

水力模型对实际改造项目合理性的校验

李 玢 郭 磊 李 萍 李 艺 张 韵

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100082)

摘要 针对城市积水问题,以北京市知春桥改造项目为例,利用水力模型构建知春桥雨水系统,模拟流域内积水过程及管网中的流态变化,论证其项目改造的合理性。并逐步模拟城市雨水系统的运行情况,预警城市积水区域,提出改造方案,减少积水对城市建设及居民生活的影响。为今后建立城市防汛应急预警系统和城市排水系统科学管理起到探索和示范作用。

关键词 知春桥 积水 水力模型 模拟 积水分析

0 引言

随着城市的快速发展,建设用地的快速扩张,地形地貌不断变化,原有雨水系统的排水能力已渐渐不能负担流域内的雨水。近年来北京市汛期频繁出现局地短历时大暴雨,局部地区特别是立交桥区产生积水,防汛抢险任务艰巨。如,2007年8月1日及8月6日、2008年6月13日及8月10日的降雨,分别对北京市安华桥及知春桥桥下造成严重积水,给公共交通造成危害,严重影响城市居民的出行安全。安华桥改造已于奥运前完成。目前知春桥雨水排除系统初步改造已完成,并投入使用。

在积水分析研究中重点以知春桥改造项目为例,通过计算机平台构建改造前、改造方案部分实施后以及按规划方案全部实施后的知春桥雨水系统水力模型,模拟其在多种降雨强度下的运行情况,分析积水原因,校核知春桥改造方案的合理性。并将在今后的工程设计中,逐步推广水力模型的应用,模拟城市排水系统的运行情况,针对积水问题,提出技术可行、经济合理的改造方案,建立城市防洪电子信息系统,综合调配资源。

1 知春桥现状雨水系统概况

知春路雨水干线位于道路北侧,设计起点为科学院南路,沿知春路向东,最终出路为北土城沟。始建于1981年,1988年京包铁路改为立交,知春路下穿京包铁路,雨水管道进行变更,增设雨水泵站,泵站设计参数为降雨重现期 $P=2\text{ a}$,径流系数 $\Psi=0.9$,集水时间 $t=5\text{ min}$,管线的设计参数为 $P=1\text{ a}$,综合径流系数为0.4。

近年来,知春桥立交附近相继修建了大运村、奥运公交临时停车场、城铁13号线及公交总站,实际综合径流系数已经大于0.4。积水现象开始出现并逐步加重,尤其以知春桥桥下积水最为严重,最深时可达2 m,城铁知春路站出入口平台雨水井外冒,直接威胁城铁的安全。积水对道路交通及城铁的运行造成了严重的影响。

2 改造方案

为解决知春桥桥下积水问题,北京市市政工程设计研究总院首先分析了积水原因,在此基础上提出改造方案。

2.1 知春桥积水的主要原因

知春路现况雨水方沟设计标准较低, $P=1\text{ a}$,径流系数仅为0.4。2001年大运村的建设、2006年大运村临时停车场(为奥运会使用)的建设以及随着城市的发展及建设而改变了地形地貌,对该流域径流系数有很大的改变。经对该流域内的地面信息提取并验算,实际综合径流系数已经达到0.6。

近年来道路整修及周边的建设导致客水流入,增大了泵站的汇流面积。

2.2 改造方案设计要点

2.2.1 设计参数

泵站及桥区低水系统:设计重现期 $P=2\text{ a}$,路面径流系数 $\Psi=0.9$,集水时间 $t=5\text{ min}$,经校核,汇流面积由 1.95 hm^2 增大为 2.45 hm^2 ,且考虑周边 1.8 hm^2 流域面积内超1年标准的客水流入,计算泵站水量为 980 L/s 。

高水系统: $P = 3 a$, 由于本地区硬化铺装地面多, 综合径流系数定为 0.6, 流域面积 190.3 hm^2 。

2.2.2 改造原则

(1) 根据高水高排、低水低排的原则, 立交泵房只提升立交段的雨水。

(2) 尽量截流客水, 减小泵站负担。

(3) 为减小对交通的影响, 增设雨水口的数量。

2.3 收水系统改造

如图 1 所示, 改造为 2 个方面。其一, 由于泵站的汇水面积的加大, 对泵站进行改造, 提高泵站的抽升能力; 其二, 泵站出水单独排入桥区下游雨水干线并对雨水干线进行改造。

