蓄水池,模型还能评估这些措施在减轻洪水影响方面的潜在效能。这为城市应急管理提供了宝贵的决策支持,降低了洪水事件可能造成的损害和风险。

2.6 雨水管理设施优化

雨水管理是指用于管理和减轻降雨和雨水径流影响的做法和基础设施。有效的雨水管理对于降低洪水风险、改善水质以及保护公众健康和安全非常重要。雨水管理系统可以包括各种基础设施组件,例如集水池、管道、池塘和湿地。在过去的几年里,全球雨水管理项目的数量不断增加,但针对景观项目的精细监测和真实过程可视化却很少见。由于监测分析比传统方法(水文计算或模拟)更为准确,我们可以通过传感器网络更真实地了解降雨过程。图2所示,某地城市中某校园绿地,62%的地面被4种林冠树木所覆盖。由于降雨

事件后严重的水浸问题,设计了4个生物滞留花园以减少地表径流。图2所展示的本单位提供了一套雨水管理的监测技术和方法,该技术及方法在城市雨水管理中具有很大的应用潜力,可以为不同项目的提供相关技术支持。

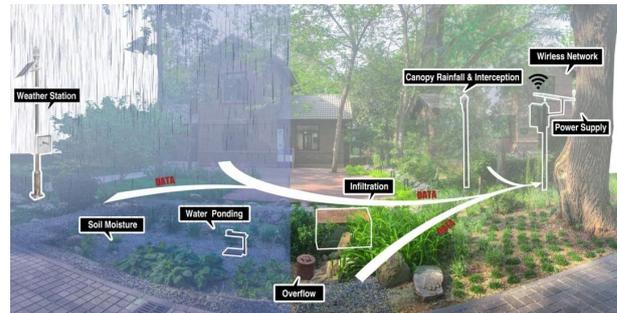


图2 雨水管理设施优化

优化雨水管理系统需评估基础设施组件和配置性能,以确定最有效方法。使用数值模型模拟雨水径流和组件性能可完成。评估洪水风险是优化关键,建模不同降雨情景下径流行为并评估洪水可能性。建模不同基础设施组件性能可评估和优化管理策略,降低洪水风险。改善水质是另一重要方面,雨水径流带入污染物。数值模型模拟基础设施性能,确定捕获和处理污染物、改善水质的最有效方法。数值模型形式多样,包括水文、水力和水质模型。水文模型模拟降雨和径流行为,水力模型模拟水流通过基础设施,水质模型模拟污染物迁移和归宿。

3. 结束语

雨水管网数值模型的未来发展将集中在提高模型的精确性、效率和应用范围。随着大数据和人工智能技术的发展,特别是机器学习算法的集成,模型将能够更准确地预测极端天气事件下的雨水径流和洪水风险。此外,实时数据的融合将增强模型的动态响应能力,使其能够即时更新并提供更精确的洪水预警。云计算技术的引入将为模型提供更强大的计算能力和存储空间,同时降低运营成本,提高模型的可访问性和可扩展性。这些技术的融合预示着雨水管网数值模型将更加智能和自适应,为城市规划和防洪减灾提供更有力的支持,促进城市水资源的可持续管理。

[参考文献]

- [1] 李静. 水文预测模型在洪涝灾害预警系统中的应用研究[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6 (12): 64-67.
- [2] 李佳, 牟时宇, 朱艳军, 等. 基于多维信息相似度的大渡河流域月径流量预测研究[J]. 水电能源科学, 2022, 40 (12): 38-41.
- [3] 王金松. 耦合变量预处理算法的海绵城市径流预测数据驱动模型研究[D]. 重庆大学, 2021.