

北京工业大学

硕士学位论文

基于MAPGIS的石景山区地下管网信息管理系统的应用研究

姓名：唐嵘

申请学位级别：硕士

专业：市政工程

指导教师：周玉文

20060501

摘 要

为了全面推进城市化进程,加快数字化城市化建设,不断提高现代化管理水平,应认真的、准确的做好地下空间的规划,加强地下管线的建设与管理。利用计算机技术、地理信息系统技术、图像处理技术和可视化技术,建立一个能快速提供真实准确的地下管线信息的管理系统,并能实现快速查询、综合分析等操作。

本文以石景山区地形图为基础,以给水管网、雨水、污水排水管网、天然气管网、供电电缆网、通讯电缆网、供热管网和其它地下管网普查成果资料(即区内地下管网的空间数据和属性数据)为核心。通过对石景山区地下管线探测成果和图形资料的数字化,在 MAPGIS 地理信息系统软件平台上,开发建立了“石景山区地下管网信息管理系统”。

论文介绍了地下管网信息管理系统解决方案的选择、系统总体结构设计、系统的主要功能模块、数据的来源与分析、地下管网普查、系统的开发与实现以及实施效果。

系统的建成,实现了对地下管线信息的现代化管理。不仅能够更好的管理地下管线,及时地对管线数据进行更新维护,保证管线数据准确,实现地下管线的动态管理,为地下管线的规划和建设提供科学服务,而且能为城市规划建设,为政府部门宏观决策提供准确的管线信息,为城市的防灾、抢险等提供决策支持。

关键词 地下管网; 地理信息系统; 管理系统; MAPGIS;

Abstract

In order to comprehensively advance the progress of the urbanization, speed up the construction of the digitized Shijingshan District project, raise the modern management level unceasingly, it should be earnest to make the planning of underground spatial accurately, and strengthen the construction and the management of the underground pipelines. Using computer technology, the geographic information system technology, the imagery processing technology and the visualization technology, we should establish a management system management system which is able to provide the real accurate underground pipelines information quickly, and can realize fast inquiry, generalized analysis and so on.

The dissertation takes the topographic map of the Shijingshan District area as the foundation and regards the general survey achievement materials of the water supply pipeline network, the rainwater and sewage drainage pipeline network, the natural gas pipeline network, the power supply cable system, the communication cable system, the heating pipeline network and other underground pipelines i.e. — the spatial data and attribute data of underground pipeline networks in the District — as the core. By means of digitization of the underground pipelines survey achievements and graphics materials, "Underground Pipelines Information Management System of the Shijingshan District" was been developed and established in the MAPGIS geographic information system software platform.

The dissertation introduces the choice of the underground pipelines information management system solution, the design of system architectural structure, the system main function modules, the origin and the analysis of data, the underground pipelines general survey, the development and the realization of the system.

The established system has realized the modern management of underground pipelines information. It can give the better management of underground pipelines, promptly carry on the renewal maintenance to the pipeline data, guaranteeing the pipeline data is accurate, and realizing the dynamic management of underground

pipelines. The system provides the science service for the plan and the construction of underground pipelines. Moreover, it can provide the accurate pipeline information for the urban planning construction and for the government department macroscopic decision-making, and provides the decision-making support for the city takes measures against natural disasters, the emergency and so on.

Key words: underground pipeline network; Geographical Information System; management system; MAPGIS;

独 创 性 声 明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京工业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名: 王书峰 日期: 2006.6.9

关于论文使用授权的说明

本人完全了解北京工业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

签名: 王书峰 导师签名: 王书峰 日期: 2006.6.9

第1章 绪论

1.1 课题的研究背景

北京的总面积为 $16,800\text{km}^2$ ，其中 62% 是山区，行政区包括 10 个区和 8 个县。九十年代初常住人口达一千多万，规划市区面积达 $1,060\text{km}^2$ 。在过去的 40 年中，建成的新建筑达一亿九千五百万平方米，这个数字是建国初期北京市全部建筑面积的 9.5 倍，城市基础设施也取得相应的发展，各种地下管线的干线长度累计超过 $10,000\text{km}$ ，总点数超过 50 万个，也就是近年来平均增长速度为 400km 。

对于一个人口众多、市政设施建设项目繁多且城市建设多头管理的大城市，管网的规模和复杂程度是难以想象的^[1]。面对如此规模和复杂程度的地下迷宫，别说管理，就是把基本情况调查清楚也是一件非常困难的事情。

在过去几十年里，限于当时的条件，为了便于人工管理和查询，大部分测绘管理部门一直沿用位于城市主干道的管线资料整理成规划管线条图；将位于非主干道管线资料整理成管线方块图的两套相结合的管理方法。前者按照道路号、管线号分类归档；后者按照图幅号、工程文件号分类归档。这样的管理办法在特定的环境和条件下，是一种行之有效的管理办法。然而这种管理办法，人为的将完整的综合管网分割成一些条条和块块，从而分裂了它们的内在联系，因而给管理者和用户带来诸多不便。与现代化计算机管理相比，人工管理图纸和文本资料存在以下缺点^[2]：

(1) 将管网分割在几张图上，不便于纵观全局，也不便弄清管线的来龙去脉。

(2) 管线的属性信息只有一部分通过符号和标注反映在图纸上，其余大部分以文本资料(成果表和调查表)的形式保存，因而只看图纸并不能获得它的全部信息，若将图纸与文本资料对照起来来看，既费时、费工，又使人感到难以掌握全局。

(3) 用传统的管理方法，若要提高查询速度，则必须要求管理人员熟悉资料的存放位置，而且随着资料的增多还需增加管理人员。即使这样，其查询速度也无法与计算机相比。

(4) 存储量大。存储图纸所占的空间要比存储到磁盘上大的多，这是显而易

见的。

(5)难以保存。由于经常翻看图纸破损非常快,而且由于环境温度、湿度的变化造成图纸变形影响图纸的精度。这些都给后期图纸维护造成很大的困难。

地下管网是市政设施的重要组成部分,对城市社会 and 经济发展具有重要的影响。随着经济的发展和社会的进步,城市建设日新月异,而作为城市“生命线”的地下管网的规划与管理又相对滞后。传统的手工管理模式与现代化城市的发展已不相适应,无法管理和利用这些管网资料来创造更多的社会效益和经济效益,寻求新的技术来对管网进行科学管理已经成为必然。

计算机图形学和数据库的发展和广泛应用,使得管网管理水平发生了质的飞跃,尤其是集图形管理(空间信息)和数据库管理(属性信息)于一体的地理信息系统(Geographical Information System, GIS),更是因其强大的数据处理、管理、分析、图形显示功能获得了越来越多的应用,利用GIS技术建立管网管理信息系统已经成为管网管理的一个新的发展趋势^[3]。

在全球和区域城市数字化的进程中,城市信息和档案管理日益复杂,对管理手段的要求也越来越高。管理者越来越清醒地认识到信息技术对管网管理起着重大作用,并且市政管网本身就是能够通过地理信息系统来管理,很自然,地理信息系统就成为市政管理工作最有力的工具。

在地理信息系统的帮助下,我们不仅可以方便的获取、存储、管理和显示各种市政信息,而且还可以对城市市政设施进行有效的监测、分析、评价、模拟、预测等管理及研究工作,从而为城市市政设施管理提供全面、及时、准确和客观的信息服务和技术支持。

石景山区位于北京市市区西部,全区面积 85.74 平方公里,城市规模约 56 平方公里。

目前全区共有城市道路 149 条,道路长度约 193 公里,道路面积约 218 万平方米,步道面积约 42 万平方米。其中:高速路 1 条,区域内长约 6.85 公里;主干路 13 条,长约 34.7 公里;次干路 19 条,长约 37.8 公里;支路 28 条,长约 37 公里;街坊路 88 条,长约 77 公里。道路完好率 75%,路网密度约 2.26 公里/平方公里,人均道路面积约 5 平方米(按常住人口 43 万计算),全区共有桥梁

38座,人行过街天桥三座,地下通道1座。

近十几年来,随着经济的发展,城市规模的不断扩大。作为城市的“生命线”——地下管线也得到快速的发展,现以形成辐射全区的综合网络,大部分管线埋深在1米左右,预计管网总长1000公里。

但由于地下管线种类和涉及的管理部门、权属单位均较多,加之地下管线纵横交错,变化很大。所以一直没有完整、准确、统一、规范的综合性管网资料,这已远远不能适应城市规划建设管理的需求。

为了全面推进城市化进程,加快数字化石景山建设,不断提高现代化管理水平,要认真的、准确的做好地下空间的规划,加强地下管线的建设与管理。因此,通过对石景山区地下管线探测成果和图形资料的数字化,在MAPGIS地理信息系统软件平台上,开发建立“石景山区地下管网信息管理系统”(以下简称系统),实现对地下管线信息的现代化管理。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 GIS的发展概况

地理信息系统(GIS)是利用电子计算机及其外部设备,采集、存储、分析和描述整个或部分地球表面与空间的信息系统。简单地讲,它是在一定的地域内,将地理空间信息和一些与该地域地理信息相关的属性信息结合起来,达到对地理和属性信息的综合管理。

在传统的信息系统中,数据主要保存在数据库中,如果数据库中的数据仅以文字的形式表现出来,不仅形式呆板,而且可能将一些重要的信息隐藏在文字背后,在实际工作中有许多问题需要借助地图来解决。最原始的解决方案是使用一张纸地图,在上面将数据库的数据标出,然后在地图上分析,这种方法非常繁琐,如果利用GIS提供的数据的地理属性,就可以将这些数据分层、分类叠加在电子地图上,并且地图对象与数据库属性数据建立连接关系,这样通过GIS就可以轻松实现地图与数据库的双向查询。不仅如此,例如对投资环境的分析,需要用到现代理论和方法,这些理论和方法涉及的范围很广,包括区位论、城市土地经济

理论、城市空间经济学、城市交通经济学、模糊数学、层次分析法、统计方法和数据库方法、专家系统法等。仅凭某种方法是不能胜任对投资环境的分析，能使以上的现代理论和方法统一在一起的唯有地理信息系统——GIS 技术。

由此可以看出，GIS 给信息系统带来的不仅是显示地图锦上添花，而是将数据进行直观的、可视化的分析和查询，发掘隐藏在文本数据之中的各种潜在的联系，为用户提供一种崭新的决策支持方式。

国外地理信息系统的发展大致可以分为四个阶段^[4]：

(1) 模拟地理信息系统阶段

自 19 世纪以来就得到广泛应用的地图(包括地形图和专题图)——模拟的图形数据库和描述地理信息的文献著作——模拟的属性数据库相结合，构成了地理信息系统的基本概念模型。但是，这种模式的、基于纸张的信息系统和信息过程，使得空间相关数据的存储、管理、量算与分析、应用极为不规范、不方便和效率低下。随着计算机科学的兴起，数字地理信息的管理与使用成为必然。

(2) 学术探讨阶段

50 年代，由于电子技术的发展及其在测量与制图学中的应用，人们开始有可能用电子计算机来收集、存贮和处理各种与空间和地理分布有关的图形和属性数据。1956 年，奥地利测绘部门首先利用电子计算机建立了地籍数据库，随后这一技术被各国广泛应用于土地测绘与地籍管理。1963 年由加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出地理信息系统这一术语，并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS)，用于资源与环境的管理和规划。稍后，北美和西欧成立了许多与 GIS 有关的组织与机构，极大地促进了地理信息系统知识与技术的传播和推广应用。

(3) 飞速发展和推广应用阶段

70 年代以后，由于计算机技术的工业化、标准化与实用化，以及大型商用数据库系统的建立与使用，地理信息系统对地理空间数据的处理速度与能力取得突破性进展。其结果是：a) 一些发达国家先后建立了许多专业性的土地信息系统(LIS)和资源与环境信息系统，就在这一时期给排水领域也开始利用本专业特点开发管网管理信息系统。b) 关于 GIS 软件、硬件和项目开发的商业公司蓬勃发

展。到1989年,国际市场上有报价的GIS软件达70多个,并出现一些有代表性的公司和产品,如美国纽约州的Troy市MapInfo公司推出的MapInfo, Genasys公司的Genamap等等。c) 数字地理信息的生产标准化、工业化和商品化。d) 各种通用和专用的地理空间分析模型得到深入研究和广泛使用, GIS的空间分析能力显著增强。e) 有关GIS的具有技术权威和行政权威的行业机构和研究部门在GIS的应用发展中发挥引导和驱动作用。如美国国家科学基金会支持的国家地理信息和分析中心(NCGIA)每年都要制定GIS技术优先发展计划,以促进全国GIS事业发展。

(4) 地理信息产业的形成和社会化地理信息系统(Social GIS)的出现

随着互联网络的发展及国民经济信息化的推进,地理信息系统从大的地理信息中心,进入日常办公室和千家万户之中,从面向专业领域的项目开发到综合性城市与区域的可持续发展研究,从政府行为、学术行为发展到公民行为和信息民主,成为信息社会的重要技术基础。同时,也成为数字化地球、数字化城市的必要前提。

国外学者对GIS的开发以及数据结构等等进行了大量的研究^[5-22]。

地理信息系统在最近的30多年内取得了惊人的发展,广泛应用于资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通讯、交通运输、军事公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融等几乎所有领域。近年来,GIS在我国倍受重视,并在以下几个方面得到应用。

1. 城市地下管网的管理系统

以城市地理信息为基础,可以很精确地反映城市地下管线的分布情况,通过多种方式对管线数据进行查询、更改、统计和管理,极大地提高了管理部门的工作效率。

2. 城市综合管理系统

将城市地理信息与相关信息紧密结合,在城市建设、土地规划、交通疏导、治安管理、人口流动等方面的综合管理上发挥作用。

3. 港口管理系统

以港口的地理信息为基础,对港区内的船舶、集装箱等信息进行统一管理,明确船舶泊位、进出港时间等船只信息和集装箱堆放位置、到港时间、存放时间

等货物信息；根据不同的条件对船舶、货物、设施等进行查询，并在地图中显示。

4. 金融管理分析系统

在一定区域内，通过普查数据，分析该地区的金融结构、居民收入状况、经济发展潜力等项，为金融机构决策提供重要的参考，在创建办事机构的可行性、选址、机构规模上发挥作用。

5. 生态环境管理分析系统

系统考察在一定区域内的动植物的种类、分布、迁徙、数量等信息；并对区域内的环境况进行分析，为该地区环境改善、动植物保护、科学研究提供可靠的依据和决策资料。

6. 人口管理系统

实现对某一区域内人口组成结构、流动、分布、文化层次和收入水平等多方面信息的分析，为人口普查、兴建住宅、医疗、文化层次和收入水平等多方面提供分析资料和技术保障。

当今社会的发展以信息技术和空间应用为特征。作为信息技术和空间应用的载体，地理信息系统（GIS）越来越引起人们的广泛关注。地理信息系统的网络化、标准化、企业化和全球化；地理信息系统（GIS）与遥感（RS），全球定位系统（GPS）（简称 3S 技术）的集成、面向对象技术的应用、地理信息系统（GIS）与专家系统（ES）相结合、地理信息系统与多媒体技术及虚拟现实技术的结合、时空地理信息系统（Temporal GIS, TGIS）、三维地理信息系统（三维 GIS）已成为地理信息系统的发展方向。地理信息系统作为社会中一种重要的地理信息产品，既是社会公益性产品，又具有重要的市场价值。随着地理信息产业的建立和数字化信息产品在全世界的普及，GIS 将深入到各行各业乃至千家万户，成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和助手。它的用途将越来越广，越来越社会化、大众化，它将在人们的日常生活中潜移默化地改变着人们的生活^[5]。

互操作地理信息系统（Interoperable GIS）是 GIS 系统集成平台，它实现在异构环境下多个地理信息的系统或其应用系统之间的互相通信和协作，以完成某一特定任务。

三维（四维）地理信息系统（3D&4D GIS）目前研究重点集中在三维数据结

构的设计、优化与实现,以及立体可视化技术的运用,三维系统的功能和模块设计等方面。

面向对象和构件技术的地理信息系统(Com GIS)是把GIS的功能模块划分为多个控件,每个控件完成不同的功能,通过可视化的软件开发工具集成起来,形成最终GIS应用。

基于WWW的地理信息系统(Web GIS)是利用Internet技术在Web上发布空间信息供用户浏览和使用。Web GIS系统可分为四部分:Web GIS信息代理,用以显示空间数据信息并支持Client端的在线处理;Web GIS信息代理,用以均衡网络负载,实现空间信息网络化;Web GIS服务器,用于满足浏览器的数据请求,完成后台空间数据库管理;Web GIS编辑器,提供导入空间数据库数据功能,形成完整的GIS对象,GIS模型和GIS数据结构的编辑和表现环境。Web GIS是GIS走向社会化和大众化的有效途径,也是GIS发展的必由之路。

赛博空间(Cyberspace)是以计算机技术、现代通信、网络技术、虚拟现实技术的综合应用为基础,构造出一种人们进行社会交往和交流的新型空间。在赛博空间中以这种空间智能体作为构成模块的GIS系统就是Cyber GIS,它自动地接受用户以高级的语言描述的指令,利用它能感知并作用于赛博空间的“本领”,通过与其它空间智能体的交互,为用户找到赛博空间中所需信息。

1.2.2 地下管网信息管理系统的发展概况

地下管网信息管理系统是指利用地理信息系统(GIS)技术和其它专业技术,采集、管理、更新、综合分析 with 处理城市地下管线的一种技术。从功能上说,它应能快速提供现实性强、真实准确的地下管线信息,并能实现快速查询、综合分析等操作,从而为城市的管理、发展预测、规划决策提供可靠的依据。同时,它应不同于一个单纯的MIS(管理信息系统)、DSS(决策支持系统)、OA(办公自动化系统)等,而应是以上的结合。根据上述对城市地下管网信息系统的功能要求,可归纳出该系统具有如下特征^[4]:

(1)需有效地实现对空间数据(几何数据)和非空间数据(属性数据)这两种不同性质数据的操作、处理和管理。空间数据表示所描述特征的几何位置,非空数据是对此位置特征属性的描述,两者有效的结合才能使GIS功能得到发挥。

(2)数据现实性要求高。随着城市的飞速发展,城市管线不断的延伸、调整、城市规划和管理又要求数据具有较高的现实性。因此,城市管线对象的动态性,使得数据的不完整性是城市管网信息系统的一个突出问题。

(3)管网数据呈带状分布。作为建立城市地下管网信息系统的主要数据源的各种管线一般是指公共区域的地下管线,按城市规划要求,管线应尽量埋在城市道路或小区道路红线以内;同时,只布设至各企业单位门口;管网图采用分幅带状形式制作,一般与已有地形图比例尺带状地形图作为底图输入。

(4)逻辑关系明确,属性检查有据。作为肩负城市信息、能量传输和废物排泄的地下管网系统,它虽隐匿于地下,却按照自身的内在规律,不停运作以保证城市各项功能正常运转。这种内在规律即城市规划及城市施工规范对城市管网布设、施工的要求;在城市地下管网信息系统中这些逻辑关系理应得到反映。立体三维现实、表示、分析困难。地下管网信息不但数据量大,内容复杂,更有地下层层叠加的特点。常在地下上、下交叉多层,每层铺设多根各类型关系形成纵横交错的地下管线立体空间。目前普遍使用的二维 GIS 技术,是采用地下(或地上架空)数据投影至地表,再加以处理。所有这些系统处理的二维平面图形,都定位于地表,在某一位置上,形成“层”。对于这样的二维系统,可以用公式 $V=f(X, Y)$ 、 $V=f(X, Y, Z)$ 表达。式中 (X, Y) 是平面坐标, V 是对应此点的属性数据,对于不同的层, V 表示不同的含义。对于三维系统 (X, Y, Z) 是表示空间真实坐标在三维空间连续、自由变化, V 是表示该点属性值,有相对唯一性。

从国内外的发展来看,在计算机构建地下管网信息系统时,经历了以下几个过程^[7]:

第一个阶段是走管理信息系统的路子,运用数据库管理系统(MIS),对综合管网资料整理录入,放在数据库系统中,具有常规的属性数据管理功能,如录入、修改、查询等。这种方式可有效管理综合管网属性数据和资料,便于查询分类,但不具备管理图形能力,不能对空间数据进行检索和分析。

第二个阶段是 MIS 与图形相结合,但仍使用 MIS 来存放和处理属性数据,图形则另外通过图形系统(如 AutoCAD)来录入,以文件形式单独存储。这种方案只是把 MIS 的思路简单扩展到图形数据上。属性数据和图形数据分离,彼此不相关联,图形本身所蕴涵的丰富信息不能被系统自动识别、提取和利用。