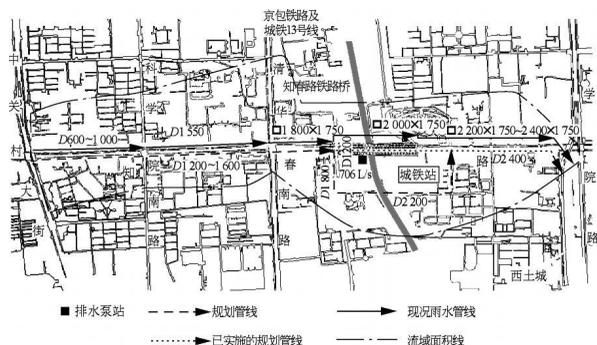


图 1 知春桥雨水管线改造平面

2.3.1 低水系统

泵站单独出水直接排入桥区以外。低点现况雨水口进水能力低于泵站设计能力, 不能满足泵站的设计水量要求, 需在低点增设多算雨水口。

2.3.2 高水系统

在知春桥周边道路变坡高点处增设雨水口, 防止高点道路客水流入低点。由于主路交通繁忙, 雨水口利用原雨水口管。各路口处增设雨水口, 防止客水进入立交范围, 流入低点。在公交停车场内增设雨水口, 防止停车场内客水流入知春路进入道路低点。

城铁站内雨落管及平台排水沟应进行改造, 使其排入高水系统内。

2.4 出水管

泵站出水管下游不仅负担泵站出水, 还负担道路南侧地区的排水, 为以后知春路排水改造预留条件, 将新建出水管与北侧现况雨水方沟连通, 共同运作, 使其排水标准提高, 下游管线为

$d2400 \text{ mm}$ 。

2.5 管线尾间

根据规划, 该流域雨水管线的下游为北土城沟。

3 水力模型构建

3.1 Wallingford 模型

本课题研究选用英国 Wallingford 公司的 InfoWorks 软件建立水力模型, 主要应用的是 InfoWorks 中的 CS(雨污排水系统)及 RS(河流系统)模块。

3.2 管网模型(CS)构建

管网模型构建基于排水集团 GIS 数据库数据, 通过查阅相关设计资料及竣工资料对其数据进行复核。通过补测缺失管段, 现场排查错误管段的方法, 逐步修改完善网络的拓扑结构。背景土地分类基于北京市水务局信息中心 2007 年 1:2000 政务版电子地形图。根据规划资料、设计资料及现况地形对集水区进行划分。

管网模型数据主要内容如表 1 所示。

表 1 管网模型数据主要内容

种类	物理属性	描述
检查井	X、Y 坐标	用于检查井定位
	面积	检查井平面面积
	地面高程	井盖高程
	井底高程	管内底高程
管线	上、下游节点	用于确定管网拓扑关系
	管沟断面	
	上、下游底标高 粗糙系数	一般根据材质和埋设年代确定
子集水区	集水区面积	路面/屋面/绿地等
	各种透水性面积的比例	
水泵	上、下游节点	用于确定连接关系
	水泵流量-扬程曲线	Q-H 关系
	启泵、关泵水位	
水池	地面高程	用于计算水池水位及容积
	水位-面积关系曲线	

3.3 河道模型(RS)构建

河道模型数据主要内容如表 2 所示。

3.4 雨型构建

3.4.1 设计雨型

本次研究模拟降雨采用基于芝加哥过程线模型的合成降雨情境。

表 2 河道模型数据主要内容

种类	物理属性	描述
河道	河道断面尺寸	河底宽度、边坡系数、河岸高度
	河底高程	
	纵坡	
闸门	闸门尺寸	长、宽、闸门数量
	闸底板高程	

设计雨型雨峰位置(r)对于雨水系统有一定的影响。北京降雨雨峰的相对位置一般在 0.35~0.45, 根据分别模拟雨峰位置位于 1/3、5/12、1/2 的情况, 发现雨峰越靠后管道峰值流量越大, 越容易产生积水。从安全角度考虑, 确定了采用 $r = 1/2$ 作为模拟积水情况设计雨型的雨峰位置, 降雨历时为 120 min。

