

基于 GIS 的排水管网规划管理系统的开发及应用

陈勇民¹,陈治安²,许志英¹,薛向东¹,朱文芳¹

(1. 浙江科技学院 建筑工程学院,浙江 杭州 310023;2. 湖南大学 土木工程学院,湖南 长沙 410082)

摘 要: 城市排水管网规划管理的 GIS 系统 WPPMS-GIS 是利用 MapInfo 的二次开发工具 MapBasic 和 Visual Basic 语言将 MapInfo 地图窗口集成到 VB 程序中而开发出来的应用程序。该系统将排水管网的空间数据与属性数据分别存储于 MapInfo 表和 Access 数据库中,编写程序将两者连接起来并实现预定功能。水力计算模块是 WPPMS-GIS 系统的一个重要的组成部分,采用 GIS 环境下建立的排水管网优化设计的数学模型,主要包括排水管网的直接优化法以及排水管网和排水管网设计流量的递归算法。WPPMS-GIS 在广东省佛山市镇安片区排水管网的应用实例证明其实用性,实现了预定功能。

关键词: 排水管网;规划及管理;GIS;直接优化;递归算法

中图分类号: TU992.4

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2005)03-0200-04

Development and application of planning and management system on urban drainage pipe network based on GIS

CHEN Yong-min¹, CHEN Zhi-an², XU Zhi-ying¹, XUE Xiang-dong¹, ZHU Wen-fang¹

(1. School of Architecture and Civil Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 2. College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Wastewater pipe-net planning and management system under GIS(WPPMS-GIS) is an application integrating MapInfo map windows into Visual Basic program using MapBasic and Visual Basic. In this system, the spatial data and attribute data of drainage pipe-net are stored separately in MapInfo tables and Access database. They can be linked by program and provide some special function. As an important component in WPPMS-GIS, the hydraulic calculation module is based on the mathematic model of optimum design under GIS, including direct optimization method for drainage pipe-net and recursive algorithm for pipe-net and pipeline designed-discharge. It proves that WPPMS-GIS is effective with the application on the wastewater pipe-net of Zhen-an district in Foshan city of Guangdong province.

Key words: drainage pipe network; plan and management; GIS; direct optimization method; recursive algorithm

随着佛山市城市化进程的加快和城市规模的扩大,排水管网的规划、修建和改造日益频繁,现已经

形成了庞杂的排水管网系统,积累了大量排水管网设计、施工的图件和表册资料。以往,规划管理部门

收稿日期: 2005-01-05

作者简介: 陈勇民(1975—),男,湖北嘉鱼人,讲师,主要从事给排水管网设计及管理的教学与研究。

一直沿用静态方式来管理这些资料,即原有资料不能随规划的修编和施工的变动而同步改变。为提高对城市排水管网在规划、设计、工程施工过程中的动态控制,保证排水工程的实施在技术、经济上始终处于优化状态;为便于工程报建审批部门随时掌握全市排水系统规划和实施过程的信息,并对排水规划的调整及时作出正确决策,保证规划的连续性、整体性,建立佛山市排水管网规划及管理的地理信息系统 WPPMS-GIS (Wastewater Pipe-net Planning and Management System under GIS) 尤显必要。

针对南方城市平坦、低洼特点研究开发的排水规划及管理系统 WPPMS-GIS 主要包括图形数据的输入与转换、图形及文本编辑、图形和数据储存及管理、空间信息查询与分析、水力计算和图形、数据的输出等。该系统可使文字、图形资料与管网现状保持一致,令地形、道路及管网空间信息融为一体,具有自动或人机交互功能。管理人员可以通过它迅速查阅其数据库中的排水系统资料,或对原有资料进行修改或补充。规划人员可以调用其资料,改动管线的平面布置、由计算机进行水力计算和经济比较,大大提高了工作效率和工作质量。

