数字排水技术在雨水管网溢流管理中的应用

赵冬泉[1,2],盛 政[1],王浩正[1],王 婧[1],陈吉宁[2]

(1北京清华城市规划设计研究院,北京 100084,2清华大学环境科学与工程系,北京 100084)

摘要 近年来,我国城市局地性暴雨事件频发,常造成较严重的突发性洪涝灾害,对城市的正常运转带来较大影响。介绍了第四代管网管理技术——数字排水(DigitalWater)技术如何解决或者减少洪涝灾害带来的影响和损失。通过对雨水管网溢流的模拟,可以重现或者预演上万个城市区块在不同降雨情景下的雨水排除情况,从而找出洪涝灾害频发的区块以及这些区块发生洪涝灾害的原因,进而通过多区块联动的集中调度管理和雨水排水系统优化,从根本上解决溢流管理问题,最大限度地避免和减轻洪涝灾害损失,全面提升城市的防汛应急管理水平。介绍了城市雨水排水模型建立、降雨情景产生、雨水管网排水模拟、模拟结果分析以及雨水管网溢流管理等技术的具体实现过程。

关键词 洪涝灾害 防汛 数字排水(DigitalWater)雨水管网 溢流分析 动态模拟

1 雨水管网管理现状和解决方案

近年来,我国城市雨水管网溢流和排水不畅事件频发。2004年 7月,北京市遭遇暴雨后,城区数百路段和小区发生积水,有的地区出现交通、电力中断情况,严重影响人们的出行和正常的生产生活。2008年 6月,南方很多城市(广州、东莞、桂林、柳州等)遭暴雨袭击,造成严重的城市洪涝灾害,对社会秩序、城市功能、环境与资源等造成不同程度的破坏,给人民生活、经济社会发展和城市正常运转带来较大影响。造成我国城市洪涝灾害频发有城市发展、自然气候变化、排水系统不完善、人为造成管道堵塞和排水管网管理运营水平低效等原因。

通常遇有大暴雨时,主要依靠人工巡视道路获取积水水情并通过经验主观判断排涝、分洪方案。这种简单的分析方法使得防汛排水部门无法在短期内全面掌握城区道路的积水状况和相关排水管网的排水负荷情况,对排多大量、往哪里排、排水后是否后造成排入点附近再次发生溢流等问题并不能进行科学的分析计算。如图 1所示,当暴雨发生时,立交桥西南部(图中圆形显示为积水点)由于排水管网的结构原因加上地势低洼发生检查井溢流,导致严重积水,从图 1可以直观的看出有四种分洪方案可供选择。但是,这几种方案会对排水系统造成什么样的影响呢?如果方案 1中的河流水位本已很高,则该方案将危及周围的建筑及其他排入管网的倒灌;方案 2和 3则可能导致排入点的下游地区发生连锁性溢流情况;方案 4可能由于上游的低洼地势已经造成了该处管道的满管,实施该方案并不能缓解上游的积水情况。由此可以看出,依靠主观判断的排水系统排涝、分洪方案确定方法在应对

动态模拟提供了一个实现的平台,并为专业应用开发和分析功能深度开发提供一个基础的拓展平台。

应用数字排水(DigitalWater)平台,可以为区域、排水流域或市域等各种不同级别的排水管网管理部门建立一个长期有效、统一方便的综合排水管网数据库,在“统一规划,分步实施”的指导思想下,通过持续的专业模块开发、管网数据维护和相应硬件支撑平台(计算机网络平台、大屏幕展示平台、管网液位与流量在线监测体系等)的建设,全面提升该地区的排水设施运营管理水平、规划决策水平和客户服务水平,为保障排水设施的安全稳定运行提供现代数字化管理手段。

电话:(010)62785857-763

E-mail:zdq@digtalwater.cn

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

防汛抢险等危机紧急事件的快速处理过程中已经显得苍白无力,不能有效的解决雨水管网溢流和排水不畅导致的种种问题。实时监测技术和管网动态模拟技术的发展为提前预知和及时分析管网内部水流特征提供了基础。利用实时获取的监测雨量通过排水管网模型进行动态模拟,预测排水系统各个检查井、管道的水流特征,可以指导相关部门及时制定科学合理的分洪方案和泵站运行模式,包括分洪去向选择和泵站开车情况、流量大小的确定。实现"积水少、退水快、不产生连锁溢流"的防汛应急目标。管理部门还可将预测和分析结果通过手机或网络的形式及时发布出去,为人们的出行提供信息,体现现代城市管理中"以人为本"的思想。