第三个阶段是图形和数据库挂接,或采用桌面信息系统。利用 CAD 辅助制图技术开发管线图形子系统,而利用某一数据库管理系统,如 FOXPRO, VISUAL FOXPRO, SQL 等管理属性数据,同时利用 CAD 本身的 ASE 功能,使管线图形和属性连接,从而实现管线图形与属性的互查。但这种方式开发的管线信息系统,没有拓扑关系,无空间分析功能,不能为管线的设计、施工提供辅助分析的功能,也不能提供辅助决策的功能,是一种静态的管理,已不能适应目前的发展需要。它是利用属性数据表中扩展字段来存储对应图形的数据索引,将图形与对应的属性记录关联起来,从而实现目数互查。由于实现了图形和属性的关联,使图元具有了意义,为基于空间数据的检索分析奠定了基础。但它也有很大缺陷:图形和属性的松散耦合导致关联关系的维护比较复杂。图元间的拓扑关系无法有效的管理,许多重要的深层次分析难以完成,即使能实现,效率也很低。一般只能对单一图幅进行管理,对海量数据的一体化管理缺乏有效手段,不利于空间分析和检索。三维数据处理能力也比较低。

地下管网信息和与之相关的地形、环境信息从根本上是地理信息。地理信息具有空间定位、数据量巨大、信息载体多的特点,由于传统的 MIS 的数据模拟主要针对简单对象,因此其管理的概念和方法很难有效管理和分析复杂的地理信息。地理信息系统是一种管理和研究空间位置和属性数据的信息系统。它对空间数据或属性数据进行分析处理,研究各种空间实体及相互关系,根据实际需求,通过多种因素综合分析,适时提供多种空间和动态的地理信息,满足人们对空间信息的要求,并借助特有的空间分析功能和可视化表达,进行各种辅助决策、动态模拟和统计分析等服务。GIS 技术将地理信息相关的空间位置、属性特征进行统一管理,按一种全新的方式组织和使用地理信息。由于 GIS 技术的不断发展以及它所具有的特点和优点,采用地理信息系统来真正实现综合管网的空间数据、属性数据、拓扑关系的一体化管理,已成为构建地下管网信息系统的必由之路。

1. 国外的地下管网信息系统的发展现状

美国的 ESRI 公司作为行业中的领军公司,推出了 ArcFM(Arc Facility Manager)。这是新的基于 ArcInfo 的应用软件系统,可以让市政、电力、供水部门科学的管理、维护和设计电力、煤气以及给排水等地下管网。

Bentley 公司为市政开发的软件有:Escape(电力);Gspace(煤气、天然气);

Geowater(城市自来水); Geowasterwater(城市废水); Telco(电信)等。

InterGraph 公司将其开发的管线管理模块称作自动制图和设施管理系统 AM/FM (Automated Mapping/Facility Management), 该公司专门开发用于城市地下管线信息管理的系统 FRAME。

德国的 SIMENS 公司也有二十多年开发专门用于城市地下管线信息管理软件的历史。他们开发的 SICAD-UT 可以用于电力、煤气以及给排水等地下管网领域。

2. 国内的地下管网信息系统的发展状况

我国的地理信息系统研究和建设始于上世纪 80 年代。近年来, 在我国的下管网信息系统建设方面, 也已经有了长足的进步, 开发和投入使用了一批系统。

上海市市政管线管理信息系统已投入运行^[24]。已建立或正在建立基于 GIS 的城市地下管线管理信息系统有: 北京测绘院基于 ARC/INFO 开发的北京市地下管线图形数据库系统(BUPNIS), 无锡市规划局开发的无锡市地下管线管理系统, 广州市规划局建立的地下管网信息系统, 胶州市即墨市基于 MAPGIS 开发的地下管线信息系统等^[25]。

在软件开发方面, 1993 年前后, 为了跟上城市地下管线信息系统研究的发展步伐, 国内一些公司如金地公司、中地公司等都有了自己商业化的地下管线管理系统软件^[26]。

针对某一领域的应用很多, 如煤气管线、排水管线、通讯光缆、供水管线、电力管线、石油天然气管线, 等等^[27-31]。综合管网管理系统的建立和应用相对单个领域来说比较少^[32-66], 主要原因是系统构建相对复杂, 基础数据难以全部获得, 也没有统一的构架标准。随着城市的发展和城市信息化管理的需要, 目前这方面的研究和应用呈上升趋势。

1.3 课题的来源与主要的研究内容

本课题是石景山区 2002 年度重点工程项目之一, 列入政府工作报告。

根据城市地下管网管理的实际需求, 充分利用 GIS 对空间、属性数据的编辑、管理、显示和查询的功能, 提供管网管理相关的功能模块。为城市地下管网管理提供技术支持。

石景山地下管网信息管理系统是以地理信息系统(GIS)技术为基本框架的空

间信息和非空间属性信息集成的系统。它以石景山区地形图为基础,以给水管网、雨水排水管网、污水排水管网、天然气管网、供电电缆网、通讯电缆网、供热管网和其它地下管网普查成果资料(即区内地下管网的空间数据和属性数据)为核心。利用计算机技术、地理信息系统技术、图像处理技术和可视化技术,建立一个能快速提供真实准确的地下管网信息管理系统。系统以城市地下管网的图形数据和属性数据作为处理对象,提供一个包括地图、数据和工具的、直观的图形用户界面,可完成数据显示、查询和分析,包括制图,数据管理,综合分析,数据编辑等。

1.4 课题的实际意义

石景山地下管网信息管理系统融计算机图形和数据库于一体,储存和处理空间信,它把地理位置和相关属性有机结合起来,根据实际需要准确真实、图文并茂地输出给用户。满足市政部门对地下管网的运行管理、设计和信息查询的需要,借助其独有的空间分析功能和可视化表达,进行各种辅助决策。

系统建成后,不仅能够更好的管理地下管线,及时地对管线数据进行更新维护,保证管线数据准确,实现地下管线的动态管理,为地下管线的规划和建设提供科学服务,而且能为城市规划建设,为政府部门宏观决策提供准确的管线信息,为城市的防灾、抢险等提供决策支持。在管理层面提高管理水平与能力,更好地为石景山区的建设与管理服务。

在本课题研究成果的基础上,开发的作为国家建设部“数字城市”首批示范项目之一的《北京市石景山区城市建设管理信息系统》投入运行并通过专家鉴定。该系统不仅是国家“十五”科技攻关计划——城市数字化工程技术示范与研究示范项目,也是国家建设部2003年科学技术项目,同时入选北京市优秀电子政务项目,被北京市市政管委列为数字市政示范基地之首。业界认为这使得在运用信息技术提升城市建设和管理水平方面,石景山区处于全国领先水平。

第 2 章 地下管网信息系统解决方案的选择

2.1 地理信息开发平台

地理信息系统工具,也称为地理信息开发平台,它是具有地理信息系统基本功能的工具软件或开发平台,供其他系统调用或进行二次开发。国内外已在不同档次的计算机设备上研制了一批地理信息系统工具。目前世界上常用的 GIS 软件已达 400 多种。他们大小不一,风格各异。国外较著名的有 ARC/INFO, MapInfo, Genamap, MGE 等;国内较著名的有 MAPGIS, Geostar 和 CITYSTAR 等^[12]。

2.2 地下管网信息系统解决方案主流产品简介

在这些 GIS 软件平台中, ArcInfo Desktop、MapInfo Professional 和 MAPGIS 是目前国内应用最广泛的。以下对这三种软件进行分析和比较:

1、ArcInfo Desktop

ESRI 公司的 ArcGIS 软件家族包括 ArcInfo、ArcEditor、ArcView 等桌面产品和 ArcGIS Server、ArcIMS、ArcSDE 等服务器产品,是一个庞大的软件家族。其中 ArcInfo 是 ArcGIS 桌面产品中功能最强大、最全面的,它包含了 ArcView 和 ArcEditor 的全部功能。

ArcInfo Desktop 是 ESRI 的旗舰产品,其定位是专业化的 AM/FM/GIS 平台,系统庞大,技术层次较高,面向专业化的地理信息使用部门。

该软件支持多种方式地理数据的输入、编辑并自动建立拓扑关系,支持基本的空间数据关系和拓扑结构分析,支持国际通用投影方式。用户可自定义符号进行地图的显示和绘图输出,可以与多种流行数据格式进行转换,可以通过表达式或图形交互方式进行属性信息和空间信息的一体化查询。

ArcInfo 除了提供 AML 二次开发语言之外,还提供了开放的开发环境(ODE)。在 UNIX 上以共享库(.SO)方式,可用 C、C++等开发工具进行二次开发,在 Windows 上以动态连接库(.dll)提供 ArcInfo 的命令和功能,可用 VB、VC++、Delphi、PB 等开发工具进行二次开发。

该软件支持地理相关模型和面向对象的数据模型,避免了数据的不一致性,便于管理和调用。处理大型数据库及分布式能力强,数据冗余小,空间分析能力强,适合企业级乃至全社会的 GIS 应用。该软件除了基本模块外,还推出了扩展模块: TIN 地表模型生成、显示、分析模块, GRID 栅格分析处理模块, NETWORK 网络分析模块, ARCSCAN 扫描矢量化模块等。另外, ESRI 公司还推出了 ArcIMS 互联网地图服务器系统。

该软件没有 DEM 和插值计算, TABLES 属性数据处理功能有限, 且不具备统计图表分析功能。除基本模块外, 还有多个扩展模块, 价格昂贵, 投资较大, 通常用在大型的专业地理信息平台建设当中。

2、MapInfo Professional

MapInfo Professional 是 MapInfo 公司的基于矢量数据结构的标准桌面地理信息系统软件, 它采用混合型空间数据库, 分别使用不同的模块存储空间数据和属性数据, 具有强大的地图编辑、数字化及专题分析等数据可视化功能。

支持 Client/Server 体系结构及无缝图层, 可直接访问和更新数据源而不需要下载大文件, 对于本地存储的数据类型可提供直接读/写功能, 如 dBase、Microsoft Access、Microsoft Excel 等, 同时也提供对于远程数据库的实时访问, 如 Oracle9i、Sybase、IBM DB2、SQL Server 等。

MapInfo Professional 可嵌入已存在的应用系统内或完整地集成到商业系统中, OLE Automation 技术使开发者能够将其集成到普通编程语言开发的应用系统中, 如 VC++、VB、PB 等。另外软件提供 MapBasic 语言, 可创建特定应用的用户界面、添加菜单和选项、增强特性和功能、实现过程的自动调用和把 MapInfo 集成到其他应用中。它还提供了 Internet、栅格图像的支持、视图关联等功能。

MapInfo Professional 数据采集功能的简单使数据精度受到限制, 软件对连接的外部数据库处理功能和 3 维功能也较弱, 缺乏拓扑关系表达, 数据编辑功能少。但与 ArcInfo 相比, 它使用简单、价格便宜、容易进行二次开发, 性价比比较高。并且完全能够满足小型和中型专业地理信息系统建设的需要。而且和 ArcInfo 一样, 成为了事实上的 GIS 标准数据格式, 几乎所有的 GIS 软件都可以接受 MapInfo 格式的数据, 同时输出成为 MapInfo 格式的数据。

3、MAPGIS

MAPGIS 平台是优秀的国产地理信息平台,在 1996 年至今的多次国产地理信息系统测评中都被评为基础平台第一名。可对数字、文本、地图、遥感图像、航片等多源地学数据进行有效采集、一体化管理、综合空间分析及可视化分析。

MAPGIS 具有扫描矢量化和数字化输入等手段,具有误差校正功能。采用矢量和栅格数据混合结构,两种结构的信息可以互相转换,准确套合,并且具有多源图像分析和处理功能,可制作具有出版精度的复杂地质图,能进行海量无缝地图数据库管理以及高效的空间分析。

MAPGIS 支持 VC++、VB、Delphi、ActiveX 等集成开发环境,提供开发函数库,具有 3 维绘制功能,处理大型数据库及分布式能力较强,数据冗余较小,电子沙盘系统提供了强大 3 维交互地形可视化环境,利用 DEM 数据与专业图像数据,可以生成近实时的 2 维和 3 维透视景观。另外,MAPGIS 还推出来 WebGIS 解决方案 MapWeb、基于 ASP 的 WebGIS、基于 ISAPI/ActiveX 的 WebGIS。

2.3 选择解决方案应考虑的主要因素

作为平台支撑软件,必须满足以下要求:海量数据的存储、高效的并发访问等。企业级信息系统以及社会级信息系统的核心是数据仓库,用来存储和管理所有的空间和属性数据。这势必要求所选用的 GIS 软件具备海量数据的存储和管理能力,同时具备多用户高效的并发访问机制等。结合各行业 GIS 应用现状,在选择 GIS 软件平台时,应考虑如下几个主要因素:

1、系统的可扩展性

在现代科学技术不断进步时代,任何一个信息系统都不应是孤立存在和停滞不前的。在设计和规划系统之初,就应该从宏观、从长远的观点来统筹考虑。但因为经费的投入问题、现阶段的应用需求以及其它各种软硬件环境的制约,又往往无法一步到位。因此,“统筹规划,分步实施”就不失为一种最佳选择。而要做到这一点,系统所依赖的平台的可伸缩性则是关键,从而充分保护前期投资和工作,保证系统的分步实施不会因为平台的提升和系统规模及功能需求的扩展而陷入进退两难的境地。系统规模应该是可以缩放的,可以小到一个独立的桌面应用,也可以大到为面向企业级的应用系统,给用户留有余地,以满足各部门不同阶段、不同应用的需求。

2、系统的安全性

任何一个信息系统，一旦投入实际生产运作中，其安全性的重要程度是不言而喻的。系统的安全性应该包含三个方面的内容：一是系统自身的坚固性，即系统应具备对不同类型和规模的数据和使用对象都不能崩溃的特质，以及灵活而强有力的恢复机制；二是系统应具备完善的权限控制机制以保障系统不被有意或无意地破坏；三是系统应具备在并发响应和交互操作的环境下保障数据安全和一致性。因此，用以建设系统的GIS 软件应该是久经考验的，并得到市场公认，有着广大用户群体和经过大量工程的成功考验。

3、系统的开放性

为了充分利用已有的企业资源，要求GIS 软件必须具备良好的开放性，除支持多种硬件平台、操作系统、数据库以外，还要求能够将已有的各种格式的数据转换目前可用的数据类型，即支持多种数据格式的转换。GIS 支撑软件是否开放主要体现在以下三个方面：首先是数据结构特别是图形数据结构的开放性，要求有开放的数据格式，有标准的外部数据交换格式，同时这种数据格式又是可以扩展的。其次是产品二次开发技术的开放性，能够支持通用的开发集成环境，如Delphi、Visual C++、Visual Basic等；支持通用的商业关系数据库，如DB2，Oracle和SQL Server 等。

4、采用工业标准或事实上的工业标准

建设GIS 系统是一个投入大、时间长的过程，这要求平台供应商对用户的应用系统提供长期的支持和维护。因此，采用工业标准或事实上的工业标准，有利于保护用户的投资。另外，由于GIS 系统所包含的内容非常庞杂，技术涉及面广，应该采用具有广大用户群的GIS 产品，从而在技术支持、产品的稳定性和产品的升级换代等方面得到保证。

经过对以上四个主要因素以及性价比等方面的综合考虑，结合北京市石景山区的实际情况，决定选择MAPGIS作为地理信息平台，开发建立“石景山区地下管网信息管理系统”。

2.4 本章小结

本章首先介绍了地理信息系统工具，接着对 ArcInfo Desktop、MapInfo

Professional、MAPGIS 三种主要的国内外流行的 GIS 平台进行了分析比较，介绍了选择 GIS 平台应考虑的因素，确定了本系统选择的 GIS 平台是 MAPGIS。

第3章 系统的设计方案

3.1 系统设计目标

以石景山区地形图为基础,将全区给水管网、雨水排水管网、污水排水管网、天然气管网、供电电缆网、通讯电缆网、供热管网和其它地下管网普查成果资料建立区内地下管网的空间数据和属性数据。利用计算机技术、地理信息系统技术、图像处理技术和可视化技术,建立一个能快速提供真实准确的地下管线信息,并能实现快速查询、综合分析等操作。系统建成后,不仅能够更好的管理地下管线,及时地对管线数据进行更新维护,保证管线数据准确,实现地下管线的动态管理,为地下管线的规划和建设提供科学服务,而且能为城市规划建设,为政府部门宏观决策提供准确的管线信息,为城市的防灾、抢险等提供决策支持。

3.2 系统设计原则

根据管线管理工作的特点和要求,参照有关应用系统的通用标准,系统遵循以下原则:

(1) 完备性

一是指系统功能的完备性,应具有数据采集、转换、编辑、处理、查询、显示、制图、分析、输出等功能;二是指数据的完备性,数据库中存贮的信息足以满足系统和用户的需要。

(2) 针对性

以管线信息管理为主,为城市规划设计、施工建设与管理、管网权属部门提供准确可靠的地下管网的空间及属性信息。

(3) 标准化

系统数据规范化、标准化和对数据质量的控制。除直接引用有关国家、行业及地方标准外,还应根据本系统的要求,研究制定必要的标准、规则等。

(4) 先进性

一是硬件设备的先进性。硬件设备应选用性能比较好的设备，并有很高的可靠性和较长的使用寿命；

二是软件的先进性。软件采用目前国际上通用并符合发展趋势的软件，目前首选武汉地质大学 MAPGIS 地下综合管网信息管理系统。

三是技术方法的先进性。采用先进的技术方法，设计实用、可靠、具有先进水平的分析模型和应用模型。

(5) 兼容性

数据具有可交换性，选择标准的数据格式和设计合适的数据格式转换软件，实现与不同的 GIS、CAD 及各类数据库之间数据共享。

(6) 现实性

具有先进的运行管理和信息更新的手段，对新区施工信息，局部竣工信息均可随时输入系统，以便更新原有信息，使系统保持较好的现实性。

(7) 高效率

具有高效率的数据采集能力、图形处理能力、存取能力、空间查询能力、空间分析能力等。

(8) 可靠性

一是系统运行的可靠性；二是数据精度的可靠性和内容的完整性；三是处理结果的可靠性。

(9) 可扩充性

系统的要素编码、功能和数据库可以方便的扩充。

(10) 适用性

系统数据组织灵活，系统易于操作，易于更新，易于管理，并能满足各层次用户的使用要求。

(11) 安全性

系统具有保密功能、防病毒能力及其他防干扰能力。

(12) 模块化

系统参照模块化标准，根据系统的功能划分为若干个模块，每个模块完成相应的功能。

3.3 系统总体结构

系统是基于中国地质大学研制开发的 MAPGIS 地理信息系统平台，为城市规划信息化动态管理而研制的。

依据城市规划管理信息来源多种多样，数据类型较多，信息量较大，处理内容较广泛，分析、统计信息较繁杂等特点，系统以满足适应各种需要进行设计建立不同功能的子系统，通过子系统组合，实现对城市综合管线信息的动态管理。

