

城市排水管网 GIS 系统的建模研究与应用

翟林鹏¹, 李 彬²

(1. 江苏省农村水利科技发展中心, 江苏 南京 210029; 2. 扬州大学水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225000)

摘要: 随着城市化进程的不断加快, 城市排水管网的规模也越来越庞大, 因此, 排水管网的管理模式需要与时俱进。开发基于 GIS 的地理信息管理系统, 在排水管网信息收集齐全的基础上进行相关的模拟分析, 不仅能够提高市政管理部门的工作效率, 也能为今后城市规划提供决策依据。以徐州市主城区排水管网为研究对象, 开发了基于 ArcGIS 的 C/S 和 B/S 混合模式管理系统, 建立排水管网数学模型, 结合 SWMM 软件, 实现了检查井的溢流模拟。

关键词: 城市排水管网; 管网模型; ArcGIS; 溢流模拟

中图分类号: TU992.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2019) 02-0056-03

Study and application on the modeling of a urban drainage pipe network information system based on GIS

ZHAI Linpeng¹, LI Bin²

(1. Rural Water Resources Science and Technology Development Center of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu; 2. School of Hydraulic, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225000, Jiangsu)

Abstract: With the acceleration of urbanization process, the scale of urban drainage network is becoming larger and larger. Because of that the management mode of drainage pipe network needs to keep pace with the times. Developing geographic information management system bases on GIS and carrying out relevant simulation analysis on the basis of complete data can not only improve the work efficiency of the municipal administration department but also provide decision-making basis for future urban planning. The drainage network of the main urban area of Xuzhou was taken as a research object, the C/S and B/S mode management system based on ArcGIS was developed, a mathematical model for drainage pipe network was built. The overflow simulation of inspection wells was realized combined with SWMM software.

Key words: urban drainage pipe network; pipe network model; ArcGIS; overflow simulation

0 引言

在我国, 城市建设在不断的不断发展, 范围在不断的扩张, 城市地下排水管网系统越来越复杂, 规模越来越庞大。城市地下排水工程能够保障城市排水防涝, 因此, 提高城市地下排水管网管理的效率

是提升城市防灾减灾能力的必然要求。

城市排水管网常年敷设于地下, 具有极强的隐蔽性, 而且地下管线及其附属设施种类及数目繁多, 难以进行分类归整。目前许多地区的排水管网数据收集方式依然比较陈旧, 以图纸为主, 查阅起来比较麻烦, 而且容易损坏或者遗失。稍微先

收稿日期: 2018-11-27

作者简介: 翟林鹏 (1991—) 女, 硕士, 工程师, 主要从事农村水利信息化技术研究工作。

进的方式采用 Excel 表格以及 CAD 图形文件进行保存。这种相对落后的信息收集和管理手段直接影响管理单位对管网结构性能的评估工作。

由此可见, 对城市已经建成的排水管网进行全面的普查, 并且在此基础上建立基于 GIS 的地理信息管理系统已经迫在眉睫。国外许多发达国家如美国、德国、日本等在很久以前就开始使用 GIS 进行市政管理、国土规划、资源管理等。国内在这方面起步较晚, 从上世纪 80 年代开始涉足这个领域。

本文以徐州市城市排水管网地理系统为例, 介绍了基于 ArcGIS 的排水管网信息系统, 包括该系统的框架结构、功能模块, 以及基于 SWMM 的排水管网模型建立和检查并溢流模拟。

1 系统的结构和功能设计

1.1 系统的结构

徐州市城市排水管网 GIS 系统采用 C/S 模式和 B/S 模式混合型结构, 系统的主要业务应用功能均在 B/S 模式下实现, 主要包括管网数据的修改、编辑、管理维护等功能, 方便快捷。如果需要进行批量的图形数据修改时, 可在 C/S 模式下进行, 在客户端 ArcGIS 软件中进行图形数据的编辑和修改, 之后发布到服务器中。

1.2 系统的功能

考虑到业务人员的职责各不相同, 也考虑到数据的安全性, 系统首先拥有权限设置的功能, 数据管理员可以对数据进行录入、修改、编辑等操作, 也可以查看并导出各类报表。普通用户只能拥有数据查阅的功能, 无法进行数据修改、增删操作。

数据查询功能, 通过鼠标点击, 可以查看选中管线或者管点设施的属性数据, 以弹框格式呈现。除此之外, 也可以通过条件查询, 查询后筛选出来的数据会在列表中显示, 结合参考地图也可以查看相应的图形数据。

实时监控功能, 可以对徐州市目前已经建成的全市主要水位点、闸门的开度、运行状态等进行实时监测, 同时可以传回实时监控录像。

1.3 系统的开发平台

系统数据处理采用 ESRI 公司的 ArcGIS 10.2 系列软件, 数据库采用 SQL Server 2008 R2, Web 端开发框架使用 ASP.NET MVC 框架。

2 排水管网模型的建立

2.1 降雨模型

降雨是在城市排水过程中非常关键的一个环节, 因此在进行排水管网建模的过程中, 建立合适的降雨模型极为重要, 目前普遍使用的是芝加哥流量过程线法, 其中 a 、 b 、 c 为暴雨强度地方参数:

$$i = \frac{a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

2.2 地表产流计算

可以将地表概化为一个蓄水池, 如图 1 所示, 其中 Q 为地表的出流量, d_p 为蓄水池的最大注蓄深度, d 为蓄水池的水深, 当 $d > d_p$ 时, 就会发生地表出流。

