

数字排水用于污水管网结构与现状评估

赵冬泉^{1,2} 曹尚兵¹ 杨冠军¹ 李国强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 随着我国城市化的进程,已经建成的污水管线数量越来越多,如何有效的进行已有管网系统的管理已经成为各个城市和地区面临的一项紧迫任务。但是由于长期以来我国缺乏有效的管网结构分析和现状评估手段,使得对复杂管网的分析决策水平还停留在主观判断和简单推理的层次。介绍了数字排水(Digital-Water)平台如何进行污水管网结构分析和现状评估。通过对复杂管网的网络结构、上下游关系进行查询和分析,有助于管理者准确了解污水管网的结构特征;通过污水排水现状的动态模拟分析、晴天与雨天的对比模拟分析,可以全面反映污水管网的排水负荷现状,发现污水管网系统中的薄弱环节和区域,使得污水管网的管理决策“有数可依”,对于城市排水系统的管理和维护具有重要意义。

关键词 数字排水 DigitalWater 污水管网 结构分析 现状评估

1 城市污水系统评估的重要性

城市污水系统是城市的“静脉”,担负着收集输送和排除生产、生活污水的任务,是重要的污水处理设施。建设部 2007 年发布的《全国城镇污水处理信息报告、核查和评估办法》中规定的主要评估指标第一项为“城镇污水处理设施建成率”,其中明确说明:“对污水收集管网建设情况进行专项评估”。事实上,只有全面地对城市污水管网的结构和运行现状进行分析评估,才能对城市污水的收集和排除效率进行客观的评价。

城市排水管网是一个复杂的巨型网络系统,具

有很强的隐蔽性和不确定性。由于城市发展的进程中,不同时期排水管网建设的特点不同,管网数据也没有按照统一格式规范化存储,造成纸图与 CAD 图纸并存、局部数据缺失等问题,这种分散式的存储方式使得人们很难对排水管网的布局结构从整体上进行分析和评估。图 1 所示为某市部分区域排水管网分布图,面对如此复杂的地下管网系统,没有计算机技术的辅助已经几乎无法完成对管网系统的结构分析,如:查询当发生事故后上游可能发生事故的区域及对下游的影响区域。同时,传统的管网运行状态评估方法中缺乏科学可靠的管网水动力学模型,从而很难分析管道内的水流状况,无法对管网的排水状况作出准确的评估,难以对管网堵塞和排水不畅等情况发生的原因进行科学的分析。这些现状使得我国排水管理决策水平还停留在主观判断和简单推理的层次,亟需数字化的技术辅助进行管网的结构分析和管道内水流状况的评估。

数字排水(DigitalWater)平台基于完善的排水数据体系、海量数据的集成管理及综合的数据分析与查询技术、专业的排水系统计算模型、丰富的结果展示功能开发,可实现管网的结构分析和管道内水流的动态模拟。基于数字排水(DigitalWater)平台,用户可以更方便的对污水管网的结构进行快



图 1 复杂的排水管网分布

速、准确的分析,包括任何一个节点的上下游检查井、管道、汇水区的查询与统计,两个任意检查井间的连通管网查询与统计,局部管网的纵断面显示与分析,树状管网的简化逻辑视图的显示与查询;水动力学模拟功能可以对管网系统内任何一个节点、管道内的水流状况做出可靠的预测,分析节点的溢流状况、管道的充满状况等。通过对管网结构的分析并结合管道内水流状况的动态显示,设计了一整套科学有效的对管网现状进行结构分析和运行状态评估的分析流程,方便用户进行各种查询分析和可视化的地图显示。并且可以通过将该模块进行定制化开发,与当地的业务进行衔接,满足不同排水管理部门的业务需求,提高分析和评估工作的可行性和有效性。

2 污水管网结构分析与现状评估应用示例

2.1 管网结构分析

“节点—管道—汇水区(服务区)”之间按一定的对应关系进行连接构成了排水管网系统的复杂网络结构,这些要素之间的对应关系即为管网的“拓扑关系”。城市雨污水就是在这些具有一定拓扑关系的管道之间进行流动。因此,拓扑关系的正确与否对管网模型的准确构建和分析具有重要意义,是实现排水数字化管理的基础。