系统共设十六个子系统（结构见图 3-1）：

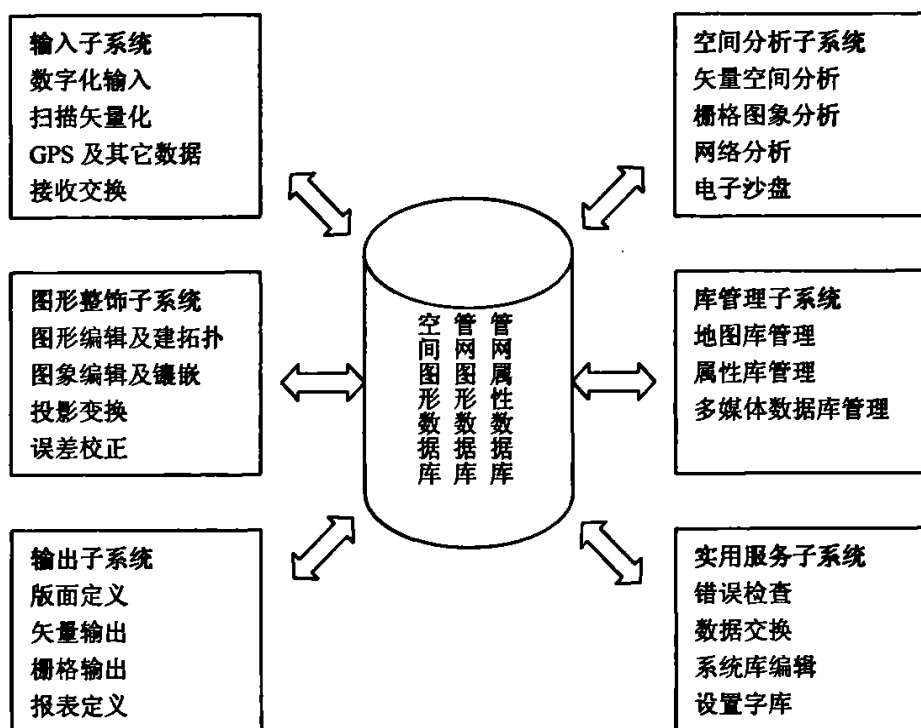


图 3-1 系统总体结构

Figure 3-1 The system architectural structure

3.4 系统的主要功能模块

根据石景山区的具体情况和实际需要，系统功能结构如图 3-2 所示：

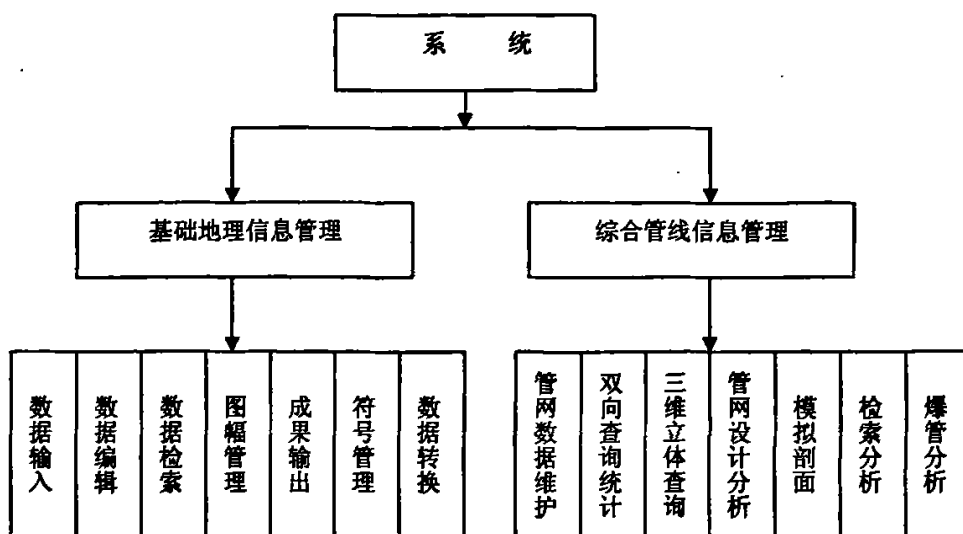


图 3-2 系统主要功能模块

Figure 3-2 The system main function modules

3.4.1 数据输入

在建立、修正、更新数据库时，需要转换各种类型的空间数据，系统提供了多种数据输入方式和其它数据源的直接转换。

①数字化输入

用数字化仪将空间信息从模拟式转换到数字式，在对底图数字化同时，能完成输入数据显示，图形数据与属性数据联接，及对属性数据编辑和图元平差校正。

②扫描矢量化输入

通过扫描仪输入图象，然后通过矢量追踪，确定实体的空间位置。系统能将扫描 TIFF 栅格数据格式转成标准 RBM 格式，经选择交互式手动、半手动、自动方式完成矢量化，并对图元校正编辑。

③采用 GIS 测定的三维空间位置数据，不需作任何转换可直接输入数据库。

3.4.2 数据处理

对原始输入数据及分析、统计等生成的数据在入库、输出的过程中需进行数据校正、编辑、图形整饰、误差消除及坐标变换，系统提供了以下六个子系统来

完成此项工作。

①图形编辑子系统

系统通过先进的可视化定位检索、灵活方便的线元编辑,功能强大的点元编辑,快速有效的面元编辑和图形信息的分层管理等功能,实现编辑、修改矢量结构的点、线、区域的空间位置及其图形属性,增加或删除点线、区域边界,并实时自动校正拓扑关系。从而使输入的图形标准、准确。

②错误检查子系统

辅助对入库数据进行错误检查,提供一个可视化的错误检查环境,指出错误类型及出错的图元,从而节约数据修编时间,提高数据的质量。

③拓扑结构编辑子系统

拓扑处理子系统可对图形中的位置结构建立拓扑关系,从而使搜区、检查、造区更加快速、方便、简捷,在进行空间分析时必须建立起拓扑关系的数据形成拓扑数据库。

④地图投影变换子系统

测量中地图投影方式方法有多种,不同的投影方法满足不同的图件需求,实际工作中图形数据处理可能要从一个地图投影坐标系统转换到所需要的另一个投影坐标系统,子系统提供了20种不同投影间的相互转换及经纬网生成功能。并能自动生成不同比例尺的标准图框。

⑤数据校正处理子系统。

在图件数字化输入过程中,通常,由于图纸变化或扫描仪走纸不均而产生变形等因素,使输入后的图形与实际图形在位置上出现偏差,经过系统对数据校正,消除图形的变形,满足实际对图件的要求。

⑥系统服务子系统

服务子系统能将图形中文字、图形符号、注记、填花纹及各种线型抽取出来,单独处理,经过编辑、修改,生成子图库、线型库、填充图案库和矢量字库,自动存放到系统数据库中,并能随时进行游览、查询和对图形编辑时调用。

3.4.3 数据库管理

(1) 图形数据库管理子系统

在数据获取进程中,它用于存储和管理地图信息;在数据处理过程中,它既是资料的提供者,也是处理结果的归宿处;在检索和输出进程中,它是形成绘图文件或各类地理数据的数据源。图形数据库中的数据经拓扑处理,可形成拓扑数据库,用于各种空间分析,完成图幅配准、图幅校正和图幅接边,实现对图库建立、修改及删除;对图幅录入、显示、修改和删除;对信息的经纬查询、日期查询、标识查询和条件查询;对图幅的输入、读入与临时构造框任意剪取生成新的图件;对图幅进行平移,比例旋转和控制点变换;对图幅进行分幅、合幅,并自动清除拼合误差;对图幅分层,分类存放图形数据等诸多功能。

(2) 属性库管理子系统

建立起可扩充、精简和修改的动态属性库,实现属性的记录编辑,定义结构,修改属性域等管理。

3.4.4 空间分析

地理信息系统与机助制图的重要区别就是它具备对空间数据和非空间数据进行分析和查询的功能。

(1) 空间分析子系统

可通过数据地形模型的分析检索功能进行坡度分析、坡向分析等;通过区对区叠加,线对区叠加和点对点叠加分析,进行包括合并、相交、相减判别分析;属性数据分析功能可完成属性分类统计、变换及运算,综合查询检索功能实现空间查询与属性查询的互动,即能根据图形的空间位置查找对应的专业属性又可根据专业属性字段构成的数字表达式或逻辑表达式,查找对应的空间实体;网络管理分析功能是迅速直观地构造整个网络,建立与网络元素相关的属性数据库,可以随时对网络元素及其属性进行编辑和更新,查看和输出横纵断面图和三维立

体图,实现最短路径、最佳路径及碰撞分析有效支持紧急情况处理和辅助决策。

(2) 多源图象处理分析子系统

该子系统能处理栅格化的二维空间分布数据。这包括各种遥感数据、航测数据等摄影图象数据和通过数字化或网格化的各种专业图象数据。

(3) 图象配准镶嵌系统

系统以 MSI 为处理对象。当图象具有足够的控制点时,可完成图象之间的配准,图象与图形的配准,图象的镶嵌,图象几何校正、几何变换、灰度变换等。

(4) 电子沙盘子系统

子系统可生成三维交互地形可视化环境,利用 DEM 数据与专业图象数据,生成近实时的二维和三维透视景观,进行飞行浏览。

(5) 数据高程模型子系统

通过对离散的、随机采样的高程数据点网格化及数据插密处理,生成等值线及立体图数据,实现高程范围内的任意区域的地表面积、体积量算。

3.4.5 数据的输出

系统通过版面编排、数据处理、不同设备的输出、光栅数据生成、光栅输出驱动、印前出版处理及电子表定义输出等功能完成各种地图、图表、图象、数据报表或文字报告的输出。还可以利用数据交换功能进行不同系统间所用数据文件的交换,从而达到数据共享。

3.5 本章小结

本章首先介绍了系统的设计目标和设计原则,接着根据石景山区的具体情况和实际需要,给出了系统功能结构,并介绍了系统的主要功能模块,即数据输入模块、数据处理模块、数据库管理模块、空间分析模块和数据的输出模块。

第 4 章 数据来源与分析

地下管线空间信息和属性信息是城市管线信息管理系统的基础,是系统有效运行的保障。

4.1 数据来源

本系统涉及的数据包括基础信息数据和专题信息数据。基础信息数据(即地形数据)是城市最基本的地理信息,包括各种平面高程测量控制点、建筑物、道路、水系、境界、地貌、植被、地名以及某些地理信息等。用于表示城市基本面貌并作为各种专题信息的空间定位载体。专题信息数据(即管线数据)指各种专业性管线信息。包括给水、排水、排污、燃气、通信、电力、供热等管线信息。

上述数据来源于现场调查与探测,并以此为基础建立系统数据库。

4.2 数据的分层方案

各类数据库组成数据子库,应依具体情况和用户需求,采用分层的办法存放。因为分层存放有利于数据管理和对数据的多途径的快速检索与分析。

数据分层的原则:

- ①同一类数据放在同一层面;
- ②相互关系密切的数据尽可能放在同一层面;
- ③使用频率高的数据放在主要层面;
- ④某些为显示绘图或控制地名注记位置的辅助点、线、面的数据、应放在辅助层。

对于地形信息,分若干层,层号及内容如表 4-1 所示:

表 4-1 地形信息分层及内容
Table 4-1 Layers of topographic information

层号	内容
0	汉字注记
1	校准图廓
3	境界
4	控制点
5	高程点
6	道路
7	水系
8	地貌
9	建筑物
10	铁路
11	路灯
12	植被

对于管线信息将按管线种类分层，共分为给水、排水、电力等 7 层。

4.3 数据编码方案

作为城市综合管线管理系统，重点是对管线数据的管理，因此对各类管线制定相应的分类编码方案。

（1）编码原则

- ①一致性，各类管线编码方法一致或接近一致；
- ②简易性，编码方便，易于理解和操作；
- ③兼容性，与国际编码方案基本一致，并可互相转换。

（2）编码方法

- ①管线点用十一位（文字 / 数字）混合编码，前七位为 1/500 地形图图号，

后四位中第一位为管线类型码，第二、三、四位用数字码（图上的每个管线点不注记前七位编码，仅注记后四位的编码）。

XXXXXXX	X	XXX
图幅号	类型码	点编号

②管线用九位（文字 / 数字）混合编码标识，第一位为管线类别标识码，第二至六位为道路编码，第七位为管线序号，第八、第九位为支线序号。

X	XXXXXX	XXX
类型码	道路编号	管线序号

4.4 本章小结

地下管线空间信息和属性信息是城市管线信息管理系统的基础，是系统有效运行的保障。本章首先介绍了系统的数据来源。本系统涉及的数据包括基础信息数据和专题信息数据。上述数据来源于现场调查与探测，并以此为基础建立系统数据库。接着介绍了本系统的数据分层方案和数据编码方案。

第5章 地下管网普查

5.1 工程概况

石景山区位于北京市市区西部，全区面积 85.74 平方公里，城市规模约 56 平方公里。近十几年来，随着经济的发展，城市规模的不断扩大。作为城市的“生命线”——地下管线也得到快速的发展，现已形成辐射全区的综合网络，其管网以铸铁为主，大部分管线埋深在 1 米左右，预计管网总长 1000 公里。

但由于地下管线种类和涉及的管理部门、权属单位均较多，加之地下管线纵横交错，变化很大。所以一直没有完整、准确、统一、规范的综合性管网资料，这已远远不能适应城市规划建设管理的需求。因此，市各级领导对地下管线普查工作非常重视，要求在收集整理各地下管线数据资料基础上，对管线进行全面探测普查，并在先进的 GIS 平台上建立石景山区综合管网信息管理系统，实现今后对城市规划、建设、管理、以及安全运行、快速维修等综合管网科学管理的需求。

5.2 普查工作任务

(一) 普查范围和要求

1. 工程区域为石景山中东部地区，面积约 56 平方公里，管线总长约 1000 公里，区内敷设有给水、排水、电力、电信、工业、天然气、热力七种管线。普查范围为建筑红线内道路（路宽 3 米以上）及其他主干管线通过的区域。

2. 管线种类及普查取舍标准(表 5-1)：

表 5-1 管线种类及普查取舍标准
Table 5-1 Pipeline types and general survey standards

管线类别	需探测的管线	备 注
给 水	管径 $\geq 50\text{mm}$	水表前
排 水	管径 $\geq 200\text{mm}$	
电 力	全测	至配电室外或出地点
电 信	全测	至交接箱
工 业	管径 $\geq 50\text{mm}$	
天 然 气	管径 $\geq 50\text{mm}$	
热 力	管径 $\geq 50\text{mm}$	

3. 各种地下管线实地普查项目(见附件 1)
4. 各种管线断面尺寸均应以毫米为单位。
5. 管线特征点及管线图式(见附件 2)。
6. 当管线与测量管线点偏距大于 20cm 时应记录管线相对偏距与偏向。

(二) 工作内容

1. 现场查明主干道、街道内管线走向及连接关系、相关属性、材料性质,确定其地面投影位置及埋深。
2. 查明各专业管线上的特征点及附属物点。特征点包括交叉点、分支点、转折点、起迄点、变径点等,附属物点包括井、阀门、人孔、手孔、计量表等。
3. 在长度大于 100 米管线直线段上增测管线点,管线弯曲时管线点的设置以能表示弯曲特征为原则,一般在管线较大弯曲处管线点个数应在 3 个以上。
4. 填写管线点探查表,并把管线点落在工作底图上,复杂地段绘制主要节点放大详图。
5. 主要干道路口应编绘综合管线横断面示意图。
6. 管线点测量,实测出管线点(特征点、附属物中心点)坐标及高程。
7. 对道路两侧地形变化部分进行主要地物带状地形图修测。
8. 建立图形库、属性库及管线网络信息库。
9. 在 MAPGIS 地理信息系统平台上构建《石景山区综合管网地理信息管理系

统》。

编绘图文数据成果资料及石景山区管网普查工程总结报告。

5.3 普查工作方法

（一）作业流程

见地下管线探测工作流程图（附件3）。

（二）探测技术

1. 调查方法及技术要求

在利用已有资料获取相应属性数据的基础上,实施对管线明显点进行埋深及断面尺寸等调查。管线埋深分为内底埋深和外顶埋深,工程要求地下沟道或自流管道(排水等)量测其内底埋深。对有压力的地下管道(给水等)量测其外顶埋深,直埋电缆和管块也量测其外顶埋深。量测工具为直角尺。管道、管沟及管块呈圆形断面的量取其内径,矩形、正方形断面的量取内壁的宽和高。

2. 探测方法

用于管线探测的物探方法有电磁法、电磁波法、磁法与磁梯度法、直流电流法与红外辐射方法等,实际应用一般以电磁法为主。

（1）电磁法

电磁法是探查地下管线的主要方法,它是以地下管线与周围介质的导电及磁性差异为主要物质基础,根据电磁感应原理观测电磁场空间与时间分布规律,从而达到寻找地下管线的目的。该方法按场源分为被动源法和主动源法两种,其中被动源法又分工频法和甚低频法,工频法是利用电力电缆中50HZ电流在电缆周围产生的电磁场来探测管线的,甚低频法是利用无线通信、广播电台发射的甚低频信号使地下管线产生感应电流而产生的感应电磁场或直接传输于线缆的甚低频信号导致管线上的感应电磁场进行管线探测。被动源法无需建立人工场,方法简便效率高,用于探测动力、通信及有线广播线缆快速经济,但工作中需采用其它方法辅助进行精确定位定深。主动源中分为直接法、夹钳法、感应法和示踪法。其中直接法即发射机与探测管网进行连接施加信号,对管线进行探测,按连接方式分为双端连接、单端连接及远接地的单端连接等方法。当管线有出露点时选择该方法工作,有利于增强管线上的信号,使探测的定位、定深准确、精度高,

但应用中避免一次场影响及旁侧管线干扰,严禁用于易燃易爆管道,施工中应尽可能减小接触电阻;夹钳法为发射机通过夹钳把信号施加在金属管线上,该方法简便、信号强、精度高,利于分辨临近管线,适用于对各种线纜的探测。但条件是必须有出露点且探测管线管径小于夹钳环直径;感应法是利用发射线圈产生的电磁场使地下管线产生感应电流而形成电磁异常,再通过仪器接收对地下管线定位定深,当受条件限制不能适用直接法、夹钳法等时采用感应法,可利用其不用接地、操作灵活效率高的特点进行长距追索或在盲区搜索管线。在条件具备时还能用于钢筋预应力水泥管探测;示踪法是将发射电磁信号的示踪信标,或导线送入管道内,在地面上用接收仪探测信标的电磁信号,从而探测非金属管道,其效果好、信号强。实际工作中根据不同的地电条件,不同的管道种类、管材、选择有效的探测方法,采用相应的探测技术。

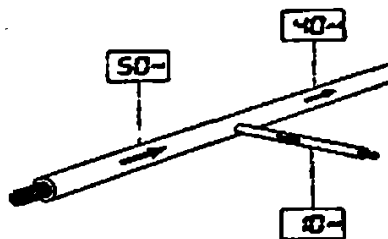


图 5-1 电流值确定三通点

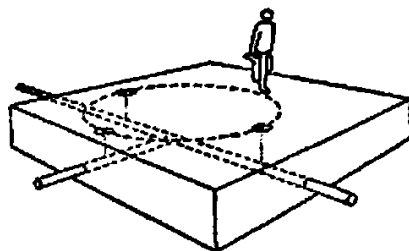


图 5-2 圆形搜索三通点

Figure 5-1 Determine tee junction by current magnitude

Figure 5-2 Circular search tee junction

① 管线搜索与跟踪技术

在管线探测过程中,对地下管线的分布、走向的确定和延管线走向进行探测即为搜索与跟踪,一般应用以下四种方法:

A. 平行搜索法

发射机呈水平或直立放置,发射机与接收机之间保持一定距离,两者对准成一条直线,并同步向直线的垂线方向移动。此技术即能将扫描区内与移动方向大致垂直的隐伏管线搜索出来,并确定管线的位置与走向。

B. 圆形搜索法

发射机位置固定,接收机在距发射机适当距离的位置上,发射线圈与接收线圈对准成一条直线,以发射机为中心,沿圆形路线扫描,采用此法搜索发现通入扫描区内的管线,特别是对管线分布走向状况不清的工作盲区最有效方便。

C. 网络搜索法

用被动源探测方法,对盲区进行两组近于垂直的正弦曲线路搜索观测,判断地下管线存在位置。

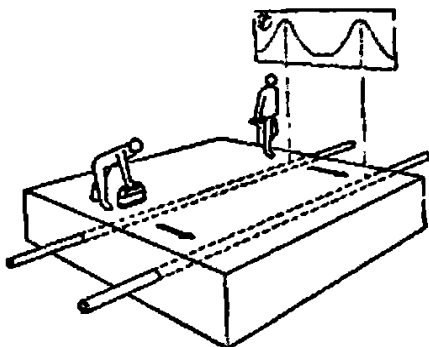


图 5-3 平行搜索法

Figure 5-3 Parallel search method

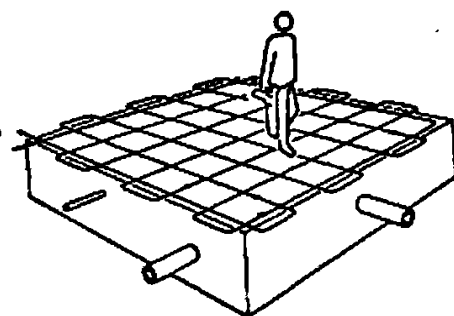


图 5-4 网络搜索法

Figure 5-4 Network search method

D. 跟踪法

发射机呈水平磁偶极发射状态,发射机与接收机位于同一直线上,沿测线方向同时移动,用接收机来追踪管线。

② 管线定位技术

A. 极大值法

在管线正上方,地下管线形成的二次场水平分量值最大,即在管线的地面投影位置上出现极大值,用管线仪的垂直线圈接收会得到最大的峰值响应,用此峰值点位置确定管线的平面投影位置。该方法由于峰值有一定宽度,影响定位精度,因此一般只用来粗略定位。

B. 极小值法

在管线正上方,管线所形成的二次场垂直分量最小,即二次场的垂直分量在管线的地面投影位置上会出现零值点,用管线仪的水平线圈接收此垂直分量会得到极小值响应。采用该极小值位置来确定管线的平面位置,此方法一般用于精确定位。