1 WPPMS-GIS 开发平台及开发工具简介

严格说,WPPMS-GIS 是利用 MapInfo 的二次开发工具 MapBasic 和 Visual Basic 语言将 MapInfo 地图窗口集成到 Visual Basic 程序中而开发出来的应用程序^[1]。MapInfo 是美国 MapInfo 公司的产品。MapInfo Professional 是该公司近年来推出的主流地理信息系统,能实现 Client/Server 计算环境下与远程数据库的智能化共享与联接^[2]。图 1 显示了一个集成地图应用程序的主要组成部分。

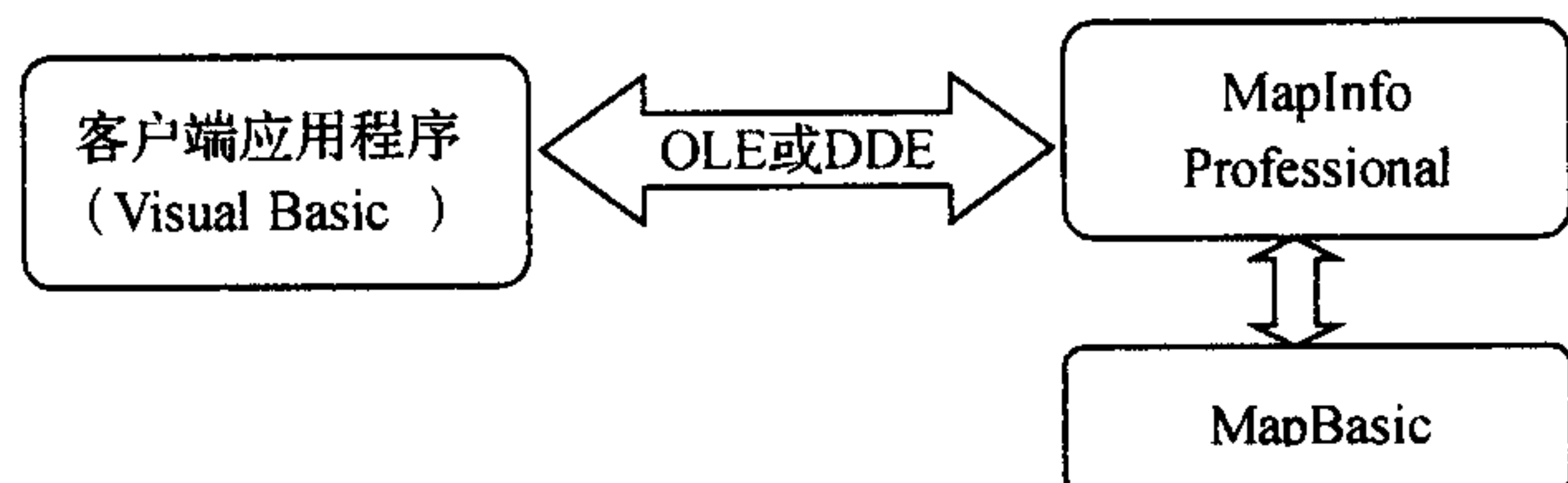


图 1 MapInfo 集成地图程序的主要构成

WPPMS-GIS 的软件环境如下:GIS 平台为 MapInfo Professional 6.0;数据库为 Microsoft Access 2000;操作系统为 Windows98/2000/NT/XP;辅助工具为 AutoCAD2000;开发工具为 VB、MapBasic。

2 WPPMS-GIS 数据库设计

基于 GIS 的信息系统中的数据有空间数据和属性数据之分。空间数据由 MapInfo 管理,而属性数据因具有空间标识(即每一个属性数据总是与某一空间实体相对应)。目前,在 GIS 中对属性数据普遍采用数据库管理系统进行管理。WPPMS-GIS 是利用关系数据库 Access2000 来管理属性数据的。

WPPMS-GIS 的特征之一是它能将空间图形数据综合到一个单一的系统,这样进行空间数据和非空间属性数据之间的交互分析和建模。在空间数据库系统中,图形数据与专题属性数据采用分离组织存储的方法存储,即图形数据与属性数据自成体系,以增强整个系统数据处理的灵活性^[3]。