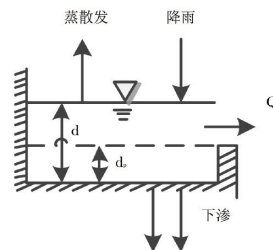


图1 地表产流模型概念图

地表出流量可以通过曼宁公式来计算:

$$Q = W \frac{(d - d_p)^{5/3} S^{1/2}}{n} \quad (2)$$

式中, Q 为地表出流量; S 为坡度; W 为子流域宽度; n 为曼宁粗率系数。

2.3 地表汇流计算

将子汇水区的净雨转为出流过程线的过程计算称为地表汇流计算, 公式演算后为:

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i^* + WCON \left[d_1 - \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_p \right]^{5/3} \quad (3)$$

式中, d_1 和 d_2 分别为一个时间段 Δt 内水深的

初始值和终值, 其中 $WCON = -\frac{W}{An} S^{1/2}$; A 是子流域的面积。

2.4 节点溢流模拟

排水管网在进行雨水或污水传输的过程中, 如果流量较大, 超出了管网最大的排水能力时, 节点的水位会越来越高, 进而导致节点溢流。在 SWMM 软件中, 通过建模可以计算节点溢流的总

量,由公式()计算:

$$Q_{sum} = \sum_1^{num} F_i \times step \quad (4)$$

式中, Q_{sum} 为溢出的总量; F_i 为每一时刻的溢流量; num 为时间步长数; $step$ 为时间步长。

3 研究实例

本文以徐州市主城区排水管网为研究对象,系统满足市政部门对地下排水管网及处理系统运行、设计和信息查询的要求。

3.1 排水管网系统开发

系统功能菜单主要有地图打印、地图巡检、排水管网信息、排水渠信息、检查井信息、收水井信息、排放口信息、排水泵站信息、污水处理厂信息、实时监测系统、系统设置等。系统提供 2 种数据查询方式,一种是地图巡检,以参考地形图为背景,可以查阅单个管网图层,也可多个管网图层叠加查阅,通过鼠标缩放、移动,点击任意管线或者管点,都可以立即查看该元素的属性信息。另外一种方式就是按条件查询,在页面顶部按照不同图层的属性列举了几个关键条件,可以单条件进行筛选,也可多条件组合筛选出想要查询的数据。

由于业务人员经常需要外出作业,有时图纸比较方便携带,在地图打印界面,可以设置打印像素,将视野调至需要打印的范围,点击“打印”按钮,此区域的地形图以及管线,可输出为 PDF 文件进行打印。

实时监测菜单,可以调取全市 187 个水位监测点,闸门泵站的实时监控录像,查看实时水位、闸门运行状态及开度。

如图 2 所示为系统中数据条件查询结果,按条件搜索之后,符合条件的管线会以高亮形式显



图2 排水管网信息系统数据查询界面

示,鼠标点击某段管线,相应的属性信息会以弹框形式展示。

3.2 排水管网建模应用

本文将徐州市古彭大厦附近地段作为研究区域,通过 ArcGIS 将该区域划分为 132 个汇水区,将每个汇水区的不透注蓄量和透水注蓄量输入到 ArcGIS 的属性表中,再结合 SWMM 软件进行管网建模,计算每个检查井的节点溢流量,通过符号化分级显示,如图 3 所示,可以直观的看出,溢流量较大的检查井的圆圈越大,今后市政管理部门在进行管网改造的时候,应重点关注圆圈标志较大的位置。

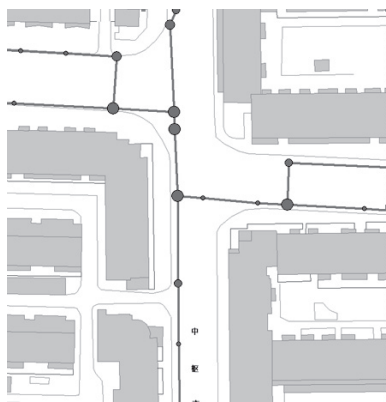


图3 排水管网节点溢流模拟

4 结语

(1) 城市排水管网 GIS 系统能精准关联排水管网及其附属设施的地理空间信息和相关属性信息,展示真实可靠的排水管网运行状态,满足管理单位对排水管网查询、标注和监测的要求。

(2) 排水管网节点溢流模拟,使得管理单位更好地了解区域内的排水管网运行特性,为决策提供数据支撑。

(3) 城市排水管网是支撑和保证城市经济发展及人民生活的重要基础设施之一,它的管理手段还有一些新的理念和方法,均值得进一步研究与应用。

参考文献:

- [1] 单波,李晓刚,陈明. 基于 ArcGIS Server 与 SWMM 模型的渠县城市排水管网管理信息系统设计与实现[J].

(下转第 62 页)

- [2] 孙丽. 基于 GIS 的城区排水管网信息系统的设计与应用[J]. 安徽建筑, 2017.
- [3] 黄容, 赖泽辉, 曹佳佳, 林时君, 包世泰. 城市排水管网溢流模拟及污染控制研究——以广州市东濠涌为例[J]. 给水排水, 2018.
- [4] 计宝鑫. 基于 SWMM 模型的西安市城区汇水区域划分与径流特征研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2017.
- [5] 刘新. 极端暴雨下某城区积水的仿真模型研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.

[7] Gilbert, J.T., W.W. Macfarlane and J.M. Wheaton, The Valley Bottom Extraction Tool (V-BET): A GIS tool for delineating valley bottoms across entire drainage networks [J]. Computers & Geosciences, 2016, 97 (12) : 1–14 .

[8] Reckinger, S.M., M.R. Petersen and S.J. Reckinger, A study of overflow simulations using MPAS–Ocean: Vertical grids, resolution, and viscosity[J]. Ocean Modelling, 2015, 96:291–313 .