③ 管线定深技术

A. 直读法

利用接收机中上、下两个垂直线圈分别观测管线上方不同高度磁场的水平分量,由水平分量在埋深方向上的衰减关系,计算出埋深。

公式为:

$$h = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \cdot D \quad (5-1)$$

其中: h 为埋深; ε_1 、 ε_2 为上下两线圈感应电动势; D 为两线圈间距。

B. 45 度法

用接收机极小值对管线定位后, 使接收探头与地面成 45 度角, 沿垂直管线走向的方向移动, 当仪器出现零值点后, 零值点到管线在地面投影的距离就是管线的埋深。

C. 70% 法

管线精确定位后, 用接收机的峰值法确定垂直管线两侧峰值点极大值信号的 70% 信号的两点位置, 此两点距离即为埋深, 该方法测深精度高, 可用于校核直读法观测管线的深度值。

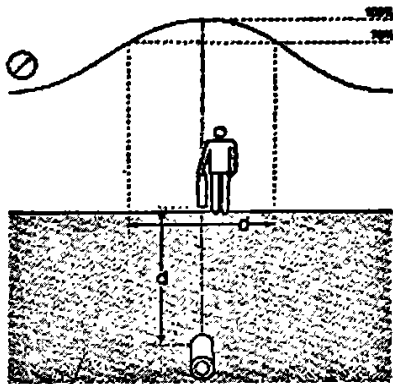


图 5-5 70% 法

Figure 5-5 seventy percent method

④ 多条管线并行的区分技术

一般采用发射线圈在管线正上方, 呈平卧状态时, 被压管线不产生电磁异常, 此法能有效地区分大部分平行管线。对此法不能区分的距离较近并行的管线, 应采用更特殊的先进技术区分探测。

A. 测定管线电流值法

当用直接法工作时, 被施加信号的管线上电流最大, 而其它并行管线电流为感应电流, 电流值较小, 通过测量出电流值大小方法区分出目标管线。

B. 测定电流方向法

用直接法给探测管线施加信号时, 目标管线上的电流方向与并行其它管线上感应电流方向正好相反, 用接收机测定出电流方向即可确定出要探测的管线。

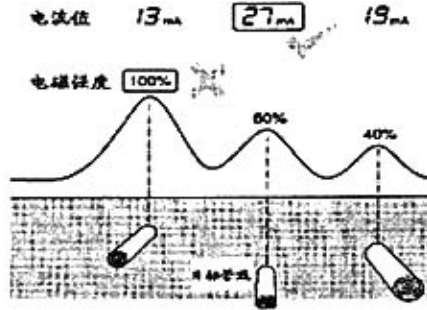


图 5-6 电流值大小区分并行管线

Figure 5-6 Discriminate parallel pipelines by current magnitude size

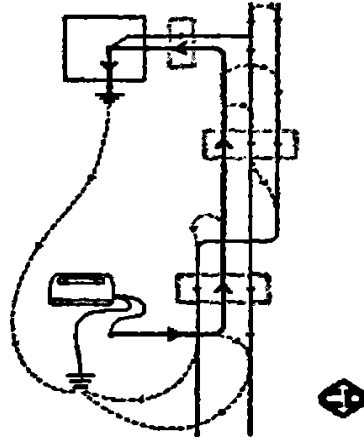


图 5-7 电流方向区分管线

Figure 5-7 Discriminate pipelines by current direction

(2) 电磁波法

电磁波法是利用宽带高频时域电磁脉冲波从地面向地下发射,然后接收反射电磁波来确定地下管线位置。该方法可以用来探查各种金属、非金属目标,但要求目标体与周围介质有一定的物性差异,且目标体界面的电磁波反射波能被接收系统所分辨,一般在多方法解决探测问题时采用,工作效率较低。

(3) 磁法与磁梯度法

利用管线与周围介质磁性差异,探测地面磁异常或磁场变化梯度,来确定管线位置,一般金属管线,钢管和铸铁管,两者均有较强磁性,在环境条件允许的情况下可采用该方法进行探测定位。

(4) 直流电法及红外辐射法等探测方法,因工作条件限制和应用效果等因素影响,实际工作很少采用。

(三) 工作方法

1. 前期准备工作:

首先由甲方向各种类管线权属单位收集整理原有区内管线资料,向城市测绘部门收集整理测绘资料。然后乙方根据现有资料进行实地踏勘与资料分析,并进行工作方法论证与具体施工方案制定。

(1) 具体需甲方提供资料及准备工作内容

① 地下综合管网现状资料及相关管线属性说明信息组织各种管线权属单位对其管线资料如设计图、施工图、竣工图等有关资料整理并编绘成大比例尺专业管线现状调绘图。调绘图要求之一要具有现实性,与实际敷设现状相符。之二要管线敷设特征及与地物相对关系基本正确。之三要标注管线属性特征,特别是非调查与探测管线属性,如电压、敷设年代等等。

② 城区测绘资料

包括内容有:工作区 1:1000 地形图纸图二套

1:1000 地形图图形数据盘一套

平面及高程控制点成果资料(数据、点之记、文字说明)一套

③ 各管线权属单位均应委派熟悉权属管线的人员配合工程施工,以有利于工程开展过程中对疑难问题的解决及工程各个阶段成果的检查。避免出现管线错探、漏查问题。

④ 证明乙方在工作区开展管线探测工作的证明文件,便于工作过程中有关单位配合。

(2) 乙方准备工作内容

① 将现有资料整理、分类、分析,并在此基础上进行踏勘。踏勘的目的是:一、核查搜集的资料,评价资料的可信度和可利用程度。二、察看工区的地物、地貌、交通和地下管线分布露情况,地球物理条件及各种可能的干扰因素。三、是核查测区测量控制点的位置。

② 编绘小比例尺的地下管线探测工作示意图,以全面了解管线探测范围与探测管线的分布状况,指导探测工作。

③ 选定合理的管线探测方法和技术设备,组织人员设备,安排各阶段工作计划。

2. 地下管线探测工作

地下管线探测依照《城市地下管线探测技术规程》CJJ61-94(以下简称《规程》)实施。选用高精度地下管线探测仪,探测确定地下管线的地面水平投影位置,走向及埋深。

总体本着从已知到未知,从简单到复杂的原则开展工作。首先全面熟悉了解石景山区地下综合管线现状和当地的施工条件,在分析有关资料,实地踏查的基础上,对辖区内明显管线点(各种窨井及附属物)进行外业详细调查和编号,填写管线点调查表,并落在地形图上形成管线草图,以初步查清管线总体布局特征。根据掌握的管线信息对不同材质的地下管线,在不同地球物理条件下选用相应有效的探测方法进行探测。

(1) 明显管线点实地调查

首先对所有出露的地下管线及其附属设施作详细实地调查、量测和记录、上图,以查清每一条管线的情况,确定必须用物探方法探测的管线地段。明显点包括接线箱、变压器、阀门、消防栓、各种窨井等其它附属设施。

实地调查查清的地下管线内容有:管线的权属单位(提供)、材质、规格(断面、根数或孔数)、附属设施名称、电压(提供)、流向等。同时量测明显管线点上地下管线的埋深、附属物中心位置与地下管线中心线的地面投影之间的垂直距离,即偏距(大于20cm时)。地下管线的埋深一般分为内底埋深和外顶埋深。地下沟道与自流管道(如排水)量测其内底埋深,而有压力的地下管道(如给水)和直埋缆线、管块量测其外顶埋深。

(2) 隐蔽管线的探查

利用物探仪器设备对埋设于地下的管线进行搜索、追踪、定位和定深,将地下管线中心位置投影至地面,并设置管线点标志、编号、记录和上图。探查管线点包括直线点、转折点、交叉点、分支点、起讫点、变坡点、变径点等,根据管线种类、属性、条件选用不同方法探查。

对铸铁、钢材质的管道,在有明显管线点控制的地段采用管线仪的直接法或夹钳法实施探测,以提高被探测管线上的信号强度,增加探测距离,确保探测数据的可靠性。长距离追踪管线用压线感应法,在双管或多管并行时采用旁侧压线感应法,突出被测管线信号。在管线复杂地段,选用探测仪CM功能(测量电流值)和CD功能(测量电流方向)探测目标管线。在探测未知管线区域时用无源、

有源搜索方法进行网络扫描,发现区内管线异常后,再采用圆形搜索法确定管线走向,然后沿走向追踪管线,管线平面定位方法采用垂直线圈测定水平分量的极大值法粗略定位,用水平线圈测定垂直分量的极小值法精确定出管线地面水平投影位置。管线埋深采用直读法或特征点法测定,或多种方法综合运用求平均管线埋深。

对水泥管线的勘测是根据管线敷设现状及材质变化等客观条件,选用针对性的探测方法。磁偶极感应法,利用该设备进行极大值法探测管线时,能在预应力钢筋混凝土管上产生电磁信号梯度变化带,依此异常来寻找确定目标管线位置。示踪电磁法,将线缆送入非金属管道并施加电磁信号,用管线仪探测电缆位置,以追踪管道走向。电磁法,利用水泥管线与周围介质对电磁波信号反射能力的差异性,通过发射高频脉冲电磁信号,再接收地下反射电磁信号,经计算机处理进行断面分析,从而确定目标管线的位置与埋深。

对部分埋深比较深的管段,用大功率管线探测仪,采用综合方法,如利用设备加大发射功率、缩短收发距离和利用极小值法,减小侧向干扰等方法,突出目标管线信号,确定管线的平面位置及埋深。

(3) 开挖调查

开挖调查是最原始和效率最低,却是最准确的方法,在管线复杂,探测条件不好,无法查明管线敷设状况时,又为验证物探精度效果时,应对有条件的点进行开挖,将管线揭露出来,直接测量其埋深、高程和平面位置。

将探测管线按要求实地进行编号,并做出标记,对管线特征点填写记录表格,并编绘管线网草图,用以测量及内业工作。

3. 管线测量工作

依照《城市测量规范》CJJ8-99(以下简称《规范》)施测。在分析资料,测区踏查的基础上,对原有控制点、水准点的位置、交通、通视和分布情况做可用性评价,并结合管线分布状况,制定具体的测量施工路线与施工方法。

(1) 平面控制测量

A. 主要以闭合、附和导线的形式进行测区控制点的加密工作,根据需要可布设 I、II、III 级导线,可逐级或越级加密,各级导线的精度要求如表 5-2;

表 5-2 各级导线的精度
Table 5-2 Precisions of all levels of wires

等级	$m_{\Delta} (")$	测回 (J_2)	ΣD (km)	D (m)	每边 m_d (mm)	$f\beta (")$	$F_s/\Sigma D$
I	± 5	2	3.6	300	± 15	$\pm 10 \cdot \sqrt{n}$	1/1.4 万
II	± 8	1	24	200	± 15	$\pm 16 \cdot \sqrt{n}$	1/1 万
III	± 12	1	1.5	120	± 15	$\pm 24 \cdot \sqrt{n}$	1/6 千

(n =测站数, 下同)

B. 5"、8"、12" 级导线采用严密平差法, 图根导线采用近似平差法计算。

(2) 高程控制测量

A. 5" 级导线须布设四等水准路线, 其余各级导线布设图根水准路线。

B. 在能满足精度要求的前提下, 各等级水准可用相应三角高程法代替。

C. 四等水准路线采用严密平差法计算, 图根水准路线采用近似平差法计算。

(3) 图根控制

A. 图根点可采用图根闭、附合导线或图根支导线法施测, 采用闭、附合导线时, 其主要技术指标如表 5-3:

表 5-3 主要技术指标
Table 5-3 Principal technical indexes

项 目	技术指标
闭附合长度 (m)	1800
测角中误差 (")	± 20
方位闭合差 (")	$\leq \pm 40 \cdot \sqrt{n}$
导线全长相对闭合差	1/2000
导线绝对闭合差 (m)	0.500

B. 导线边长可单向测定, 两次测量差 $\leq 10\text{mm}$ 时取其平均值参与平差计算, 采用近似平差法配赋其闭合差。支导线一般为 ≤ 4 条边。

C. 图根导线采用图根水准或三角高程法施测其高程。

(4) 管线点测量

A. 管线点 (包括各管线的测点为起止点、转折点、分支点、交叉点、变径

点、变坡点、直线点等及附属物特征点)测量利用全站仪采用地下管线导线或极坐标法实测位置,测量探测管线点实地红色油漆的“⊕”中“+”字交叉点位置(井盖一般为中心点),采用地下管线导线法施测时,其主要技术指标如表 5-4:

表 5-4 主要技术指标
Table 5-4 Principal technical indexes

项 目	技术指标
闭合长度(m)	1800
测角中误差(")	±20
方位闭合差(")	$\pm 40 \cdot \sqrt{n}$
导线全长相对闭合差	1/3000
导线绝对闭合差(m)	0.600

B、管线点的高程可采用图根水准或三角高程法实测。

(5) 带状地形图测量:

在建成区内,对管线两侧主要地形地物变化地段利用电子全站仪进行带状图测量。施测要求与精度依《规范》为准。

4. 内业建库工作

本次工程采用中国地大开发的 MAPGIS 地理信息是系统进行系统构建工作,流程图(见附件 4)。

(1) 地图库的建立与管理。

A、收到甲方提供的工作区地形图数据盘,检查图形内容、符号、线形,保证每件图的完整与正确。

B、通过“文件转换”系统进行数格式转换,产生 MAPGIS 格式的图形文件(*.WT, *.WL, *.WP),需要修改编辑的内容进行处理,最终形成合乎标准的地形图文件。

C、通过“地图库管理”系统,将底图进行拼接、分层、入库管理。

(2) 施工阶段的数据获取。

A. 管网类别、编号方式及数据格式,如下:

① 管线种类及标识码

表 5-5 管线种类及标识码
Table 5-5 Pipeline types and identification code

序号	地下管线种类	管线标识码	颜色
1	给水	J	兰
2	排水	P	棕
3	电力	D	深红
4	电信	L	绿
5	工业	G	黑
6	天然气	T	粉红
7	热力	R	黄

②编号为图号+类别标识码+序号，如 92P32，只记录类别标识码与序号，输入表格添加图幅号

③记录格式如图 5-8:

◇ 给水、排水、工业、天然气、热力

系统 编 号	外 业 点 号	设 施 名 称	规 格	材 质			偏 距	地 面 高 程	埋 深	埋 设 年 代	产 权 单 位	上 点 号	管 径	管 材	其 他

◇ 电力、电信

系 统 编 号	外 业 点 号	设 施 名 称	规 格	材 质	根 数				埋 深	埋 设 年 代	产 权 单 位	上 点 号	根 数	电 压	其 他

图 5-8 记录格式
Figure 5-8 Record formats

B. 将每日的探测记录与管线测量记录录入微机中, 形成电子表格 (*.XLS) 文件。

C. 将测量修测地形数据形成图形文件, 对地形进行修正。

D. 将探测数据初步生成管网, 进行检查, 存储备份, 带回内业处理。

(3) 内业数据处理

A. 以外业获取的数据包括 (各种管网数据共 12 个表)

管线探测成果记录表 (给水、排水、电力、电信、工业、天然气、热力)

管线测量成果记录表 (给水、排水、电力、电信、工业、天然气、热力)

B. 将点表与线表的 Excel 文件转换成 Dbase 数据库表文件 (*.DBF), 通过“属性管理”系统, 转换成 MAPGIS 的自身数据库文件 (*.WB), 完成数据资料的输入, 形成点数据库文件和线数据库文件, 点.WB 与线.WB, 结构如表 5-6 和表 5-7:

◆ 点表:

表 5-6 点表
Table 5-6 Point table

字段名	数据类型	字段长
本点号	字符串型	12
设施名称	字符串型	16
分类码	字符串型	8
型号	字符串型	16
材质	字符串型	8
规格	字符串型	8
埋深	双精度型	8. 3
图号	字符串型	12
平面横坐标	双精度型	8. 3
平面纵坐标	双精度型	8. 3
高程 (H)	双精度型	8. 3

◇ 线表:

表 5-7 线表
Table 5-7 Line table

字段名	数据类型	字段长
本点号	字符串型	12
上点号	字符串型	12
线规格	长整型	8
线材质	字符串型	8
备注	字符串型	16

点表中包含了各测点的坐标位置与属性内容,线表包含了线的连接关系以及属性内容。

C. 通过“网络编辑”,利用点线数据耦合形成 MAPGIS 网络文件(*.WN),形成管网图形数据及属性数据。

D. 整体管网形成并建立系统

地形图数据库以及管线信息数据库形成后,系统集成“石景山区综合管网信息管理系统。”

第一步:进行系统 GIS 环境设定,指定系统的工作目录、字体、符号、线型库目录;系统封面、标题设定:设定为“石景山区综合管网信息管理系统”。

第二步:建立管网工程,将管网网络文件转入,并且将网络内部属性数据分配到外挂数据库中,形成系统主体。

E. 1:1000 地形综合图编绘、报表输出

用形成的网络文件输出图形点线文件,合并地形图点线文件,再加上图廓整饰内容,经过整理编辑,输出 1:1000 地形管线图;将系统内的属性数据库输出到表格进行打印,输出石景山区综合管线探测成果表。

5.4 技术要求及质量保证措施

(一)工程技术要求:

1、技术标准与依据

- (1)《城市地下管线探测技术规程》 CJJ61—94
- (2)《城市测量规范》 CJJ8—99
- (3)《1: 500、1: 1000、1: 2000 地形图图式》GB/T 7929—1995
- (4)石景山区地下综合管线普查有关技术规定。
- (5)《石景山区综合管线普查工作技术设计》。

2、管线普查精度指标

管线点探测抽查量为 3-5%，隐蔽管线点主管网探测精度为《规程》中 I 级精度。

表 5-8 I 级精度
Table 5-8 Precisions of level I of wires

精度等级	水平位置限差 δ_{ts} (cm)	埋深限差 δ_{ts} (cm)
I	$\pm(5+0.05h)$	$\pm(5+0.07h)$

h 为管线中心埋深，以厘米计。

明显管线点揭盖直量抽查量为 3%，重复检查精度限差为 $\pm 5\text{cm}$ 。

3、管线点测量技术指标

$$M_{\text{点位}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta S^2}{2 \cdot n}} \leq 5\text{cm} \quad (5-2)$$

$$M_{\text{高程}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta h^2}{2 \cdot n}} \leq 2\text{cm} \quad (5-3)$$

测量为随机抽查 3-5%，按如下公式计算点位中误差和高程中误差：

n 为重复测量的点数。

(二)质量保证措施

城市地下管网资料是城市建设和管理的基础信息资料，是城市赖以正常运行的生命线。地下管网资料是永久性档案资料，因此必须准确、可靠。这就要求在管网探测过程中严格执行《规程》与《规范》标准，严把质量关。具体措施如下：

1、工程外业施工中，全部采用目前国内最先进的管线探测仪和测量仪器施工，确保仪器性能满足本次工程的质量要求。

2、抽调集中高水平的管线探测和测量人员参加本次工程组织、施工。其主要技术人员均具备工程师以上技术职称。

3、从外业施工到内业数据处理，到资料存档、图表绘制等工作，均严格执行的有关要求。做到有章可循，有规可依，以规范施工，按规范管理。

4、工程进一步严格自检制度，以台组为基本自检单元，制定台组长把关，责任到人的质量自检管理体系，将出现的问题及时解决在台组范围内，做到现场发现现场解决，随时检查及时校正。工程设专门质量监查组，以监查组为核心结合施工队、计算机中心组织对工程的全部过程执行规范情况进行监督和工程质量全面检查。监查组对整体工程质量负责。

5、对所完成的成果草图及表格，组内 100%对照复查，队进行 5%抽查，对检查达不到质量的工作成果要重新探测、测量。

6、工程质量外业全面检查方法，按《规程》3.6 要求执行，管线点探测检查为随机抽取隐蔽管线点数 1%以上进行开挖验证，测量抽查量检查精度按有关指标评定，如出现质量问题要及时进行返工。

5.5 普查结果

探测各类管线总长 1187.9km，总管线点 34536 个（其中：明显点 19967 个，隐蔽点 14569 个），编绘数字化地形图、管网图 416 张，编绘横断面图 153 幅等。

5.6 本章小结

本章主要论述了为建设本系统所做的前期数据准备工作，即地下管线普查工作。首先介绍了本系统的工程概况，接着介绍了普查工作任务，之后详细介绍了普查工作方法，包括作业流程和探测技术。接着介绍了作业技术要求和质量保证措施。最后简要介绍了普查结果。