按性质划分,WPPMS-GIS 系统的数据库分为空间数据库和属性数据库,前者由地形图空间数据(x, y 坐标等)和排水管网各组成成分(如检查井等)的空间数据组成;后者由地形图属性数据(道路名称等)和排水管网各组成成分(如检查井等)的属性数据(管径,管长等)组成^[4]。按类型划分,本系统的数据库包括地形图数据、管段数据、排水管网检查井数据、管网用户数据和其他(排水泵站等)数据。

3 排水管网编码设计

设计编码时采用结构化编码方案,以佛山市地形地貌为例,根据道路与管线走向规定其编码方式。

道路码格式为 3 位数字编码:方位及分类码(1 位)+路线码(2 位)。①方位及分类码:“1”表示东西方向的主干道路;“2”表示南北方向主干道;“3”表示西北-东南方向普通道路及市区老路;“4”表示东北-西南方向的普通道路及市区老路;“5”表示东西方向的街坊路;“6”表示西北-东南方向街坊路;“7”表示南北方向街坊路;“8”表示东北-西南方向街坊路。②路线码对东西方向的道路,从北往南逐条编码,对南北方向的道路,从西往东逐条路编码。于是这三个数字就形成了路名码,它与每条路名一一对应,不同的道路有不同路名码^[5]。

排水管段的编码规定为 6 位字符码:分类码(1 位)+路名码(3 位)+顺序码(2 位),其中第一位分类码字符代表管段的类别,取其汉语拼音的字头,如,污水管用“W”表示,雨水管用“Y”表示。后五位构成排水管名码,由管线所在道路的路名码和同一条道路上管段的顺序码组成。

4 属性数据编辑

规划的排水管网在实施过程中往往会有所变更,原来的很多属性数据(如管径、坡度)等已不适用,需重新进行水力计算并对原规划进行相应修改。针对这种情况,WPPMS-GIS 系统在属性数据编辑模块中嵌入了相应程序,由计算机自动完成对管段属性数据的编辑。属性数据的编辑包括排水管段属性数据的修改以及局部管网管段连接关系的更改。

4.1 属性数据的修改

管段属性的编辑包括对管径、坡度、服务面积和用地性质等参数的修改。各管段参数修改完成后,系统将调用水力计算程序进行水力计算并进行排水管段的水力约束条件校核,然后给出计算结果,最后按用户的要求更新属性数据库。

4.2 局部管网管段连接关系的更改

排水管网规划的变更会涉及到管段间连接关系及走向的改变,这种变更包括管网平面布置的修改以及属性数据库的更新。对管网平面布置可通过 WPPMS-GIS 所具有的人机交互功能进行修改。完成修改后调用水力计算程序进行水力计算并校核水力约束条件,给出计算结果并就该修改对整个管网技术经济的影响程度给出结论。属性数据库的更新由计算机按程序自动完成。

5 水力计算模块

5.1 排水管网水力优化计算模型

水力计算模块是 WPPMS-GIS 系统的重要组成部分,许多功能模块都要调用水力计算模块中的水力计算子程序。该模块主要由污水管网水力计算子程序和雨水管网水力计算子程序组成。而这两部分计算程序都建立在“排水管网水力优化计算模型”之上。水力计算采用直接优化法的程序进行^[6]。

直接优化法是根据性能指标的变化,确定一个目标函数以给各方案提供一个统一标准作比较,通过对各种方案或可调参数的选择、计算和比较,得到最优解或满意解。在开发的 WPPMS-GIS 系统中,优化计算程序以排水管道的总费用函数作为目标函数,其函数形式为:

$$F = \sum_{i=1}^n f(H_{0i}, I_{0i}, D_i, L_i, I_i) \quad (1)$$

式(1)中: F 为排水管道总费用; H_{0i} 为第 i 管段起点埋深; I_{0i} 为第 i 管段地面坡度; D_i 为第 i 管段设计管径; L_i 为第 i 管段管长; I_i 为第 i 管段设计坡度; n

为设计管段数。

对污水管道直接优化就是求式(1)的最小值 F_{\min} 。在满足约束条件下,优化可以通过以下途径实现:①选择尽可能小的设计流速;②选择尽可能大的设计充满度;③管段衔接时尽可能减小下游管段埋深;④以全局优化的思想指导设计参数的选择。