数字排水(DigitalWater)平台实现了管网拓扑关系的建立、存储、维护、编辑、查询与显示,并结合排水管理的业务需求和排水管网网络特性开发了基于排水管网空间拓扑关系的管网分析功能,可进行管网的连通性分析、上下游(包括检查井、管道和汇水区)分析、树状视图分析和三维分析,如图2所示。系统通过丰富的管网结构分析和显示功能,辅助管理者从多角度了解管网系统的结构,对管网结构缺陷做出总体评价,在管道堵塞等事故发生时快速查询到影响区域。

在上图所示示例中,通过系统的上下游查询和选择集统计功能可知,该流域排水系统共有1868条管道,总长70.3 km;通过拓扑检查可知,现状管网模型中存在35条逆坡管道;通过对图中两个检查井的连通性分析发现:两节点管网连通,之间共有24个检查井,连通管线总长956.26 m;通过三维分析功能可以实现管网结构的多角度展示,如图2中右下界面所示;在三维视图中还可以叠加显示管

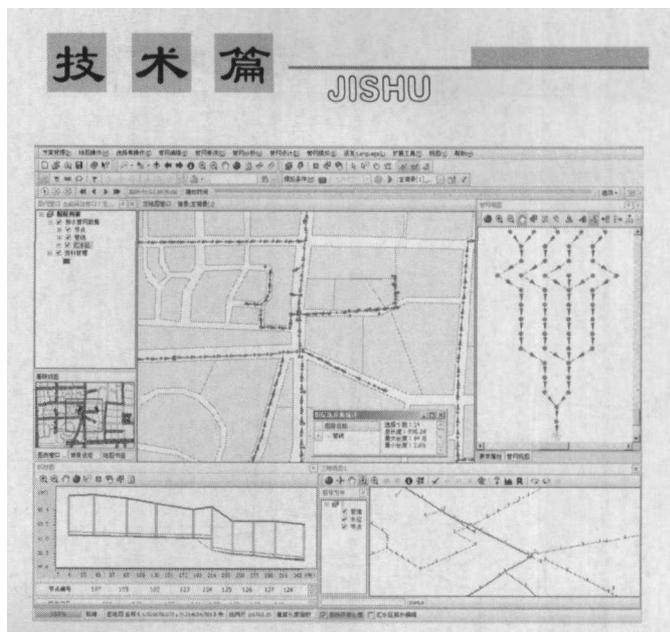


图2 DigitalWater 中管网结构分析示意图

道周围建筑和道路等的三维视图,从而达到地上地下全方位的三维视图显示效果。上图中右侧所示为管网结构的树状逻辑视图,该视图将错综复杂的管网结构按照理想的树状结构进行简化显示,使得用户可以直观分析管网的结构特征。上图中所有视图(包括主界面、纵断面图、三维视图和树状逻辑视图)都可实现地图的同步选择和缩放显示,便于用户对某一局部区域的管网进行多视图、多角度的全面分析。

如果在管网系统中有一处发生了事故(破裂或渗漏等)或通过在线自动监测设备监测到溢流或污染等事故,可以通过节点、管道与服务区的上下游分析等结构分析功能快速查询到事故上游所覆盖的区域,以定位事故发生的源头;对下游管网的查询可用来分析事故对下游可能造成威胁的区域,以提前做出应急处理。图3即为案例中设定事故点的上游服务区查询结果,并通过颜色区分显示服务区与检查井的对应关系,共查询到19片服务区,总面积98.95公顷。图4为事故点下游检查井的查询结果,共查询到11个可能受影响的检查井。以上结构查询在应用过程中,用户只需选中事故点并选择网络分析菜单中相应功能(上游/下游检查井、管道或服务区),系统会自动进行地图显示模式切换并显示统计查询结果,见图3和图4。

2.2 管网现状评估

全面分析管道内的水流特征,对于掌握系统的排水性能具有重要意义。本文将通过案例介绍对污水管网排水现状进行评估的主要过程及分析方



图3 事故点上游服务区查询结果示意图

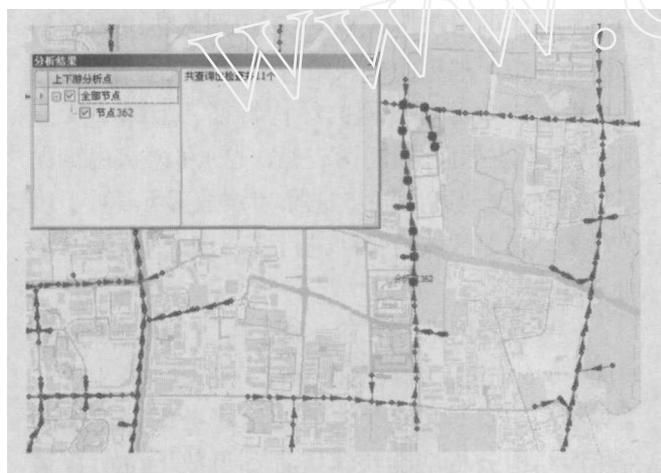


图4 事故点下游检查井查询结果示意图

法。首先设定模拟条件,该示例模拟条件设定如下:对一典型日的污水管网的水流在24 h内的变化进行模拟,每1 h读取一次模拟结果。模型运行耗时小于1 min,模拟计算一致性偏差为1.205%,符合模型计算要求。