3.4.2 实际雨型

实际雨型是指实际降雨情况, 本课题选取 2008 年 6 月 13 日造成知春桥流域出现严重危害的降雨事件进行研究。

3.5 模型构建的参数

背景土地主要分为 5 类, 分别为屋面、路面、绿地、水面、空白地。径流系数: 设定屋面和路面为 0.9, 绿地为 0.3, 水面为 0, 其余空白地定为 0.45。流域内综合径流系数约为 0.6。考虑本流域内管线均已经使用多年, 管渠粗糙度 n 取 0.014, 人工河渠的粗糙度 n 取 0.017(粗糙的混凝土护面的系数), 降雨初期阶段损失值按最不利因素考虑设定为 0。

4 模拟成果

分别对现状管线及改造方案的规划管线进行了 $P = 5 a$ 降雨强度下的全流域模拟, 其结果如下。

4.1 现况管线模拟情况

如图 2 所示, 现况管线在 $P = 5 a$ 条件下流域内多处积水, 以知春桥桥区的积水最为严重。如图 3 所示, 知春桥下游干线的水力坡降明显大于管道坡

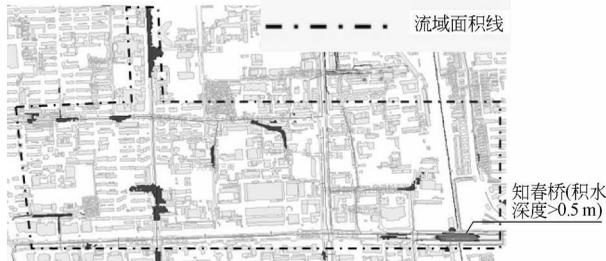


图 2 现状管线模拟(阴影区域积水深度 > 0.15 m)

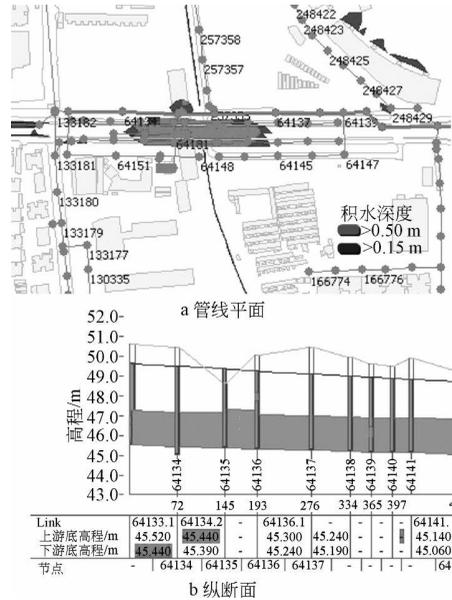


图 3 知春桥干线平面及纵断面(局部)

降, 已为压力流状态, 导致上游低点处冒水。

4.2 现阶段按改造方案部分实施后的管线模拟情况

如图 4 所示, 我们对按改造方案已经部分实施的管线进行了模拟。其结果是在连通管段后的下游管线基本达到重力流排水, 但连通前现状管线仍为压力流, 且上游支线仍有冒水的现象, 如图 5 所示。



图 4 部分规划管域实施后的模拟结果

4.3 按照改造方案全部实现规划后的管线模拟情况

如图 6 所示, 我们对按照改造方案全部实施后的管线进行了模拟。从结果来看, 实施后的流域标准得到明显提高, 且干线在 $P = 5 a$ 时基本为重力流排水, 流域内的积水情况明显减少, 如图 7 所示。