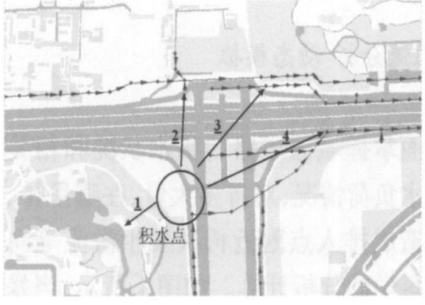

图 1 立交桥积水及调度方案示意图

因此,只有采取信息化的管理手段对城市雨水管网数据进行统一管理、利用专业模型对雨水管网溢流状况进行分析诊断,才能提高城市雨水管网的管理和应急水平。数字排水(DigitalWater)平台采取统一的排水管网综合管理数据库体系对大量雨水管网数据和监测数据进行有效管理维护,并利用先进的排水管网模型对城市雨水排除系统进行动态模拟计算,具有多界面的模拟结果动态展示和自动生成报表的功能。为了便于用户更方便、快捷的对雨水管网溢流进行管理,在平台中对各种专业功能进行了集成开发,构建了可流程化操作的雨水管网溢流管理应用模块,从而辅助管理者对暴雨发生时城市雨水排除系统的溢流情况进行快速的分析和处理,为制定城市暴雨应急管理预案和应急事故快速抢险提供详实的数据支持。下面通过案例介绍溢流分析模块的应用过程。

2 雨水管网溢流管理

2.1 城市雨水排除系统模型建立

由于城市排水系统的复杂性,简单的模型无法对检查井的溢流做出可靠的动态模拟分析。要完整地模拟降雨—径流过程和雨水收集过程,需要知道雨水在管道、明渠、自然排水沟等排水管渠中的水力规律变化,计算回水影响、逆流等复杂排水情况,从而计算降雨过程中排水管网的排水负荷压力,统计检查井的溢流量和溢流持续时间。

城市雨水排除系统涉及大量的管线、检查井、泵站、雨水口、排水接口区域和背景图等空间信息,由于城市地表特征和排水管网的复杂性,单纯利用数学模型,将使模型构建成为一项繁重而复杂的工作。数字排水(DigitalWater)平台将GIS技术和排水管网计算模型紧密集成,提供排水管网的拓扑关系维护、汇水区的自动划分、模型参数的自动提取、模拟结果动态表达等功能,大大提高了建模效率和模拟结果分析效果。由于建模过程的数据处理与原始数据的质量和格式有很大的关系,这里将不再展开论述。

2.2 不同降雨情景分析计算

由于城市降雨强度具有时间和空间分布的不均匀性,降雨量对城市雨水排除系统的排水规律变化有很大的影响,不同雨型的相同降雨量的降雨过程(见图2)对排水系统的影响也有所不同,所以采用不同的降雨情景进行动态模拟对于城市雨水排除系统的全面评估具有重要的意义。城市排水工程设计中通常利用暴雨强度公式推求典型降雨过程,而这种方法计算复杂,耗时耗力。为了快捷的生成不同的降雨情景,该模块中设计开发了降雨过程生成器,可利用暴雨强度公式快速生成不同雨型不同重现期的降雨。从而辅助分析人员分析不同重现期、不同降雨量、不同雨型的降雨情景中雨水管网的排水规律。

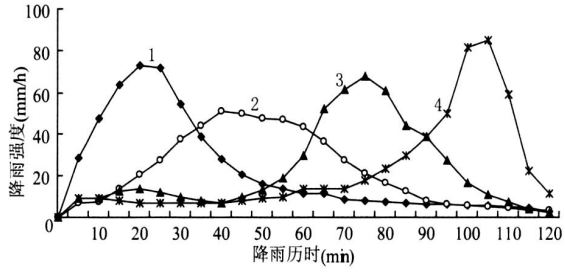

图 2 相同降雨量但不同雨型的降雨过程

由于国内外的很多研究都证实不同的降雨特征对城市雨水排除系统的冲击不同,实际使用中用户可根据区域防洪要求生成不同雨型、不同重现期、

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

不同雨峰系数以及不同时间间隔的降雨,并导入系统进行模拟分析各种降雨情景下排水系统的负荷变化规律(如检查井溢流点和溢流时间可能不同),对城市雨水管网的排水能力进行更全面的评估。