第 6 章 系统的开发

6.1 系统运行的软硬件环境

1. 系统组成

硬件：加速卡一块

软件：系统、数据光盘一套

系统用户使用手册一套

2. 系统软件环境

中文 WINDOWS95、WINDOWS98、WINDOWS2000 以及 NT4.0 以上。

3. 系统硬件运行环境

(1) 微机

主机：486 以上微机

主频：33Mhz 以上

内存：16M 以上

硬盘：400M 以上

显示卡：各种带 WINDOWS 驱动的显示卡。

鼠标器、键盘：WINDOWS 可接的各种鼠标器、键盘。

彩显设备：1024×768×256 彩显。

(2) 输入设备：

数字化仪：市面上销售的各种数字仪。

扫描仪：市面上销售的各种扫描仪。

(3) 输出设备：

各种带 WINDOWS 驱动的绘图仪、支接 HP、RTL 的喷墨绘图仪及打印机。

带 WINDOWS 驱动的各种打印机及各种带标准 postScriptRIP 的照排机。

6.2 系统的功能划分

为适应城市综合管网管理的需求，本系统的功能从总体上来说，可以划分为以下几个方面：

基本功能：在这一部分中提供给用户建立工程和对工程数据进行组织的灵活

手段。包括工程的建立、编辑。对工程中项目的设置和管理。

窗口操作：提供对窗口的灵活放缩及大图幅的漫游操作。并可设置各种工具条的显隐。

图形与属性编辑：图形编辑为用户提供编辑管网中的管线和+管点图形的手段。对管线的形状、位置和图形参数的改变，可以帮助用户更直观的去进行分析和检索的操作。属性编辑为用户编辑更新管网属性数据的手段。

属性分析：对管网中的管线和管点的专业属性数据进行分析、查询、检索等功能，若用户具有编辑权限还可以对管点和管线的属性数据及参数数据进行编辑、查找、替换等操作。

裁剪输出：对系统中的图形及属性可以整体、局部及条件方式输出。

横断面与纵断面：用户对管网的三维数据进行设置后，可生成任意截面的横断面及任意条相连管线的纵断面，并可生成一定区域内的三维立体图形。同时在断面图中，用户可对各管线或管点的专业属性数据及图形参数进行设置。

爆管分析：对漏水、爆管等突发事件提供科学解决方案。

管网设计：动态设计及管理管网设计方案。

量算：提供各种形式的点间距，线间距。圆域、矩形域及任意多边形区域的周长、面积。

定位：定位层是提供给用户对地理底图进行按地址定位功能的必须的数据。用户可对定位层线进行添加、删除和移动、修改等操作。并可修改定位线地址。

标注：本系统提供了各种形式的标注的输入和编辑形式，使用户可以更方便快捷的对标注进行管理。

系统设置：设置包括系统环境、管网编辑、管网分析、缺省参数等系统必须的选项。

6.3 系统数据的组织形式

用户可以在工程文件中记录多种类型的文件，包括底图库文件（.DBS）、管网文件（.WN）、点文件（.WT）、线文件（.WL）、区文件（.WP）及图象文件（.MSI）。工程中一般要包括一个地理底图库和若干个管网文件以及标注文件和定位文件。其中地理底图库以底图的形式对城市的全貌做详细的描述，可以看作为背景

或参照。管网文件则描述城市中某一专业管线、管沟的分布。如电网。一般一专业的数据单独存放在一个管网文件中，以便于管理和识别。标注文件对地理底图或管网上的各种单位进行说明。定位层则用于按地址进行定位，对整个底图上的区域进行由大到小的区域划分。

6.4 系统的安全性

本系统采用用户登录的方式来保护系统及数据的安全性。系统管理员通过系统管理模块可以进行注册、注销用户，或对用户的编辑权限进行设定。当用户登录系统主模块时，系统首先检查用户的身份和权限，通过后才允许进入本系统。系统可分为编辑输入状态和分析检索状态。具体说明如下：

编辑输入状态：当用户以系统管理员身份登录或以有编辑权限的用户登录时，本系统处于编辑输入状态。在此状态下，用户可以对工程中的项目进行编辑输入的工作。如管线属性数据的录入，图形参数的改变，管线及管点的删除和添加等。同时也可以进行属性数据的各种分析和检索操作。

分析检索状态：当用户权限为分析检索权限时，用户只能在已有数据的基础上进行检索和各种分析操作，不能对图形和属性数据进行修改、添加或删除等编辑操作。

6.5 本章小结

本章首先介绍了系统运行的软硬件环境，接着介绍了系统划分的各个方面功能、系统数据的组织形式，之后介绍了系统的安全性。

第7章 系统的实现和实施效果

7.1 系统主界面

界面是系统与用户实现交互的部分，它体现了系统的整体感觉。是否拥有友好的界面是用户能否接受系统的前提。

本系统界面总体布局如图 7-1 所示，包括工具栏、地图显示窗口、地图控制窗口、状态栏等部分。



图 7-1 系统主界面

Figure 7-1 System main interface

7.2 系统的功能

7.2.1 通用功能

在各个功能模块中，包含了一些通用的部分，包括数据的存取、改变图形显

示区显示内容及定制操作界面的功能，主要包含在文件及查看这两个菜单下。

1. 文件

系统的操作对象是工程。工程是用户建立、查看、检索的数据全集，在本系统中用.MPJ文件的形式存储。在综合管网中，工程中一般要包括一个地理底图库和若干个管网文件，以及标注文件。

下面是与工程相关的几个概念。

项目：工程是文件的集合，其中每个文件就称为该工程的一个项目。

当前项目：工程中目前可以实施编辑、修改或设置的项目。只有把工程中的管网文件设为当前项目，才能进行管网的各类操作。

可见项目/不可见项目：分别指工程中可以显示出来的和不能显示的项目。有时为了提高显示速度或者为了使注意力集中于某些项目，您可能希望系统暂时不显示工程中的若干项目，这时只需把它们设置为不可见的项目。在对工程图形实施裁剪时，只有可见项目才会被裁剪，不可见项目将不予考虑。

项目描述：是对项目的名称、用途等的简短描述。此描述可以保存在工程文件中。

综合管网所提供的工程操作主要集中在“文件”菜单下。

● 新建工程

此项功能将建立一个新工程。

选择此菜单后系统进入“新建工程向导”，接下来您可以往工程中添加各类文件，包括：地理底图库文件(.DBS)、点文件(.WT)、线文件(.WL)、区文件(.WP)及管网文件(.WN)。每添加一个文件，都要按“下一步”按钮，在录入最后一个文件的名称后，按“完成”按钮，最终完成新建工程的工作。您所建立的工程的内容立即就在图形显示区显示出来。

● 打开工程

此项功能打开一个现有的工程。

选择此项菜单后，系统弹出文件选择对话框，用户可选择工程文件(.MPJ)打开。综合管网系统可以打开任何类型的MAPGIS工程文件，但是只有在工程中有管网文件(.WN)并在编辑工程功能中将其设为当前项时，

才可以对工程进行编辑、查询等操作。

- **编辑工程**

此项功能对工程进行编辑。

选择此项菜单后，系统弹出编辑工程的对话框，在此对话框中，用户可以通过菜单设置当前项目、各项目的可见性。可以添加或删除项目，可以加入空的新管网层、标注层，可以编辑对项目的描述。

当用户设置某一项目为不可见时，此项目将不会在窗口中显示，以便于用户在较复杂的数个项目中选择关心的对象。在裁剪时，只对可见项目进行裁剪。在对管网中的管线或管点进行操作时，也只对可见项目操作。

- **保存工程**

对当前工程进行保存。

若用户打开的是已经存在的工程，则将工程保存；若用户正在编辑的工程是新建的工程，则会让用户选择工程名及存放的地点，然后保存。

- **另存工程为**

另存当前工程。

将正在编辑的工程换名字存储。

- **存当管网**

将编辑的管网文件（.WN）保存。

- **管网另存位**

将当前编辑的管网文件换名存储。

- **关闭工程**

将当前打开的工程关闭。若用户对工程进行了编辑操作，系统会提示用户存储工程。

- **退出**

退出系统。若用户对工程进行了编辑操作，系统会提示用户存储工程。

2. 查看

系统的“查看”菜单下，集中了一些改变图形显示区显示内容及定制操作界面的功能。用户在编辑工程时，在图形区域使用鼠标右键，也可以弹出此菜单。

- 复位窗口

将工程中的所有数据完整的显示在图形显示区中,其显示比例由工程的坐标范围与窗口的范围共同决定。

- 更新窗口

将当前图形显示区的内容清除后,重新将工作区中的数据显示出来。相当于刷新视窗的内容,一般用于编辑后的重新显示。

- 放大窗口

放大图形显示区的内容。

选择此菜单项后,光标变为放大镜形状,用户可以通过两种方式进行放大操作。一种是直接在图形显示区单击鼠标左键,系统以鼠标单击处为中心,将相当于图形显示区 $3/4$ 大小范围的工程放大至整个显示区。另一种方法是按下鼠标左键,然后拖动鼠标在窗口中画出一个矩形,然后放开鼠标左键,系统将这个矩形范围内的内容放大至整个显示区。放大操作是逐级进行的,一次操作完成前的显示区对完成后的显示区来说称为上级窗口。

- 缩小窗口

选择此菜单项后,用户直接在图形显示区单击鼠标左键,系统以鼠标单击处为中心,将相当于图形显示区 $4/3$ 大小范围的工程缩小显示到显示区。

- 上级窗口

选择此菜单项后,系统将上级窗口的内容显示在图形显示区中。

- 移动窗口

通过鼠标在屏幕上画移动距离来移动当前窗口。选择此菜单项后,光标改变为表示手形。按下鼠标左键拖动一段距离,显示区内容就会跟随鼠标移到新的位置。

- 锁定移图

这是一个乒乓开关,用来设置或清除锁定移图标志。

当锁定移图标志被设置时,此菜单项会打上一个“√”标记,这时,每当鼠标移动到窗口的边沿部分,系统会自动地将图形向相反方向滚动,同时也将鼠标向显示区内侧移动。快截键: F8。不管现在是否在进行交互操作,用户随时都可以按 F8 键开启锁定移图功能,这样,用户的操作就不再局限于当

前所显示的区域了。举例来说，用户可以裁剪超过当前显示范围的图形，用户也可以将一条网线移动到当前显示区域之外。

● 工具栏

乒乓开关，决定是否显示工具条。

● 状态栏

乒乓开关，决定是否显示状态栏。

3. 控制面板

乒乓开关，包含工程面板和工具面板。工具面板又包括定位面板、综合查询面板、标注量算面板。

● 工程栏

显示系统中全部文件。选中工程栏中文件，点击鼠标右键，可进行工程编辑。当选中管网文件时，点击鼠标右键，出现菜单，具体功能见后面具体对应章节。

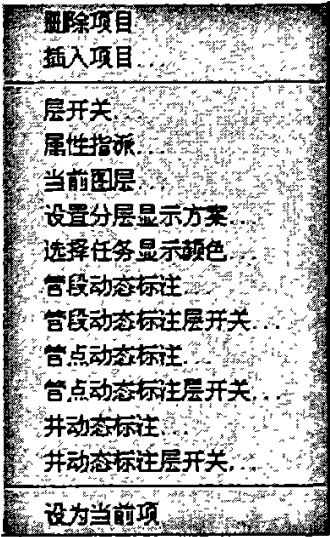


图 7-2 鼠标右键菜单

Figure 7-2 Mouse right click menu

● 鹰眼视窗

在鹰眼视窗中显示当前视窗范围与工程范围的关系，并可以进行拖动定位和重开窗操作。

● 定位面板

当工程中存在定位层时,会自动显示出定位工具。可实现按地名跳转。用户可以直接在编辑框中输入地址进行定位,或用鼠标在窗口中选取。输入地址的格式为:”:一级定位:二级定位:三级定位.....“或直接输入”n级定位:n+1级定位:n+2级定位.....“。然后点击”=>“按钮,系统将按此地址将显示区域重新定位。

● 综合查询面板

综合区域检索面板是对用户输入的区域内的图元进行分析和检索输出的工具。其中用户可输入的区域类型有全区域,矩形区域,圆域,任意多边形,底图图幅区域及定位区域。其中,矩形区域和圆域及任意多边形可以用键盘精确定位输入。检索的对象为管点、管段或管线。并且用户可对检索的对象进行属性条件过滤和图形条件过滤。当用户选择完后,点击下方中间“按钮,即可进行检索。检索结果将在窗口下方的输出面板表格中显示。输出方式也显示在表格中。鼠标放置表格中,点击右键,可闪烁图形,和数据输出为DBF文件。具体的输出方式有:带底图裁剪,独立成图显示,属性数据打印及属性数据统计。具体见“管网分析与输出”功能。

● 标注量算面板

量算方式分为:自由量算和定位量算。自由量算方式分为圆域、矩形、多边形、折线、角度。定位量算方式为管网之间、管网与底图之间的点线直线的距离。见“量算”一章。

标注为动态标注与静态标注,见“标注与定位”功能。

4. 输出面板

乒乓开关。显示查询、统计、分析的结果。可以输出查询结果为DBF或WB等格式文件。生成各种统计图表,输出统计结果。

7.2.2 图形与属性编辑

在这一模块中主要对管网的图形与属性数据进行编辑,主要有管点、管段的编辑及对管线的编辑。

管点是具有一定属性的点,如上杆、井、配电站等,可参与属性的统计与管

理。定位管点起定位作用，在浏览和检索属性时并不考虑，但其具有一定的属性和参数，可启用为管点。定位点无属性和图形参数，只起到定位作用。管段为两个管点中的一段，可以有多个定位点。管段应具有前后点高程属性字段。管线可以由一个到多个管段组成，作为一个整体来管理。例如一条供电线路，一条下水管道等。管线应具有管径字段。管网编辑应先进行设置，见“系统设置”功能。

1. 管线

● 鼠标输入管线

选取输入\管线后，可以通过鼠标输入管线。您首先要在当前的窗口中点取第一点的位置，若第一点为已存在的管点，将自动捕获。然后在屏幕中会出现一条起点在第一点的随鼠标的移动而产生的线，当您确定了第二点的位置时，再次按下鼠标左键后，第一和第二点已确定，您可以继续输入其他的定位点，直到输入完成，您按下鼠标右键结束这条管线的输入。输入的管线两端的管点若不是已经存在的管点，将被赋予缺省属性及参数。

● 键盘输入管线

通过键盘输入坐标定位输入管线。

见“设置”功能中“输入后确认座标”。



图 7-3 输入管线

Figure 7-3 Input pipeline

● 输入管线支线

在已存在的管线参照下输入支线。

首先，您要通过鼠标选取一个管点，再选取一条与这个管点相连的管线。然

后,系统弹出对话框让您再通过设置与管点的距离和与管线的夹角来输入支线的下一个定位点,依次类推,直到输入完成。

- **删除管线**

选取删除\ 管线后,删除用户通过鼠标选取的管线。

- **解析输入管线**

用户首先选取底图上的线上一点,并以此点为起点,以此线的角度为参考角度输入角度及长度生成管线。

- **输入跟随线**

用户选取底图上的一条线,并输入与这条线的距离及距线端点的距离,系统按照底图上的线形状及用户输入的线长度生成管线。

- **区域删除管线**

选取管理工具\ 区域删除,删除一个矩形区域内的管线。

- **移动管线**

移动用户通过鼠标移动管点来移动管线。移动中若想放弃操作,可以点击鼠标右键。

- **管线反向**

将用户通过鼠标选取的管线方向反向。

- **管线连接**

连接两条相连的管线,使其成为一条管线。

您可以通过点取两条管线相连处的管点来连接两条管线。

- **加点剪断管线**

在管线的任意处加一个管点,将管线剪为两条管线。

- **管点处剪断管线**

在管点处将一条管线分成两条。

- **线上加点**

在管线上加管点。

- **线上删点**

删除管线上的管点。

2. 管点

● 鼠标输入管点

通过鼠标在窗口中点击，在鼠标点击的位置输入管点。此管点将被赋予缺省属性及缺省参数。

● 键盘输入管点

通过键盘输入管点坐标输入管点。此管点将被赋予缺省属性及缺省参数。同管线设置。

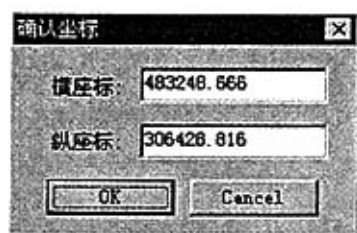


图 7-4 输入管点坐标

Figure 7-4 Input pipeline point coordinates

● 删除管点

删除鼠标选取的管点。

● 移动管点

首先通过鼠标选取管点，然后将鼠标移动到确定的位置，再次按下鼠标左键。拖动过程中按下鼠标右键可以取消本次操作。

● 区域删除管点

选取管理工具\区域删除，删除一个矩形区域内的管点。

● 管点平差

首先通过鼠标点取圆心，然后对通过鼠标拖动画出的圆内的管点进行平差。有两种方式，一种方式为按圆心平差，平差后的管点合成一个管点，此管点的位置在圆心处。另一种为按平均值平差，平差后管点坐标为平差前的平均值。拖动过程中按下鼠标右键可以取消本次操作。

● 编辑管点详图

管点详图是一种可由用户输入的关于管点的详细图形。当管点放大到一定比例时，详图就会显示出来。用户选取此功能后，系统弹出一个对话框，要求用户对详图进行编辑。在此对话框中，用户可以使用 MAPGIS 的大部分编辑

功能对详图进行修饰和编辑。同时，用户还可以设置与此管点相连的管线相对于次管点的偏移。

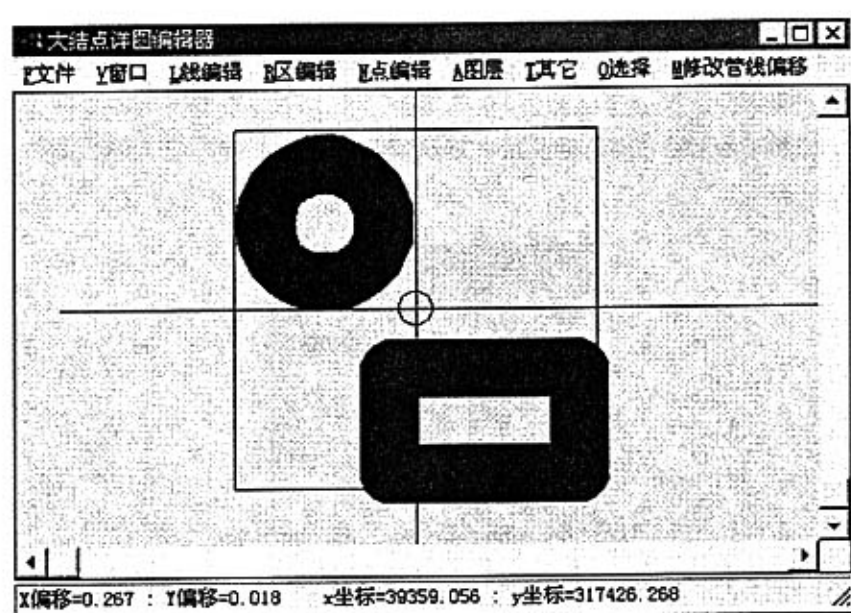


图 7-5 节点详图编辑器

Figure 7-5 Node detailed map editor

- 清除管点详图

清除用户点取的管点的详图数据。

- 全清详图数据

清除当前编辑的管网文件的所有详图数据。

- 设置定位管点

设置用户点取的管点为定位管点。

- 启用定位管点

启用某一个定位管点为管点。

3. 管段编辑

- 管段连接

在管点处将两条同属一条管线的管段连接成一条管段，并将此管点删除。

- 管段上加点

在管段上加一个定位点。

- **管段上移点**

移动管段上的一个定位点，以改变管段形状。

- **清除管段偏移**

清除用户点取的管线的偏移数据。

- **根据条件清除偏移**

清除当前编辑的管网文件中的所有符合条件管段的偏移数据。

4. 管网编辑

各操作功能放置在系统“数据维护”子菜单下。

- **输入：外业数据转入**

若有外业的点线数据（wb），可在系统中直接成网。

- **输入：点文件转管点**

将 GIS 点文件（.wt）中的线转成网文件中的管线。

- **输入：线文件转管段**

将 GIS 线文件（.wl）中的线转成网文件中的管线。

- **输入：点线耦合建网**

将 GIS 点文件和线文件进行耦合建网。

- **输入：自动平差建网**

在整个网络的范围内进行自动平差，建立网络。自动平差半径在“系统设置”中进行设置。

- **输入：添加网络到管网**

在当前管网中加入另一个管网文件中的内容。

添加的管网文件将被拷贝至当前管网中。

若此管网文件的属性结构与当前管网的属性结构不同，系统会提示用户是否继续。继续添加后的管网属性结构不变，而原管网文件的属性数据将丢失。

- **输入：管网自动接边**

按一定条件合并相同管点，对管线接边。应用于添加管网或回贴管网时。

- **输入：管网管线生成**

将管段—管点两层结构的管网文件升级到管线—管段—管点三层结构的管

网文件。

- **输出：管段输出线文件**

将管网中的管段输出为 GIS 线文件。

- **输出：管点输出点文件**

将管网中的管点输出为 GIS 点文件。

- **调整：整图图形变换**

对整个管网进行旋转、平移或缩放的整图变换。

- **调整：条件自动平差**

由用户设置一定的属性条件，然后在整个网络的范围内对符合用户输入的属性条件的管点进行平差。

- **调整：ID 调整为实体号**

将网络中的管点及管段的 ID 码调整为唯一的实体号。

- **调整：其他**

系统还可以调整管点属性并入管段, 管段高程, 管段长, 管点坐标等。

- **管网挂接**

系统数据库是可扩充式, 可以挂接外部数据库。

- **网络完整性检查**

检查整个网络数据的完整性, 如有无孤立的管点, 有无成环的管段等。

5. 属性与参数编辑

(1) 属性

属性的操作大概可包括属性结构的编辑, 属性的编辑, 替换属性, 根据参数赋属性, 列表编辑属性, 条件编辑属性, 属性统计和条件属性统计等几种。根据操作的对象的不同有管点、管段和管线三大类。下面就这几种功能以管线的编辑为例进行说明。需要用户了解的是如果用户以只有查询权限的用户登录系统, 所有的编辑功能都变成查询的功能。

