

# 数字排水用于管网养护中的事故应急分析

赵冬泉<sup>1,2</sup> 王浩正<sup>1</sup> 王婧<sup>1</sup> 陈吉宁<sup>2</sup>

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

**摘要** 介绍了基于第四代管网管理技术——数字排水 (DigitWater) 平台,综合地利用 GIS 空间分析技术和管网水动力学动态模拟技术对管道的破裂风险进行全面评估。通过对管道的排水负荷、压力与管龄等参数进行综合排序和筛选,分析容易发生管道破裂事件的管道位置,制定相应的巡查养护计划,降低事件发生的可能性;在发生破裂事故后,可以迅速分析破裂处上下游的管道状况和雨污水溢出量的时间变化规律,为制定排水事故应急预案和应急抢险提供科学有效的数据支持。

**关键词** 数字排水 DigitWater 管道破裂 应急预案 抢险处理

## 0 前言

城市排水管网是城市重要的基础设施之一,排水管网的安全高效运行是城市持续、稳定发展的重要保障。但由于城市排水管网中管道老化、长期压力过大、管道周围地质变化等原因导致地下排水管道破裂等突发事件时有发生。2006年1月3日,北京市东三环南路京广桥辅路污水管线发生漏水事故,导致三环南路向北方向部分主辅路塌陷,污水灌入地铁十号线区间段,东三环京广桥全线封闭。污水管道破裂等管网事故的发生致使大量污水溢出,严重影响了正常的道路交通甚至导致部分路段交通瘫痪,破坏了城市环境的美观甚至会污染土壤和地下水,危及城市居民的生态安全。

基于第四代管网管理技术——数字排水 (DigitWater) 平台,充分利用 GIS 空间分析功能和管网水动力学动态模拟功能进行排水管网事故应急分析,不仅可以全面的反映整个管网的现行状态从而评估管道的破裂风险,而且可以对管道发生破裂等事故状态下的运行状态进行模拟分析,快速了解管道破裂处上下游的管道状况和污水的溢出情况,为制定排水事故应急预案和应急抢险处理提供数据支持,全面提升管网养护的科学化水平和应急能力,保障城市的安全运转。

## 1 应用示例

### 1.1 管道破裂风险分析

管道承载的负荷过大是影响管道使用安全的

重要因素。管道充满度是衡量排水管网负荷状况的重要参数。合理科学的管道充满度可以为未见水量的增长留有余地,防止水量变化的冲击,同时还有利于管道的通风,便于管道的疏通和维护管理。本示例中利用数字排水 (DigitWater) 平台开发来分析评估区域的管道破裂风险及事故后污水的溢出特征。

利用数字排水 (DigitWater) 平台建立某一区域现状污水管网模拟模型,以评估该区域管网的运行负荷和状态。通过模拟结果统计表的满流管道统计可以看出,充满度平均值为 1 即一直处于满流状态的管道有 32 根 (见图 1),这些管道发生破裂的风险会相对比较大。

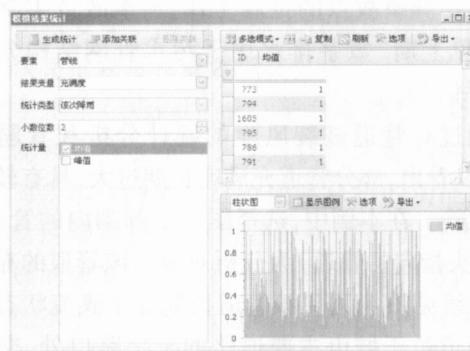


图 1 模拟结果满管流管道统计

管网运行高峰时刻管道充满度专题示意图如下图所示,颜色越深充满度越大,浅色部分充满度小,深色管道充满度为 1,处于满流状态。在系统提

供的模拟结果报表中可以查到下图中红色显示的部分管道在一典型日的动态模拟分析中,满流运行时间超过了 10 h。满流管道由于长期承受过大压力,存在较高的管道破裂的风险,是管网维护和改造的重点。