2.3 模拟结果分析

在模拟完成后,平台提供了多界面多模式的模拟结果动态显示窗口(见图3),辅助分析人员从大量的模拟分析数据中直观的了解整个管网的排水负荷空间分布和时间变化规律,有利于将存在问题的区域锁定到比较小的范围,并进行详细的分析和对策方案的研究。图1中通过线的粗细区分管道充满度的变化,利用点的大小显示溢流量的大小变化,利用曲线图显示选中节点的溢流量变化过程线,利用纵断面显示水深变化情况,利用三维视图直观显示管道充满和溢流情况。在该案例分析中发现:研究区内共有76个检查井发生溢流,下图中有7个点发生溢流。其中检查井(编号1909)溢流量最大(见图中曲线),该点在降雨发生后25 min开始溢流,在自然回流状态下189 min后地面积水将排除。可见,在现状情况下该检查井的溢流将对区域产生严重影响,因此发生暴雨时需采取紧急措施进行积水排涝。

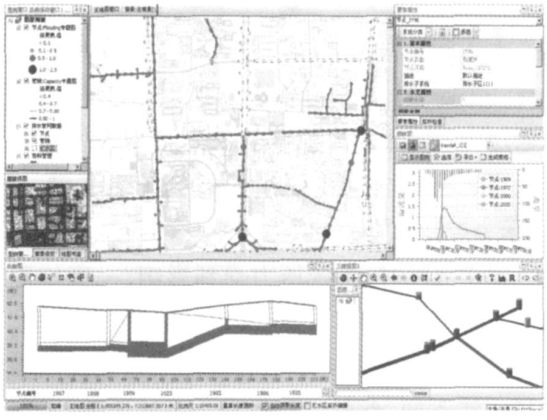

图3 降雨溢流结果分析界面

DigitalWater平台的综合管理数据库中已经考虑了降雨过程在线管道液位计和流量计监测数据的存储和管理。利用管网在线数据采集设备,构建适合当地条件的在线数据监测和传输体系,可以实时获取管网的排水负荷和当前运行状况,如:排水泵站开车情况、流量大小、积水深度等,并以专题地图、监测图像及数据图表等形式给予直观显示。可利用这些数据进行模拟预测和防汛方案的制定,如:预测溢流发生时间、溢流量、排除积水所需时间、确定防汛应急响应级别及泵站开车台数等。

利用模拟结果报表中的统计数据可以快速筛选出符合特定条件的检查井,如溢流时间大于1 h的检查被认为是严重溢流,会对城市环境造成严重影响,是短期内雨水管网改造的重点,而其他溢流检查井可以视其溢流的严重程度分别放到管网的中期改造和长期维护规划中。此外,可根据报表中的相关的统计列表,在降雨前有重点地做好防范设施以减少检查井溢流对城市带来的威胁。

3 雨水管网溢流管理技术路线

数字排水(DigitalWater)平台的雨水管网溢流管理模块在城市雨水管网溢流管理中的应用主要两个阶段:①不同降雨情景分析阶段,在该阶段通过对不同重现期、不同雨型的降雨情景进行动态模拟,全面掌握不同暴雨情景时雨水管网系统的溢流特征,为城市制定防洪排涝应急预案提供数据支持;②利用实时监测数据进行模型优化和模拟预报,通过监测的降雨数据和流量数据对模型参数进行不断的修正,使模型的可靠性逐步提高,以支持城市防汛和应急抢险的相关预测分析。

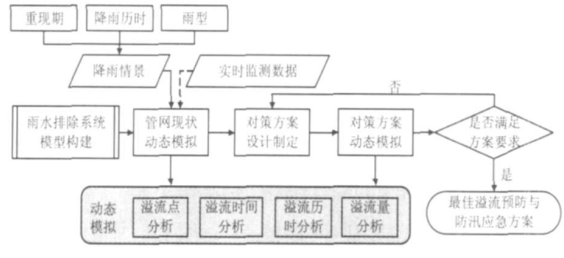

图4 雨水管网溢流管理工作流程

依据此流程,可以实现雨水管网溢流的流程化管理与分析,简单、明确,所得结果全面,可用于各级排水管理部门进行雨水管网的溢流管理,见图4。

4 结论与建议

基于数字排水(DigitalWater)平台的雨水管网溢流管理模块对城市雨水排除系统进行专业的分析和模拟,有助于用户全面掌握排水管网系统在不同降雨情景下的溢流位置、溢流量和溢流时间,实现了雨水管网溢流管理的定量化、信息化和网络化,可用于对排水管网系统的排水性能进行总体评价和瓶颈识别,对提高城市雨水排除系统的应急管理水平具有重要的意义。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net