利用数字排水(DigitalWater)平台,通过点击一个运行按钮,系统就可在后台完成复杂的模拟计算。之后用户在平台中可以同时浏览管线充满度专题地图和出水口流量、流速等的模拟曲线图,并可通过对时间轴的控制实时查看不同时间点管道的运行状态,也可以分析整个系统和系统内各要素(管道、节点、汇水区等)的流量、流速、液位等状态参数的统计结果。用户通过对模拟结果中检查井溢流状况的分析可发现系统中可能发生溢流的检

查井个数、位置、溢流时间和溢流量;通过对管道充满度的分析可发现充满度过大的管道的数量、位置分布及充满度过大的时间段;通过系统出水口的水量变化可以分析污水厂的人水量变化特征。图5即为案例模拟后的综合多界面显示效果。

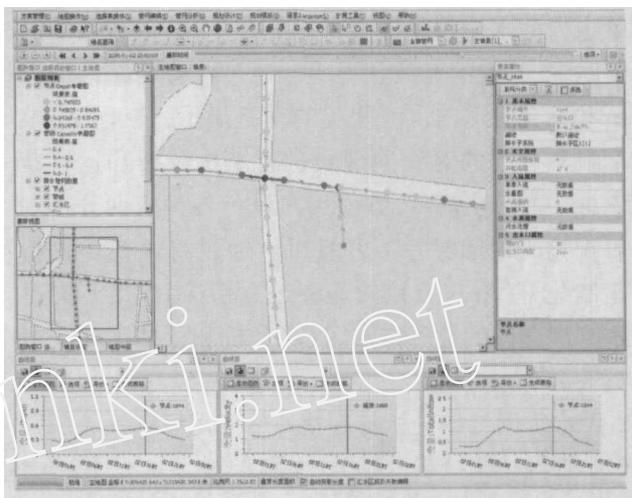


图5 污水管网系统典型日现状模拟结果示意

在图5中,管道颜色的深浅变化显示了管道充满度的差异,节点颜色的深浅变化显示了节点的水深变化情况。在示例中,通过动态模拟发现:(1)系统中没有检查井溢流;(2)1 868条管道中发现163条充满度过大,其中144条满管时间过长(>10 h),且大部分集中在局部区域;(3)通过对局部充满度过大区域的管网结构分析发现,充满度过大主要为管道逆坡(管道逆坡即为管道下游管底高程低于上游管底高程)造成;(4)出水口典型日平均流量为0.664 m³/s,总流量为5.737万m³/d,由于该流域污水处理厂日处理能力为7万m³/d,可以满足该区域现状污水处理要求。

该平台不仅可以模拟旱季污水入流的情景,还可模拟降雨入渗对于污水管网的影响。本示例中根据研究区所在城市暴雨强度公式设计了重现期为1年的降雨和重现期5年的降雨对降雨入渗情况进行分析。图6为两种情景下系统出水口的水深变化与旱季入流情况的比较。

分析可知,重现期为1年的降雨和重现期5年的降雨情景下,出水口的典型日排水量总量分别6.204万m³和6.437万m³,其中,降雨入渗总量分别为4 665.6 m³和6 998.4 m³,均没有超过流域现有污水厂的处理能力。如果有多年的降雨量数据,