类似地,对雨水管道直接优化途径有:①初选尽可能小的设计流速;②根据流速选择合适的管径;③从全局优化的角度决定是否跌水。

5.2 排水管网直接优化法设计的递归算法

排水管网往往是一种重力流的树状结构网络,而树状结构及与它相关的算法都具有良好的递归特性,因此排水管网的计算可用递归算法来编程计算。即从支管到支干管再到干管的顺序计算整个管网。具体过程是,先搜索整个管网,以各支管的起始管段为递归入口,调用水力优化程序计算其流量、流速、管径、坡度等参数,然后判断其下游管段(父管段)的递归条件,若满足递归条件则调用递归程序计算下游管段各参数,否则搜索下一根符合递归条件的管段直至整个管网计算完毕。即计算某管段之前,所有与之相连的上游管段各参数均为已知,此时才可调用递归程序进行计算。

6 WPPMS-GIS 的应用

WPPMS-GIS 具有数据添加、数据分析、图形和表册资料管理、查询、输出等多种功能,特别是其二维矢量拓扑关系及网络分析功能,为城市排水管网的规划设计、管理调控提供了强有力的支持。佛山镇安片区是佛山市城南区新开发的一个片区,面积 5 km^2 ,区域内地势平坦,河涌交织,对佛山市地形地貌具有代表性。在完成佛山市分流制排水规划过程中,将开发的 WPPMS-GIS 首先应用于佛山镇安片区的排水管网规划及管理,取得令人满意的效果。

(1)建立起该区排水系统图形数据库和属性数据库。通过 GIS 技术对这些数据进行有效管理。在 AutoCAD 中将管网和背景路网原始图形合理分层,并建立了 AutoCAD 和 GIS 图层之间一一对应关系后,通过 GIS 提供的数据类型转换功能将其转换成 GIS 支持的图形数据格式,并将管网图中的数据处理成具有拓扑关系的网络文件以模拟实际管网。

(2)该系统可以完成排水管网规划方案的局部修改和调整,具有辅助设计功能。如点击菜单“规划方案修改”,采用人机对话修改管段属性数据(管径、管长,服务面积等),从而修改管段连接关系。当某