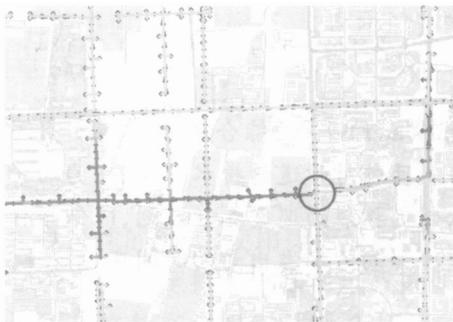


图 2 DigiWater中管道充满度专题图

### 1.2 污水溢出情况分析

先进科学的管理手段可以有效降低排水管网事故的发生频率,但由于排水管网多数设于地下,管理养护难度较大,而影响管网状况的因素却很多,所以很难完全排除事故发生的可能性。在这种情况下,科学合理的应急预案和事故的快速有效处理可以降低突发事件对城市造成危害。

利用数字排水 (DigiWater) 平台的模拟功能可以分别建立和模拟事故发生的模拟情景和应急预案的执行情景,从而辅助制定出科学可行的应急预案。当事故发生时,利用数字排水 (DigiWater) 平台,可以对事故发生点进行快速准确的地图定位,分析事故点上下游的管网情况估计事故的影响范围以指导事故点的抢修工作,将事故危害降到最低(详见上期“数字排水用于污水管网结构分析与现状评估”)。

通过对管道破裂风险的统计分析和专题图显示,可以看出,部分管道充满度长期过大,具有较高的破裂风险。在本例中,选择图 2 中圆圈内的管道(图 3 中箭头指向的管道)为分析对象。该管道的充满度变化曲线见图 4,可见该管道长期处于满流状态。由于该管道位于城市主要道路的十字路口处,交通流量大,人口众多,如果发生管网事故将造成严重的影响,所以选取这一管道进行破裂情景模拟分析,评估污水的溢出量和管道破裂对周边环境的影响。

对该区域现状管网进行模拟并分析破裂管道

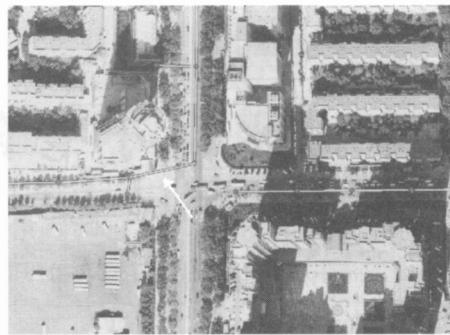


图 3 破裂管道位置示意图

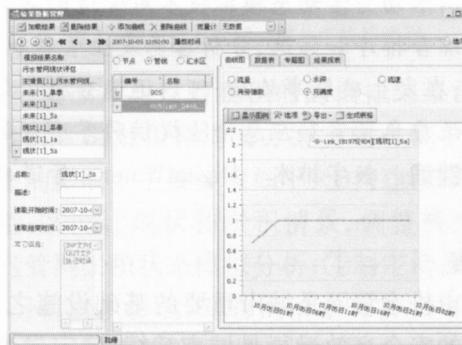


图 4 破裂管道充满度变化曲线

上下游的情况。通过分析破裂管道上下游节点的高程和管道纵断面可知,管道下游节点高程高于上游节点,说明这一管道破裂后,下游管网的污水和上游管道的污水都可能溢出污染环境并影响交通。分析该管道两端节点的入流情况和下游管网连接情况可知,破裂管道下游连接的检查井没有其他污水排放支管接入,所以管道破裂后,只有上游管网的污水会溢出,其溢出流量的模拟变化曲线见图 5,由图可知,破裂处在中午 12 点以后开始有大量污水溢出,如不采取干预措施污水溢流在 19 点时流量最大,次日 1 时溢流暂时停止。根据这一流量变化曲线可知,管道破裂发生的时间不同,则对于周边环境的影响不同,该管道如果破裂发生在中午 12 点以后将对周边环境造成严重威胁。