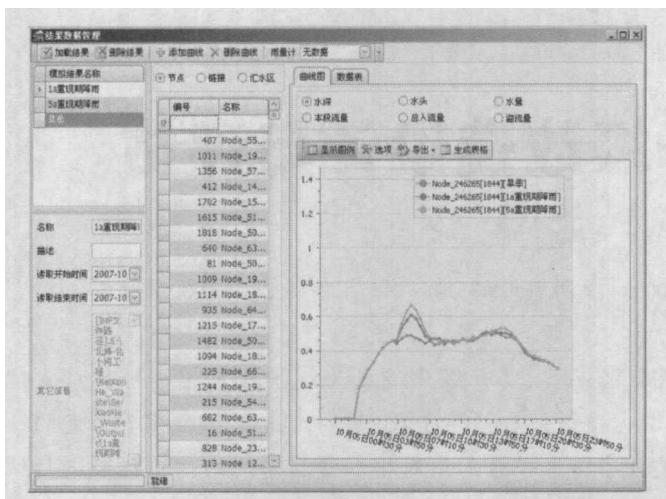


图6 污水管网降雨入渗分析结果示意图

还可以进行连续模拟,以全面评估不同时段(季节、月份等)的降雨入渗情况。

对于示例污水管网系统,综合以上分析可以得出现状评估结论:①该区域管网系统整体上可满足现状污水收集要求,无溢流风险,但局部管道负荷过大,应采取相关改造或养护措施;②造成管网局部负荷过大的原因是部分管道逆坡;③该区域内污水厂可满足现状污水处理要求。

3 技术路线

污水管网运行状态的评估是城市污水排放系统运行管理的基础,只有全面掌握污水系统的结构特征和现状排污负荷才能对污水管网的日常养护维修、升级改造、事故应急抢险等提供客观的分析依据。污水管网运行状态的评估涉及管网系统结构分析、管道水力负荷计算、检查井溢流分析、泵站负荷计算、污水厂负荷评估等很多方面。为了便捷的对上节示例中的污水系统各方面的状态进行评估,基于第四代管网管理技术——数字排水(DigitalWater)平台开设计了进行污水管网结构分析和现状评估的流程化的操作分析模式,如图7所示。

该模式主要包括静态分析和动态模拟两部分。静态分析主要分析管网系统的结构特征;动态模拟主要对管道内的水力/水质状况进行仿真模拟,根据评估要求可选择晴天情景模拟、单场降雨模拟或长时间连续模拟。通过流畅的操作流程和丰富易读的模拟结果,用户可以科学快捷的完成对污水管网系统运行状态的评估。

4 结论

全面准确地了解城市污水管网的结构特征和

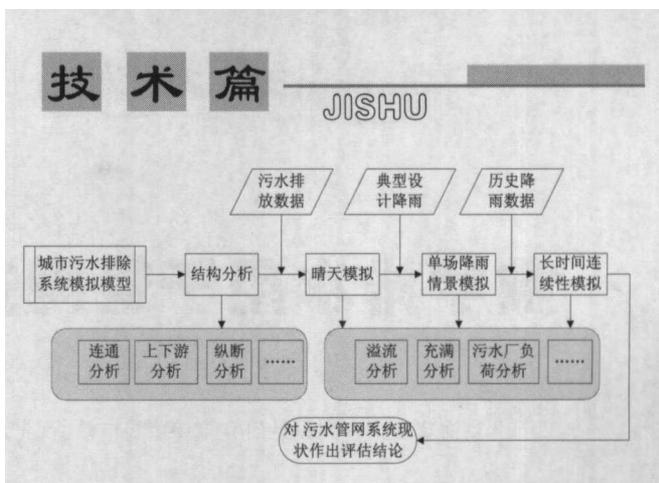


图7 污水管网现状评估工作流程

运行状态对于城市排水系统的管理和维护具有重要意义,是对排水系统进行日常养护、升级改造、布局优化、规划设计、应急抢险与调度科学化管理的基礎。应用数字排水(DigitalWater)平台,通过流程化的操作分析模式,可以对现状管网进行静态管网结构分析和动态水力模拟计算,实现对污水管网运行状况科学客观的评估,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实现排水系统数字化管理提供基础分析平台。

电话:400-686-6901

E-mail: support@digitalwater.cn

网站: http://digitalwater.cn

武汉市将启动排污权市场交易

武汉市政府即将于10月挂牌成立节能减排交易所,搭建起排污权交易的平台。

据悉,武汉目前正成立工作专班,推进交易所挂牌工作,以使排污权交易走在全国前列。交易所成立后,全市企业将免费获得初始排污权指标,并计划从今年开始实施新建、改建、扩建项目所需污染物排放总量指标有偿使用,启动排污权市场交易。

排污权交易是指在一定的区域内,在污染物排放总量不超过允许排放量的前提下,内部各污染源之间通过货币交换的方式相互调剂排污量,从而达到控制排污量、保护环境的目的。目前,排污权交易主要是化学需氧量和二氧化硫。

——新华网