

GIS 在城市排水管道系统规划中的应用探讨

赵冬泉^① 陈吉宁^① 杜鹏飞^① 佟庆远^②

① 清华大学环境科学与工程系 北京 100084

② 北京清华城市规划设计研究院环境与市政所 北京 100084

Email: zdq01@mails.tsinghua.edu.cn

摘要: 从 20 世纪 60 年代初加拿大的 Roger F. Tomlinson 和美国 Duane F. Marble 提出了地理信息系统 (GIS) 的概念以来, GIS 的含义与应用正在不断扩大, 已经在许多领域取得了丰硕的成果。但是在国内的城市排水管道系统规划中, GIS 辅助系统尚处在建设阶段。本文结合城市排水管道系统规划的具体需求, 就 GIS 空间分析功能在城市排水管道系统规划中的各种应用方式进行了探讨。最后介绍了利用 GIS 组件 MapObjects 设计开发的城市排水管道系统规划 GIS 辅助系统, 以此说明了 GIS 在城市排水管道系统规划中的应用优势。

关键字: GIS 空间分析 城市排水管道系统规划

Abstract: Application and concept of GIS (Geographic Information System) has been expanded rapidly since Roger F. Tomlinson in Canada and Duane F. Marble in America presented GIS in 1960's. Although GIS has been implemented in many area in China these years, application of GIS in urban drainage pipe system planning, especially GIS assistant system development, is in early stage. This paper discusses the relation between urban drainage pipe systems planning and GIS. In order to explain the advantages of GIS in Urban Drainage pipe Planning, a GIS Assistant System based on MapObjects is presented at last.

1. 引言

地理信息系统 (GIS) 是以地理空间数据库为基础, 在计算机软硬件的支持下, 对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示, 并采用地理模型分析方法, 适时提供多种空间和动态的地理信息, 为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机技术系统。

由于城市排水管道系统规划中要处理许多不同性质和不同特点的问题, 涉及资源、环境、人口、经济等多个地理变量和大量数据。GIS 的数据库管理系统有利于对这些复杂的因素进行统一的处理和分析; 利用 GIS 的空间查询功能、多个图层的叠加分析、网络分析功能, 能够完成排水管道系统的规划布局、排水管道水力计算、排水管道纵断面生成以及方案调整优化等工作。

目前, 在国内的城市排水管道系统规划中, GIS 辅助系统尚处在建设阶段。而且系统的目标多为对基础数据的管理, 没有发挥 GIS 的空间分析、空间表达功能, 也没有涉及对设计方案进行分析优选的问题。本文就 GIS 空间分析功能在城市排水管道系统规划中可能的应用进行探讨, 并介绍城市排水管道系统规划 GIS 辅助系统, 从而进一步说明 GIS 在城市排水管道规划中的应用优势。

2. GIS 在城市排水管道系统规划中应用

2.1. 图形绘制与存储

对于图形数据，GIS 一般具备图幅定向、文件管理、图形编辑、生成拓扑关系、图形修饰与几何计算、图幅拼接、数据更新等编辑功能；对于属性数据，GIS 一般采用关系数据库管理系统（RDBMS）管理。实现对属性数据的修改、添加、删除和查询等操作以及对属性数据库结构的修改。

在城市排水管道系统规划中，可以把城市用地规划图、城市街区规划图、城市地形图等图形资料，以及各个街区的人口、建筑面积等文字资料，输入到 GIS 数据库中。这些背景数据对于进行城市排水管道系统规划、排水管道布局与设计是非常必要的。

另外，利用 GIS 的图形绘制功能，可以直接在 GIS 平台上划分排水区域、进行排水管道的平面布局，生成多个排水管道系统的设计方案。在进行管道绘制的过程中，利用 GIS 可以生成管道与节点之间的拓扑关系。这些方案图层和对应关系都可以作为 GIS 数据存储，便于进行进一步的分析计算。

2.2. 空间查询与分析

GIS 可以回答用户提出的各种各样的空间查询问题。如：某个排水区域的面积是多少公顷？方案中管径为 800mm 的管道共有多少段，共有多少米长？编号为 2 的管道的下游管道的编号为多少？等等。

GIS 通过对空间数据的拓扑和空间状况的运算、属性数据运算以及空间数据与属性数据的联合运算实现了各种空间功能，包括：叠加分析、缓冲区分析、拓扑空间查询、空间集合分析、地学分析等。

叠加分析可以将不同数据层的特征进行叠加运算，得到具有新的特征的数据层。如：将城市街区图层与城市用地情况规划图进行叠加，可以得到每个街区的用地情况分布图；将管道节点与城市地形图叠加分析可以得到各个管道节点的地面高程。

缓冲区分析可以在所研究的空间实体周围建立具有一定宽度范围的缓冲区多边形，建立的缓冲区可以是圆形、长方形、或者不规则的多边形。在排水管道系统规划中，可以在管道平面布置图上对每段管道建立长方形的缓冲区，并将它与城市地形图进行叠加分析，就可以计算出各段管道的土方量，便于进行多个排水管道布置方案的比较。

