

数字排水用于管网养护中的管道清淤分析

赵冬泉^{1,2} 佟庆远¹ 盛政¹ 陈吉宁²

(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 基于第四代管网管理技术——数字排水 (DigitaWater) 平台, 通过管网水动力学状况的动态仿真模拟对管道的淤积风险进行评估, 分析淤积程度对管网系统排水能力的影响, 可用于建立以排水管道的周期性调查、评估、维护为主要内容的科学养护体系, 制定科学的管网养护计划, 保证管网系统的正常运行。

关键词 数字排水 DigitaWater 风险评估 管网养护 管道清淤

0 前言

排水管网是城市重要的基础设施, 担负着保护城市环境、防洪排涝的重要任务。由于设计上的缺陷、施工中的不规范以及管养不力等原因, 排水管道都存在不同程度的淤积。管道淤积将影响排水管网的正常运行, 甚至造成局部管网瘫痪, 给城市居民的生产和生活带来诸多不便, 甚至威胁居民的生命财产安全。

管道的清淤是排水管网日常养护的重要内容, 是保证排水管网长期、安全、稳定运行的重要措施。排水管网错综复杂且多数设于地下, 难以准确全面地掌握管道的淤积状况和清淤效果, 且由于缺乏先进的预测手段和科学的指导依据, 目前管网的养护管理往往采用“先淤再清”的模式, 而且清淤过程不分主次, 存在一定的盲目性。

数字排水 (DigitaWater) 平台基于 GIS 和专业的排水系统计算模型, 开发了完善的排水数据集成管理、空间数据查询与分析、结果展示等功能。利用该平台建立排水管网模型, 可以通过对管网水动力学状况的动态仿真模拟对管道的淤积风险进行评估, 分析淤积对管网系统排水能力的影响, 可用于建立以排水管道的周期性调查、评估、维护为主要内容的科学养护体系, 制定科学的管网养护计划, 保证管网系统的排水顺畅。

1 应用示例

1.1 管道淤积风险分析

由于缺乏有效的预测手段, 目前排水管网淤积

问题的管理尚处于“先淤后清”的落后状态, 而且管网调查盲点的存在使轻度淤积难以及时发现。利用数字排水 (DigitaWater) 平台的动态模拟功能, 可以全面准确地掌握整个管网系统的运行情况, 识别发生淤积可能性较大的管网区域, 科学制定管道清理淤积的优先级和清淤频率, 及时采取有效措施, 做到防患于未然。

利用数字排水 (DigitaWater) 平台构建某流域排水管网模型并利用现状数据进行模型校正, 使得模拟结果和实际情况比较吻合, 就可以以此模型为基础进行各种淤积状态的模拟分析。为方便对管道中的流速、水深和流量进行分析, 数字排水 (DigitaWater) 平台提供了丰富的结果展示形式, 包括平面专题地图、变化曲线、数据报表、结果统计表、管道纵断面图和三维视图等。通过对模拟结果的分析 and 直观显示, 管网养护人员可以全面、直观的掌握管网中的水流特征, 从而识别出容易发生淤积的管道。

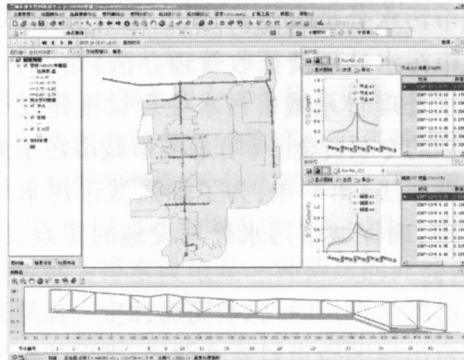


图 1 管道淤积模拟分析界面

图 1 为该流域部分管网在高峰时刻的模拟结果,通过管道流速分级地图的颜色差异可以直观看出整个管网中流速的空间分布规律:该区域管网中管道内的水流速度普遍较高(深色显示),整体发生淤积的风险较低。但有部分管道即使在流量高峰时刻管道中水流速度也较小,小于 0.4 m/s (在上图中以浅色显示)。对流速较小的管段进行纵断面分析,纵断面图显示该段管道内的运行水位较高,充满度接近于 1,说明该管段处于负荷大、水位高、流速低的运行状态,发生管道淤积的可能性较大,是该区域中管网日常巡查养护的重点,必要时需要对这部分管段进行管道清淤或升级改造。