- **管线属性编辑**

用来具体编辑某条管线的属性。系统将用户用鼠标点取的管线的属性显示出来, 在此基础上进行编辑。

编辑 28359 号管线属性

ID	1442	长度	34.693130
种类	污	材质	砼
管径	400	流向	S
干渠编号	01	所属部门	区所
本点号	PCK125	外业本点号	PK125
上点号	PJ2033	外业上点号	P2033
前点埋深	1.39	后点埋深	1.43
前点高程	78.479	后点高程	78.683
前管底高	77.089	后管底高	77.253

确定 取消

图 7-6 管线属性编辑

Figure 7-6 Pipeline attribute edit

● 管线属性结构

用来设置管线的属性结构。用户可以在这里根据用户自己的需要将一些专业的属性加入到数据库中。

编辑 属性结构

OK Cancel 插入项 删除当前项 移动当前项

序号	字段名称	字段类型	字段长度	小数位数
1	ID	长整型	8	
2	长度	浮点型	15	3
3	材质	字符串	28	
	类别			

图 7-7 管线属性结构

Figure 7-7 Pipeline attribute structure

● 编辑管线属性

用来具体编辑某一条管线的属性。系统将用户点取的管线的属性放入屏幕下方的表格中显示，用户同时可以再点取其他的管线，屏幕下方的表格会立即进行更新。若用户对前一个管点的属性进行了编辑，会提示用户进行保存。

● 条件编辑管线属性

系统将适合条件的管线的属性在输出面板里管线栏以表格的形式显示。编辑表格属性，相应管线闪烁，属性库自动更新。

● 条件替换管线属性

将符合用户输入的条件的管线的属性替换为用户输入的属性。

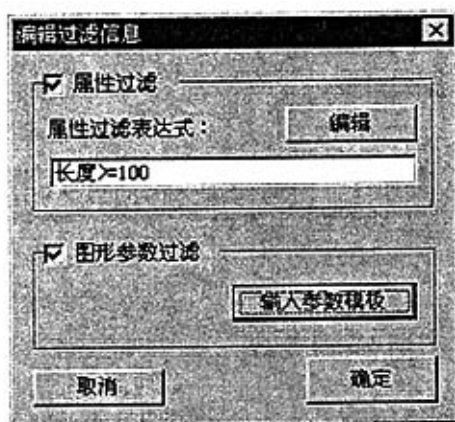


图 7-8 编辑过滤信息

Figure 7-8 Filter information edit

说明：条件分为属性条件和图形条件。

选中“属性过滤”，点击“编辑”命令，可输入属性过滤表达式来进行属性条件设置。

选中“图形参数过滤”，点击“输入参数模板”命令，可进行参数条件设置。

● 管线属性计算

选中所计算的属性字段，设置好管网元素满足条件及属性字段的表达式，即可进行属性计算。

此例表示的是对长度<100 米的管线中的前点高程统一加上 1 米，数据库数据自动替换，故操作须慎重。

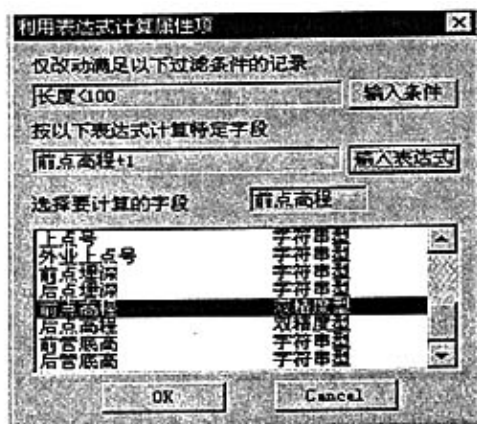


图 7-9 管线属性计算

Figure 7-9 Pipeline attribute calculation

(2) 参数

图形参数的指管点管线在图上的表现形式。参数方面的操作有编辑参数，替换参数。管点参数编辑中还包括定位管点统赋参数及管点统赋参数等。下面以管线参数为例，说明参数编辑的功能。需要注意的是，与属性编辑类似，若用户无编辑权限，所有的编辑功能将变为浏览功能。

在管线参数菜单下，集成了与管线图形参数有关的功能。

管线的图形参数主要包括包括线型、线色、线宽、所属图层号、是否透明输出等图形显示方面的内容。

● 编辑管线参数

编辑鼠标点取的管线的图形参数。

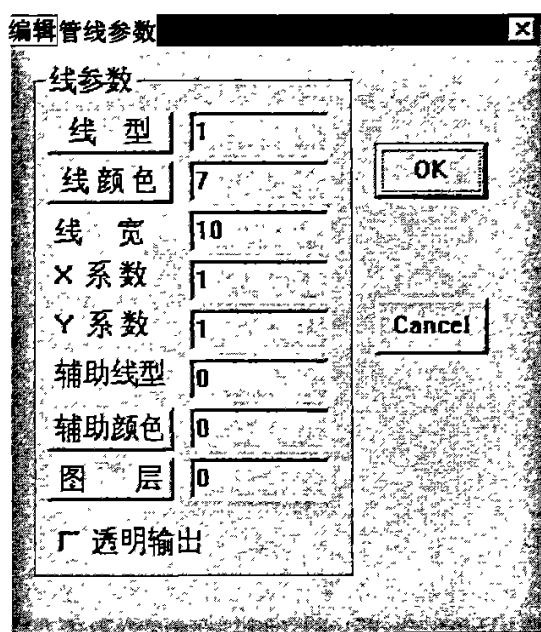


图 7-10 管线参数编辑

Figure 7-10 Pipeline parameters edit

● 替换管线参数

将符合用户输入条件的管线的图形参数替换为用户输入的参数。用户输入的条件分为属性条件和图形参数件。

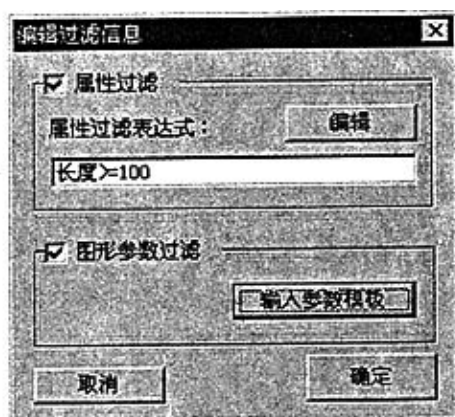


图 7-11 过滤信息设置

Figure 7-11 Filter information setting

输入条件后，系统出现替换参数结果对话框。输入所需的图形参数。



图 7-12 替换条件设置

Figure 7-12 Replace conditions setting

当出现参数替换完成对话框时，参数替换才完成。否则是无输入条件。

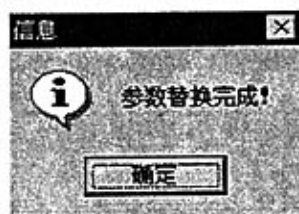


图 7-13 信息窗口

Figure 7-13 Information windows

7.2.3 管网分析与输出

在这一功能模块中, 主要对管网进行各种分析, 以及对管线和管点的属性数据进行查询、替换和分析。主要包括有三维分析、爆管分析、属性参数数据查询统计分析等。

管网分析设置见“系统设置”功能。

1. 管网分析

● 查找最短路径

查找用户点取的两个管点之间的最短路径。所查找的结果直接显示在输出面板上, 包括两个管点之间最短路径所经过的管点和管段, 并且可由图数互动的方式在屏幕上闪烁出来。

● 管点连通检查

首先通过鼠标点取管点, 然后系统将与管点直接相连的管线加亮显示。用户点取鼠标右键后结束。

● 爆管分析

设置好“阀门条件”选项。用鼠标点取爆管处, 系统将找出应关闭阀门及影响的管段, 显示在输出面板上。

● 消防栓搜索

设置好“消防栓条件”。点击鼠标左键, 可得一圆域, 右键确认, 可快速找到消防栓的位置及属性。

● 追踪分析

追踪分上游追踪、下游追踪、双向追踪。以上游追踪为例, 点击管点, 显示管点的上游管点及管段。

三维数据分析要在“设置”中进行高程属性指派, 指派了高程属性后才能有效进行。同时, 用户应设置好横断面切割的参数及纵断面切割的参数。

● 观察横断面

用鼠标在图中拉出一条线, 根据横断面的参数设置, 生成横断面图。在图中, 用户可以浏览管线属性及参数, 并且可以对断面图进行修饰, 然后打印出来。也可以将断面图保存为文件形式。断面图上方为管线的断面及地面图, 下方为有关管线的数据。如管径, 管顶高, 地面高等。根据横断面参数的设定,

而有所不同。

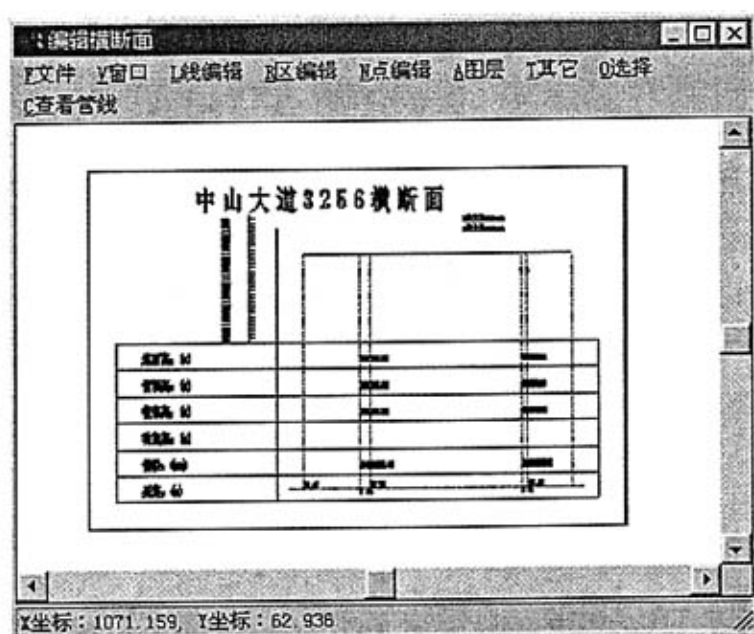


图 7-14 编辑横断面

Figure 7-14 Edit cross section

● 观察纵断面

连续点取多条相连的管段，以右键结束。观察此数条管段的纵断面。在图中，用户可以浏览管线和管点的属性及参数，并且可以对断面图进行修饰，然后打印出来。也可以将断面图保存为文件形式。

注：横纵断面图均可以立体直观图形表示

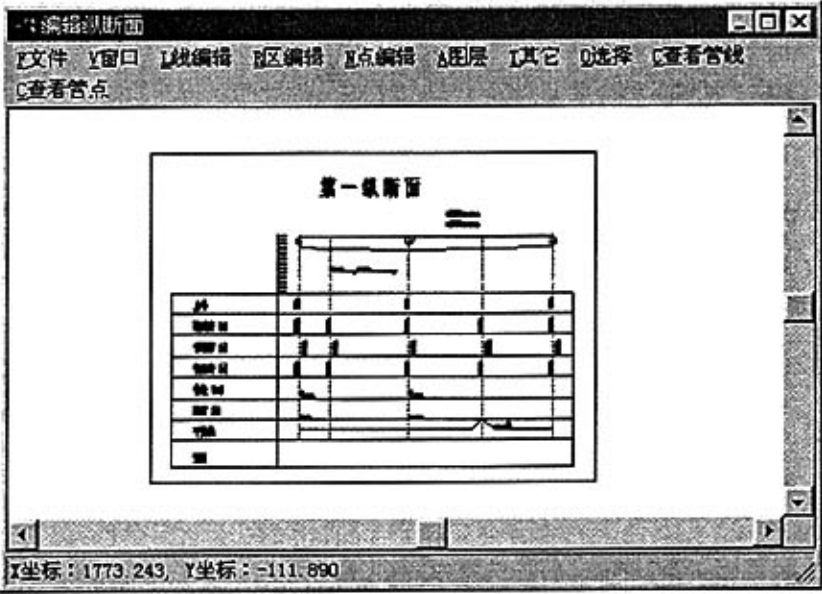


图 7-15 编辑纵断面
Figure 7-15 Edit profile

● 观察立体图

观察鼠标画出的矩形内的立体图。系统将矩形内的管线和管点按高程属性进行立体化，并在单独的窗口中显示出来。

2. 查询统计

结合查询面板，在组分类型里选取所查询的实体，在查询区域里选择查询区域。在此基础上可选择用键盘输入座标或选择组合条件。选好即可执行面板。

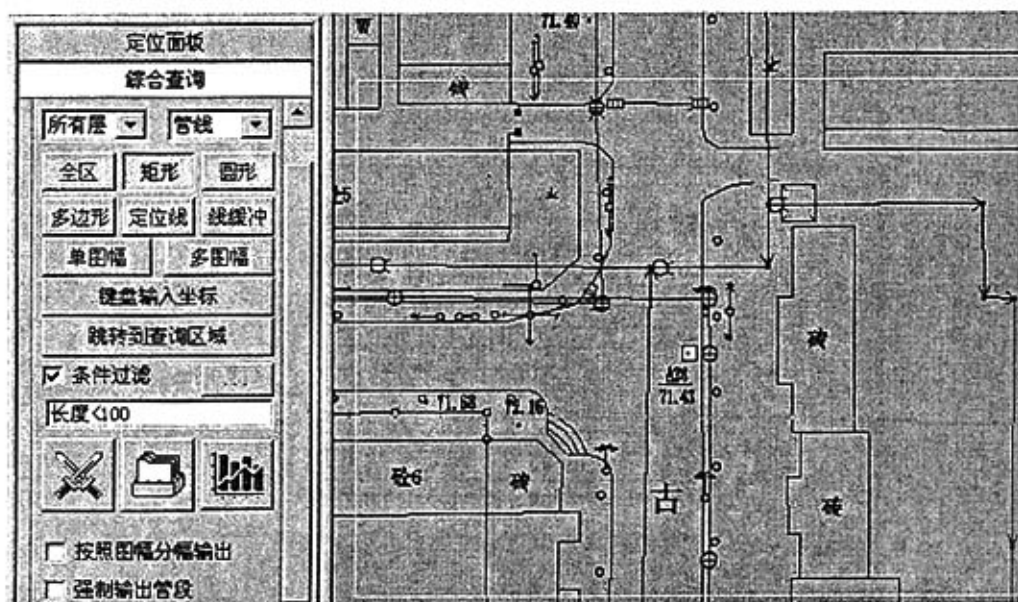


图 7-16 查询定位面板

Figure 7-16 Query and location panel

输出的查询结果输出在输出面板上。

在查询的同时，还可以进行统计功能，对各类组成成分的数据实施统计。

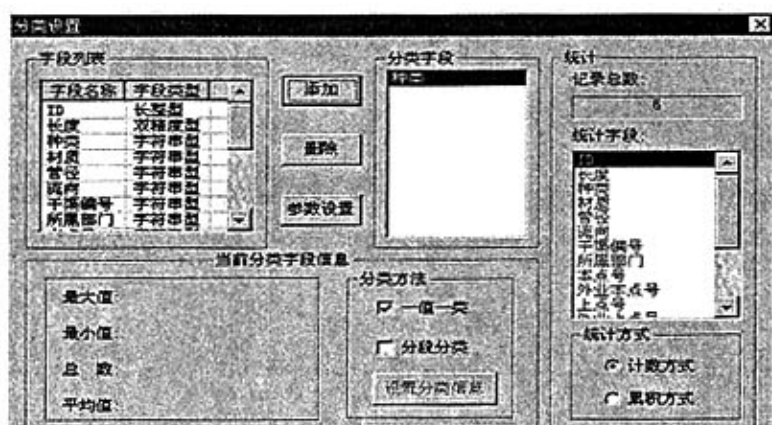


图 7-17 分类设置

Figure 7-17 Categories setting

在此对话框中，可以选择要统计的数据域；可以决定使用一值一类的分类法（适用于字符串类型、长整型和短整型和短整型数据域）还是分段分类（适用于浮点型、双精度型、长整型和短整型数据域）；以查看详细的统计结果；可以选择绘制各种形式的统计图；可以对成图参数进行微调；可以对统计图实施任意的编修等。

3. 裁剪输出

管网中输出形式有图形输出和属性输出。

- 图形：区域裁剪

结合综合查询面板，输入区域有矩形区域、圆域、任意多边形等。执行后，系统会将工程内所有的可见的项目在区域范围内的部分裁剪出来形成一个新的工程，且可选择生成图形的比例尺及相应图框。

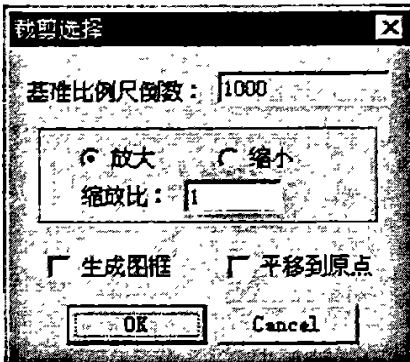


图 7-18 裁剪选择

Figure 7-18 Clip selection

- 图形：分图幅裁剪

系统可显示一个图库，每幅图有自己的图幅号，选中图幅后确认图幅号，即可把整幅图的可见文件裁剪出来。

- 属性输出

系统在执行查询、统计、分析的同时输出结果显示在输出面板上。通过面板，可以输出各类属性。

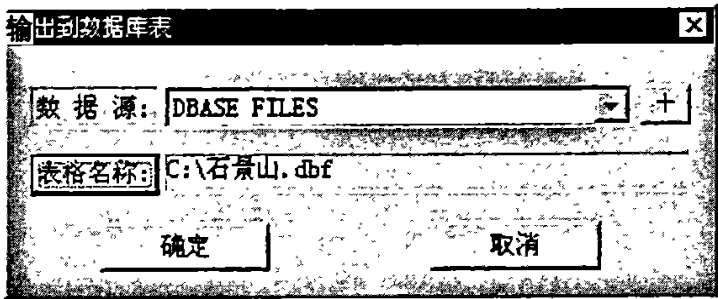


图 7-19 属性输出

Figure 7-19 Attribute export

7.2.4 量算

在此功能菜单中，包含各种对地理底图库及管网的图元的量算功能。

具体操作可用菜单——管理工具/量算，或直接用标注量算面板。量算结果是实时、动态的，直至命令结束。

1. 自由量算

● 量算折线长度

量算图上多个点组成的折线的实际长度。在起点处点击一下鼠标，确定多边形的第一个顶点，然后拖动鼠标，每按一下鼠标就为折线增加一个顶点，在录入最后一个顶点后，按鼠标右键完成折线的录入。系统将显示折线相邻两点间的距离及折线的实际长度。

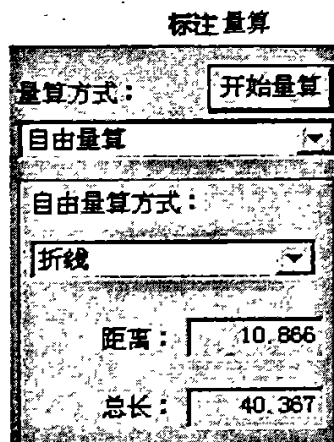


图 7-20 量算

Figure 7-20 Measurement and calculation

● 角度量算

用户用鼠标拉出两条矢量线，系统可显示夹角。

● 量算圆域面积周长

量算图上由圆心和半径决定的圆的面积和周长。在图形显示区内按一下鼠标左键，确定圆形的圆心，然后拖动鼠标确定半径，再按一下鼠标完成圆的录入（在此过程中可以按鼠标右键放弃量算）。系统将显示圆域的半径、面积和周长。