拓扑空间查询和分析是对点、线、面三种基本元素相互之间的关系进行分析处理，提取其拓扑特征。如：在一个排水管道系统规划中，生成了检查井、排水管道平面布置、排水区域三个图层，分别含有点、线、面要素。根据排水管道系统的特点，这三个图层之间需要建立这样的拓扑关系：排水管道平面布置图层中代表各排水管道的线段的起点和终点必须为检查井图层中的某个点元素；排水区域图层中代表各个排水区域的多边形必须对应与管道平面布置图层上的某条线段等。利用 GIS 的拓扑空间查询和分析功能，可以对这些排水管道系统中必须遵循的规则进行检查和校验，减少由于人为因素而引起的管网数据错误，以便正确的进行后期的管道水力计算和管道调整计算。

地学分析是用来描述地理系统中各地学要素之间的相互关系和客观规律信息的方法，包括数字高程模型分析、地形分析和地学专题分析三个方面。如：利用其中的数字高程模型分析，可以实现排水流域的自动生成，再进一步对生成的草图进行人工修改，就可以得到城市

的排水流域划分图。

2.3. 数据输出与表达

由于 GIS 的所有图形图像信息都以数字形式存储, 而且它们都以有效的数据结构与各种专题信息有机地联系在一起, 因此, GIS 在最终成果的表示与输出方面能灵活的表现地图内容、便捷的改变地图表现形式和多种方式的输出分析计算结果。不仅可以为用户输出全要素图, 也可根据用户需要分层输出各种专题地图, 如城市街区规划图、排水管道平面布置图等; 还可以通过空间分析得到一些特殊的地质分析用图, 如管道纵断图等。另外还能生成管道水力计算表和造价统计表等数据表格。

3. GIS 辅助系统建立

结合 GIS 空间分析在城市排水管道系统规划中的优势, 利用 GIS 组件 MapObjects 提供 GIS 的数据编辑、空间查询分析功能, 利用 ADO 技术访问数据库, 设计城市排水管道系统规划 GIS 辅助系统的各个功能模块如图 1 所示。

结合城市排水管道系统设计的具体需求和图 1 中的系统功能模块设计, 开发了城市排水管网规划 GIS 辅助系统, 实现了管网绘制、管网计算、管网调整三个功能模块。

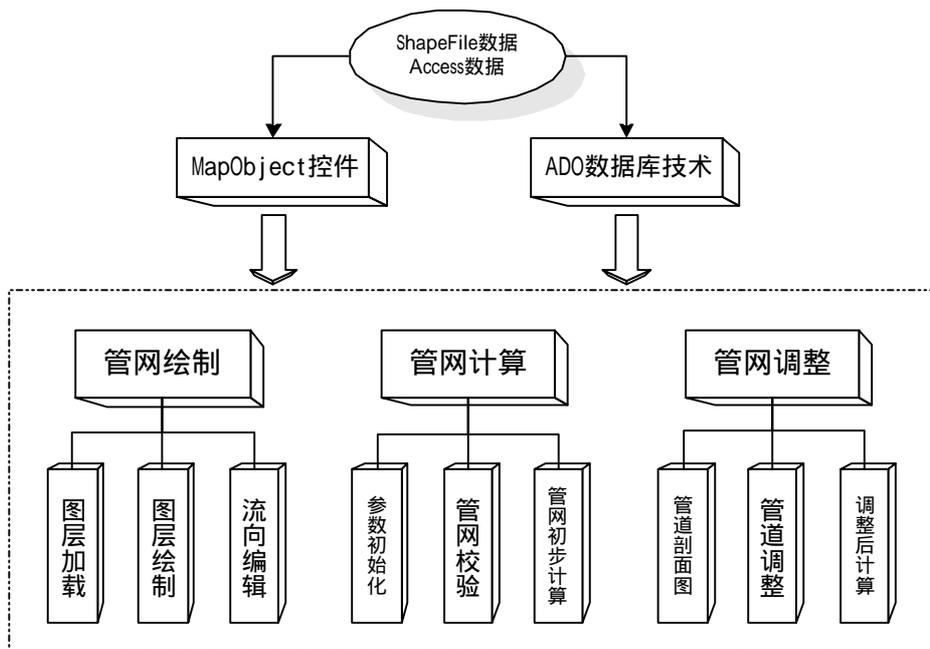


图 1 系统功能模块图

在管网绘制模块实现了如下功能: 1) CAD 底图的加载和显示, 正常显示标注文字与线条和区域颜色; 管道的绘制和编辑, 管道长度的自动提取; 2) 检查井的自动生成, 检查井的插入、移动等操作; 3) 检查井的地面高程、覆土深、集水时间等参数的设置; 4) 管道中水流方向的显示和编辑; 5) 排水区域的绘制、排水区域面积自动获取, 以及排水系数的设定; 6) 排水区域的拆分细化; 7) 排水区域的节点编辑; 8) 指定和显示管道与排水区域之间的对应关系。