管段的平面布置被修改后,调用优化的水力计算程序对整个管网重新计算,计算机根据约束条件自动给出是否允许修改的判断结果。

(3)该系统具有查询、检索功能。可以点击地图或区域代码查询某一区域、某一地点或某一管段的图形或属性信息,既可查阅局部地区管线的各种细

节,又可浏览区域管线的宏观分布。

(4)开放性数据库可实现动态更新。如新建、改建管段的信息均可随时添入系统,使资料库中的图形、数据资料与工程现状保持一致。

现以管线数据查询为例,简介 WPPMS-GIS 的操作界面。主界面见图 1,管段查询界面见图 2。

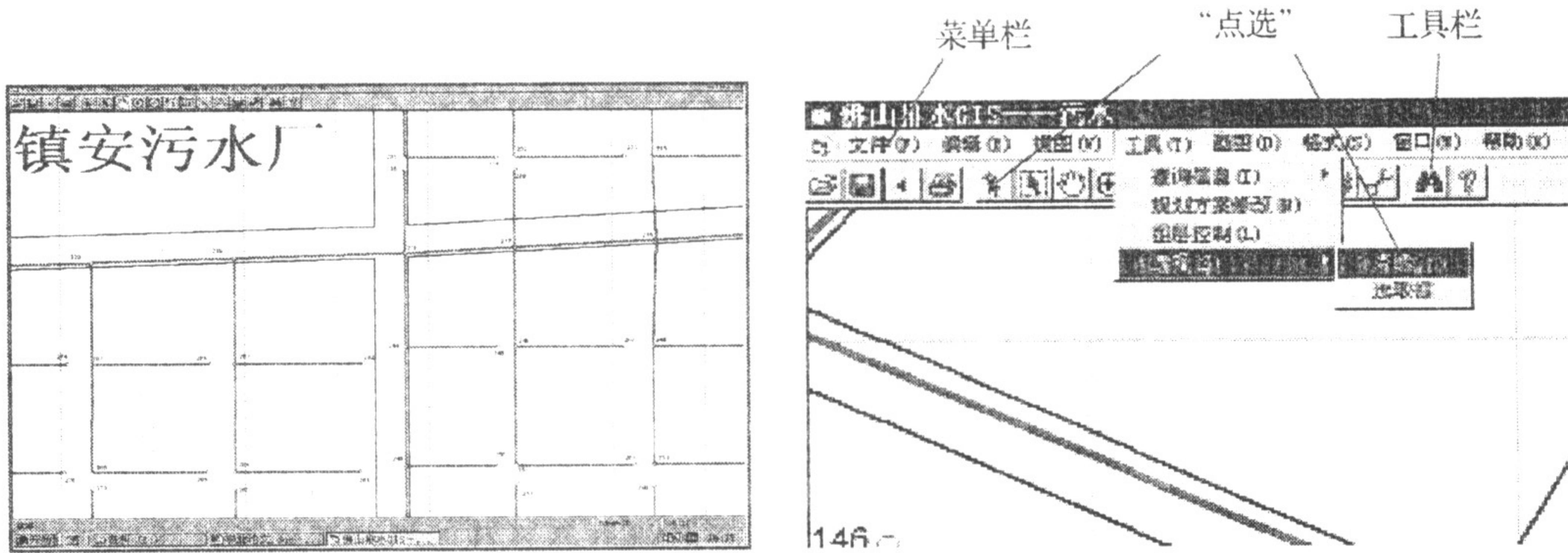


图 1 WPPM-GIS 主界面

能脱离 MapInfo 软件平台;目前,在高级语言中嵌入 GIS 控件的组件式 GIS 软件开发方式是一种 GIS 软件开发的趋势,所开发出的 GIS 软件可以脱离 GIS 软件平台而独立运行,可在这方面进行深入研究。

根据镇安片区的使用情况,笔者认为采用 WPPMS-GIS 系统进行规划设计时应注意如下几点:①信息内容全面,应包括城市背景图、排水规划区域图、排水管网现有及规划图等;②分类要标准化,数据要规范化,尽量与国家或行业标准一致;数据存储尽量采用通用矢量、栅格及文本格式,使其具备良好的数据传输、数据交换及应变能力;③确保信息的现实性和实用性。