5 改造方案校验结论

知春桥相邻流域的多条管线能力不足, 产生积水, 导致没有分水的条件, 故只能采取增加本流域排水断面的方案。

通过水力模型的模拟, 验证了知春桥改造方案是合理有效的, 未实施的规划管线需尽快实施, 以缓

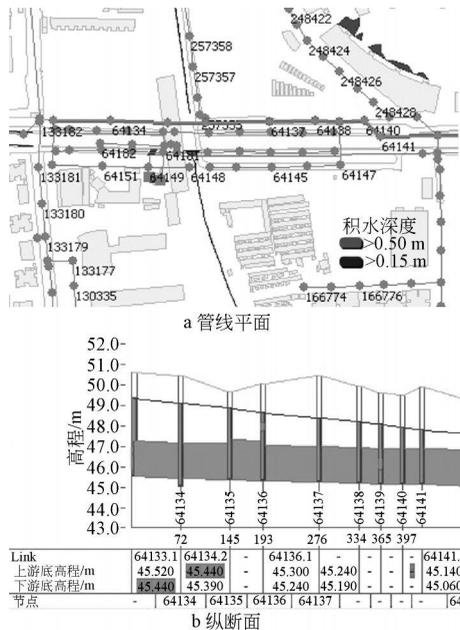


图5 知春桥干线平面及纵断面(局部)

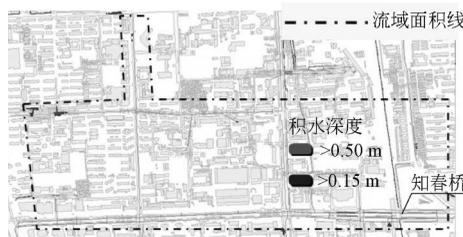


图6 总图

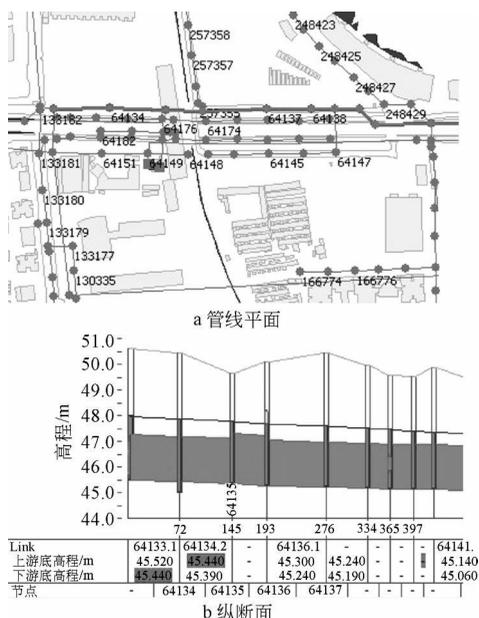


图7 知春桥干线平面及纵断面(局部)

解管线的排水能力,消除积水情况。

6 结语

排水系统设计时依据的一些基础条件也在发生改变,主要包括气象变化、城市建设带来的区域地貌变化、河道运行水位变化等。针对这些因素,需要对现状排水系统按照国家、地方标准和规范进行核算,评价其功能是否达到设计要求,不能满足要求的部分通过工程措施进行完善。

国外发达国家在排水系统设计中普遍引入计算机模拟技术,规划设计标准提出了“超载”和“洪灾”的概念,在排水系统设计完成后,进行洪灾校核,提高整个雨水系统的抗灾能力。我国规范目前仅有规划设计重现期标准,排水系统设计仍采用传统的推理公式法进行设计,没有设计洪水频率的要求,不利于对雨水系统的抗灾能力进行评价。

本课题是在北京市近年频繁出现短历时局地暴雨对城市交通产生严重影响的背景下,针对已建成的区域排水系统首次进行的大范围分析研究,建立起城市排水系统评价体系。为今后建立城市防汛应急预案系统和城市排水系统科学管理起到探索和示范作用,为排水系统规划设计中实现“超载”校核、抗灾评价起到探索作用。

参考文献

- 1 马洪涛, 张晓昕, 王强. 基于模型的城市道路积水应急排水措施研究. 市政工程, 2008, (9): 42~ 45

✉ 通讯处: 100082 北京市海淀区西直门北大街 32 号 3 号楼 1004B

电话: (010) 82216664

E-mail: libin@bmedi.cn

收稿日期: 2010-01-25

连云港南城污水处理厂一期工程

连云港南城污水处理厂工程总规模 8 万 m³/d, 一期工程 2 万 m³/d。厂址位于龙尾河与妇联河交汇处北岸, 一期占地约 3.6 hm²。二级处理工艺采用五段式改进型 A²/O 工艺, 深度处理工艺为砂滤工艺, 消毒采用紫外线。出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准。工程投资 6 400 万元, 2010 年底开工建设, 计划于 2011 年完工。

(通讯员 孔宇)