1.2 管道清淤效果分析

利用数字排水 (DigitWater) 平台不仅可以判断识别管段发生淤积的风险大小,而且还可以建立管网淤积和清淤后的对比模拟模型并对排水管网清淤前后的运行状况进行动态模拟和对比分析,从而预测清淤方案和措施对管网运行状态的改善情况,并在模拟分析的基础上对清淤方案进行优化调整和评估,从而提高清淤方案对管网运行状态的改善,为管网系统的养护管理提供决策支持。

1.2.1 管道淤积模型的建立

建立管道淤积和清淤后模型是利用数字排水 (DigitWater) 平台分析管道清淤效果的第一步。当管道发生淤积后,管道的内部断面形状和表面粗糙度将发生变化,图 2 所示为管道淤积参数调整界面,模型工程师可以在该界面设置不同类型管道(明渠、暗管)和不同断面形式(圆型、矩形、马蹄形、梯形等)管道内的沉积物厚度和表面粗糙度,进行参数调整以建立不同淤积情况的管网模型。本示

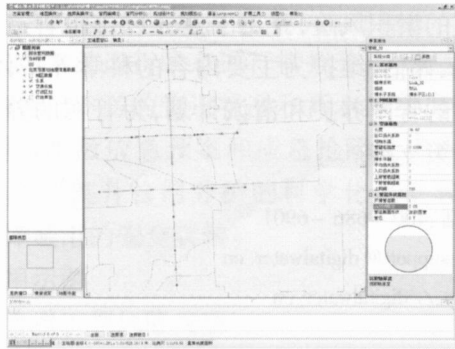


图 2 管道淤积参数设置示意图

例管段的管道淤积参数设置如下:清淤前管道的粗糙度为 0.2,管道沉积物厚度为 0.05 m (如图 2 所示);清淤后管道粗糙度为 0.013,管道沉积物厚度为 0。

1.2.2 清淤效果分析

通过管道淤积参数的调整分别建立了某流域排水系统清淤前后的模拟情景并进行模拟,图 3 为部分管段清淤前后的模拟结果曲线对比。红框标识的区域为发生淤积和实施清淤的管段,左侧为上游管道,右侧为下游管道。从淤积管段、上游管段和下游管段中各选一根管道(箭头下端)进行清淤前后管道内部水位和流速的变化分析。

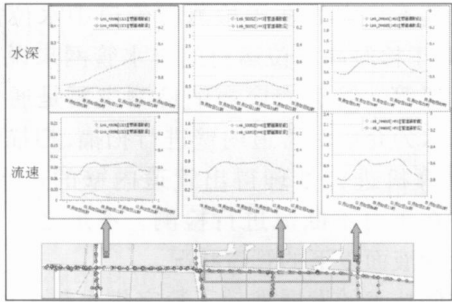


图 3 清淤前后淤积管段附近管道水深和流速变化分析图

管道淤积使管道的有效管径减小且管壁粗糙度增大,造成淤积管段水流不畅,由图 3 可知,清淤前淤积管道的水位一直很高,管道处于满管状态,流速在 0.2 m/s 以下。受下游管道淤积的影响,上游管道的水流无法及时排除,造成淤积管段上游管道内的水流速度较慢,增大了上游管网发生淤积的风险,容易造成恶性循环;而且淤积造成上游的污水无法顺畅的进入下游,降低了管网的运行效率。

通过对比分析可以发现,清淤使管道内淤积物得到清除,管道的有效管径增大,管壁粗糙度降低,管壁对水流的阻力减小。清淤后原淤积管道的水位下降,管道最大充满度在 0.4 左右,水流速度达 0.6 m/s 以上。分析发现,清淤后上游管道的水位明显下降,流速加快,上游的污水可以正常排入下游管道,整个管网的运行效率得到明显的改善,管网中其他管道的淤积风险也得到了有效的控制。