在管网计算模块主要实现了如下功能: 1) 计算参数的设置, 各地区暴雨强度的设置,

雨污水管道费用表的设置；2) 检查规划平面图层之间的对应关系，进行管网校验，以保证正确、顺利地进行整个管网的计算；3) 从规划平面图层读取管网各要素的信息，并进行相关的水力、高程等计算（污水或者雨水）；4) 管道计算表、管道费用表的查看和导出到 Excel（2000 以上版本）；5) 导出规划平面图层到 AutoCAD（2000 以上版本）；6) 规划平面图层的打印。

在管网调整模块主要实现了如下功能：1) 管网中各个管道纵断图的自动生成；2) 调整管道的管径和坡度，自动进行管道相关水力参数的计算；3) 调整管道的埋深，即对管道进行上下平移，自动判断管网中各个管道的上下管底高是否需要调整，并进行相应的计算。

系统的界面效果图如图 2 所示，目前系统已经成功应用于北京市沙河卫星城北区、大兴区黄村卫星城南区等多个区域的雨污水排除规划设计中。

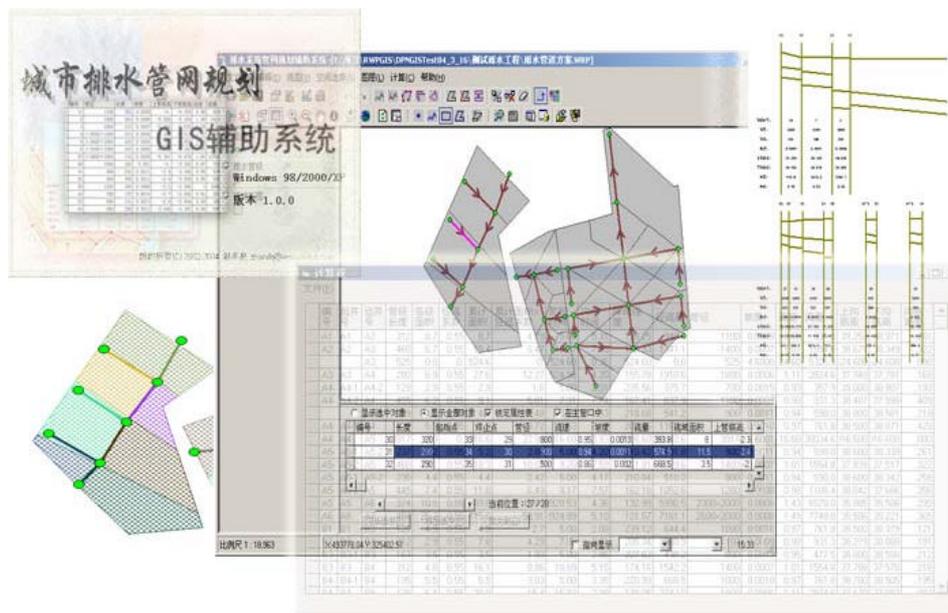


图 2 系统界面效果图

4. 结论

本文探讨了地理信息系统（GIS）在城市排水管道系统规划中的应用方面，即哪些规划工作借助 GIS 可以更科学有效地实现，哪些 GIS 功能可以在排水管道系统规划中发挥作用已经可以对城市排水管道系统规划提供制图、计算、方案调整和成果表达等功能。然后介绍了利用 GIS 组件设计和开发的排水管网规划 GIS 辅助系统。系统在方案绘制阶段建立了管网中“检查井—管道—排水区域”的对应关系，利用 GIS 分析功能实现了设计与计算的“一体化”，简化了手工计算的内容。并结合排水管网设计中对图形编辑的功能需求，设计了检查井移动、插入、排水区域拆分细化等编辑功能，增强了系统的图形编辑能力，弥补了 GIS 平台空间数据编辑能力弱的不足。该系统的实现充分说明了 GIS 在城市排水管道规划中的应用优势，特别是 GIS 数据的拓扑关系和空间分析对城市排水管道规划非常重要。

参考文献

- [1] 张超, 陈丙咸, 邬伦. 地理信息系统. 北京: 高等教育出版社, 1995.10
- [2] 耿安朝. 地理信息系统在环境科学领域的开发与应用. 苏州城建环保学院学报, 2000, 13(1): 17-22
- [3] 李莉, 陈子林, 杜书田. 开发地理信息系统为环境管理服务. 城市环境与城市生态, 1997, 10(1): 11-13
- [4] 曾思育, 傅国伟, 刘志明, 杨玉峰等. 推进 GIS 在环境规划中应用的探讨. 城市环境与城市生态, 1996, 9(1): 1-5
- [5] 郭达志等. 地理信息系统基础与应用. 北京: 煤炭工业出版社, 1997
- [6] 朱光, 季晓燕, 戎兵. 地理信息系统基本原理及应用. 北京: 测绘出版社, 1997.6
- [7] 赵冬泉, 贾海峰, 程声通. 面向对象技术在城市排水管网设计中的应用. 中国给水排水, 2003, 19(6): 82-84