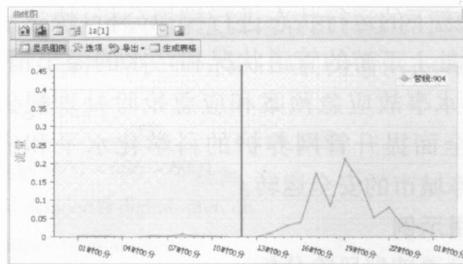


图 5 管道破裂处污水溢出情况

在以上数据的基础上,我们还可以在数字排水(DigitaWater)平台利用这些信息制定并评价溢流发生后的紧急调度方案,以指定科学的管网事故应急预案。

### 1.3 与其他技术的整合

城市排水管网发生事故的种类和影响因素众多,管道水力负荷过大造成的管网破裂只是重要因素之一,其他如使用不当造成的管道堵塞、地下水渗入、地表压力过大及植物根系的影响等带来的管道变形、穿孔和破裂。这就需要将管网模拟分析技术与其他先进技术进行整合,以科学全面应对管网事故。

随着管道地下检测和内窥技术的发展,先进的监测系统和先进的模拟平台的结合成为提升排水管网养护管理的有效手段。数字排水(DigitaWater)平台可以将CCTV和声纳等的检测结果与地图中的管道、检查井实现链接,从管道物理结构和管网运行状态等多方面的综合分析实现对管网事故风险区域的准确识别和定位。主要功能包括:构建排水管道缺陷及修补数据库;有序储存所有检测数据、下水道录像、图片;实时查询管道缺陷类型、地点和其他相关信息如管道尺寸、投诉和监测数据等。利用临界值和管道缺陷分级确定管道维护的优先级和主要维护内容。从而为城市地下排水管网的事故应急管理提供综合的分析,为管网日常养护提供决策支持,降低管道事故的风险,提升发生风险后的应急处理能力,使管网事故处理变被动为主动。

### 2 技术路线

排水设施的养护是保证城市排水管网安全运行的有效措施,评估排水管网的管道破裂风险可以有效指导排水设施的管理养护工作,快速有效的进行排水事故的抢修可以降低事故造成的不良影响。为科学评估排水管网安全性、准确分析事故危害、制定合理的应急预案、有效指导事故抢修工作,基于数字排水(DigitaWater)平台设计了流程化的操作和分析模式,如图6所示。

管道事故分析通常分以下几步:通过现状管网模拟并分析管道流速、充满度等模拟结果,进行管网水力负荷情况的判断,负荷高的区域多为破

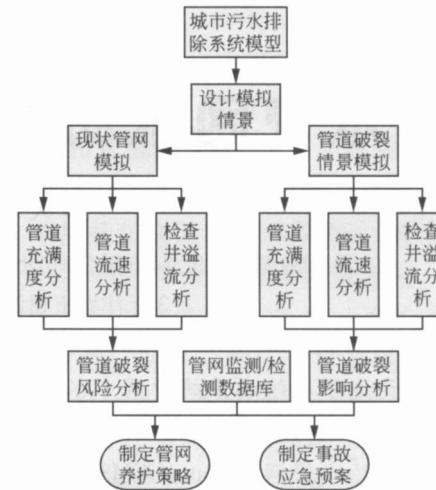


图6 管道事故分析工作流程

裂风险较高的区域;通过对破裂管道处的污水溢出流量和上下游管网情况的分析快速获取管道破裂造成的污水溢出情况、周边环境情况等信息,评估管道破裂的影响时间、影响程度和影响范围,为事故的抢修提供数据支持;结合管网监测/检测数据库和现状模型模拟结果制定管网综合养护策略;结合管网监测/检测数据库和模型在事故情境下的模拟结果制定管网应急抢险预案。用户在使用中可根据需要选择要进行的步骤,如只为制定管网养护优先级可只执行步骤和步骤。

### 3 结论

排水系统担负着城市污水输送处理和防洪排涝的重要任务,排水管道破裂等突发事件将严重影响排水管网的安全有效运行,造成环境污染甚至危及城市排水安全。实现对排水管网的科学养护和事故的快速抢修具有重要意义。

数字排水(DigitaWater)平台在整合GIS空间分析功能和管网水动力学动态模拟功能的基础上,实现了对排水管网事故进行应急分析的功能,通过对排水管网现状进行模拟并分析管道负荷状况可以对管道的破裂风险进行全面评估,提升管网养护的科学化水平。此外,通过模拟分析还可以快速获取管道破裂的污水溢出量等信息,结合管道监测和检测记录为制定排水管网养护策略和事故应急预案提供数据支持,降低事故危害,保障城市的安全运转。