● 量算矩形面积周长

用鼠标拉出矩形量算其面积周长。在图形显示区内按一下鼠标左键，然后拖动鼠标，形成矩形，然后再按一下鼠标，完成矩形的录入（在此过程中可以按鼠标右键放弃量算）。系统将显示矩形的宽、高、面积和周长。

● 量算任意多边形

用鼠标输入多边形量算其面积周长。选中此菜单后，在图形显示区内按一下鼠标左键，确定多边形的第一个顶点，然后拖动鼠标，每按一下鼠标就为多边形增加一个顶点，在录入最后一个顶点后，按鼠标右键完成多边形的录入。系统将显示多边形的面积和周长。

2. 定位量算

定位量算用于量算底图上的图元或管网中的管点与管线之间的距离。可以参与量算的要素有六种，分别为底图上的点，线和线上的任意点。以及管网上的管点管线及管线上的任意点。这六种要素之间可以任意组合进行量算。在线与线之间，可以量算角度。在管点与管点，或与管线上任意点之间可以量算三唯间距与净高差。点线之间距离可以取垂直距离，也可以取点到线段的距离。



图 7-21 定位量算

Figure 7-21 Location measurement and calculation

7.2.5 标注与定位

在系统辅助数据菜单下，此操作也可在标注量算面板中执行。

静态标注：不受标注类型的影响，成为每种标注的缺省内容。

动态标注：随着管网属性的不同而随之改变的标注。

1. 标注

只有在工程中有标注层时，以下功能才有效。标注层可以在编辑工程时加入。

● 输入标注

包括输入方框标注、输入点间标注、输入引出标注及输入角度标注四种标注输入功能。

输入方框标注首先在窗口中点取标注的位置，然后系统弹出对话框，让用户输入标注的内容，并可以设置标注的大小，字体，颜色，标注线的颜色和线形等图形参数。若用户不设置参数，将按照缺省参数来输入，用户可以在以后的编辑中随时改变。用户输入完成后，可以通过点取标注上的控制点来拖动标注，来调整标注的位置，标注的大小，在拖动过程中，可以按下鼠标右键来取消本次操作。当用户调整结束后，按下鼠标右键，本次输入结束。

其他标注的输入与方框标注类似，只是控制点的位置和标注的形状有所不同。

● 编辑标注

包括编辑方框标注、编辑点间标注、编辑引出标注及编辑角度标注四种编辑功能。

编辑方框标注时首先在窗口中点取一个方框标注，此时标注会点亮，控制点也会在标注上用方框标出。通过选取控制点，用户可以编辑标注的内容，更改标注的字体、颜色等图形参数，还可以通过鼠标调整标注大小、位置。在拖动过程中，可以按下鼠标右键来取消本次操作。当用户调整结束后，按下鼠标右键，本次编辑结束。

编辑其他标注与编辑方框标注类似，只是控制点的位置和标注的形状有所不同。

● 删除标注

删除点取的标注。系统会提示是否删除，并把要删除的标注加亮显示。

● 自动标注

可系统自动添加管点、管段动态标注和静态标注。

2. 定位

此功能用于在地理底图上进行准确的定位。用户需要在工程中加入定位层和新增地名库后才能进行以下操作。定位层也可以导入，但导入后需重新进行定位地址编辑。

- **定位线定位**

定位层加入后，定位工具栏会自动在窗口左边生成，用户可以通过输入定位地址或在定位工具中点取来使当前窗口跳到定位地址所在地。

在综合管网的用户设置程序中，可以进行定位地址名称的设定。

- **输入定位线**

输入一根定位线。用户通过鼠标在窗口中输入一个多边形，随后弹出对话框要求用户输入定位地址。

- **删除定位线**

删除一根定位线，同时将删除此线下属的定位线。

- **移动定位线**

移动一根定位线。用户通过点取的方式确定一根定位线，然后将其拖到确定的位置，再次点击。

- **定位线上移点**

移动定位线上的一个定位点。用户先点取某一根定位线，然后再点取定位线上的定位点。

- **定位线上删点**

删除定位线上的一个定位点。用户先点取某一根定位线，然后再点取定位线上的定位点。

- **编辑定位线地址**

编辑定位线所表示的定位地址。

- **地名库定位**

地名库加入后可以通过直接输入名称使当前窗口跳到定位地址所在地。

在工程中添加地名库.WB，保存工程。

调整定位地址。可调整已知地名点文件或者、调整底图库，均可得到定位地址。但调整底图库会造成数据冗余。

添加定位地址。根据调整完毕的点文件或底图库完成。

- 座标定位

若已知座标，可直接输入座标定位。

- 当前区域定位

可现输入区域后，用区域定位，可以整个区域完全复位。

7.2.6 管网规划设计

1. 管网设计

对系统中某区域进行管网设计，系统对此任务可编辑、管理。

- 生成设计任务

用户用鼠标把任务区域设置完毕，出现任务对话框。要求必须填写任务名。

按“确定”命令钮后，输出任务，可在“管网设计子系统”中编辑。

图 7-22 编辑设计任务信息

Figure 7-22 Edit design task information

- 设计任务回贴

系统将编辑好的任务添加到当前管网中来。

- 浏览、编辑、删除设计任务

对任务信息进行操作。

2. 管网规划

此功能用于规划各专业管网的空间分布情况。

- 区域管线碰撞检测

专业管网之间的空间分布检测。

- 管段埋深检测

用户用鼠标点击一条管段，系统判断是否符合规范。

- 规划管理库管理

对管网的参照原则的应用及管理。

7.2.7 系统设置

在设置此菜单中，可以进行系统各个方面的设置工作，这些设置工作是保证系统正常运行所必须的。

- 系统环境

对系统的数据源、工作路径、系统库路径、系统汉字库路径和系统临时路径进行设置。



图 7-23 环境设置

Figure 7-23 Environment setting

- 背景色

更改系统的背景颜色。更改的结果将保存下来，到下次系统启动时会自动将背景设为用户更改的背景。

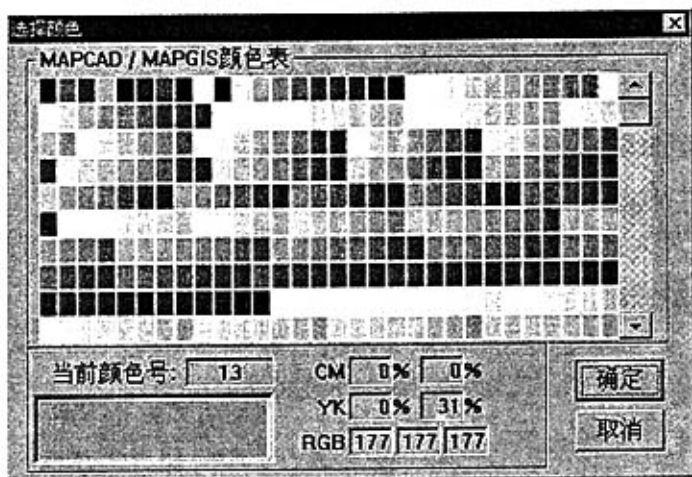


图 7-24 背景色设置

Figure 7-24 Background color setting

- 闪烁色

设置网线在闪烁时所需要的颜色。

- 屏幕捕捉半径

是用来定屏幕捕捉范围的数值，单位是像素。通过这个数值，系统可以接受捕捉结点或管线的当前屏幕的有效范围。

- 管网显示选项

可对管网中的各种元素显示选项进行放置。

- 编辑选项

管网输入的设置。

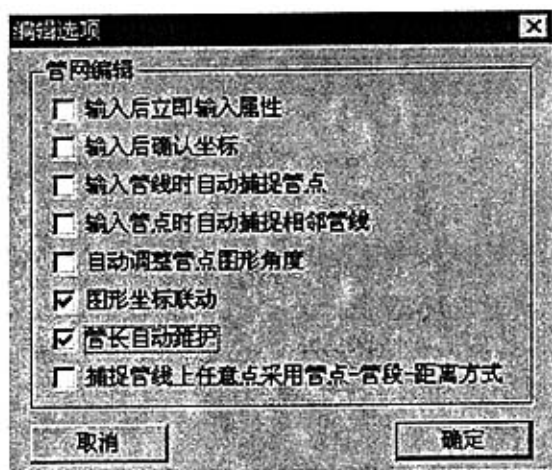


图 7-25 编辑选项

Figure 7-25 Options of edit

若用户选取了“输入管线后立即输入属性”，则当用户在编辑中输入管线后，系统会要求用户立即输入属性。

若用户选取了“自动调整管点图形角度”，则系统在用户输入管线后会自动将联结了两条管段的管点的角度调整到与两条管段的夹角的角平分线垂直的角度。

若用户选取“输入后确认坐标”，则系统提出坐标提示，可输入坐标进行重新定位操作。

若用户选取图形坐标联动则坐标属性会随图形位置改变而自动更改。

用户选取“输入管线时自捕捉管点”，即输入管线时，系统会自动将该管线连到相近的管点。对当前管网使用。

用户选取“输入管点时，自动捕捉相邻管线”，即输入管点时，系统会自动用该管点剪断相邻的管线。对当前管网使用。

- 自动平差半径

设置进行自动平差建网时的自动平差半径。

- 设置缺省管点参数

设置输入管点时的缺省图形参数。系统在启动时会自动载入上次系统运行时用户的设置值。当用户进行了添加管点的操作，如鼠标输入管点，或剪断管线等的时候，管点的参数会被置为此缺省管点参数。

- 设置缺省管线参数

设置输入管线时的缺省图形参数。系统在启动时会自动载入上次系统运行时用户的设置值。当用户进行了添加管线的操作，如鼠标输入管线，或输入管线支线等的时候，管线的参数会被置为此缺省管线参数。



图 7-26 设置缺省管线参数

Figure 7-26 Default pipeline parameters setting

- 设置缺省管点属性

设置输入管点时的缺省属性。系统在启动时会自动载入上次系统运行时用户的设置值。当用户进行了添加管点的操作，如鼠标输入管点，或断开管线等的时候，管点的属性会被置为此缺省管点属性。

- 设置缺省管线属性

设置输入管线时的缺省属性。系统在启动时会自动载入上次系统运行时用户的设置值。当用户进行了添加管线的操作，如鼠标输入管线，或输入管线支线等的时候，管线的属性会被置为此缺省管线属性。

- 属性指派

此过程可在控制面板中工程中操作。此项设置对管网的高程数据进行指派。若不进行此项设置，则关于三唯方面的计算都无法进行。管点的高程数据项有管点地面高程、管点埋深及管点管底高程。管段的高程数据项为前点管顶高程，前点管底高程，后点管顶高程及后点管底高程。管线的高程数据项为管线的孔径。其中孔径可以用 $m \times n$ 的形式来表示方管或管沟。

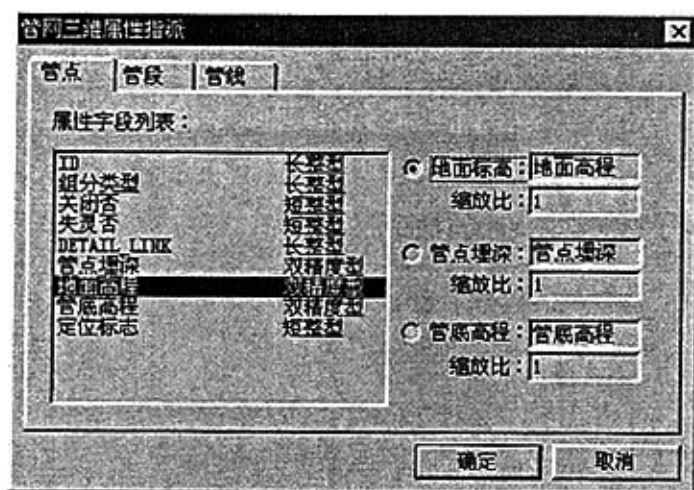


图 7-27 属性指派

Figure 7-27 Attribute assignment

说明:

- 在进行此操作时, 要求工程的当前项为管网。
- 属性设置主要在生成横、纵断面, 三维立体图及计算三维管长等三维操作时使用;
- 为了系统能正确地实施三维操作, 必须设置一些基本的属性信息。具体地说, 最简略的属性设置数据应符合以下两情况中的一种:

情况之一:

对于管段: 管段管径必须存在; 管段起点管顶高程和起点管底高程有其一, 管段终点管顶高程和终点管底高程有其一;

情况之二:

对管段: 管段管径必须存在;

对管点: 管点地面标高必须存在; 管点埋深和管点管底高程有其一。

● 横断面切割设置

在此设置中, 用户可以自定义横断面的一些参数。其中地面切割选项可以让用户选择采用管网规则中的断面形式, 即采用穿越马路进行切割的形式, 或采用直接对地面进行切割的形式。若采用穿越马路的形式, 则需要进行建筑层和马路层的设置工作。及设置地理底图上的建筑线的图层和马路线的图层。此设置工作在综合管网的设置序中也可进行。

用户还可以设定管网的高程数据采用管顶高程或管底高程。以及地面高程是否采用地理底图库中的高程数据。



图 7-28 横断面参数设置

Figure 7-28 Cross section parameters setting

● 纵断面切割设置

在此设置中，用户可以自定义纵断面的一些参数。

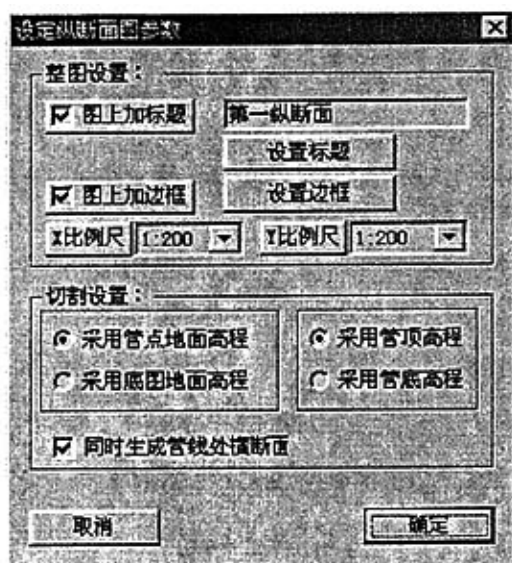


图 7-29 纵断面参数设置

Figure 7-29 Profile parameters setting

● 管网分析选项

此为管网分析操作时的设置。当爆管分析时，须设置管点为阀门的条件。同样，消防栓搜索时，设置管点为消防栓的条件。本系统可选用特征附属物包含“阀门”或“消防栓”的条件设置。



图 7-30 管网分析选项设置

Figure 7-30 Pipeline network analysis options setting

注意：给水管网中，
设置阀门用“分类码=5”条件。
设置消防栓用“分类码=7”条件。

7.3 实施效果

7.3.1 实施效果

1. 随着城市化进程的加速，越来越多的各种管网错综复杂地分布于城市的地下，如何管理这些星罗棋布的管网，尤其是出现事故后，如何及时地加以发现和排除，成为管理各种管网的一大难题，系统的应用为解决这个难题提供了最强有力的手段。通过系统，地下管网空间数据和属性数据生动、直观的显示与分析，为各种辅助决策提供了依据。

2. 城市建设中，爆管事件常有发生，其中相当一部分是由于施工单位对地下管线的敷设情况不了解盲目施工造成的。爆管停水、停气事故不仅对自来水公

司、煤气公司造成抢修压力，也对社会造成不好的影响以及经济损失。地下管网信息管理系统建成后，可以提供相关施工单位查询施工区域地下管线情况，从而避免发生相关事故，减少经济损失和不良社会影响。

3. 过去，由于资料缺失和原来体制的原因，市政公用行业对管网资产的管理不到位。现在系统建成后，有了综合管网数据库，各种管网数据都可以方便地通过查询、分析而获得，为主管部门提供了第一手管理资料。

4. 系统的建立和使用，使传统的手工管理资料的模式向全新的数字化信息化管理模式转变，提高了工作效率和管理水平。

5. 在本系统成果的基础上，开发的作为国家建设部“数字城市”首批示范项目之一的《北京市石景山区城市建设管理信息系统》投入运行并通过专家鉴定。该系统不仅是国家“十五”科技攻关计划——城市数字化工程技术示范与研究示范项目，也是国家建设部 2003 年科学技术项目，同时入选北京市优秀电子政务项目，被北京市市政管委列为数字市政示范基地之首。

7.3.2 系统的社会服务功能

1. 根据城市规划的需要，整理、编辑地下管线的详细资料和各种数据的统计、分析，编拟地下管线建设方案。

2. 根据地下管线的详细资料，计算市政设施的承载能力，为城市发展和市政设施建设提供决策依据。

3. 为建设单位提供地下管线资料分析，优选市政设施建设方案，保障投资效益。

4. 为重大项目的选址、道路建设、旧城（村）改造提供地下管线详细资料，确保前期工作的准确性和时效性。

5. 根据地下管线的材质、使用年限、运行状况等，对重要管线进行跟踪管理，提出地下管线维修、更新建议，预防重大事故发生。

6. 快速的对地下管线作出故障（事故）分析及提出修复方案。当地下管线出现漏水、爆管等故障时，能根据故障所在位置，快速进行关阀搜索，并可打印抢修所需的报表和图纸，为管理者处理突发事件提供科学依据。

7. 及时对地下管线资料进行修正，动态跟踪城市管网的变化，使管理信息

系统中的管线资料与现状始终保持一致。从而实现对地下管线统一的、准确的、动态的管理,以提高城市“生命线”的服务功能和保障能力。

7.4 本章小结

本章详细介绍了系统实现的功能,包括通用功能、图形和属性编辑、管网分析与输出、量算、标注与定位、管网规划设计、系统设置。最后介绍了系统建成后的实施效果和所发挥的 7 个方面社会功能,这也是系统建设的目的和初衷所在。

结 论

为了全面推进城市化进程,加快数字化城市化建设,不断提高现代化管理水平,要认真的、准确的做好地下空间的规划,加强地下管线的建设与管理。利用计算机技术、地理信息系统技术、图像处理技术和可视化技术,以石景山地形图为基础,地下管网普查成果资料为核心,在 MAPGIS 平台上构建了一个能快速提供真实准确的地下管线信息的管理系统。

针对地下管网的管理要求,系统提供了管网数据维护、双向查询统计、三维立体查询、管网设计分析、模拟剖面、爆管分析、成果输出、数据转换等功能模块。多种形式的查询统计,满足了各种用户查询检索要求;任意切面的横断面图和任意管线的纵断面图能较好地展现多种管线之间的空间关系,可清晰再现各种管网的现状分布。为道路、地下管网的施工、维护、设计、规划等提供了有力的保障。实现今后对城市规划、建设、管理、以及安全运行、快速维修等综合管网科学管理的需求。

系统已经完成并投入运行,成果具有实用价值。石景山地下管线信息管理系统构建立足于城市建设管理领域,在以下几处有新思路和创新点:

- 1、针对城市地下给水、排水、电力、电信、工业、天然气、热力七种管线进行计算机科学化管理的需求,构建了基于 MAPGIS 的石景山区地下管网信息管理系统,实现了信息查询、分析等功能。

- 2、在收集整理各地下管线数据资料基础上,基于全面探测普查,建立了给水、排水、电力、电信、工业、天然气、热力七种管网的空间图形数据库和属性数据库,实现了地下管网的数字化、信息化和科学化管理。

- 3、地下管网属性数据库的建立,为计算机模拟数学模型和在线控制调度奠定了基础。

系统的建成,实现了对地下管线信息的现代化管理。不仅能够更好的管理地下管线,及时地对管线数据进行更新维护,保证管线数据准确,实现地下管线的动态管理,为地下管线的规划和建设提供科学服务,而且能为城市规划建设,为政府部门宏观决策提供准确的管线信息,为城市的防灾、抢险等提供决策支持。

在本系统成果的基础上,开发的作为国家建设部“数字城市”首批示范项目

之一的《北京市石景山区城市建设管理信息系统》投入运行并通过专家鉴定。该系统不仅是国家“十五”科技攻关计划——城市数字化工程技术示范与研究示范项目，也是国家建设部 2003 年科学技术项目，同时入选北京市优秀电子政务项目，被北京市市政管委列为数字市政示范基地之首。

建议与展望：利用 GIS 技术建立城市地下管网管理系统近些年来在我国得到了迅速发展，其深入研究和应用必将给城市地下管网的运行和管理带来革命性的变化，产生良好的经济效益和社会效益。今后，需要做的进一步工作是扩展系统的专业功能模块，如管网建模、实时在线控制调度等。