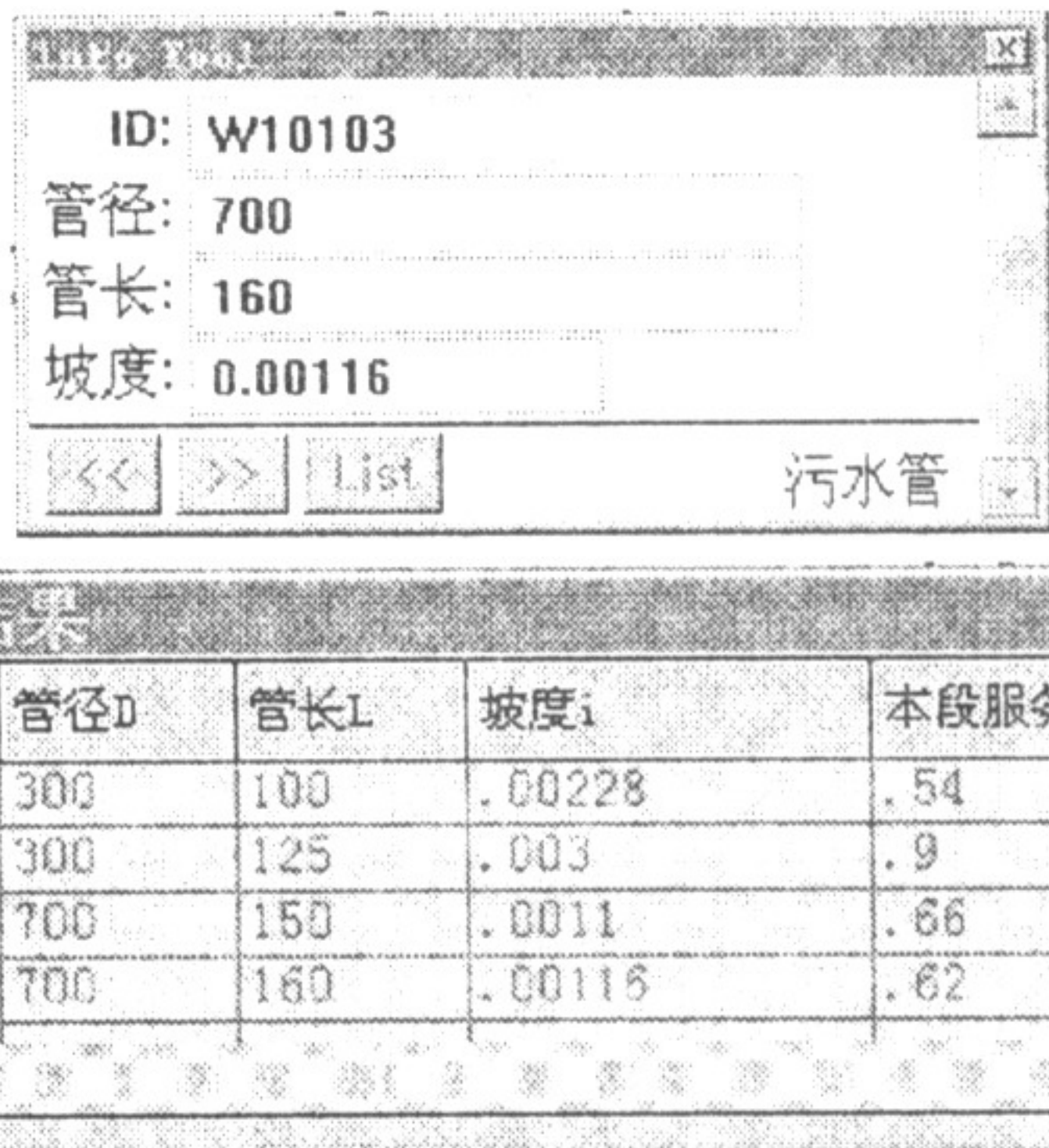


图 2 管网属性数据查询

7 结 语

WPPMS-GIS 开发过程中遇到的主要难点是:①管网图形和属性信息的存储、查询、维护和更新;②由于规划方案的改变或排水单位的增减,排水管段须相应进行局部变动,需要 WPPMS-GIS 能自动进行水力计算和技术经济比较优化,对是否允许变化给出判断并形成新的成果。对于第①点,应用集成地图技术连接 Access 数据库与 GIS 地图予以解决;针对第②点,采用的方法是:用 VB 程序提取数据库中管段数据并用直接优化法进行水力计算,计算结果反馈给用户,由用户决定是否采纳并更新数据库。

WPPMS-GIS 基本实现预定功能,但在属性数据库与图形的同步更新方面需进一步编写程序,使其更加智能化,程序编写需更加简洁。另外,对 MapInfo 的二次开发可充分利用 MapInfo 作为基础 GIS 软件的所有地理分析功能,但开发出的软件不

参考文献:

[1] 欧 雄,郑晓宇,王裕东,等. MapInfo 6.0 应用开发指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.

[2] MapInfo Corporation. MapInfo Professional References[M]. Troy, New York: MapInfo Corporation, 1995.

[3] 吴信才. 地理信息系统设计与实现[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

[4] Jerry K S, Shauna H, Reginald R S. Vissualizing System-Wide Economic Impacts of Transportation Projects [J]. Journal of Urban Planning and Development, 2001,127(12):158-168.

[5] 王书惠. 北海市供水管网信息系统的设计和实现[J]. 有色金属矿产与勘查,1997,6(4):79-82.

[6] 彭永臻,崔福义. 给水排水工程计算机程序设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.