在分析过程中,如果我们对清淤方案的模拟效果不满意,可以对清淤管道和参数进行进一步的调

整和优化,以科学选择和制定较优的管道清淤方案,充分利用有效的人力物力进行管道清淤,最大化的改善管网的运行状态。

1.2.3 管道内检测技术的应用

管道内窥检测技术是排水管网养护重要的辅助工具,目前得到了普遍应用,最常用的有两类:管道闭路电视检测系统(Close Circuit Television Inspection,简称 CCTV)和管道内窥声纳检测(Sonar Inspection)。

CCTV检测为管道闭路电视内窥检测主要是通过闭路电视录像的形式,使用摄像设备进入排水管道将影像数据传输至控制电脑后进行数据分析的检测。其不足之处在于检测时管道中水位需临时降低,对于检测高水位运行的排水管网来说需要如临时封堵等。管道内窥声纳检测主要是通过声纳设备以水为介质对管道内壁进行扫描,扫描结果以专业计算机进行处理得出管道内壁的过水状况。其优势在于可不断流进行检测。不足之处在于其仅能检测液面以下的管道状况。

这些技术的发展推动了数字排水技术的发展,管道内检测技术可以直观的检测管道的淤积特征,但耗资巨大,对整个管网中的各段管道的进行检测不现实。而结合 DigitaWater在管道清淤分析过程中的管网的水动力学模拟和分析功能,可辅助对检测管段的优先级进行排序,然后利用管道内检测技术对重点管段进行检测,这样既可节约成本又增加了分析计算的可靠性。

2 技术路线

排水设施的养护是城市排水系统日常管理的重要内容,管道淤积风险的有效预测可以使管道养护工作重点突出,有的放矢;而管道清淤效果则关系到整个管网的运行状况。为实现对排水管网淤积风险和清淤效果的高效评估,利用数字排水(DigitaWater)平台,设计了管网养护中管道清淤分析的流程化的操作模式,如下图所示。

淤积风险分析是通过对现状管网的模拟,分析管道流速、充满度等的空间分布特征,以识别发生淤积的高风险区域;然后通过调整管道粗糙度、管道沉积物厚度、管道类型等参数建立管道淤积的情

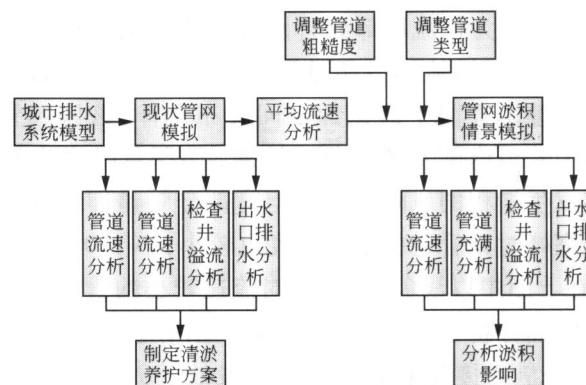


图4 城市排水管网清淤分析模拟流程

景,运行模拟并与管网淤积前的模拟结果相比较,从而分析管道淤积和清淤方案实施对整个管网运行状态的影响。主要步骤如下:构建城市排水管网模型;设计现状和淤积情景,调整模型参数;进行管网淤积状态模拟分析;制定清淤养护方案;分析淤积影响,对管网清淤养护方案进行调整和优化。工作基础好、有条件的地区还可以利用相关管道内检测设备对淤积分析进行更加准确的验证,从而为清淤方案制定提供更加科学的数据支撑。

3 结论

排水系统担负着城市污水处理和防洪排涝的重要任务,排水管道淤积将影响排水管网的运行效率,严重时将造成环境污染甚至危及城市排水安全。因此,利用模拟分析技术实现对排水管网的科学养护和高效清淤方案的制定具有重要意义。

应用数字排水(DigitaWater)平台,可以建立排水管网清淤前后的模拟情景,通过对管网运行状态的动态模拟可以评估清淤措施的效果。此外,通过现状管网的模拟结果中管道负荷、水流速度、充满度等状态参数的分析可以全面识别整个管网中各个管道的淤积风险,并用于建立以排水管道的周期性调查、评估、维护为主要内容的科学养护体系,制定科学的管网养护和清淤计划,为管网的养护工作提供决策支持。

咨询电话:400-686-6901

E-mail: support@digitalwater.cn

网站: http://digitalwater.cn