参考文献

- 1 周玉文. 城市排水管网事业面临的新挑战. 给水排水, 2003, 29(3)
- 2 张春森. 城市管网信息系统的建立及其数据质量控制. 武汉测绘科技大学硕士学位论文. 1997:4~5
- 3 赵新华,李琼. 城市排水管网信息 GIS 管理系统设计. 中国给水排水, 2002, 18(9):55~57
- 4 吴信才. 地理信息系统原理与方法. 电子工业出版社. 2002, 03:213~239
- 5 Meinhard Breiling, Paper to Conference"Water Savings Strategies in Urban Renewals" The Use of Geographic Information Systems (GIS) in Local Planning and Possible Contributions to Integrated Water Management in Sweden. February 1 to 3, 1996, Vienna
- 6 Jenson S.K Extracting Topographic Structure from Digital Elevation data for GIS Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1988,54(11):1593~1600
- 7 Martz, L.W. Numerical definition of Drainage Network and Subcatchment Research. 1992,18(6):747-761
- 8 Michael W.Sweeney. Geographic information system. Water Environment Research. 1999,71(5):551-555
- 9 Carroll, D.G; Ula, P.; Marr, A.J.; Kipit, B.; Davis, N. Aspects of stormwater management for Port Moresby, Papua New Guinea. Source: National Conference Publication - Institution of Engineers, Australia, v 3, n 94/15, 1994, p 319-326
- 10 Reich Hardt, Tony, Environmental GIS: The world in a computer. Journal of Environmental Science & Technology, No.1 , 1996
- 11 David A.Cobb and Arlene Olivero. Online GIS Service. The Journal of Academic Librarianship, November 1997:484~497
- 12 N. T. Tsay, C. N. Lu. Data Extraction from a Geographic Information System for Power System Applications. IEEE, 1993:154~161
- 13 Manhoi Choy, Mei-Po Kwan. On Real-time Distributed Geographical Database Systems. Proceedings of the Twenty-seventh Annual Hawaii International Conference on System Sciences,1994:337~346
- 14 Lisa D. Murphy. Geographic Information System: Are They Decision Support

- Systems. Proceedings of the 28th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 1995:131~140
- 15 H.Okebo. Recent Activity and Future Trend on Ageing Characteristics of Electrical Insulation in GIS. Proceedings of the 4th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, July,1994:837~840
 - 16 David Koller, Peter Lindstrom. Virtual GIS: A Real-time 3D Geographic Information System. IEEE, 1995:94~100
 - 17 Brian E. Mennecke, Martin D. Crossland. Geographic Information Systems: Applications and Research Opportunities for Information Systems Researchers. Proceedings of the 29th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 1996:537~546
 - 18 J. Raul Ramirez. Spatial Data Revision: Current Research and its Influence in GIS. IEEE,1996:137~144
 - 19 Don Brady. Designing GIS for High Availability and High Performance. IEEE, 2000:423~431
 - 20 L. V. Trussell. GIS Based Distribution Simulation and Analysis. Conference Publication No.482, 2001
 - 21 Luo Yingwei, Wang Xiaolin and Xu Zhuoqun. Design of a Framework for Multi-User/Application Oriented WebGIS Services. IEEE, 2001:151~156
 - 22 Do-Hyun Kim, Kwang-Soo Kim. The Design and Implementation of Open GIS Service Component. IEEE,2001:1922~1924
 - 23 张晓菊. 盘锦市基础地理信息系统建设研究. 吉林大学硕士学位论文. 2005:4~5
 - 24 赵永红. 城市地下管网图形信息管理系统. 新疆大学研究生毕业(硕士学位)论文. 2005:2~3
 - 25 邬应忠. 城市地下管网管理信息系统研究. 山东科技大学工程硕士学位论文. 2005:5~6
 - 26 陈炜航. 地下管网图形管理系统研究与设计. 西北工业大学硕士学位论文. 2005:8, 13
 - 27 杨亮洁,牟乃夏. 燃气管网地理信息系统的网络分析. 工程质量. 2005, (7):64
 - 28 陈传松. 地理信息系统在城市地下燃气管网管理中的应用. 福建电脑. 2005, (6):65, 77
 - 29 梁洁,梁虹,朱红梅,等. 基于 GIS 的排水管网网络分析功能设计与实现. 计算

- 机工程与设计. 2005, 26(3):595~597
- 30 秦玉华,苏宝茹. 基于 GIS 地下管网可视化系统的开发. 通信与信息技术. 2005, (1):18~24
- 31 耿为民. 控制给水管网的漏损. 城市公用事业. 2005, 19(2):17~18
- 32 林文鹏,王长耀,丛丕福. 基于 Servlet 的移动通信网管网络地理信息系统分析与设计. 计算机应用研究. 2005, 22(2):139~141
- 33 粟小荣. 城市自来水供水管网地理信息系统的设计. 电脑与信息技术. 2005, 13(2):63~66
- 34 牟乃夏,杨亮洁,张灵先. 燃气管网综合调度管理系统的研究. 煤气与热力. 2005, 25(3):20~23
- 35 程惠群. 燃气管网工程档案的管理. 煤气与热力. 2005, 25(1):71~73
- 36 戴小鹏,喻飞,黄璜. 地理信息系统中管网水力建模. 计算机工程与应用. 2005, 41(16):203~206
- 37 于静洁,赵洪宾. 城市给水管网管理信息系统的建立. 同济大学学报:自然科学版. 2005, 33(3):339~341, 345
- 38 李玉华,孙希兵. 基于 GIS 的城市供水管网管理系统开发. 哈尔滨工业大学学报. 2005, 37(4):476~477, 480
- 39 于斌,向明兰,严长青. 油气水集输管网管理技术在文南油田的应用. 承德石油高等专科学校学报. 2005, 7(2):17~19
- 40 金建华,曾德飞,杨晓芳. 城市污水管网地理信息系统设计. 江苏环境科技. 2004, 17(2):21~23
- 41 曲江涛,曹兴国,张新政. 地理信息系统在油田管网管理中的应用. 管道技术与设备. 2004, (2):43~44
- 42 宋玉,张建伟,彭效生. 供水管网 GIS 中空间数据库的设计与实现. 郑州轻工业学院学报:自然科学版. 2004, 19(3):50~53
- 43 金建华,曾德飞,杨晓芳. 城市污水管网地理信息系统设计. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版. 2004, 26(5):13~15, 27
- 44 应克明. 基于 GIS 技术的燃气管网图档管理系统的设计. 计算机工程. 2004, 30(B12):515~518
- 45 袁国斌,胡达. GIS 在城市排水管网中的研究应用. 计算机工程与设计. 2004, 25(7):1111~1113

- 46 曾文,张德津. 面向可持续发展的城市供水管网信息系统. 计算机工程与设计. 2004, 25(4):490~492
- 47 袁建平,方正,邓艳丽,等. 基于地理信息系统的供水管网信息系统. 西南给排水. 2004, 26(4):46~48, F003
- 48 吴信才,曾文,徐少平. 基于 SCADA 和 GIS 技术的供水管网调度系统. 测绘通报. 2004, (6):49~52
- 49 杜长东,李见为,任海军,等. 基于 GIS 的电厂管网管理系统. 重庆邮电学院学报:自然科学版. 2004, 16(1):83~86
- 50 王晓莲,彭永臻,马勇,等. 大庆市给水排水管网信息管理系统的开发. 工业用水与废水. 2004, 35(1):50~53
- 51 刘林湘,颜文涛,龙腾锐. 城市污水管网信息资料的管理. 重庆建筑大学学报. 2004, 26(2):88~90, 97
- 52 张克歧,胡卓纬,杨国东. 城市管网信息系统的研究. 基建管理优化. 2003, (2):7~10
- 53 雷伟刚,刘春,史惠春. 城市地下管网的信息更新与辅助设计. 测绘工程. 2003, 12(3):31~34
- 54 朱春晓. 城市地下管线的测绘及数据管理. 东北测绘. 2003, 6(1):15~17
- 55 刘晓红. 城市地下管网地理信息系统应用探讨. 太原科技. 2003(2):68, 70
- 56 石金峰,裴瑞萍,余小军. 基于 GIS 的城市地下综合管网系统的建立. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版. 2005, 24(4):508~510
- 57 王永卿,陈军. 综合管网地理信息系统设计与信息集成. 扬子石油化工. 2005, 20(2):46~49
- 58 杨伯刚,龙家恒,刘志祥. 北京市综合管网信息系统的建立. 北京测绘. 2004, (2):4~7
- 59 董丽华,赵新华. 区域综合管网地理信息系统(GIS)的建立. 水利水电技术. 2004, 35(10):58~60
- 60 张开广,亢金轩. 洛阳市城市综合管网 GIS 系统研究. 洛阳大学学报. 2004, 19(2):86~89
- 61 张开广,孟红玲. 洛阳市城市地下管网系统的设计与实现. 测绘学院学报. 2003, 20(3):210~212
- 62 赵卫萍,张淑英. GIS 技术在兰州市地下综合管网规划管理中的应用. 甘肃科

- 学学报. 2003, 15(1):120~123
- 63 赵银科. 综合管网地理信息系统的应用. 西部煤化工. 2003, (2):65~66
- 64 张果,刘江平. 某集团公司综合管网地理信息系统的建立与应用. 城市勘测. 2002, (1):17~20
- 65 孟亚锋,张淑英. 城市地下综合管网地理信息系统. 工程设计 CAD 与智能建筑. 2002, (2):7~10
- 66 赫建忠,李成名. 城市综合管网地理信息系统的建立. 工程勘察. 2002, (3):55~57,60

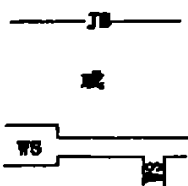
附录

附录 1 各种地下管线实地普查项目

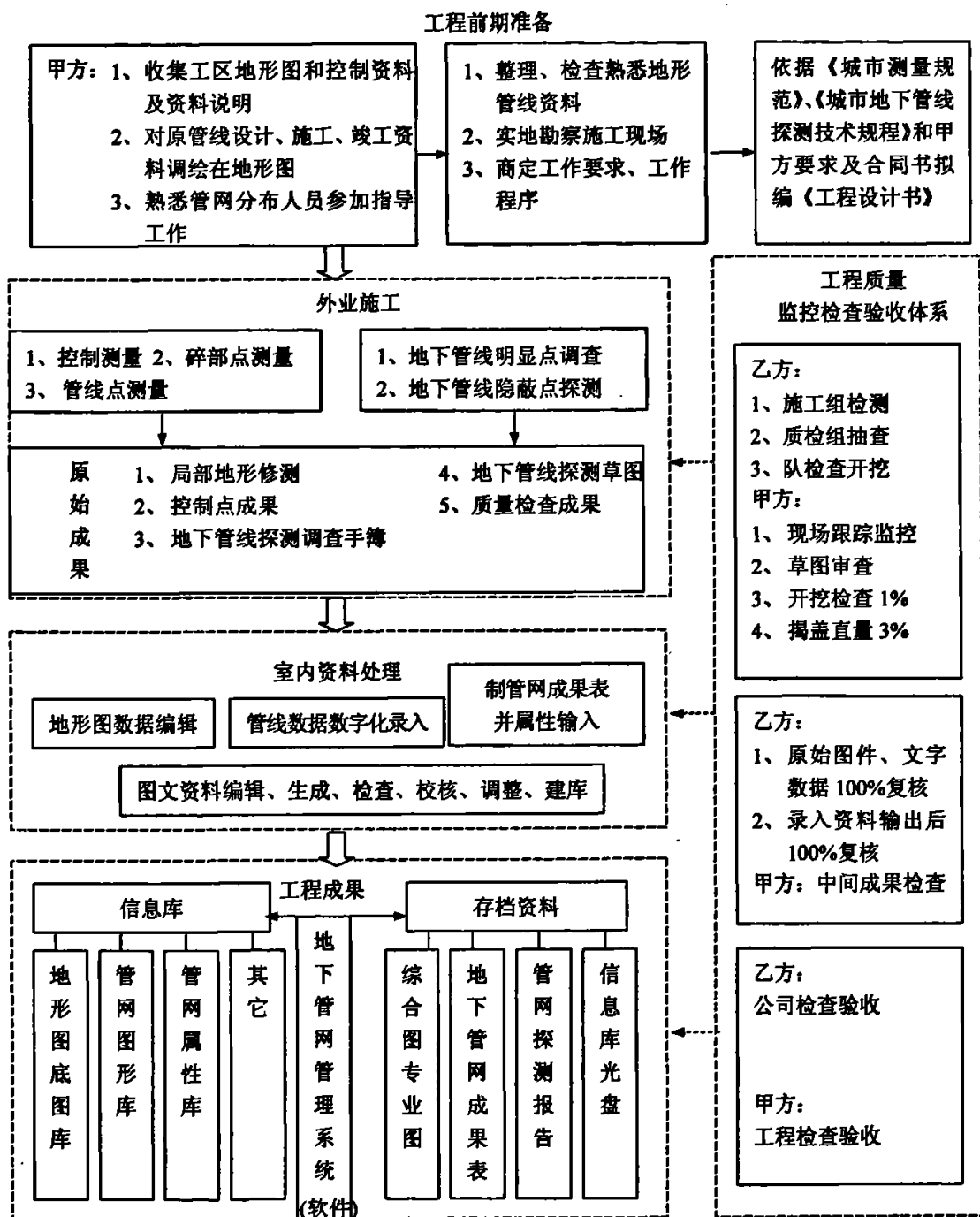
管线类型	埋 深		断 面		电 缆 根 数	材 质	构 筑 物	传输物体特征			平面位置		高 程	敷 设 年 月	产 权 单 位
	内 底	外 顶	管 径	宽 × 高				压 力	流 向	电 压	X	Y			
给水		△	△			△	△				△	△	△	▲	▲
排水	△		△	△		△	△		△		△	△	△	▲	▲
电 力	管块		△		△	△	△			▲	△	△	△	▲	▲
	沟道	△			△	△	△			▲	△	△	△	▲	▲
	直埋		△	△		△	△			▲	△	△	△	▲	▲
电 信	管块		△		△	△	△				△	△	△	▲	▲
	沟道	△			△	△	△				△	△	△	▲	▲
	直埋		△	△		△	△				△	△	△	▲	▲
天然气		△	△			△	△				△	△	△	▲	▲
工业管道		△	△			△	△				△	△	△	▲	▲
热力		△	△			△	△				△	△	△	▲	▲

注：△表示需实地调查项目，▲为权属单位提供项目

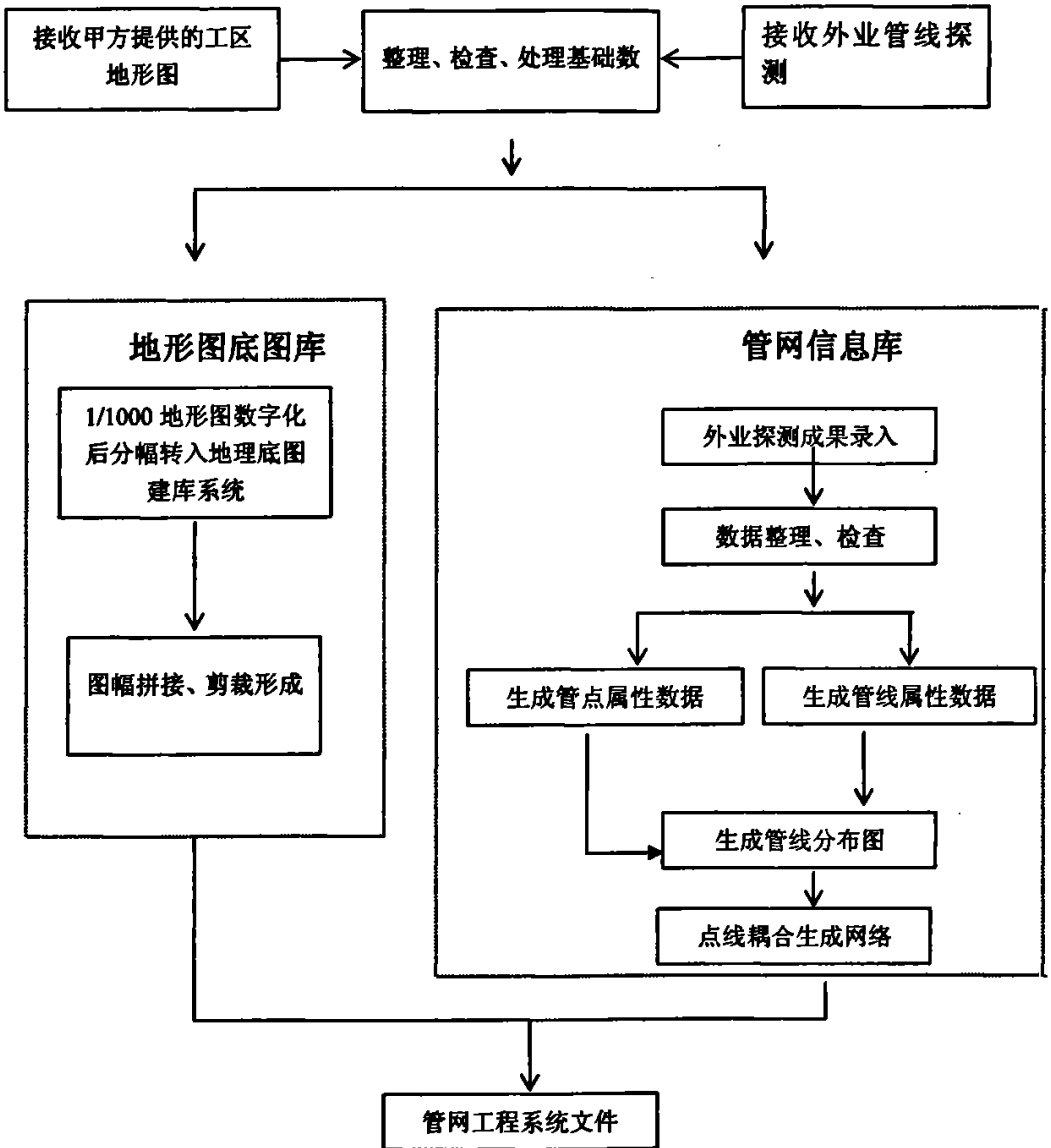
附录 2 地下管线图图例

符号名称		图例	简要说明
管线点		○ JS3-2	用直径为 1mm 的小圆圈表示
地 下 管 线			1、管道（管沟）的直径或宽度按比例在图上小于 2mm 时，用单直线表示；大于 2mm 时，宜按实宽比例用双线表示，线划粗 0.2~0.3mm； 2、不同类型的管线用代号标记在管线上，或再加颜色区别
窰井	给水	⊖	1、用直径为 2mm 的小圆圈表示，不同类型的窰井用圆圈中的不同符号表示； 2、窰井直径按比例尺在图上大于 2mm 时，按实际形状比例绘制
	排水	⊕	
	电力	⊙	
	电信	⊗	
	天然气	⊖	
	热力	⊕	
	工业	⊗	
阀 门		⊖	圆直径与横为 1.5mm，竖为 1mm
消 防 栓		⊖	圆直径与横为 1.5mm，竖为 1mm
雨 篦 子		⏏	3 mm × 2mm
变电站（器）		⏏	2 mm × 2mm
接线箱		⏏	2 mm × 3mm
预留口		—	两竖长 1.5mm 距 1mm
上杆		—⊙—	
电信手孔		⏏	2 mm × 2mm

附录3 地下管网探测工作流程图



附录 4 地下管网管理系统数据库建库工作流程图



攻读硕士学位期间发表的学术论文

- 1 周玉文, 唐嵘. 基于 GIS 的石景山区道路与排水系统防灾设计. 流域安全·应急措施与水质保障技术研讨会论文集. 苏州, 2006:149-153

致 谢

我能顺利的完成本论文，得益于我的导师周玉文教授的帮助。在我学习和做毕业论文期间，周教授提出了许多宝贵的意见和建议。导师严谨的治学态度、勤恳的工作作风和敏捷开放的思维深深的影响我，将使我终身受益。在论文完成之际，谨向我的导师周玉文教授致以深深的敬意和由衷的感谢。

在课题和论文的研究阶段，还得到了石景山区市政管委和华北有色地质勘查局五一九大队的大力配合和支持，在他们的帮助和指导下，使我顺利完成了论文，在这里对他们表示衷心的感谢。

正是承蒙良师益友的厚爱和教诲，才使得论文得以顺利完成，值此论文完成之际，谨向帮助过我的老师、同学、同事致以诚挚的敬意和衷心的感谢！

感谢父母及家人的理解和支持。

最后，谨向在百忙之中抽出时间来参加我的论文答辩的各位老师和同学表示衷心的感谢。

唐 嵘

2006年5月10日